

**DIE WIRKUNG EINES HOCHINTENSIVEN,
INTERVALLARTIGEN TRAININGS AUF DIE
LEISTUNGS- UND REGENERATIONSFÄHIGKEIT**

Von der Philosophischen Fakultät
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des Grades

DOKTORIN DER PHILOSOPHIE
- DR. PHIL. -

genehmigte Dissertation

von
Maja Frische, geb. Herden

geboren am 06.07.1976 in Goslar

2010

Referent: Prof. Dr. N. Maassen
Korreferent: Prof. Dr. D. Steinhagen

Tag der Promotion: 26.07.2010

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| ZUSAMMENFASSUNG | 5 |
| SUMMARY | 7 |
| ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS..... | 9 |
| 1 EINLEITUNG | 13 |
| 1.1 FRAGESTELLUNGEN..... | 17 |
| 1.2 UNTERSUCHUNGSZIELE | 18 |
| 2 METHODIK | 19 |
| 2.1 PROBANDEN..... | 19 |
| 2.2 STUDIENAUFBAU..... | 20 |
| 2.2.1 Übersicht | 20 |
| 2.2.2 Stufentest..... | 20 |
| 2.2.3 Doppelter Wingate-Test..... | 21 |
| 2.2.4 Dauertest | 23 |
| 2.2.5 Training | 23 |
| 2.2.6 Ausgangstest..... | 24 |
| 2.2.7 Gemessene Parameter | 24 |
| 2.3 MESSMETHODEN | 26 |
| 2.3.1 Blutvolumen..... | 26 |
| 2.3.2 Bestimmungen während des Versuchs zur Sprintfähigkeit..... | 27 |
| 2.3.3 Kontinuierlich gemessene Größen..... | 31 |
| 2.3.4 Berechnung der Ventilationskinetiken | 32 |
| 2.3.5 Blutchemische Größen..... | 32 |
| 2.4 STATISTIK | 37 |
| 3 ERGEBNISSE DES STUFENTESTS..... | 38 |
| 4 ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT | 40 |
| 4.1 ARBEITSZEIT BEI 80 % W_{MAX} | 40 |
| 4.2 KONTINUIERLICH GEMESSENE PARAMETER | 41 |
| 4.2.1 Herzfrequenz (HF)..... | 41 |
| 4.2.2 Spirometrische Größen..... | 43 |
| 4.3 BLUTCHEMISCHE GRÖßEN | 55 |
| 4.3.1 Blutgase | 55 |
| 4.3.2 Elektrolyte..... | 56 |
| 4.3.3 Metabolite..... | 65 |
| 4.3.4 Hämoglobin, Hämatokrit und Gesamtweiß..... | 73 |
| 4.4 FLÜSSIGKEITSVERSCHIEBUNG WÄHREND DER BELASTUNG | 74 |
| 5 ERGEBNISSE ZUM BLUTVOLUMEN..... | 75 |
| 6 KORRELATIONEN ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT | 78 |
| 6.1 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER VENTILATION UND DER AUSDAUERKAPAZITÄT | 78 |
| 6.2 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER VO_{2MAX} UND DER AUSDAUERKAPAZITÄT | 80 |
| 6.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN $gHb \cdot kg^{-1}$ UND DER VO_{2MAX} | 82 |
| 6.4 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER $gHb \cdot kg^{-1}$ UND DER AUSDAUERKAPAZITÄT..... | 83 |
| 6.5 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN LAKTAT UND ABE_{OX} | 83 |
| 7 DISKUSSION DER METHODIK | 84 |
| 7.1 ERNÄHRUNGS- UND BELASTUNGSEINFLÜSSE AUF DIE TESTS | 84 |
| 7.2 BESTIMMUNG DER AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT..... | 85 |
| 7.3 ERMITTLUNG DER SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT..... | 86 |
| 7.4 TRAINING UND ZUORDNUNG DER PROBANDEN..... | 87 |
| 7.5 BEURTEILUNG DER KONZENTRATIONEN IM BLUT..... | 89 |
| 7.5.1 Durchblutung..... | 89 |
| 7.5.2 Flüssigkeitsverschiebung | 89 |
| 7.6 ZUSAMMENFASSUNG DER METHODENDISKUSSION | 91 |

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|---------------|--|------------|
| 8 | DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT..... | 92 |
| 8.1 | MÖGLICHE URSACHEN DER VERBESSERTEN AUSDAUERKAPAZITÄT | 94 |
| 8.1.1 | Einfluss auf das Blut-, Plasma- und Erythrozytenvolumen | 94 |
| 8.1.2 | Oxidative Kapazität | 97 |
| 8.1.3 | Aerobe Kapazität und Ausdauerkapazität..... | 98 |
| 8.1.4 | Na ⁺ /K ⁺ -Haushalt | 102 |
| 8.1.5 | Pufferung..... | 105 |
| 8.2 | ZUSAMMENFASSUNG DER DISKUSSION | 107 |
| 9 | ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT | 109 |
| 9.1 | LEISTUNG..... | 109 |
| 9.1.1 | Mittlere Leistung..... | 109 |
| 9.1.2 | Maximale Leistung..... | 110 |
| 9.1.3 | Erholungsfähigkeit..... | 111 |
| 9.2 | MAXIMALE WILKÜRLICHE KONTRAKTION (MVC) | 113 |
| 9.3 | ELEKTROMYOGRAPHISCHE MESSUNGEN (EMG)..... | 113 |
| 9.3.1 | EMG während der MVC..... | 113 |
| 9.3.2 | EMG während der Wingate-Tests..... | 113 |
| 9.4 | SUMMENAKTIONSPOTENTIAL DES MUSKELS (M-WELLE)..... | 118 |
| 9.4.1 | Erregungsleitungsgeschwindigkeit (T_{max})..... | 118 |
| 9.4.2 | Minimale Fläche (MinFl) | 120 |
| 9.4.3 | Anteil der zentralen Aktivierung | 121 |
| 9.4.4 | Erbrachte Leistung im Verhältnis zur zentralen Aktivierung..... | 121 |
| 9.5 | KONTINUIERLICH GEMESSENE PARAMETER..... | 122 |
| 9.5.1 | Herzfrequenz (Hf)..... | 122 |
| 9.5.2 | Spirometrische Größen..... | 124 |
| 9.6 | BLUTCHEMISCHE GRÖßEN | 135 |
| 9.6.1 | Blutgase | 135 |
| 9.6.2 | Elektrolyte..... | 136 |
| 9.6.3 | Metabolite..... | 141 |
| 9.6.4 | Hämatokrit, Hämoglobin und Gesamteiweiß..... | 151 |
| 10 | KORRELATIONEN ZUR SPRINT UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT | 152 |
| 10.1 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER LEISTUNG DES STUFEN- UND WINGATE-TESTS | 152 |
| 10.2 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ERHOLUNGS- UND SPRINTFÄHIGKEIT..... | 154 |
| 10.3 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN AUSDAUERKAPAZITÄT UND SPRINTLEISTUNG | 154 |
| 10.4 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER $\text{gHb} \cdot \text{kg}^{-1}$ UND DER SPRINTLEISTUNG..... | 154 |
| 10.5 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER [K ⁺] UND [Na ⁺] UND DEM EMG_{RMS} | 155 |
| 10.6 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER SPRINTLEISTUNG UND DEM EMG | 155 |
| 10.7 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SPRINTLEISTUNG UND EMG UND M-WELLE | 156 |
| 10.8 | ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER [LAK _v] UND DEM ABE_{OX} | 157 |
| 11 | DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT | 158 |
| 11.1 | MÖGLICHE URSACHEN DER VERBESSERTEN SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT | 160 |
| 11.1.1 | Kraft und Koordination | 161 |
| 11.1.2 | Na ⁺ /K ⁺ -Haushalt..... | 162 |
| 11.1.3 | Erregbarkeit und elektrische Aktivität..... | 163 |
| 11.1.4 | Pufferkapazität | 169 |
| 11.1.5 | Gesamthämoglobin..... | 170 |
| 11.1.6 | Kreatinphosphatresynthese | 171 |
| 11.2 | ZUSAMMENFASSUNG DER DISKUSSION | 173 |
| 12 | ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING | 175 |
| 12.1 | AUSWIRKUNG AUF DAS SUBSTRATGEMISCH BEI DER ENERGIEBEREITSTELLUNG | 175 |
| 12.2 | AUSWIRKUNG AUF FREIE RADIKALE | 180 |
| 13 | ANWENDUNGSBEREICHE FÜR INTERVALLARTIGES TRAINING | 183 |
| 14 | AUSBLICK | 185 |
| 15 | LITERATUR | 186 |
| ANHANG | | 207 |

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde die Wirksamkeit eines hochintensiven, intervallartigen Trainings auf die Ausdauer-, Erholungs- und Sprintfähigkeit untersucht. Dabei wurden Faktoren diskutiert, die limitierend auf die Leistungsfähigkeit wirken. Diesem Training wurden zum direkten Vergleich ein Dauertraining mit gleicher mittlerer mechanischen Leistung (Watt) und gleicher Trainingsdauer gegenübergestellt. Hierfür wurden mithilfe eines Stufentests eine Intervallgruppe und eine Dauergruppe mit vergleichbarem Leistungsstand gebildet. Das Training der Intervallgruppe bestand aus kurzen, intensiven Belastungen, gefolgt von Phasen mit niedriger Belastung. Die Sprint- und Erholungsfähigkeit wurde vor und nach dem Training jeweils mit zwei Wingate-Tests (WT) und die Ausdauerkapazität mit einem Dauertest überprüft.

Nach drei Wochen Training zeigte die Intervallgruppe einen signifikant größeren prozentualen Anstieg in der Ausdauerkapazität als die Dauergruppe (50 % versus 20 %). Auch die maximalen Leistungen beim zweiten Wingate-Test und die Erholungsfähigkeit waren in der Intervallgruppe gegenüber der Dauergruppe signifikant gesteigert (2. WT: 10,8 % versus 3,5 %). Die mittlere Leistungsfähigkeit des zweiten Wingate-Test wurde nach beiden Trainingsmethoden erhöht. Ebenso in der Sprintfähigkeit (1. WT) zeigten Beide tendenzielle Verbesserungen.

Die physiologischen Anpassungen sind nach beiden Trainingsmethoden ähnlich. Es ließen sich keine Veränderungen im Puffersystem, ein gesteigertes Blutvolumen (ca. 2,5 % n.s.) und eine tendenziell erhöhte VO_{2max} (ca. 2,5-4 % n.s.) aufzeigen. Ebenso wurde der Fettstoffwechsel während und nach der hohen Dauerbelastung und auch nach den Sprints vergleichbar erhöht. In der Eingangssituation stieg nach den Sprints die Lipolyse an. Durch das intervallartige Training wurde sie, im Gegensatz zum Dauertraining, noch verstärkt. Die nach dem intervallartigen Training im Vergleich zum Dauertraining stärker gesunkene $[K^+]$ deutet auf eine bessere Aufrechterhaltung des Ionenkonzentrationsgradienten, welches in einer geringeren Ermüdung resultiert und die bessere Ausdauerleistung der Intervallgruppe begründen könnte. Diese Anpassung ist wahrscheinlich in den FT-Fasern erfolgt, da das intervallartige Training einen stärkeren Trainingseinfluss auf die FT-Fasern hat, die verstärkt am Ende des Dauertests zum Einsatz kamen.

Die statische Kraft und der anaerobe Stoffwechsel veränderten sich nicht. Die besseren Leistungen der Intervallgruppe im zweiten Wingate-Test könnten Resultat aus einer besser

ZUSAMMENFASSUNG

koordinierten Trettechnik und eines gesteigerten aeroben Stoffwechsels sein, der zu einer erhöhten Kreatinphosphatresynthese geführt hat. Die Ergebnisse des EMG_{RMS} , der MF und der M-Welle des Wingate-Tests lassen nach dem intervallartigen Training eine bessere Leistung durch eine geringere Menge an rekrutierten motorischen Einheiten und eine höhere Ausbreitungsgeschwindigkeit des Reizes vermuten. Dabei ist diese Anpassung wahrscheinlich wieder nur in den FT-Fasern erfolgt. Zudem könnte das intervallartige Training zu einer höheren antioxidativen Kapazität geführt haben, die Ursache für die im Dauertest ermittelte reduzierte Hyperkalemie und dem im zweiten Wingate-Test gesteigerten aeroben Stoffwechsel sein könnte. Zusammen mit den besser trainierten FT-Fasern könnte aus diesen Anpassungen eine verbesserte Erholungs- und Ausdauerfähigkeit resultiert sein.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann das intervallartige Training gegenüber dem Dauertraining sehr effizient eingesetzt werden (z.B. auch im Gesundheitssport). Im Freizeit- und Leistungssport kann es besonders bei Sportarten, wo oft hochintensive Belastungen mit kurzen Pausen wechseln (z.B. Handball, Basketball) Anwendung finden. Die Ergebnisse lassen sich aber auch gut auf Ausdauersportler übertragen, da auch Hochausdauertrainierte ihre Arbeitszeit bei 80 % W_{max} nach dem Training verlängert haben.

Schlagwörter: intervallartiges Training, Ausdauerkapazität, Erholungsfähigkeit

SUMMARY

Summary

In this study the efficiency of a highly intensive, interval-like training on the endurance-, recovery- and sprint capacity has been investigated. Factors leading to a limited performance were discussed. This training was directly compared to an endurance training of the same mean mechanical power (Watt) and duration. An interval group and an endurance group of comparable proficiency were assembled using an incremental-test. The interval-like training was composed of short periods of high strain, followed by short periods of low strain. Both, before and after the training, two Wingate-tests (WT) were applied to measure the sprint- and recovery capacity. An endurance test showed the endurance capacity. After three weeks, the interval-like training led to a significantly greater percentage increase in the endurance capacity than the endurance training (50 % versus 20 %). Also the maximum performance of the second Wingate-test and the recovery capacity were significantly increased in the interval group in comparison to the endurance group (2nd WT: 10.8 % versus 3.5 %). The mean performance of the second Wingate-test was increased after each training method. Also the first Wingate-test (sprint capacity) showed trends towards improvement.

Both training methods led to similar physiological adjustments. They did not induce a change in the buffer capacity, furthermore similar adjustments in blood volume (about 2.5 % n.s.) and $\text{VO}_{2\text{max}}$ (about 2.5 to 4 % n.s.) were achieved. Likewise, the lipometabolism was during, as well as after the high continuous load and even after the sprints comparably increased. After the sprints, before training, basically an intensified lipolysis could be shown, further increasing after interval-like training, in contrast to endurance training. The stronger decline in $[\text{K}^+]$ in the interval group compared to the endurance group could indicate a better maintenance of the ion gradients, which results in less fatigue and could thus be evidence for the better endurance capacity. This adjustment is likely to be within the FT-fibers as the interval-like training has a stronger influence on the FT-fibers, which were predominantly in use at the end of the endurance test.

The static strength and anaerobic metabolism did not change after each of the trainings. The better performance of the interval group in the second Wingate-test might result from a better coordinated paddle technique and an increased aerobic metabolism, which has led to an increased creatine-phosphate-resynthesis. The results of the EMG_{RMS} , the MF and the M-Wave of the Wingate-tests lead to the assumption that an improved performance could be reached by reducing the amount of recruited motor units and through a higher spreading rate

SUMMARY

of the impulse. Again, this adaptation has probably taken place only in the FT-fibers. Moreover the interval-like training could have led to a higher antioxidant capacity, which could be the cause of reduced hyperkalemia during the endurance test and increased aerobic metabolism in the second Wingate-test. In combination with the better trained FT-fibers these adjustments could have led to the improved recovery and endurance results.

Our results show that interval-like training can be used more efficiently than endurance training (e.g. also for health sports). In recreational and competitive sports it is especially suitable for sports where high-intensity loads often alternate with short breaks (e.g., handball, basketball). Endurance athletes can benefit from the interval-like training as well, as even endurance trained test persons showed an increase in their working time at 80 % W_{\max} .

Keywords: interval-like training, endurance capacity, recovery capacity

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------------------|--|
| <i>a</i> | Amplitude der Atemgrößen innerhalb einer Belastungsphase |
| Abb. | Abbildung |
| aBE | aktueller Basenüberschuss |
| Acetyl-CoA | aktivierte Essigsäure |
| ADP | Adenosindiphosphat |
| AMP | Adenosinmonophosphat |
| AT | Ausgangstest |
| ATP | Adenosintriphosphat |
| AWT | Ausgangs-Wingate-Test |
| AZV | Atemzugvolumen |
| <i>b</i> | Zeitkonstante der Atemgrößenkinetik |
| BMI | Body Mass Index |
| BV | Blutvolumen |
| <i>c</i> | Atemgröße zu Beginn einer Belastung bzw. am Ende einer Nachphase |
| Ca ⁺⁺ | Kalziumionen |
| CO | Kohlenmonoxid |
| CO ₂ | Kohlendioxid |
| COHb | Carboxyhämoglobingehalt |
| <i>d</i> | Steigung des linearen Gliedes |
| DG | Dauergruppe |
| DTr | Dauertraining |
| DT | Dauertest |
| Ef | Erholungsfähigkeit |
| EMG | Elektromyogramm |
| EMG _{RMS} | Root Mean Square |
| ET | Eingangstest |
| EWT | Eingangs-Wingate-Test |
| FFS | freie Fettsäuren |
| fGly | freies Glycerin |
| gHb | Gesamthämoglobin |
| Ggly | Gesamtglyzerin |

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|-------------------------------|---|
| Glu | Glukose |
| Glu _a | arterielle Glukose |
| Glu _v | venöse Glukose |
| GP | Gesamtprotein |
| H ₂ O | Wasser |
| H ₂ O ₂ | Wasserstoffperoxid |
| Hb | Hämoglobin |
| HbO ₂ | Sauerstoffsättigung des Hämoglobins |
| HF | Herzfrequenz |
| HKT | Hämatokrit |
| Hz | Herz |
| IG | Intervallgruppe |
| ITr | intervallartiges Training |
| K ⁺ | Kalium |
| Kcal | Kilokalorien |
| kPa | Kilopaskal |
| Kp | Kreatinphosphat |
| Kr | Kreatin |
| Lak | Laktat |
| Lak _a | arterielles Laktat |
| Lak _v | venöses Laktat |
| l·min ⁻¹ | Liter pro Minute |
| max | maximal |
| MF | mediane Frequenz des Leistungsspektrums des EMG |
| Mg ²⁺ | Magnesiumionen |
| MCHC | Verhältnis von Hämoglobinkonzentration zu Hämatokrit (Hb/HKT) |
| min | Minute |
| mmol | Millimol |
| MVC | maximal willkürliche Kontraktion |
| MW | Mittelwert |
| M-Welle | Summenaktionspotential |
| Mwdh. | Messwertwiederholung |
| n | Anzahl der Probanden |

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---------------------|---|
| NAD ⁺ | Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid in oxidierter Form |
| NADH | Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid in reduzierter Form |
| NP | Nachphase |
| n.s. | nicht signifikant |
| O ₂ | Sauerstoff |
| Osm | Osmolalität |
| p | Fehlerwahrscheinlichkeit bei Signifikanzniveau |
| PCO ₂ | Kohlendioxidpartialdruck |
| PDH | Pyruvatdehydrogenasekomplex |
| PDHa | aktive Form des Pyruvatdehydrogenasekomplex |
| PFK | Phosphofruktokinase |
| pH | negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration |
| PO ₄ | anorganisches Phosphat |
| PO ₂ | Sauerstoffpartialdruck |
| Pow | Leistung in Watt |
| Pow _{mL} | mittlere Leistung in Watt |
| Pow _{maxL} | maximale Leistung in Watt |
| PV | Plasmavolumen |
| r | Korrelationskoeffizient |
| RCV | Erythrozytenvolumen |
| RPM | Trittfrequenz |
| RSA | Repeated Sprint Ability |
| S·min ⁻¹ | Schläge pro Minute |
| SD | Standardabweichung |
| sek | Sekunde |
| ST | Stufentest |
| Tab. | Tabelle |
| T _{min} | Zeit bis zum Minimum der Spannung |
| T _{max} | Zeit bis zum Maximum der Spannung |
| Typ I-Fasern | oxidativ arbeitende langsame Muskelfasern |
| Typ IIa-Fasern | oxidativ-glykolytisch arbeitende schnelle Muskelfasern |
| Typ IIb-Fasern | glykolytisch arbeitende schnelle Muskelfasern |
| U/min | Umdrehung pro Minute |

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|-------------|--|
| VCO_2 | Kohlenstoffdioxidabgabe |
| VE | Ventilation |
| VO_2 | Sauerstoffaufnahme |
| VO_{2max} | maximale Sauerstoffaufnahme aus dem Stufentest |
| VP | Versuchsperson |
| W_{max} | maximale Leistung in Watt aus dem Stufentest |
| WT | Wingate-Test |
| [] | Konzentrationsangabe |

1 Einleitung

Die Spielgeschwindigkeiten bei ballspezifischen Sportarten sind oft sehr hoch. Es wird von Angriff auf Abwehr und umgekehrt umgeschaltet und somit folgen auf Phasen mit hoher Intensität sehr kurze Pausen. Die hohen Intensitäten führen dazu, dass die Athleten während des Einsatzes trotz der Unterbrechungen im Mittel bei nahezu ihrer maximalen Herzfrequenz spielen. Sprint- und Dauertraining werden hierbei hauptsächlich angewandt, um die Erholungsfähigkeit in den kurzen Phasen mit niedriger Intensität und die Ausdauerfähigkeit bei hoher Intensität zu fördern (133). In einigen Studien wird jedoch darauf hingewiesen, dass auch mit Intervalltraining die Ausdauerfähigkeit verbessert werden kann (70). Die Ermüdung würde nach körperlichen Belastungen mit hoher Intensität ebenfalls verringert werden, welches mit einer Verbesserung der Erholungsfähigkeit einhergehen sollte (126).

Grundsätzliche Bedingungen für eine gute Erholungsfähigkeit des Muskels sind eine hohe Sauerstoff- und Nährstoffversorgung bzw. Metabolit- und Elektrolytentsorgung durch das Blut, eine höhere Energiebereitstellung und eine über lange Zeit stabile Erregbarkeit der Muskulatur (119). Für die schnelle Energiebereitstellung wird Kreatinphosphat in der Muskelzelle bereitgestellt. Schneller Wiederaufbau von Kreatinphosphat (KrP) ist nötig, damit genug Energie vorhanden ist, um wiederholte Leistungen zu erbringen. KrP kann aber nur aus Adenosintriphosphat (ATP) resynthetisiert werden. Voraussetzung ist also eine hohe ATP-Syntheserate, die über längere Zeit aerob im Muskel abläuft (36). Da bei Belastungen mit hoher Intensität vor allem schnelle Muskelfasern eingesetzt werden (141), muss die aerobe ATP Syntheserate dieser Fasern erhöht werden. Dies kann nur funktionieren, wenn sie auch mit ins Ausdauertraining einbezogen werden (51).

Eine höhere aerobe ATP-Syntheserate, die nach herkömmlicher Meinung nur durch Dauertraining herbeigeführt wird, vermuten Harmer et al. (2000) nach hochintensivem Sprinttraining (70). Es wurde über sieben Wochen mit je drei Einheiten durchgeführt und bestand aus vier bis dreizehn 30sekündigen Sprints mit drei bis vierminütigen Pausen dazwischen. Die Gesamtbelastungszeit pro Training war somit maximal sechseinhalb Minuten. Nach den sieben Wochen errechneten sich für eine hochintensive 80sekündige Belastung (Kurzzeit Ausdauer) aus den intramuskulär gemessenen Metaboliten eine geringere anaerobe ATP-Produktion bei höherer Leistung und höherer Gesamtarbeit. Außerdem veränderte sich trotz der um 25 % verlängerten Arbeitszeit die Sauerstoffschuld nicht, welches weiterhin einen Indikator für eine gestiegene aerobe Energiebereitstellung darstellt.

EINLEITUNG

Der Abfall der ATP-Konzentration [ATP] und der [Totalen Adenin Nukleotid] war ebenso wie auch der Anstieg des Inosinmonophosphats (IMP) geringer. Auch der Abfall des intramuskulären pH-Wertes vermindert sich, ohne dass sich die Pufferkapazität änderte (70). Das alles sind Veränderungen, die darauf hinweisen, dass nach hochintensiven Belastungen die aerobe ATP-Synthese verbessert wird und die Erholung im Anschluss an eine intensive Belastung schneller erfolgen könnte. Das hatten McKenna et al. (1993) schon gezeigt. Nach einem ähnlichen Trainingsprogramm waren die Leistung und die Gesamtarbeit in vier durch eine vierminütige Pause voneinander getrennten 30sekündigen Sprinttests erhöht und der Leistungsabfall in jedem dieser Tests verringert (126).

Als weitere Ursache für die Ermüdung wird die verminderte Erregbarkeit der Muskulatur durch einen Verlust von Kalium aus der arbeitenden Muskelzelle diskutiert. Dies soll Veränderungen der elektrischen Eigenschaften des Muskels bewirken und somit dessen Erregbarkeit reduzieren (87; 117; 121; 134; 152). Der Verlust von Kalium muss deshalb auch bei der schnellen Regeneration nach kurzen Belastungen mit berücksichtigt werden. Für die Rückführung des Kaliums in die Muskelzelle sind Natrium-/Kalium-Pumpen (Na^+/K^+ -Pumpen) in das Sarkolemm zuständig (36). In der Untersuchung von McKenna et al. (1993) zeigte sich, dass der Anstieg der Kaliumkonzentration $[\text{K}^+]$ im Blut pro geleistete Arbeit geringer war. Dies wird durch eine um 16 % gestiegene Konzentration der Na^+/K^+ -Pumpen im Sarkolemm erklärt (126). Durch diese gestiegene Konzentration der Na^+/K^+ -Pumpen wird die Erregbarkeit der Muskulatur stabilisiert. Die Erregbarkeit ist messbar mit der M-Welle (Summenaktionspotential des Muskels). Sie nahm in Versuchen von Hicks und McComas (1989) nach hochintensiver, erschöpfender Arbeit zu (76). Wenn durch ein Training die Konzentration der Na^+/K^+ -Pumpen ansteigt, dann muss nach einer Belastung – wenn also die Stimulation stattgefunden hat – die M-Welle vergrößert sein. Dieser Anstieg muss nach dem Training, das den größten Anstieg der Pumpenkonzentration zur Folge hat, am größten sein. So könnte über eine verbesserte Erregbarkeit der Muskulatur die Leistung bei wiederholten Belastungen, wie auch schon von McKenna et al. (1993) vermutet wurde, erhöht werden. Auch Dauerbelastung vermehrt die Anzahl der Na^+/K^+ -Pumpen in der Muskelmembran, welches auch hier als wichtige Anpassung angesehen wird (63).

Wichtig für die Regeneration nach einer Belastung ist auch die Sauerstoff- und Nährstoffversorgung des sich erholenden Muskels. Steht nur eingeschränkt Sauerstoff zur Verfügung, wird KrP langsamer wieder aufgebaut (71). Dasselbe gilt bei Glukose- bzw. Glykogenmangel (116).

EINLEITUNG

Ein Faktor, der die Durchblutung des Muskels und damit die Sauerstoff- und Nährstoffversorgung mitbestimmt, ist die Größe des maximalen Herzminutenvolumens und damit des Blutvolumens (143). Ausdauertraining steigert das Blutvolumen (146). Über die Wirkung von Intervalltraining auf das Blutvolumen gibt es bisher nur Messungen über wenige Tage. In dieser Zeitspanne sind die Veränderungen dieselben wie bei beginnendem Ausdauertraining. Anfänglich kommt es zu einer Abnahme der Erythrozytenkonzentration (Hämatokrit) (64). Da dies ein wesentlicher Reiz für die Bildung neuer Erythrozyten ist (143), ist bei einer ausreichend hohen Gesamtbelastung eine ähnliche langfristige Anpassung zu erwarten wie beim Ausdauertraining.

Die oben genannten Untersuchungen zeigen somit, dass auch durch ein Training mit sehr hohen Intensitäten Veränderungen hervorgerufen werden können, wie sie bei Ausdauertraining stattfinden. Auf jeden Fall stehen diese Veränderungen den Anpassungen eines Ausdauertrainings nicht entgegen oder verhindern diese.

In dieser Arbeit wurden, um die Vorteile beider Trainingsmethoden zu kombinieren und damit eine effizientere Form des Trainings für Ballspielsportarten zu entwickeln, hohe Intensitäten und ein großer Gesamtenergieumsatz kombiniert. Eine vorangegangene Untersuchung auf dem Fahrradergometer zu solchen hochintensiven intervallartigen Belastungen wurde von Stockmeyer (2003) durchgeführt (156). Im Kontrolltest führten die Versuchspersonen einen Dauertest bei 50 % ihrer im Stufentest erreichten Maximalleistung (W_{\max}) durch. Der Intervalltest bestand aus einer 30minütigen Intervallphase, wobei 30sekündige Phasen von 100 % W_{\max} und 0 Watt wechselten. Insgesamt haben beide Belastungen 55 Minuten gedauert. Der Sauerstoffverbrauch bei der Intervallarbeit zeigte keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zum Dauertest, so dass der Gesamtenergieumsatz vergleichbar war. Die spirometrischen Messungen ließen darauf schließen, dass beim Dauertraining wie auch bei einem intervallartigen Training die Energie zu einem großen Anteil durch den Fettstoffwechsel bereitgestellt wird. Die Ergebnisse decken sich mit denen von Essen et al. (1977), die ihre Ergebnisse muskelbiologisch gewannen (47). In der Serie von Stockmeyer ist der Anteil des Fettstoffwechsels sogar höher als bei Essen et al., wahrscheinlich weil eine Aufwärmphase vorgeschaltet war. Da der Gesamtenergieumsatz beim Intervall- und Dauertest gleich ist, ist auch die Gesamtmenge an Fett, die abgebaut wird vergleichbar. Die starke Beteiligung der aeroben Stoffwechselwege und besonders der ähnlich hohe Anteil des Fettabbaus ließen vermuten, dass die Effekte eines solchen intervallartigen

EINLEITUNG

Trainings auf die Ausdauerleistungsfähigkeit mindestens ähnlich groß sein würden wie im Dauertest.

Es gibt eine Arbeit von Stepto et al. (1999), in der die Wirkung eines Trainings mit 30sekündigen Belastungen auf die Dauerleistungsfähigkeit bei hochtrainierten Radrennfahrern überprüft wurde. Zwölf solcher Belastungen wurden innerhalb einer Stunde bei 175 % W_{\max} durchgeführt; die Gesamtbelastungszeit war also ähnlich wie bei Harmer et al. (2000) (s.o.). Sechs solcher Einheiten wurden innerhalb von drei Wochen zusätzlich zum normalen Training durchgeführt. Die Dauerleistungsfähigkeit in einem simulierten Zeitfahren über 40 km war danach signifikant erhöht. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass durch dieses hochintensive Training Faktoren der „Ermüdungswiderstandsfähigkeit“ ausgebildet werden, die mit anderem Training nicht verbessert werden (155).

Die aufgeführten Studien zeigen, dass sich mit einem hochintensiven, intervallartigen Training durchaus die Ausdauer- und die Erholungsfähigkeit sowie der Fettstoffwechsel verbessern lassen könnten. Da in diesen Studien zum Teil nur über einen möglichen Trainingseffekt spekuliert wurde, bzw. sie keine Kontrollgruppe oder keine mit einem vergleichbaren Gesamtenergieumsatz hatten, wurde die dieser Arbeit zugrunde liegende Studie wie folgt aufgebaut:

Das Training verläuft über drei Wochen. Für die Untersuchung ist dem intervallartigen Training zum direkten Vergleich ein Dauertraining mit gleicher mittlerer mechanischer Leistung (Watt), gleichem mittlerem Energieumsatz und gleicher Trainingsdauer gegenübergestellt. Das hochintensive, intervallartige Training besteht aus kurzen, intensiven Belastungen, gefolgt von Phasen mit niedriger Belastung. Der Begriff „intervallartiges Training“ wird hier benutzt, da diese Belastungsform mit den gängigen Definitionen des Intervalltrainings nicht abgedeckt ist.

Die Erholungs- und die Ausdauerfähigkeit werden durch zwei nacheinander folgende Wingate-Tests¹ bzw. mit einem Dauertest bei konstanter Belastung gemessen. Die Ausdauerfähigkeit setzt sich aus der aeroben Kapazität und aus der Ausdauerkapazität zusammen. Die Ausdauerkapazität stellt die Fähigkeit dar, bei einer gegebenen Belastungsintensität möglichst lange zu arbeiten (31). Es besteht keine sehr enge Korrelation zwischen der Ausdauerkapazität und der aeroben Kapazität (109). Da bei Ballsportarten die Halbzeiten bis zu einer Dreiviertelstunde andauern, wurde in dieser Studie das Augenmerk hauptsächlich auf die Ausdauerkapazität gelegt. Veränderungen in der aeroben Kapazität, die

¹ Näheres zu diesem Test unter Punkt 2.2.2

EINLEITUNG

im Wesentlichen durch die VO_{2max} , bzw. die Gesamthämoglobinmasse dargestellt wird (147; 169), sollen über Veränderungen in der Herzfrequenz, der Laktatkonzentration und im respiratorischen Quotienten bei den submaximalen Intensitäten ermittelt werden (36). Die Erholungs- und die Ausdauerfähigkeit werden direkt gemessen und nicht indirekt über Schwellen oder Herzfrequenz- und Laktatverläufe beurteilt. Herzfrequenzmessungen sind von dem Schlagvolumen und die Laktatkonzentration von der Produktion, Elimination und Verteilung abhängig, wobei das Verhältnis je nach Situation variiert (38). Des Weiteren lassen sich aus der Leistungslaktatkurve keine präzisen Aussagen über die Ausdauerkapazität machen (25). Ebenso lassen sich keine Rückschlüsse auf den Erholungszustand machen (142). Weiterin sollen physiologische Größen mit den direkt gemessenen Parametern der Dauerleistungs- und Erholungsfähigkeit korreliert und so auf ihre Aussagefähigkeit überprüft werden. Faktoren, die dabei leistungslimitierend wirken könnten, werden diskutiert.

1.1 Fragestellungen

- 1) Kann durch das oben beschriebene hochintensive, intervallartige Training die Ausdauerfähigkeit genauso erhöht werden wie durch ein Training mit gleichmäßiger Belastung und vergleichbarer mittlerer Intensität (vergleichbarer Gesamtenergieumsatz)? Wie entwickelt sich dabei die Leistungsfähigkeit bei Wingate-Test-Intensitäten bzw. wird die Erholungsfähigkeit zusätzlich verbessert, ohne die Sprintfähigkeit zu vermindern?
- 2) Welche Faktoren sind dabei leistungslimitierend? Es werden folgende Faktoren diskutiert:
 - das Blutvolumen,
 - die Kreatinphosphatresynthese,
 - der Na^+/K^+ -Haushalt,
 - der Säuren-Basen-Status bzw. die Pufferung,
 - die Erregbarkeit und die elektrische Aktivität während der Arbeit.
- 3) Verändert das unterschiedliche Training die Beteiligung der Substrate an der Energiebereitstellung unterschiedlich?

1.2 Untersuchungsziele

In der Studie wird die Wirkung eines hochintensiven, intervallartigen Trainingsprogramms auf die

- Leistungsfähigkeit bei hochintensiven Belastungen (Wingate-Test),
- auf die Erholungsfähigkeit nach hochintensiven Belastungen,
- auf die Dauerleistungsfähigkeit bei 80 % der maximalen Leistung in Watt aus einem Stufentest (W_{\max}),
- und deren leistungslimitierenden Faktoren

systematisch untersucht.

Die Studie wird vom Bundesinstitut für Sportwissenschaften (VF 07/01/76/2004) und vom Evangelischen Studienwerk e.V. Villigst unterstützt.

2 Methodik

2.1 Probanden

Es wurden zwei Gruppen – eine Intervall- und eine Dauergruppe – mit gesunden, männlichen Versuchspersonen, die zudem Nichtraucher waren, gebildet. Die Probanden waren zur Testzeit $26,9 \pm 2,3$ Jahre alt und kamen überwiegend aus den Ball- und Ausdauersportarten. Zwei Personen waren vorher in keiner Weise sportlich engagiert. Die Versuchspersonen gaben vor der Teilnahme an der Studie ihr schriftliches Einverständnis und bestätigten, dass sie in den letzten dreißig Tagen in keiner weiteren klinischen Studie involviert waren. Weiterhin wurde der Gesundheitszustand vor Eintritt in die Experimente durch eine sportmedizinische Untersuchung geprüft. Zehn Versuchspersonen wurden der Dauergruppe (DG) und zwölf Versuchspersonen der Intervallgruppe (IG) zugeordnet. Die Gesamtdauer der Untersuchung für jede Versuchsperson betrug viereinhalb Wochen. Die folgende Tabelle zeigt die anthropometrischen Daten der Teilnehmer:

| | IG | SD | n | DG | SD | n | |
|----------------------|------|-----|----|------|-----|----|---|
| Alter (Jahre) | 27,5 | 2,3 | 12 | 26,3 | 2,3 | 10 | Tabelle 2-1 Anthropometrische Daten der Versuchspersonen zum Eintritt in die Versuche. Das Gewicht veränderte sich nicht signifikant. |
| Gewicht (kg) | 79,7 | 6,4 | 12 | 80,0 | 6,2 | 10 | |
| BMI | 23,9 | 1,9 | 12 | 24,4 | 1,5 | 10 | |

In beiden Gruppen waren Ausdauersportler (Radsport, Triathlon, Laufen), Ballsportler (Basketball, Handball, Volleyball, Fußball), Kraftsportler (Fitness) sowie Nichtsportler gleichmäßig und mit ähnlichem Leistungsstand vertreten. Die ausgeübten Sportarten wurden weiterhin zusätzlich zum intervallartigen Training bzw. Dauertraining wie vor Einstieg in die Versuchsreihe durchgeführt. Die maximale Leistung in der Intervallgruppe war $4,17 \pm 0,63$ Watt \cdot kg $^{-1}$ und in der Dauergruppe $4,17 \pm 0,72$ Watt \cdot kg $^{-1}$. Die Spanne der maximalen Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht reichte bei der Intervallgruppe von 0,043 - 0,073 l \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$ und bei der Dauergruppe von 0,041 - 0,068 l \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$. Die Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant (siehe Punkt 3 Stufentestergebnisse).

2.2 Studienaufbau

2.2.1 Übersicht

0. - 1. Woche: Stufentest (Vortest zur Feststellung der Leistungsfähigkeit), mindestens zwei und maximal vier Tage danach folgte ein doppelter Wingate-Test (Eingangstest zur Feststellung der Sprintfähigkeit), zwei Tage später folgte ein Dauertest (Eingangstest zur Feststellung der Ausdauerkapazität)
2. - 4. Woche: Intervallartiges Training oder Dauertraining
5. Woche: Ausgangstests wie erste Woche ohne Stufentest

2.2.2 Stufentest

Alle Tests und das Training wurden auf dem gleichen Fahrradergometer (EXCALIBUR, Lode) durchgeführt. Der Stufentest diente zur Feststellung der Leistungsfähigkeit und zur Festlegung der Trainingsintensitäten.

Ablauf

Die Versuchsperson saß fünf Minuten ohne zu arbeiten auf dem Ergometer, bis sich stabile Atemgrößen und eine stabile Herzfrequenz eingestellt hatten. Danach begann der Proband zwei Minuten bei 10 Watt mit einer Trittfrequenz zwischen 80-90 U/min zu arbeiten. Darauf folgte eine Aufwärmphase von sechs Minuten bei 100 Watt. Anschließend wurde pro Minute die Leistung um 16,7 Watt bis zur subjektiven Erschöpfung erhöht. Abbruchkriterium war eine Reduktion der Trittfrequenz unter 70 U/min trotz starker verbaler Motivation durch die Versuchsleiter. Nach Abbruch der Belastung folgte eine 10minütige Nachphase auf dem Ergometer ohne zu arbeiten.

Messungen

Spirometrische Größen sowie die Herzfrequenz wurden kontinuierlich gemessen. Es fanden Blutentnahmen aus dem arterialisierten Blut des Ohrläppchen vor der Belastung, am Ende der Aufwärmphase bei 100 Watt und dann im Abstand von drei Minuten, bei Abbruch der Belastung und 1 Minute sowie, 3, 5 und 7 Minuten nach Abbruch der Belastung statt.

METHODIK

Dreißig Minuten nach Ende des Stufentests wurden einmal der Wingate-Test und die maximal willkürliche Kontraktion (MVC) des *m. quadrizeps femoris* durchgeführt, um die optimalen Einstellungen für die späteren Tests zu ermitteln und die Versuchsperson an die Situation zu gewöhnen.

2.2.3 Doppelter Wingate-Test

Der erste Wingate-Test diente zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit bei hochintensiver Belastung. Das Verhältnis der maximalen bzw. mittleren Leistung vom ersten zum zweiten Test ist ein Maß für die Erholungsfähigkeit.

Aus technischen Gründen wurden während dieser Arbeit zwei unterschiedliche Wingate-Testverfahren (Typ1 und Typ2) genutzt. Zu Beginn wurde Typ1 durchgeführt. Der Wingate-Test bestand aus zwei 30sekündigen Sprints, wobei schnellstmöglich eine maximale Trittfrequenz erreicht und gehalten werden sollte. Die Bremskraft stieg proportional mit der Trittfrequenz an.

Typ2 bestand ebenfalls aus zwei 30sekündigen Sprints, wobei die Bremskraft konstant auf einem Wert gehalten wurde. Zur Einstellung der Bremskraft wurde das Körpergewicht mit einem Faktor multipliziert. Bei gesunden, nicht fettleibigen oder unter Muskelatrophie leidenden Menschen ist das Verhältnis von Muskelmasse und Körpergewicht ähnlich. Für unsere Versuche haben wir das Gewicht der Probanden mit 0,7 - 0,8 multipliziert, abhängig von der jeweiligen Sprintfähigkeit des Einzelnen im Übungstest (DG 58,4 Nm \pm 5,70 Nm; IG 61,45 Nm \pm 6,04 Nm). Die hierbei erreichte Rotationsleistung (Watt) ist das Produkt aus dem Drehmoment in Newtonmeter (Nm) und der Trittfrequenz. Bei einer zu niedrig gewählten Bremskraft erreicht der Proband eine zu hohe Trittfrequenz. Dabei könnten koordinative Probleme auftreten, die Einfluss auf die Leistung haben.

Die beiden Testverfahren ergeben keine signifikanten Unterschiede für die Zeit, in der die maximale Leistung erreicht wird, ($p < 0,6$). Die Zeit, in der die Beschleunigungsleistung vollbracht wird, ist wichtig, da diese maßgeblich für die maximale Leistung ist. Ebenso ist die maximale Leistung pro Kilogramm Körpergewicht bzw. die mittlere Leistung pro Kilogramm Körpergewicht des ersten Eingangs-Wingate-Test nicht signifikant verschieden zwischen den beiden Testverfahren ($p < 0,26$ bzw. $p < 0,29$). Daher ist anzunehmen, dass das Testverfahren selbst keinen Einfluss auf die gemessene Leistung hat. Die eventuell noch bestehenden geringen Unterschiede werden über die relative Darstellung der Trainingserfolge eliminiert, da jede Versuchsperson mit demselben Testverfahren getestet wurde. Zudem waren die

METHODIK

Versuchspersonen, die den jeweiligen Testverfahren zugeordnet waren, ausgeglichen auf die Gruppen verteilt. An Wingate-Test Typ1 nahmen fünf Personen aus der Intervalltrainingsgruppe und vier Personen aus der Dauertrainingsgruppe teil, wobei bei der Intervallgruppe eine Person aufgrund technischer Probleme beim ersten Wingate-Test aus der Berechnung herausgenommen wurde. Bei Typ2 nahmen aus jeder Gruppe sechs Personen teil.

Ablauf

Vor der Belastung legte sich der Proband auf eine Liege, an der das Kraftmessgerät zur Messung der statischen maximal willkürlichen Kontraktion (MVC) befestigt war. Es wurde eine MVC des *m. quadrizeps femoris* durchgeführt. Darauf folgten auf dem Fahrradergometer eine fünfminütige Vorphase ohne Belastung, um stabile Atemgrößen und eine stabile Herzfrequenz zu erhalten, und die anschließende Aufwärmphase von zehn Minuten bei 50 % W_{max} . Hiernach begab sich der Proband wieder auf die Liege, wo eine weitere MVC durchgeführt wurde. Dreieinhalb Minuten nach der Aufwärmphase wurden die beiden Wingate-Tests mit einer Minute Pause dazwischen auf dem Fahrradergometer durchgeführt. Abschließend folgte eine 30minütige Nachphase, in der weitere MVC durchgeführt wurden.

Messungen

Spirometrische Größen und die Herzfrequenz wurden kontinuierlich gemessen. Blutabnahmen fanden in Ruhe, nach der Aufwärmphase, am Ende des ersten und zweiten Wingate-Tests und dann nach 3, 5, 8, 12, 18, 24, und 30 Minuten statt. Dabei wurde gleichzeitig das Summenaktionspotential des Muskels (M-Welle) aufgenommen und anschließend die MVC durchgeführt. Das EMG wurde während der Wingate-Tests und während der MVC-Messung aufgenommen. Unmittelbar nach Ende der Wingate-Tests wurden keine MVC gemessen, da diese nicht auf dem Fahrrad durchgeführt werden konnten, sondern auf der Liege mit der entsprechenden Kraftmesseinrichtung erfolgen musste.

2.2.4 Dauertest

Dieser Test ist ein Belastungstest bei konstanter Leistung. Die Wirkung des unterschiedlichen Trainings auf die Dauerleistungsfähigkeit wurden hierbei direkt gemessen.

Ablauf

Die Versuchsperson saß die ersten fünf Minuten ohne zu arbeiten auf dem Fahrradergometer, bis sich stabile Atemgrößen und eine stabile Herzfrequenz eingestellt hatten. Danach begann der Proband die ersten zwei Minuten bei 10 Watt zu arbeiten. Die Trittfrequenz betrug auch hier 80-90 U/min. Es wurde dann die Leistung auf 30 % W_{\max} erhöht. Nach sechs Minuten folgte eine Erhöhung auf 80 % W_{\max} . Es wurde nun bis zur subjektiven Erschöpfung gearbeitet. Das Kriterium war das Unterschreiten einer Trittfrequenz von 60 U/min trotz starker verbaler Motivation durch die Versuchsleiter. Anschließend folgte eine 10minütige Nachphase auf dem Fahrradergometer ohne Belastung.

Messungen

Spirometrische Größen und die Herzfrequenz wurden wieder kontinuierlich gemessen. Blut wurde in Ruhe, am Ende der 30 % W_{\max} Phase und nach 3, 10 und 25 Minuten entnommen. Bei weiter anhaltender Arbeit folgten die Blutentnahmen darauf im Abstand von 15 Minuten. Die letzten Messungen wurden bei Abbruch und 1 Minute, 5 und 10 Minuten nach Abbruch der Belastung durchgeführt. Beim Ausgangstest fand bei verlängerter Fahrdauer zusätzlich eine Abnahme zum Zeitpunkt des Abbruchs vom Eingangstest statt.

2.2.5 Training

Nach dem Eingangstest begann das Training. Es erstreckte sich über drei Wochen und wurde zusätzlich zum regulären Training der Probanden durchgeführt. Die Probanden mussten dreimal die Woche für eine Stunde auf dem Fahrradergometer (EXCALIBUR, Lode) trainieren. Die Trittfrequenz betrug immer 80-90 U/min. Die mechanische Gesamtarbeit war in beiden Trainingseinheiten vergleichbar, da beide Gruppen im Mittel eine ähnliche Maximalleistung aus dem Stufentest (W_{\max}) hatten (DG $327,4 \pm 42,9 W_{\max}$ und IG $330, \pm 39,8 W_{\max}$) und die mittlere Intensität bei 50 % W_{\max} lag. Eine Intensitätsanpassung an die Leistungsverbesserungen wurde nicht durchgeführt, da dann die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen in Bezug auf den Gesamtenergieumsatz nicht mehr gegeben wäre.

METHODIK

Die Intervallgruppe hat ein hochintensives, intervallartiges Training auf dem Fahrradergometer absolviert. Es begann mit einer Aufwärmung von zehn Minuten bei 50 % W_{\max} . Darauf folgte eine 45minütige Intervallphase, wobei intensive Belastungen bei 100 % W_{\max} abzüglich 10 Watt und niedrige Belastungen bei 10 Watt immer wieder wechselten. Jede Belastungsphase dauerte dreißig Sekunden. Danach schloss sich eine Nachphase für fünf Minuten bei 50 % W_{\max} an (siehe Grafik). Die Trittfrequenz betrug auch bei den niedrigen

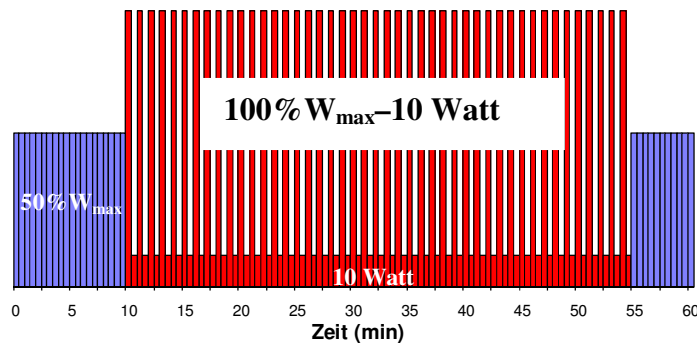


Abbildung 2-1 Trainingsprotokoll intervallartiges Training

Belastungen immer 80-90 U/min.

Die Dauergruppe hat auf dem Fahrradergometer ein kontinuierliches Ausdauertraining von 60 Minuten bei 50 % W_{\max} durchgeführt.

2.2.6 Ausgangstest

Die Eingangstests wurden im Anschluss an die Trainingsperiode drei bis fünf Tage nach dem letzten Training als Ausgangstests wiederholt. Beginn aller Tests war zwischen acht und neun Uhr morgens. Sie unterschieden sich in der Durchführung nicht von dem Eingangstest. Weiterhin wurde vor den Eingangstests die Nahrung notiert, die der Proband zum Frühstück und am Abend zuvor zu sich genommen hatte. Vor dem Ausgangstest wurden die Probanden angehalten sich wie beim Eingangstest zu ernähren.

2.2.7 Gemessene Parameter

Es wurden folgende Größen in den oben beschriebenen Versuchen bestimmt:

Blut (Wingate- und Dauertest):

- Aus dem Blut der Cubitalvene des Unterarms: Glucose (Glu_v), Laktat (Lak_v), Hämoglobin (Hb), Basenüberschuss (BE), Oxihämoglobin (HbO_2), Sauerstoffsättigung (SO_2) und Hämatokrit (HKT).
- Aus dem Plasma (cubitalvenös): Gesamtglycerin (Ggly), Triglyzeride (Tri), freies Glycerin (fGly), freie Fettsäuren (FFS), anorganisches Phosphat (PO_4), Osmolalität (Osm), Gesamteiweiß (GE), Natrium (Na^+), Kalium (K^+), Kohlendioxidpartialdruck (PCO_2), Sauerstoffpartialdruck (PO_2) und pH-Wert.

METHODIK

- Aus dem Blut des hyperämisierten Ohrläppchens: Glucose (Glu_a) und Laktat (Lak_a).
- Vor und nach der Trainingsperiode: Plasma-, Erythrozyten und Blutvolumen (PV, RCV, BV) und Gesamthämoglobin pro Kilo Körpergewicht ($\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$):

Kontinuierlich ermittelte Größen (Wingate - und Dauertest):

- Spirometrische Größen: Ventilation (VE), Atemfrequenz (AF), Atemzugvolumen (AZV), Sauerstoffaufnahme (VO_2), Kohlendioxidabgabe (VCO_2) und respiratorischer Quotient (RQ).
- Herzfrequenz (Hf)

Leistung:

- Stufentest (ST): Maximale Leistung in Watt (W_{max}) und maximale Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$).
- Wingate - Test: Maximale Leistung in Watt (Pow_{maxL}) und maximale Trittfrequenz (RPM_{max}) sowie mittlere Leistung in Watt (Pow_{mL}) und mittlere Trittfrequenz (RPM_{m}).
- Dauertest: Ausdauerkapazität bei 80 % W_{max} .

Elektromyographische- (EMG) und Kraftmessungen (MVC) (Wingate-Test):

- MVC, M-Welle, Root Mean Square (EMG_{RMS}) und Mediane Frequenz des Leistungsspektrums des EMG (MF).

2.3 Messmethoden

2.3.1 Blutvolumen

Das Blutvolumen wurde einmal nach dem Eingangsdauertest und dann nach der Trainingsperiode kurz vor dem Ausgangs-Wingate-Test mit der CO-Methode (143) gemessen, um bei den Ausgangstests eventuell unterschiedlich hohe Blutmengen, die bei den einzelnen Probanden abgenommen wurden, keinen Einfluss nehmen zu lassen. Die direkt gemessene Größe ist dabei die Gesamthämoglobinmenge (gHb). Mit der Gesamthämoglobinmenge und dem Hämatokrit lässt sich auch das Gesamterythrozytenvolumen und das Plasmavolumen errechnen (143). Vor der Messung wurden dem Probanden aus dem arterialisierten Blut des Ohrläppchens drei Blutproben - ca. 50 µl - in Mikro-Kapillarröhrchen (NH₄ beschichtet, B.BRAUN, Melsungen) entnommen. Das Ohrläppchen wurde vorher zur besseren Durchblutung mit Finalgonsalbe (THOMAE, Ingelheim) eingerieben. Die Blutproben wurden mithilfe des OSM3-Hemoximeters (RADIOMETER, Copenhagen) auf ihren Carboxyhämoglobingehalt (COHb) untersucht. Die Werte wurden gemittelt und stellten anschließend den Ausgangswert dar. Zur Blutvolumenmessung wurde CO in ein mit fünf Litern Sauerstoff gefülltes Kroghspirometer gegeben. Bei Personen bis 75 kg wurde zum Sauerstoff 50 ml Kohlenmonoxid (CO) und bei Personen über 75 kg 75 ml CO dazugegeben. Das Gasgemisch wurde nach Betätigen einer Stoppuhr ruhig eingeatmet. Eine Nasenklemme stellte zudem sicher, dass während der Messung kein Volumenverlust bzw. -gewinn stattfinden konnte.

Das eingeatmete CO bindet sich und die Hämoglobinmoleküle im Blut. Das damit entstandene COHb erreicht nach ca. drei bis acht Minuten einen Maximalwert, bei dem die zugegebene Menge an CO sich gleichmäßig im Blut verteilt hat. Um den Maximalwert zu erfassen, wurde alle zwei Minuten insgesamt sechzehn Minuten lang Blut aus dem arterialisierten Ohrläppchen abgenommen und sofort auf den COHb Gehalt überprüft. Aus einer Blutprobe vom vorangegangenen Dauertest (Eingangsmessung) bzw. vom folgenden Wingate-Test (Ausgangsmessung) wurde der Hämatokrit und die Hämoglobinkonzentration gemessen. Das Gesamthämoglobin berechnet sich nun wie folgt:

$$\text{Gesamthämoglobin (gHb)} = K \cdot \text{MCO} \cdot 100 \cdot (\text{DCO-Hb} \cdot Z)^{-1} \text{ (g)}$$

METHODIK

Hierbei stellt K den Korrekturfaktor für Luftdruck und Raumtemperatur, MCO die Menge an zugegebenen CO (ml), DCO die Differenz vom Ausgangswert COHb zu Maximalwert COHb und Z die Hüfnersche Zahl (1,34), die die Menge an Gas in der Hämgruppe in ml angibt, das pro Gramm Hb gebunden werden kann, dar.

Hieraus wurde das

$$\begin{aligned} \text{ErythrozytENVOLUMEN (RCV)} &= \text{gHb} \cdot \text{MCHC}^{-1} \text{ (ml), das} \\ \text{BlutVOLUMEN (BV)} &= \text{RCV} \cdot (100 \cdot (\text{HKT} \cdot \text{F})^{-1}) \text{ (ml) und das} \\ \text{PlasmavolumEN (PV)} &= \text{BV} - \text{RCV} \text{ (ml)} \end{aligned}$$

berechnet.

Die MCHC ist dabei das Verhältnis von Hämoglobin zum Hämatokrit = $(\text{Hb} \cdot \text{HKT}^{-1}) \cdot 100$ und $\text{F} = 0,91(143)$.

2.3.2 Bestimmungen während des Versuchs zur Sprintfähigkeit

Maximalen Willkürlichen Kontraktion (MVC)

Während, vor und nach den Wingate-Tests wurde die MVC der rechten Hüft- und Beinstreckmuskulatur (die im Wesentlichen den *m. gluteus maximus*, *m. bizep femoris* und *m. quadrizeps femoris* umfasst) gemessen. Die ersten vier Probanden (zwei aus dem Dauertraining und zwei aus dem intervallartigen Training) haben die MVC im Sitzen durchgeführt. Sie saßen dabei auf einer Liege, an der ein Kraftmessgerät befestigt war. Der rechte Unterschenkel war im rechten Winkel an der Liege befestigt. Die Probanden sollten das Bein bei jeder Messung dreimal drei Sekunden lang mit einem Abstand von 20 Sekunden maximal schnell und stark gegen den Widerstand strecken. Nach den Sprints sind aufgrund der hohen vorangegangenen Belastung im Sitzen Kreislaufprobleme aufgetreten. Daher wurde bei allen weiteren Probanden die Messung im Liegen durchgeführt (siehe Bild). Dafür musste sich der Proband mit dem Rücken auf eine Liege



Abbildung 2-2 Messung der statischen maximal willkürlichen Kontraktion

METHODIK

legen, an der das Kraftmessgerät befestigt war. Das linke Bein der Testperson war während der Messung gestreckt. Das rechte Bein wurde im Hüft- und Kniegelenk im rechtem Winkel positioniert. Das rechte Fußgelenk wurde dabei in einem 90° Winkel auf einer Messplattform, die mit der Kraftmessdose verbunden war, fixiert. Bei jeder Messung wurde wieder dreimal drei Sekunden lang mit einem Abstand von zwanzig Sekunden maximal schnell und stark gegen die Platte gestemmt. Der Messpunkt war hierbei an der Ferse in Verlängerung der Wade, sodass Beeinflussungen der Kraftmessung über die Fußstrecker minimiert wurden. Die Kraftmessung wurde mit dem BIOPACK SYSTEMS, Inc., Santa Barbara CA aufgenommen und mit der ACQKNOWLEDGE 3.2 for Windows Software ausgewertet. Während der Messung wurde der Proband verbal motiviert, seine maximale Kraft zu erbringen. Es wurde die Amplitude, die Erschlaffungsgeschwindigkeit (minimale Steigung), die maximale Kontraktionsgeschwindigkeit (maximale Steigung) und mittlere Kontraktionsgeschwindigkeit (Kontraktionsgeschwindigkeit) ermittelt. Für die Vergleichbarkeit der Messtechniken wurden immer prozentuale Veränderungen zu der Messung, die direkt nach der Aufwärmphase bei 50 % W_{\max} stattgefunden hat, berechnet.

Trittfrequenz und Leistung

Während der zwei 30sekündigen Sprints wurde ein analoges Signal direkt aus dem Fahrradergometer (EXCALIBUR, Lode) in den Computer übertragen und mit der Wingate-Test-Software (EXCALIBUR, Lode) ausgewertet. Pro Sekunde wurden für die Leistung (Watt) und die Trittfrequenz (RPM) fünf Werte gemessen. Diese Werte wurden gemittelt und die maximale Trittfrequenz (RPM_{\max}) und maximale Leistung in Watt ($Pow_{\max L}$) sowie die mittlere Trittfrequenz (RPM_m) und mittlere Leistung in Watt (Pow_{mL}) ermittelt. Die Testpersonen wurden während der Sprints lautstark angefeuert. Für die ersten neun Testpersonen wurde ein selbsterstelltes Auswertungsprogramm genutzt, welches alle zwei Sekunden einen Wert für die RPM und die Leistung ermittelt hat. Für eine genauere Auswertung wurde wie beschrieben auf die kommerzielle Wingate-Test-Software umgestellt. Da bei beiden Testverfahren nur die Rotationsleistung, aber nicht die Beschleunigung berücksichtigt wurde, wurden zusätzlich die Daten korrigiert. Dazu wurden sie zuerst mit einer Statistik- und Grafiksoftware (GRAPHPAD PRISM 3.0) geglättet. Danach wurde mit diesen Daten die Beschleunigungsleistung ermittelt und diese zur Rotationsleistung addiert.

METHODIK

Elektromyographische Messungen

Während des Wingate-Tests wurden das Summenaktionspotential des Muskels (M-Welle) an der ruhenden Muskulatur vor und zwischen den Belastungen sowie das EMG an der aktiven Muskulatur während der Belastung gemessen. Für diese Messungen wurden auf der Haut des rechten Oberschenkels sechs Oberflächen Elektroden zur Ableitung der Signale angebracht. Zwei weitere dienten der Stimulation der Muskulatur. Eine davon wurde als indifferente Elektrode am linken Unterschenkel befestigt. Die andere Reizelektrode wurde über den „Motorpoint“ (Stelle, bei deren Reizung die M-Welle den größten Ausschlag zeigt) des *m. vastus lateralis* angebracht. Auf die Reizelektroden wurde ein Elektroden-Gel (SPECTRA®360, PARKER LABORATORIES, Inc., Fairfield, USA) zur besseren Leitfähigkeit aufgetragen. Das EMG wurde mit zwei Kanälen in bipolarer Konfiguration aufgezeichnet. Die Elektroden, die zur Signableitung dienten, wurden mit jeweils zwei cm Abstand zueinander entlang des *m.*

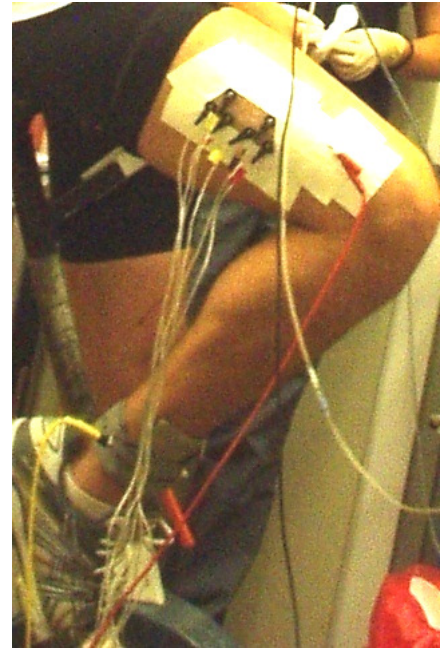


Abbildung 2-3 Ableitungen des EMGs

vastus lateralis angebracht (1. Kanal distal und 2. Kanal proximal). Für die Stimulation wurde ein System aus Konstantstromeinheit CCUI, welche mit einer Isolierungseinheit SIUI5 mit Starkstrom Stimulator S48 verbunden war, verwendet (alle Geräte von GRASS INSTRUMENT DIVISION OF ASTROMED, Inc., West Warwick, USA). Die Ableit- und Referenzelektroden waren über einen Digitalwandler mit dem Computer verbunden. Die Daten wurden mithilfe des *Biopac Data Acquisition Systems* MP100 mit dem Verstärkungsmodul EMG100 (BIOPAC SYSTEMS, Inc., Santa Barbara CA) aufgezeichnet. Die Messung des EMG erfolgte während der Wingate-Tests und zeitgleich mit der Messung der maximalen willkürlichen Kontraktion (MVC). Da sich die elektrische Leitfähigkeit des Gewebes unter Belastung verändert, wurden zusätzlich während der Aufnahme rechteckige 13 ms lange Stromimpulse durch dieselben Elektroden, die auch für die M-Welle genutzt wurden, geschickt. Diese Impulse reichten nicht aus, um ein Aktionspotential auszulösen und dienten zur Kontrolle der Ableitbedingungen und zur Kalibrierung der Amplitude der EMG-Signale.

METHODIK

M-Welle

Die Aufzeichnung der M-Welle erfolgte nach einer supramaximalen Stimulation durch einen rechteckigen 1,3 ms anhaltenden Stromimpuls, um bei jeder Messung immer eine konstante Anzahl an Muskelfasern anzusprechen (151). Jede Aufzeichnung wurde mit drei Reizimpulsen mit direkter und einem Reizimpuls mit umgekehrter Polarität durchgeführt. Durch Summierung dieser Signale konnten Reizartefakte bei der Auswertung reduziert werden. Bei der M-Welle wurden die Spannungsdifferenz zwischen dem maximalen negativen und positiven Ausschlag (Peak-to-Peak-Amplitude), die Fläche der M-Welle unter der Nulllinie, die Zeit bis zur minimalen bzw. maximalen Spannung (T_{\min} , T_{\max}), die Zeit bis zum Übergang der M-Welle durch die Nulllinie von negativen zu positiven Werten (T_0) und die Zeit bis zum Übergang der M-Welle durch die Nulllinie am Ende des positiven Ausschlages (151) sowie die Differenz zwischen T_{Ende} und T_0 (ΔT) gemessen.

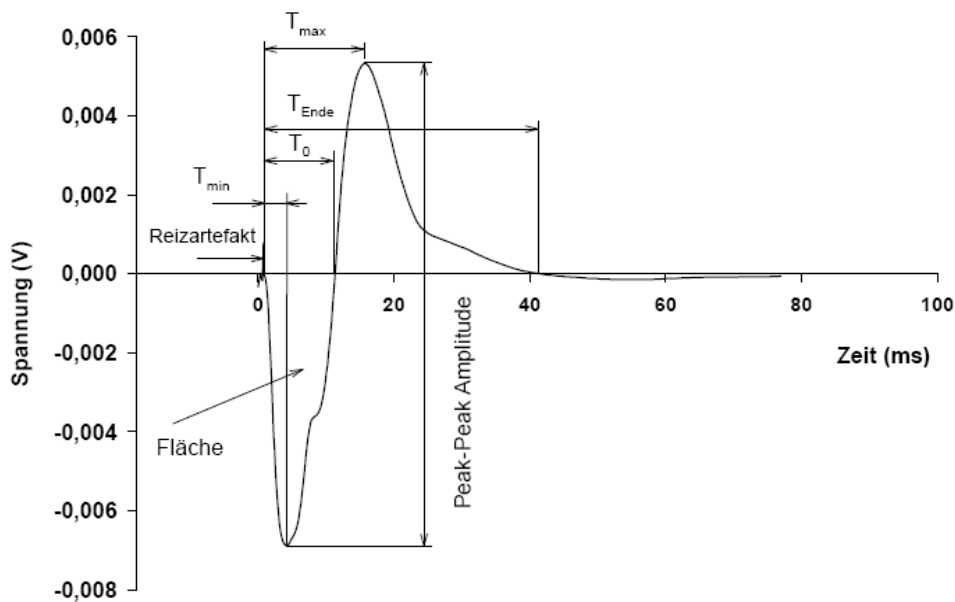


Abbildung 2-4
Summen-
aktionspotential und
Messparameter (M-
Welle) (151).

Root-Mean-Square (EMG_{RMS}) und Mediane Frequenz (MF)

Das EMG wurde mit einer Abtastrate von 1kHz digitalisiert. Nach dem Versuch wurden aus diesen Rohwerten mithilfe der ACQKNOWLEDGE 3.2 for Windows Software (BIOPACK SYSTEMS, Inc., Santa Barbara CA) die MF und der EMG_{RMS}-Wert berechnet. Die EMG-Parameter wurden in einem Frequenzbereich von 10 bis 400 Hz analysiert. Die Formel für die Berechnung des EMG_{RMS} ist wie folgt:

$$EMG_{RMS} \{EMG(t)\} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} EMG^2(t) dt} .$$

Die MF wurde mithilfe der Fast-Fourier-Transformation im Hemming Fenster bestimmt (151).

2.3.3 Kontinuierlich gemessene Größen

Herzfrequenz (HF)

Die Herzfrequenz (S·min⁻¹) wurde über einen Brustgurt (POLAR ELEKTRO, Finnland) an das Spirometer (METALYZER 3B) übertragen und mit der Software METASOFT pro Atemzug aufgezeichnet.

Spirometrische Größen

Atemfrequenz (AF) (l·min⁻¹), Sauerstoffaufnahme (VO₂) (l·min⁻¹), Kohlendioxidabgabe (VCO₂) (l·min⁻¹) und das Atemzugvolumen (AZV) (l) wurden über das Spirometer METALYZER 3B pro Atemzug gemessen und in das Programm METASOFT übertragen. Weiterhin wurden die Ventilation (VE) (l·min⁻¹) und der Respiratorische Quotient (RQ) automatisch aus den gemessenen Atemparametern berechnet. Dabei stellt der RQ das Verhältnis von VCO₂ zu VO₂ dar. Vor und nach jedem Versuch wurde der Metalizer mit Raumluft und mit einem Kalibrationsgasgemisch (Konzentration: 12 % O₂ und 6 % CO₂) kalibriert.

2.3.4 Berechnung der Ventilationskinetiken

Um eine Beziehung zwischen der Ausdauerkapazität und dem Ventilationsverhalten aufzuzeigen, wurden die Kinetiken der VE in der 80 % W_{\max} aus den Originaldaten der spirometrischen Messungen mit der Software SIGMAPLOT 8.0 bestimmt. Für die Berechnung wurde folgende monoexponentielle Gleichung mit linearem Glied verwendet:

$$f(t) = y_0 + a(1 - \exp^{-\frac{t-c}{b}}) + d \cdot t$$

$f(t)$ stellt hierbei die Parameter in Abhängigkeit zur Zeit t in Sekunden dar. y_0 zeigt den Startpunkt der Kinetik. Dieser entspricht dem Mittelwert aus den letzten stabilen Werten der Vorbelastung. a repräsentiert die Amplitude der Parameter. b steht für die Zeitkonstante. c stellt die Zeitverzögerung dar und d die Steigerung der Parameter, wenn kein Steady-State erreicht wird.

2.3.5 Blutchemische Größen

Blutabnahmen und Verarbeitung des venösen Bluts

Mithilfe einer Teflonverweilkanüle (INTROCAN 18G, B. BRAUN, Melsungen) wurde in der Cubitalvene des Unterarms ein Zugang gelegt. Während des Wingate-Tests wurde zwölfmal und während des Dauertests je nach Fahrdauer zwischen sieben- und elfmal ca. 10 ml Blut abgenommen. Zur Vermeidung eines Blutgerinnsels wurde nach der Blutabnahme die Teflonverweilkanüle mit einer 0,9%igen Kochsalzlösung (LUER, B. BRAUN, Melsungen) gespült. Die Blutabnahme erfolgte bei beiden Tests zu jedem Zeitpunkt in zwei verschiedene Spritzen. Ca. 7 ml Blut wurden in 10 ml Spritzen, die zuvor mit 15 μ l Liquemin (N 2500, HOFFMANN LA ROCHE, Grenzbach-Wyhlen) heparinisiert wurden, abgenommen. Die weiteren ca. 3 ml Blut wurden für die Messung der Metabolite des Fettstoffwechsels genutzt und in 5 ml Spritzen (LUER, B. BRAUN, Melsungen) ohne Liquemin abgefüllt. Das Blut der nicht heparinisierten Spritzen wurde umgehend nach der Abnahme in EDTA Röhrchen (S-MOVETTE, Sarstedt) umgefüllt und in Eiswasser gelegt. Das heparinisierte Blut wurde in EPPENDORF Reaktionsgefäße abgefüllt. Weiterhin wurden die für die Bestimmung der Osmolalität mit Blut luftdicht aufgefüllten Reaktionsgefäße sofort auf Eis gelegt. Nach Versuchsende wurden die Blutproben aus den heparinisierten Spritzen bei 9.500 U/min für sieben Minuten zweifach zentrifugiert (Bifuge, B. HERAEUS SEPATECH), um die festen

METHODIK

Bestandteile des Blutes vom Plasma zu trennen. Das Blut der EDTA-Röhrchen wurde in einer Kühlzentrifuge (SIGMA, Osterode) bei 4 °C und 3000 U/min für zehn Minuten zentrifugiert. Die Bestimmung der blutchemischen Größen erfolgte größtenteils noch am Versuchstag. Aus zeitlichen Gründen wurden die Fettstoffwechselmetabolite und das anorganische Phosphat zu einem späteren Zeitpunkt bestimmt. Das abpipettierte Plasma wurde dafür sofort nach dem Versuch bei -20 °C tiefgefroren.

Säuren-Basen-Status und Elektrolyte

Die Bestimmung des Säure-Basen-Status (pH-Wert, aktueller Basenüberschuss (aBE), der Konzentration des Bikarbonat [HCO_3], der Sauerstoff - und Kohlendioxid Partialdrücke (PO_2 und PCO_2) und der Konzentrationen der Elektrolyte Natrium (Na^+), Kalium (K^+) erfolgte durch einen ionenselektiven Blutgasanalysator (ABL 505, RADIOMETER, Copenhagen). Der aBE wird aus der Gesamthämoglobinkonzentration [tHb] und der [HCO_3] berechnet (138). Während des Versuchs wurde sofort nach der Abnahme 20 μl Blut direkt aus der heparinisierten Spritze in den Analysator gegeben. PO_2 und PCO_2 werden in mmHG angegeben. Die Konzentration der Elektrolyte wurde vom Blutgasanalysator im Plasma gemessen. Elektrolyte, [aBE] und [HCO_3] werden in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ angegeben.

Hämoglobin (Hb), Oxihämoglobin(HbO_2) und Sauerstoffsättigung (SO_2)

Wie bei der Säuren-Basen-Status-Bestimmung wurde auch für diese Parameter gleich nach der Abnahme Blut direkt aus der gut gemischten heparinisierten Spritze entnommen und mit dem OSM3 Hemoximeter (RADIOMETER, Copenhagen), der mit dem ABL 505 verbunden war, bestimmt. Die Angabe der Hämoglobin Konzentration erfolgt in $\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ und die Angaben von SO_2 und HbO_2 in Prozent.

Hämatokrit (HKT)

Aus jeder der heparinisierten Spritzen wurden sofort nach der Abnahme vier Mikro-Kapillarröhrchen (NH_4 heparinisiert, B.BRAUN, Melsungen) mit Blut gefüllt und mit einem Versiegelungskitt (BRAND, Wertheim) verschlossen. In einer Mikrofuge (HERAUS SEPRATECH) wurden bei 12.000 U/min für zehn Minuten die festen Bestandteile (Hämatokrit) des Blutes vom Plasma getrennt. Der Hämatokritwert wurde dann über eine Messskala abgelesen. Es wurden jeweils vier Bestimmungen pro Probe durchgeführt. Bei der

METHODIK

Messung wurde nur der Teil der Erythrozyten abgelesen. Der Hämatokritwert wird in Prozent angegeben.

Laktat (Lak) und Glucose (Glu)

Aus den heparinisierten Spritzen wurde nach Versuchende 20 μl Blut in end-to-end-Kapillaren gefüllt und diese in ein mit 1 ml Systemlösung gefülltes Reaktionsgefäß (EKF Diagnostic, Barleben) gegeben und gut vermischt. Die so präparierten Reaktionsgefäße wurden zur Bestimmung von Glucose und Laktat in das Gerät BIOSEN 5030L (ENVITEC, Wismar) gegeben, das mit dem enzymatisch-amperometrischen Messprinzip arbeitet. Jede Bestimmung wurde mit einer unterschiedlichen, enzymatischen Reaktion durchgeführt. Für die Bestimmung der Glucose wurde eine Enzymmembran mit dem Enzym Glucoseoxidase verwendet. Dieses Enzym wandelt Glucose zu Gluconsäure und Wasserstoffperoxid (H_2O_2) um. Das H_2O_2 wird oxidiert. Ein Messsignal wird in mAs ausgegeben, das proportional der Glucosekonzentration ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) ist.

Für die Analyse der Laktatkonzentration ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) wurde eine Laktatmembran mit dem Enzym Laktatoxidase genutzt, welches das Laktat zu Pyruvat + H_2O_2 katalysiert. Das von der Probe abhängige Messsignal wurde wie bei der Glucosebestimmung ausgewertet. Es wurden für beide Parameter Doppelbestimmungen durchgeführt, deren Werte gemittelt wurden.

Osmolalität (Osm)

Die osmotische Konzentration wurde aus dem Plasma der luftdicht abgefüllten und auf Eis gelegten Reaktionsgefäße sofort nach Versuchsende anhand des Prinzips der Kryoskopie mit dem Osmometer (Typ 3, FA ROEBELING, Berlin) bestimmt. Hierbei wird die Gefrierpunktniedrigung einer Probe (100 μl Plasma) im Vergleich zu destilliertem Wasser und einer Kalibrationslösung (300 $\text{mosmol}\cdot\text{kg}^{-1}\text{H}_2\text{O}$) ermittelt, die ein direktes Maß für die osmotische Konzentration der Probe darstellt. Die [Osm] wird in $\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ angegeben.

Gesamteiweiß (GE)

Direkt nach Versuchsende wurde mithilfe der Biuret-Methode von Merckotest (MERCK, Darmstadt) das abpipettierte Plasma auf seine Gesamteiweißkonzentration analysiert. In der alkalischen Biuretlösung ergeben Proteine und Peptide mit Kupferionen eine violette

METHODIK

Färbung. Diese Färbung ist proportional zur Eiweißkonzentration. Sie wurde durch ein Spektralphotometer bei 545 nm gemessen und in $\text{g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ angegeben.

Für eine weitere Bestimmung wurden alle folgenden Metabolite zu einem späteren Zeitpunkt aufgetaut und aus dem Plasma bestimmt.

Anorganisches Phosphat (PO_4)

Das Plasma wurde mit der Ammoniummolybdat-Methode von Ecoline S^+ Phosphat (DIASYS DIAGNOSTIC SYSTEMS GmbH, Holzheim) auf anorganisches Phosphat untersucht. Hierbei wurde das Plasma in eine Ammoniummolybdat + Schwefelsäure + Phosphat-Lösung gegeben. Der daraus entstandene anorganische Phosphormolybdat-Komplex kann bei 340 nm gemessen werden. Er ist proportional zur Konzentration. Die $[\text{PO}_4]$ wird in $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ angegeben.

Freie Fettsäuren (FFS)

Für die Bestimmung der FFS wurden die Proben nach dem Auftauen nochmals zentrifugiert. Mit einem enzymatischen Farbttest von NEFA-C (WAKO CHEMIKALS, Neuss) wurde durch Acyl-CoASynthase H_2O_2 gebildet. In einer weiteren enzymatischen Reaktion mit Acyl-CoA und 3-Methyl-N-ethyl-N-(β -hydroxyethyl)-anilin (MEHA) entstand in Gegenwart von Peroxidase mit H_2O_2 ein roter Quinon-Farbstoff, welcher proportional zu der [FFS] ($\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$) ist und bei 540 nm mit einem Spektralphotometer gemessen wurde.

Freies Glycerin (fGly), Gesamtglycerin (Ggly), Triglyzeride (Tri),

Die Glycerinkonzentration wurde aus den Plasmaproben mit dem Glyceri-UV-Test von BOEHRINGER, Mannheim, gemessen. Aus der Differenz der [Ggly] und der [fGly] konnte die [Tri] errechnet werden. Zur Bestimmung der [Ggly] wurde Glycerin unter Katalysierung des Enzyms Glycerokinase durch ATP zu L-Glycerin-3-Phosphat phosphoryliert. Pyruvat-Kinase überführt das ADP durch Phosphoenolpyruvat unter Bildung von Pyruvat wieder in ATP. Pyruvat wird durch NADH und das Enzym L-Laktat-Dehydrogenase zu L-Laktat hydriert und NADH zu NAD oxydiert. Die verbrauchte NADH Menge wurde mit dem Spektralphotometer bei 340 nm gemessen, da sie äquivalent zur [fGly] ist.

METHODIK

Die Bestimmung der [Ggly] wurde in gleicher Weise durchgeführt, nur wurden die Plasmaproben vorher mit ethanolischer Kalilauge verseift, um das veresterte Glycerin freizusetzen. Alle Parameter werden in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ angegeben.

Blutabnahmen und Verarbeitung des arterialisierten Bluts

Vor dem Versuch wurde das Ohrläppchen des Probanden mit einer durchblutungsfördernden Salbe (Finalgonsalbe THOMAE, Ingelheim) eingerieben. Während des Versuchs wurde parallel zu den venösen Blutabnahmen $20\ \mu\text{l}$ Blut aus den Ohrläppchen in end-to-end-Kapillaren gefüllt. Die Kapillaren wurden in ein Reaktionsgefäß (EKF Diagnostic, Barleben) mit 1ml Systemlösung gegeben und mit dieser gut vermischt. Aus dem arterialisierten Blut wurde nach dem oben beschriebenen Prinzip die Laktat- und Glucosekonzentration bestimmt.

2.4 Statistik

Die Studie ist eine Untersuchung mit zweifacher Messwertwiederholung (Testtage ET/AT und Zeitpunkte während des Tests). Die Daten wurden mit dem allgemeinen linearen Modell untersucht, wobei der Zwischengruppen-Effekt durch die beiden Trainingsgruppen und der Innergruppen-Effekt durch die Werte der einzelnen Messzeitpunkte (Tag und Zeit) gebildet wurden. Alle Ergebnisse sind als Mittelwerte (MW) \pm Standardabweichungen (SD) präsentiert. Für die Analyse der in dieser Untersuchung erhobenen Daten ist eine dreifaktorielle Varianzanalyse angewendet worden. Die dreifaktorielle Varianzanalyse überprüfte die Faktoren Gruppe (IG/DG), Testtag (ET/AT) und Zeitpunkt (Belastungsphase oder Nachphase). Zur weiteren Absicherung und Lokalisation der Unterschiede wurde eine zweifache Varianzanalyse mit Messwertwiederholung mit anschließendem multiplen Mittelwertvergleich nach Holm Sidak durchgeführt. Diese Analyse prüfte einzelne, bestimmte Messzeitpunkte (Faktoren: Gruppe (IG/DG) und Testtag (ET/AT)) oder die einzelnen Gruppen (Faktoren: Testtag (ET/AT) und Zeitpunkt (Belastungsphase oder Nachphase) (SigmaStat11_0).

Unterschiede in den Eingangstests und der prozentualen Leistungsverbesserung wurden mit einem t-Test für verbundene Stichproben ermittelt. Die Ergebnisse wurden als signifikant ermessenen, wenn $p < 0,05$ war.

3 Ergebnisse des Stufentests

Bei hoch-submaximaler Belastungsstufe, kurz vor dem Abbruch des Stufentests, steigt die O₂-Aufnahme nicht mehr an. Dies ist jedoch nicht die Regel (83), daher müsste die im Stufentest ermittelte „VO_{2max}“ eigentlich streng genommen als „VO_{2Peak}“ betitelt werden. In dieser Studie wird sie jedoch, wie im deutschen Sprachgebrauch üblich, weiterhin als VO_{2max} bezeichnet.

Im Stufentest konnte aufgrund von technischen Problemen bei vier Probanden die VO_{2max} nicht gemessen werden. Die maximal erreichte Leistung in Watt (W_{max}) aus dem Stufentest korreliert jedoch hochsignifikant mit der VO_{2max}. Anhand der Regressionsgraden (s. Abb. 3-1) konnten somit die fehlenden Daten mithilfe der W_{max} berechnet werden. Die Berechnungsgrundlage wurde getestet, indem für alle Probanden die VO_{2max} kalkuliert wurde und diese Werte den gemessenen Daten gegenübergestellt wurden. Das hohe Bestimmtheitsmaß der Korrelation R² von 0,8 zeigt den engen Zusammenhang (s. Abb. 3-2). Die folgende Tabelle stellt die erreichten Leistungen im Stufentest dar. Keine der Größen war signifikant verschieden zwischen den beiden Gruppen.

| | IG | | | DG | | |
|-----------|------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | W _{max} | VO _{2max} | VO _{2max} · kg ⁻¹ | W _{max} | VO _{2max} | VO _{2max} · kg ⁻¹ |
| MW | 330,64 | 4,27 | 0,05 | 327,40 | 4,26 | 0,05 |
| SD | 39,84 | 0,53 | 0,01 | 42,87 | 0,55 | 0,01 |
| n | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 |

Tabelle 3-1 Maximal erreichte Leistung und Sauerstoffaufnahme im Stufentest.

ERGEBNISSE DES STUFENTESTS

Korrelation der maximalen Leistung aus dem Stufentest (W_{max}) mit der VO_{2max}

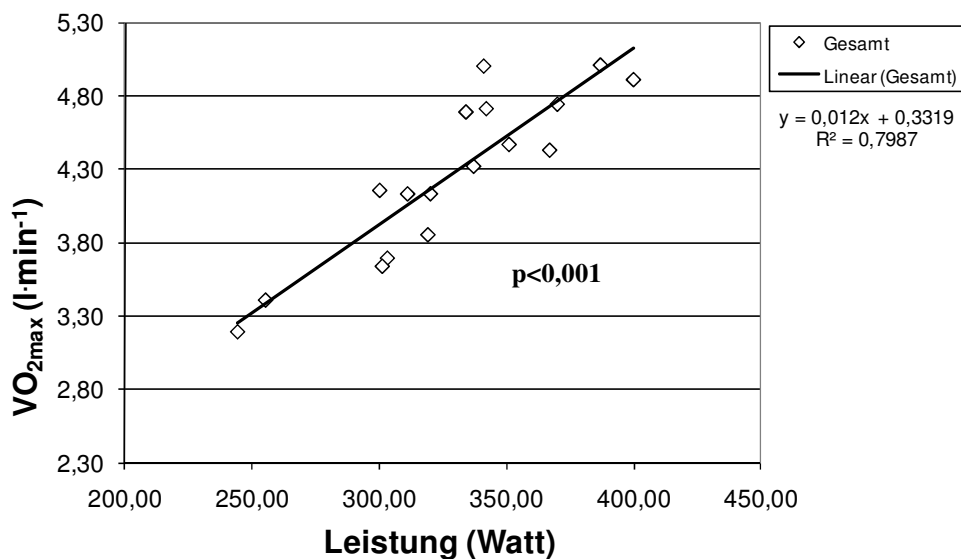


Abbildung 3-1 Korrelation der VO_{2max} mit der W_{max} . Dargestellt sind die Daten aller Probanden, bei denen eine VO_{2max} im Stufentest ermittelt wurde.

Korrelation der berechneten VO_{2max} mit der gemessenen VO_{2max}

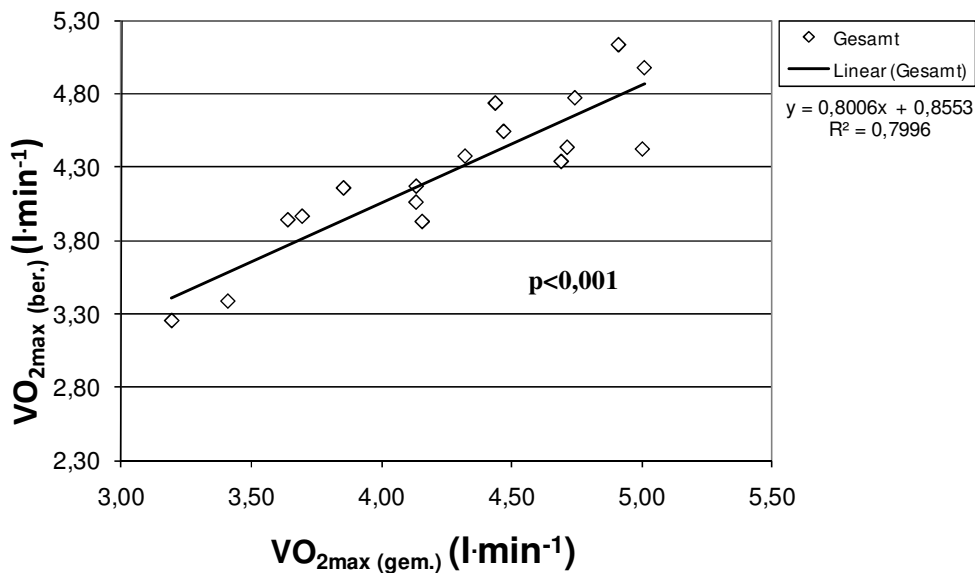


Abbildung 3-2 Korrelation der $VO_{2max (ber.)}$ mit der $VO_{2max (gem.)}$. Dargestellt sind die Daten, aller Probanden bei denen eine VO_{2max} im Stufentest ermittelt wurde.

4 Ergebnisse zur Ausdauerkapazität

4.1 Arbeitszeit bei 80 % W_{max}

Die Arbeitszeit des Eingangstests bei 80 % W_{max} ist bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Nach dem Training haben beide Gruppen ihre Ausdauerleistung verbessert.

Die Intervallgruppe zeigt eine signifikant erhöhte Arbeitszeit von 913 s auf 1355 s bei 80 % W_{max} ($p < 0,001$) und die Dauergruppe eine erhöhte Arbeitszeit von 812 s auf 992 s ($p < 0,05$). Die prozentuale Verbesserung und die absolute Zunahme der Arbeitszeit von der Intervallgruppe sind signifikant größer als die der Dauergruppe. Die Daten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten, die unter ‚IG‘ bei ‚AT-ET‘ und ‚%‘ angegeben sind, beziehen sich auf den Zwischen-
gruppeneffekt. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten unter ‚AT (s)‘ beziehen sich auf den Innergruppen-
effekt.

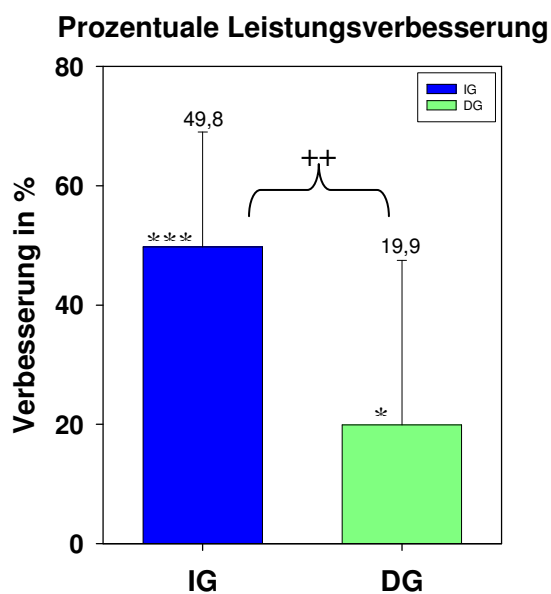


Abbildung 4-1 Verbesserung der Arbeitszeit in % bei 80 % W_{max} . Die IG hat sich in der prozentualen Leistung signifikant stärker verbessert als die DG (++) $p < 0,01$. *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$.

| | IG | | | | DG | | | |
|-------------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | ET (s) | AT (s) | AT-ET | % | ET (s) | AT (s) | AT-ET | % |
| MW | 913,25 | 1355,00 | 441,75 | 49,76 | 812,50 | 992,00 | 179,50 | 19,91 |
| SD | 425,76 | 618,62 | 238,65 | 19,26 | 222,63 | 431,18 | 262,77 | 27,54 |
| n | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Sign | | 0,001 | 0,05 | 0,01 | | 0,05 | | |

Tabelle 4-1 Arbeitszeit in Sekunden bei 80 % W_{max}

4.2 Kontinuierlich gemessene Parameter

Die dargestellten Werte bei Ruhe (R) in den nachfolgenden Abbildungen sind Mittelwerte, berechnet aus den letzten zwei Minuten vor Belastungsbeginn. Alle anderen Parameter werden als 30sekündige Mittelwerte dargestellt. Die zweiminütige Vorphase ist mit ‚10W‘ gekennzeichnet, darauf folgt die Aufwärmphase bei 30 % W_{\max} und die 80 % W_{\max} Phase. Die letzten zehn Minuten der Grafik stellen die Nachphase (NP) dar. Aufgrund der verschiedenen Abbruchzeiten bei 80 % W_{\max} werden nur Werte bis zur siebten Minute bei 80 % W_{\max} in der Intervallgruppe und bis zur neunten Minute in der Dauergruppe gezeigt, damit die Grafik nicht durch interindividuelle Unterschiede beeinflusst wird. Der Punkt ‚Vergl Abbr‘ zeigt die Abbruchwerte des Eingangstests (ET) und die zum gleichen Zeitpunkt gemessenen Werte des Ausgangstests (AT). In der Dauergruppe liegt bei zwei Personen der Abbruchzeitpunkt im Ausgangstest vor dem des Eingangstests. Hier wurde der Abbruchwert des Ausgangstests und der zum gleichen Zeitpunkt gemessene Wert des Eingangstests berechnet. Die Symbole (rot- und blauumrandeter Kreis), die zum Zeitpunkt Null der Nachphase zu sehen sind, stellen noch einmal die Abbruchwerte dar. Bei keiner gesonderten Kennzeichnung, ist bei allen Messpunkten die Probandenanzahl der Intervallgruppe n:11 und bei der Dauergruppe n:10.

4.2.1 Herzfrequenz (HF)

Während der Ruhephase liegt die Herzfrequenz im Eingangstest bei der Intervallgruppe bei $82,1 \pm 7,4 \text{ S} \cdot \text{min}^{-1}$ und bei der Dauergruppe bei $76,3 \pm 11,5 \text{ S} \cdot \text{min}^{-1}$ (n.s.). Nach dem Training sind die Herzfrequenzen in Ruhe und am Ende der Aufwärmphase in beiden Gruppen unverändert. Während der gesamten 80 % W_{\max} Phase und bei dem Punkt ‚Vergl Abbr‘ ist eine Abnahme der Herzfrequenz zu sehen (80 % W_{\max} : IG n.s., DG n.s.; Vergl Abbr’: IG $p < 0,01$, DG $p < 0,05$). Bei Abbruch ist die Herzfrequenz vor und nach dem Training bei beiden Gruppen ähnlich. Die Nachphase zeigt bei der Intervallgruppe eine halbe Minute nach Abbruch für anderthalb Minuten eine schnellere Abnahme der Herzfrequenz ($p < 0,01$).

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Herzfrequenz Intervallgruppe

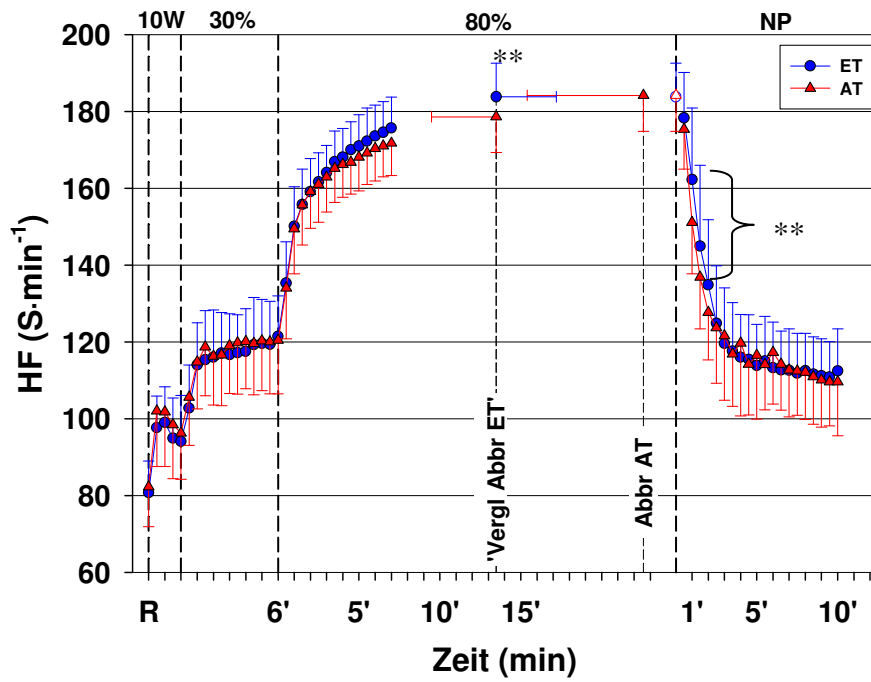


Abbildung 4-2 Intervallgruppe HF ($S \cdot min^{-1}$). ,Vergl Abbr' und Abbr ET sind zusammengefasst unter, Vergl Abbr ET' ** $p < 0,01$.

Herzfrequenz Dauergruppe

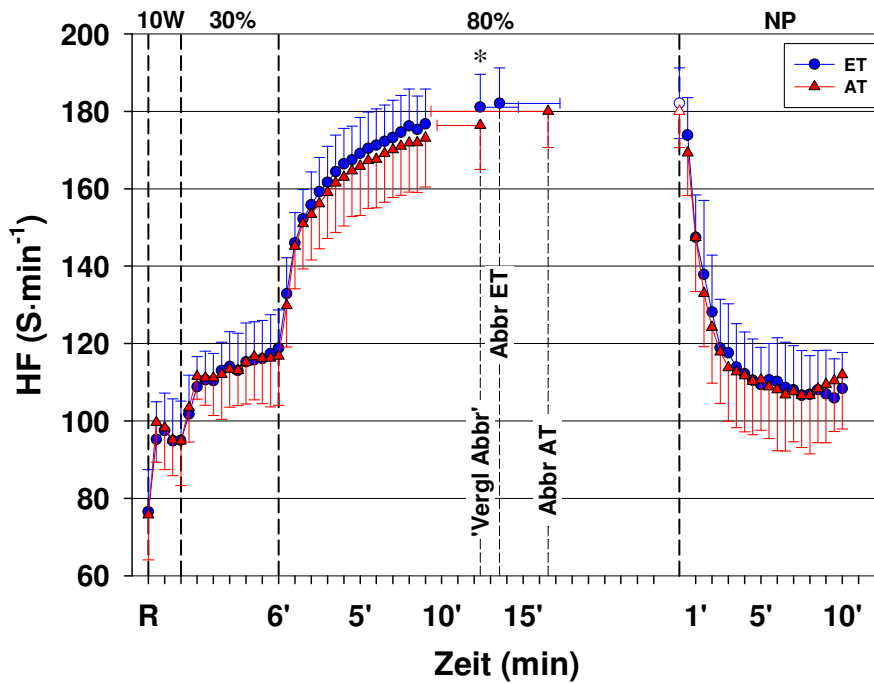


Abbildung 4-3 Dauergruppe HF ($S \cdot min^{-1}$). * $p < 0,05$.

4.2.2 Spirometrische Größen

Sauerstoffaufnahme (VO_2)

Während der Ruhephase liegt die VO_2 im Eingangstest bei beiden Gruppen bei $0,4 \pm 0,1$ $l \cdot min^{-1}$. Am Ende der Aufwärmphase (4-6 min bei 30 % W_{max}) steigt die VO_2 im Eingangstest bei beiden Gruppen auf $1,8 \pm 0,2$ $l \cdot min^{-1}$ (n.s.). Bei der Intervallgruppe ist die VO_2 in der Nachphase in den ersten anderthalb Minuten signifikant niedriger ($p < 0,01$) und bei der Dauergruppe in der ersten halben Minute niedriger ($p < 0,05$). Es gibt jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Beide Gruppen zeigen keine signifikanten Veränderungen in der VO_2 nach dem Training.

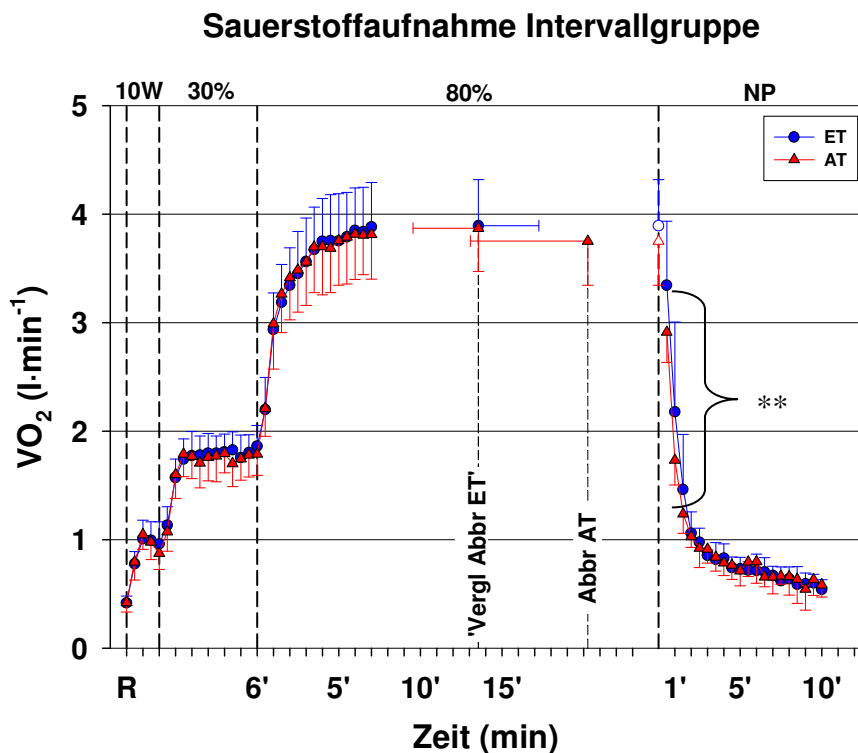


Abbildung 4-4 Intervallgruppe VO_2 ($l \cdot min^{-1}$). ,Vergl Abbr ET' und Abbr ET sind zusammengefasst unter ,Vergl Abbr ET' n:10 ** $p < 0,01$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Sauerstoffaufnahme Dauergruppe

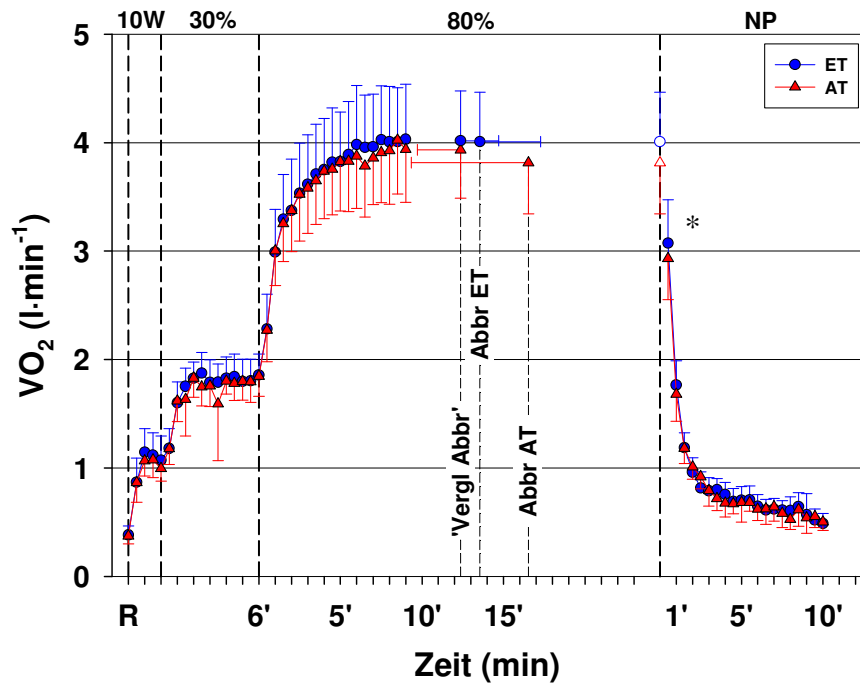


Abbildung 4-5 Dauergruppe VO₂ (l·min⁻¹). *p<0,05

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Kohlendioxid (VCO_2)

Während der Ruhephase liegt die VCO_2 im Eingangstest bei der Intervallgruppe bei $0,4 \pm 0,1$ $l \cdot min^{-1}$ und bei der Dauergruppe bei $0,3 \pm 0,1$ $l \cdot min^{-1}$ (n.s.). Am Ende der Aufwärmphase (4-6 min bei 30 % W_{max}) steigt die VCO_2 im Eingangstest bei beiden Gruppen auf $1,6 \pm 0,2$ $l \cdot min^{-1}$. Nach dem Training sind diese Werte immer noch fast identisch. Während der ersten sieben Minuten der 80 % W_{max} und während der gesamten Nachphase ist die VCO_2 in beiden Gruppen reduziert, wobei nach dem intervallartigen Training die Ergebnisse signifikant sind und nach dem Dauertraining nicht (0-7 min 80 % W_{max} : IG $p < 0,01$; NP: IG $p < 0,001$). Bei Abbruch der Belastung sinkt die VCO_2 bei der Intervallgruppe von $4,0 \pm 0,4$ $l \cdot min^{-1}$ auf $3,7 \pm 0,5$ $l \cdot min^{-1}$ ($p < 0,01$) und bei der Dauergruppe von $4,1 \pm 0,5$ $l \cdot min^{-1}$ auf $3,8 \pm 0,6$ $l \cdot min^{-1}$ ($p < 0,05$). Zum Zeitpunkt ‚Vergl Abbr ET‘ sinkt die VCO_2 bei der Intervallgruppe von $4,0 \pm 0,4$ $l \cdot min^{-1}$ auf $3,8 \pm 0,5$ $l \cdot min^{-1}$ ($p < 0,05$) und bei der Dauergruppe von $4,1 \pm 0,5$ $l \cdot min^{-1}$ auf $3,9 \pm 0,6$ $l \cdot min^{-1}$.

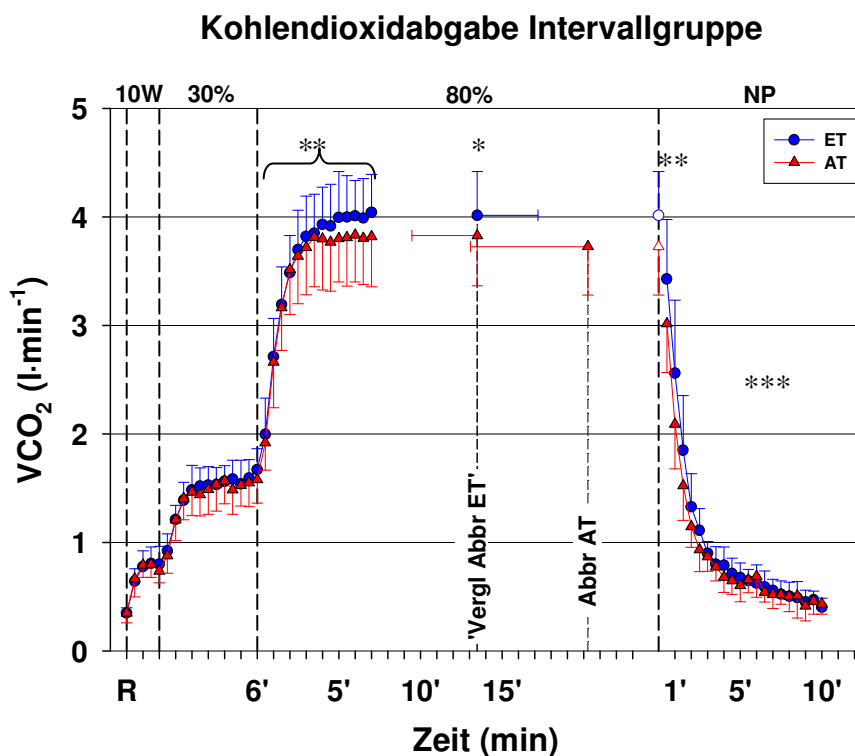


Abbildung 4-6 Intervallgruppe VCO_2 ($l \cdot min^{-1}$). ‚Vergl Abbr ET‘ und ‚Abbr ET‘ sind zusammengefasst unter ‚Vergl Abbr ET‘ n:10, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Kohlendioxidabgabe Dauergruppe

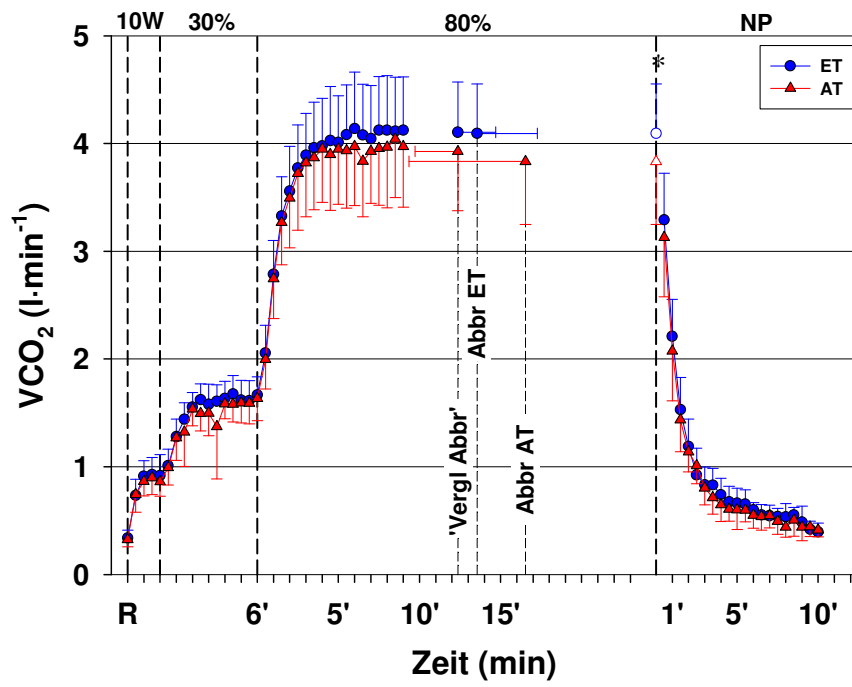


Abbildung 4-7 Dauergruppe VCO₂ (l·min⁻¹). *p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Ventilation (VE)

Beim Eingangstest lag die VE in Ruhe in der Intervallgruppe bei $11,5 \pm 2,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ und in der Dauergruppe bei $12,0 \pm 2,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (n.s.). Die Berechnungen der Kinetiken der VE ergeben bis auf eine Abnahme des linearen Gliedes in der Intervallgruppe bei 80 % W_{max} keine signifikanten Unterschiede (IG $p < 0,01$; DG n.s.). Die absoluten Werte zeigen bei Ruhe und während der Aufwärmphase nach den beiden Trainingsmethoden keine Veränderungen. Bei Abbruch ist die VE bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Beim Punkt 'Vergl Abbr' ist die VE in beiden Gruppen nach dem Training reduziert (IG $p < 0,001$; DG n.s.). Die VE ist nur bei der Intervallgruppe in den ersten anderthalb Minuten der Nachphase signifikant reduziert ($p < 0,005$). Die Dauergruppe zeigt in der Nachphase keine signifikanten Veränderungen.

| | | Eingangstest | | | | | Ausgangstest | | | | |
|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| | | y0 | a | b | c | d | y0 | a | b | c | d |
| IG | MW | 41,99 | 36,86 | 66,48 | 3,151 | 0,10 | 40,51 | 44,85 | 56,56 | 6,42 | 0,06 |
| | SD | 8,24 | 7,48 | 41,94 | 13,81 | 0,07 | 5,64 | 7,98 | 18,70 | 8,42 | 0,04 |
| | Sign | | | | | 0,01 | | | | | |
| DG | MW | 42,21 | 40,26 | 63,22 | 3,60 | 0,08 | 42,85 | 46,13 | 61,27 | 6,13 | 0,06 |
| | SD | 7,094 | 10,23 | 38,92 | 10,58 | 0,04 | 8,41 | 7,64 | 25,44 | 10,21 | 0,03 |
| | Sign | | | | | | | | | | |

Tabelle 4-2 VE Kinetiken bei 80 % W_{max} . y0 zeigt den Startpunkt der Kinetik. Dieser entspricht dem Mittelwert aus den letzten stabilen Werten der Vorbelastung. a repräsentiert die Amplitude der Parameter, b steht für die Zeitkonstante, c stellt die Zeitverzögerung dar und d die Steigung der Parameter, wenn kein Steady-State erreicht wird. Innergruppeneffekt: $p < 0,01$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Ventilation Intervallgruppe

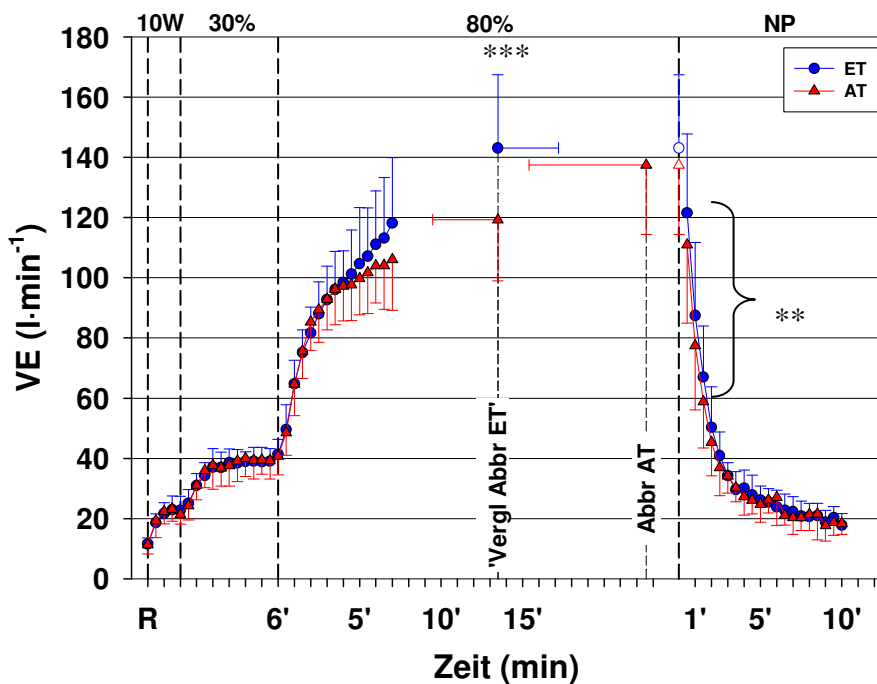


Abbildung 4-8 Intervallgruppe VE (l·min⁻¹). ,Vergl Abbr' und Abbr ET sind zusammengefasst unter ,Vergl Abbr ET', ***p<0,001, **p<0,005.

Ventilation Dauergruppe

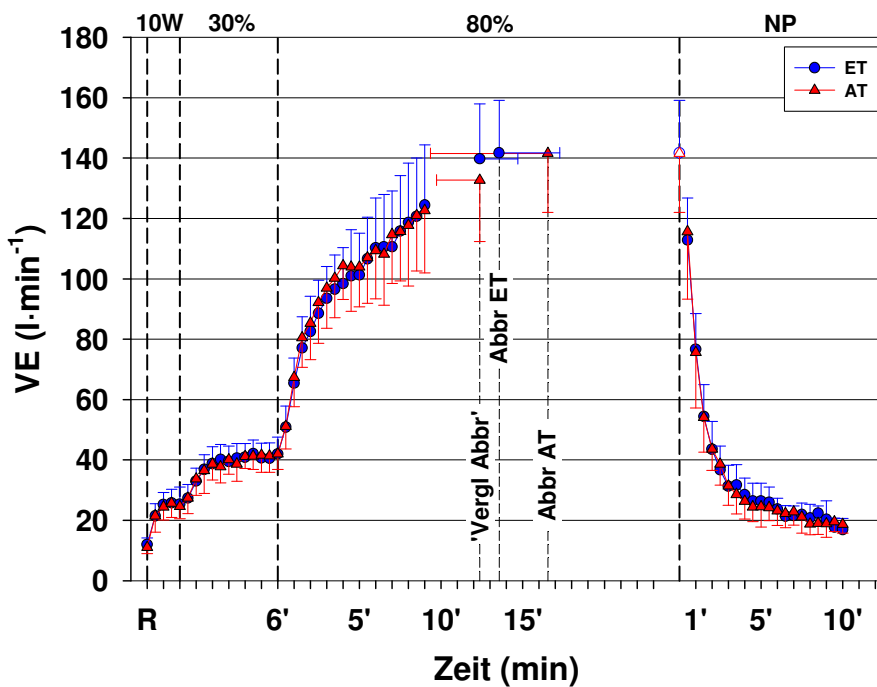


Abbildung 4-9 Dauergruppe VE (l·min⁻¹).

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Atemfrequenz (AF)

Nach dem Training zeigt die AF in Ruhe, am Ende der Aufwärmphase sowie in der Nachphase keine signifikanten Änderungen in beiden Gruppen. Während der 80 % W_{\max} -Phase zeigt die Intervallgruppe eine Abnahme der AF ab der fünften Minute. Bei der Dauergruppe ist sie im Gegensatz dazu unverändert. Zum Zeitpunkt 'Vergl Abbr' ist die AF in beiden Gruppen reduziert (IG: $51,7 \pm 10$ Atemzug \cdot min $^{-1}$ zu $39,5 \pm 8,1$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, $p < 0,001$; DG: $47,2 \pm 5,1$ Atemzug \cdot min $^{-1}$ zu $43,1 \pm 6,3$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, n.s).

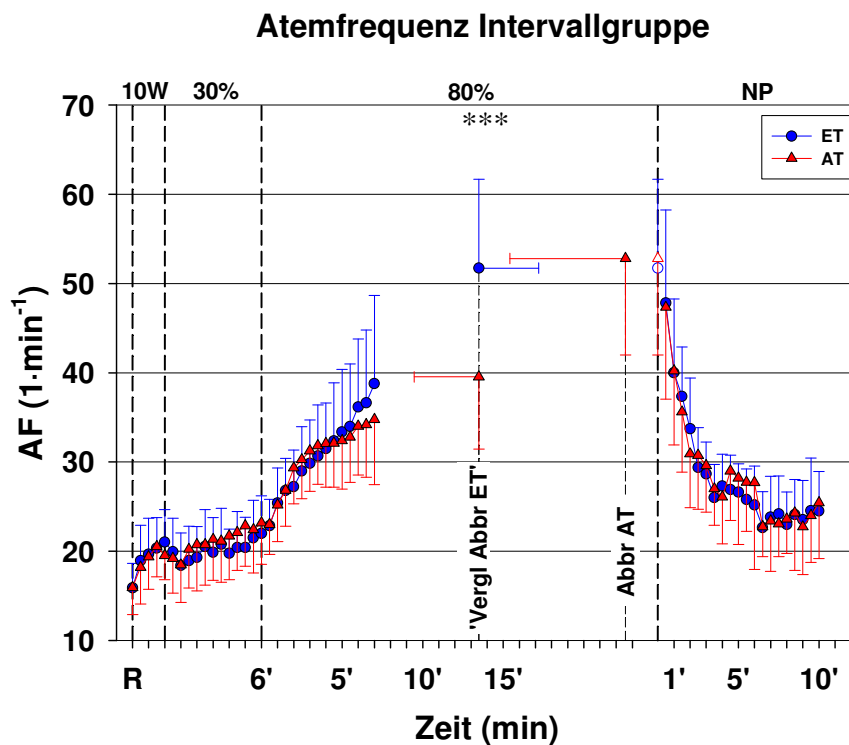


Abbildung 4-10 Intervallgruppe AF (1·min⁻¹). ,Vergl Abbr' und Abbr ET sind zusammengefasst unter ,Vergl Abbr ET', *** $p < 0,001$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Atemfrequenz Dauergruppe

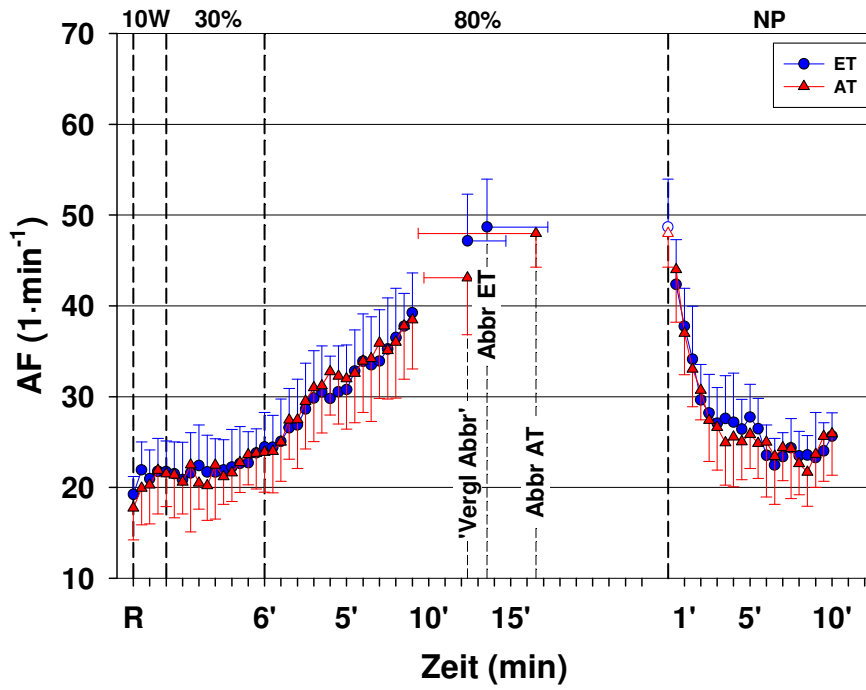


Abbildung 4-11 Dauergruppe AF ($1 \cdot \text{min}^{-1}$).

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Atemzugvolumen (AZV)

Auch das AZV zeigt nach dem Training in Ruhe und am Ende der Aufwärmphase keine signifikanten Änderungen bei beiden Gruppen. Am Anfang der 80 % W_{\max} Phase ist das AZV bei beiden Gruppen nicht signifikant verändert. Bei 'Vergl Abbr' ist das AZV bei beiden Gruppen erhöht (IG: $2,8 \pm 0,3$ l zu $3,1 \pm 0,4$ l, $p < 0,001$; DG: $2,9 \pm 0,3$ l zu $3,1 \pm 0,4$ l, n.s.). Am Anfang der Nachphase ist das AZV nach dem intervallartigen und Dauertraining reduziert (Abbr und 1. min: IG $p < 0,01$; DG n.s.).

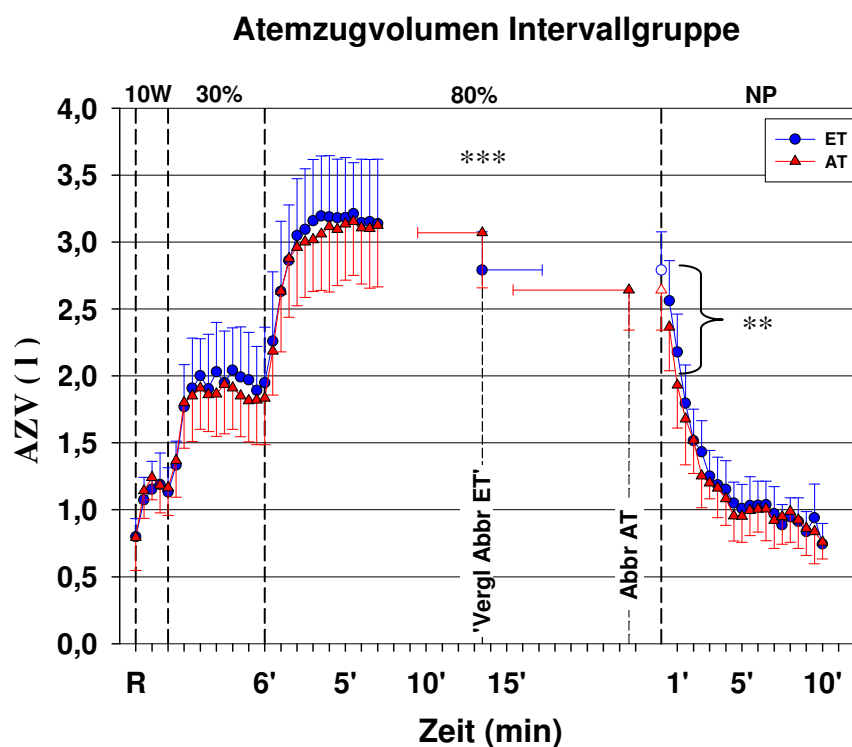


Abbildung 4-12 Intervallgruppe AZV (l). 'Vergl Abbr' und Abbr ET sind zusammengefasst unter 'Vergl Abbr ET', *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Atemzugvolumen Dauergruppe

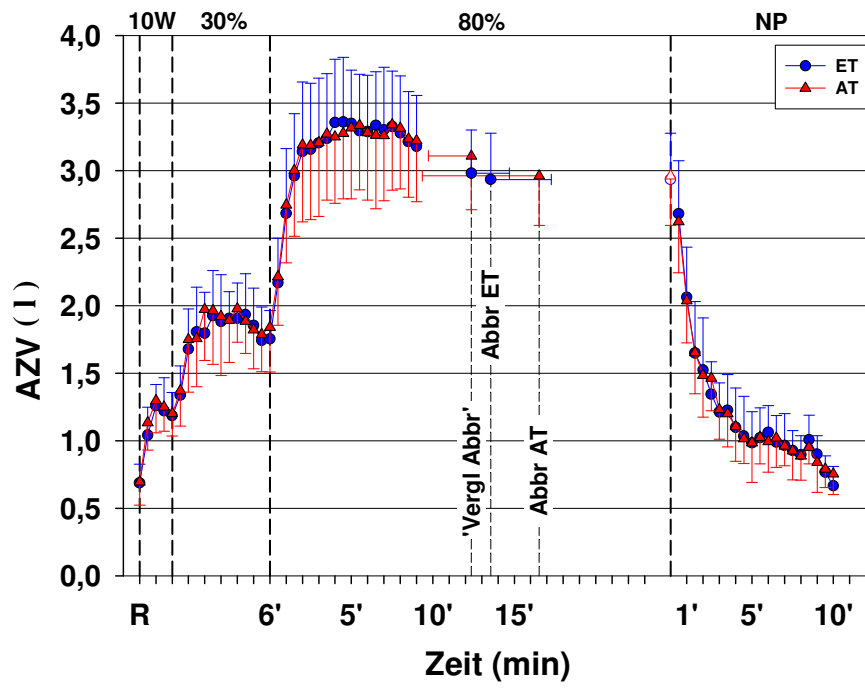


Abbildung 4-13 Dauergruppe AZV (l).

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Respiratorischer Quotient (RQ)

Die Werte des RQ zeigen in Ruhe und während der Aufwärmphase (30 % W_{\max}) keine signifikanten Veränderungen nach dem Training. Beim Eingangstest liegt der RQ in Ruhe bei der Intervallgruppe bei $0,85 \pm 0,06$ und bei der Dauergruppe bei $0,89 \pm 0,03$. Am Ende der Aufwärmphase liegt der RQ bei beiden Gruppen bei $0,9 \pm 0,04$. Vor und nach dem Training steigt der RQ bei beiden Gruppen innerhalb der ersten zwei Minuten der 80 % W_{\max} -Phase über 1,05 und sinkt dann langsam wieder ab. Während der 80 % W_{\max} und der Nachphase ist der RQ nach dem Training bei beiden Gruppen niedriger (80 % W_{\max} : IG $p < 0,001$; DG $p < 0,005$; NP: IG $p < 0,001$; DG $p < 0,001$). Auch noch zum Zeitpunkt 'Vergl Abbr' und bei Abbruch ist RQ bei beiden Gruppen reduziert (IG $p < 0,001$; DG n.s.). Die Reduktion des RQs ist nach dem intervallartigen Training signifikant größer als nach dem Dauertraining (80 % W_{\max} : $p < 0,001$; NP: $p < 0,001$), insbesondere während der ersten Minuten der Nachphase.

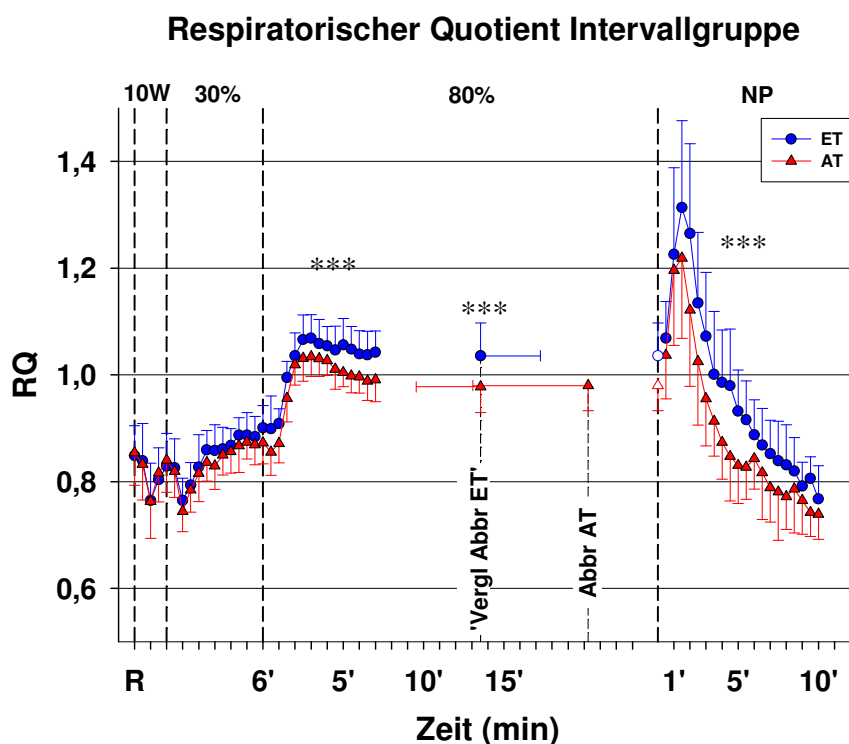


Abbildung 4-14 Intervallgruppe RQ. Vergl Abbr' und Abbr ET sind zusammengefasst unter, Vergl Abbr' ET n:10, *** $p < 0,001$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

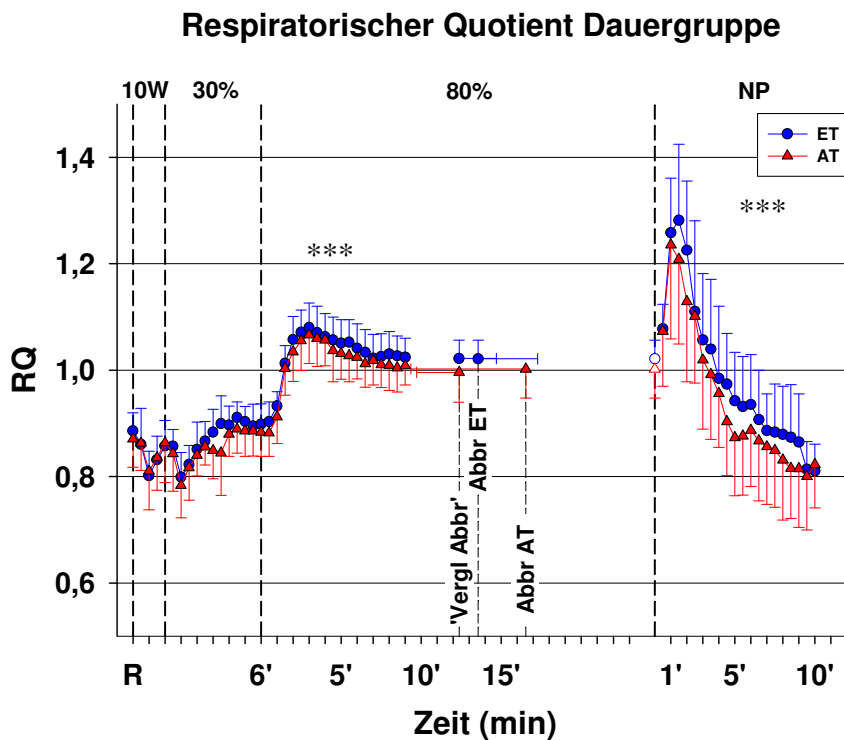


Abbildung 4-15 Dauergruppe RQ. 80 % *** $p < 0,005$, NP *** $p < 0,001$.

Abschätzung des Hyperventilationseffekts auf den RQ

Eine Abschätzung, wie viel CO_2 weniger abgeatmet wird ($\text{AAE}_{\text{VCO}_2} 80\% W_{\text{max}} - \text{AAE}_{\text{VCO}_2} 50\% W_{\text{max}} / (\text{VE } 80\% W_{\text{max}} - \text{VE } 50\% W_{\text{max}})$), ergibt eine Differenz für die 80 % W_{max} -Phase in der VCO_2 vom Eingangs- zum Ausgangstest von $0,02 \text{ l min}^{-1}$ bei der Intervallgruppe und von $0,0001 \text{ l min}^{-1}$ bei der Dauergruppe. Die Senkung des dann korrigierten RQ ist bei der Intervallgruppe doppelt so hoch wie bei der Dauergruppe (Tabelle siehe Anhang).

4.3 Blutchemische Größen

Aufgrund unterschiedlicher Abbruchzeiten und teilweise problematischer Blutabnahmen sind zu einzelnen Zeitpunkten nicht alle Probanden vertreten. Für einige Parameter wurde eine Differenz (Delta (Δ)) zum Ruhezeitpunkt oder zum Ende der Aufwärmphase des Eingangstests (6. min bei 30 % W_{\max}) berechnet. Kriterien waren dabei Parameter, die während der Belastung nur kleine Veränderungen aufzeigen und/oder deren Ruhewerte kurzfristig schwanken können. Parameter, deren Ruhewerte schwanken können, sind nach kurzer Zeit bei niedriger Belastung stabiler.

Innerhalb der Gruppe signifikant unterschiedliche Einzelpunkte werden in den Tabellen mit dem Signifikanzniveau angegeben. Signifikante Haupteffekte werden in der Legende zur Tabelle angegeben.

4.3.1 Blutgase

Sauerstoffpartialdruck (PO_2)

Der PO_2 ist nach dem Training in beiden Gruppen nicht signifikant verändert (Tabelle siehe Anhang).

Kohlendioxidpartialdruck (PCO_2)

Nach dem Training zeigt der PCO_2 in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede bis auf ‚Abbruch‘ in der Intervallgruppe (ET: $41,0 \pm 7,65$ mmHg auf AT: $37,78 \pm 6,10$ mmHg, $p < 0,05$). Dieser Effekt ist allerdings nicht mehr vorhanden, wenn eine Differenz zur Aufwärmphase berechnet wird. Der PCO_2 ist dann bei beiden Gruppen während des Dauertests nicht signifikant unterschiedlich (Tabellen siehe Anhang).

Oxihämoglobin (HbO_2)

Am Ende der Aufwärmphase (6'30 % W_{\max}) im Eingangstest zeigen beide Gruppen eine ähnliche $[HbO_2]$ (IG: $50,82 \pm 12,06$ % und DG $50,95 \pm 15,32$ %). Nach dem Training war sie während des gesamten Tests in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Ebenso bei und nach der Belastung ist der Verlauf der $[HbO_2]$ zwischen den Gruppen nicht unterschiedlich. Die Konzentrationen unterscheiden sich auch nicht signifikant, wenn ein Delta zur Aufwärmphase berechnet wird (Tabellen siehe Anhang).

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Sauerstoffsättigung (SO_2)

Vor und nach dem Training ist die $[SO_2]$ in beiden Gruppen und zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Eine Berechnung der Differenz zur Aufwärmphase zeigt ebenso keine signifikanten Unterschiede (Tabellen siehe Anhang).

4.3.2 Elektrolyte

Natrium (Na^+)

Nach dem Training liegt die $[Na^+]$ bei beiden Gruppen unter den im Eingangstest gemessenen Werten. Da auch die Ruhewerte und die der Aufwärmphase des Eingangstests über den Werten des Ausgangstests liegen (Aufwärmphase IG: $140, 83 \pm 1,03$ zu $140 \pm 1,28$; DG: $140,5 \pm 1,43$ zu $139,9 \pm 1,2$), wurde wieder ein Delta zur Aufwärmphase berechnet. Das Dauertraining zeigt dann keine signifikanten Veränderungen, das intervallartige Training jedoch eine signifikant erhöhte $[Na^+]$ während der gesamten Nachphase ($p < 0,05$). Berechnete Differenzen zur Ruhephase ergeben keine signifikanten Änderungen.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 3' 80 % | 0,75 | 0,62 | 1,17 | 0,39 | 12 | | 1,10 | 0,88 | 0,90 | 0,74 | 10 | |
| 10' 80 % | 2,89 | 1,17 | 2,67 | 0,87 | 9 | | 2,88 | 0,99 | 2,75 | 0,89 | 8 | |
| Vergl Abbr | 3,56 | 1,01 | 3,33 | 1,12 | 9 | | 3,43 | 1,27 | 3,00 | 0,82 | 7 | |
| Abbr80 % | 3,08 | 1,24 | 3,25 | 1,36 | 12 | | 3,30 | 1,16 | 3,00 | 1,15 | 10 | |
| 1' NP | 2,17 | 1,40 | 2,33 | 1,61 | 12 | 0,05 | 2,60 | 1,78 | 2,40 | 1,43 | 10 | |
| 5' NP | 0,58 | 0,67 | 1,25 | 0,75 | 12 | 0,05 | 0,90 | 1,37 | 0,90 | 0,57 | 10 | |
| 10' NP | -0,55 | 0,69 | 0,73 | 0,90 | 11 | 0,05 | -0,10 | 0,57 | -0,10 | 0,32 | 10 | |

Tabelle 4-3 ΔNa^+ [$mmol \cdot l^{-1}$]. Das Delta wurde zum Ende der Aufwärmphase des ET (6. min bei 30 % W_{max}) berechnet. Intervallgruppe gesamte NP $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Kalium (K⁺)

Nach dem Training war die [K⁺] bei beiden Gruppen während der gesamten 80 % W_{max}-Phase tendenziell reduziert (n.s.). Die Intervallgruppe zeigt eine signifikante Reduktion bei ‚Vergl Abbr‘ (p<0,05). Nach Berechnung eines Deltas zur Ruhephase ist die [K⁺] nach dem intervallartigen Training während der gesamten 80 % W_{max}-Phase signifikant reduziert (p<0,001). Nach dem Dauertraining ist wieder nur eine signifikante Reduktion bei ‚Vergl Abbr‘ zu sehen (p<0,05). Die Gruppen unterscheiden sich hierbei fast signifikant (p=0,055).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 3,95 | 0,24 | 4,03 | 0,18 | 12 | | 3,96 | 0,28 | 3,95 | 0,17 | 10 | |
| 6' 30 % | 4,25 | 0,24 | 4,23 | 0,14 | 12 | | 4,25 | 0,23 | 4,20 | 0,23 | 10 | |
| 3' 80 % | 4,59 | 0,31 | 4,49 | 0,30 | 12 | | 4,56 | 0,28 | 4,45 | 0,12 | 10 | |
| 10' 80 % | 5,14 | 0,27 | 5,03 | 0,21 | 9 | | 5,38 | 0,24 | 5,21 | 0,27 | 8 | |
| Vergl Abbr | 5,44 | 0,38 | 5,22 | 0,29 | 9 | 0,05 | 5,44 | 0,21 | 5,31 | 0,23 | 7 | |
| Abbr80 % | 5,40 | 0,34 | 5,34 | 0,26 | 12 | | 5,38 | 0,23 | 5,35 | 0,31 | 10 | |
| 1' NP | 4,86 | 0,38 | 4,88 | 0,26 | 12 | | 5,06 | 0,39 | 5,00 | 0,41 | 10 | |
| 5' NP | 3,85 | 0,16 | 3,96 | 0,20 | 12 | | 3,95 | 0,34 | 3,87 | 0,23 | 10 | |
| 10' NP | 3,99 | 0,30 | 3,99 | 0,22 | 11 | | 3,91 | 0,24 | 3,92 | 0,25 | 10 | |

Tabelle 4-4. K⁺ [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|-------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 6' 30 % | 0,30 | 0,19 | 0,21 | 0,22 | 12 | | 0,29 | 0,15 | 0,25 | 0,18 | 10 | |
| 3' 80 % | 0,64 | 0,31 | 0,47 | 0,34 | 12 | 0,001 | 0,60 | 0,28 | 0,50 | 0,13 | 10 | |
| 10' 80 % | 1,23 | 0,21 | 1,00 | 0,23 | 9 | 0,001 | 1,43 | 0,26 | 1,28 | 0,24 | 8 | |
| Vergl Abbr | 1,54 | 0,30 | 1,18 | 0,32 | 9 | 0,001 | 1,54 | 0,17 | 1,31 | 0,25 | 7 | 0,05 |
| Abbr80 % | 1,45 | 0,31 | 1,32 | 0,29 | 12 | | 1,42 | 0,29 | 1,40 | 0,27 | 10 | |
| 1' NP | 0,91 | 0,38 | 0,85 | 0,28 | 12 | | 1,10 | 0,39 | 1,05 | 0,39 | 10 | |
| 5' NP | -0,10 | 0,25 | -0,07 | 0,22 | 12 | | -0,01 | 0,41 | -0,08 | 0,29 | 10 | |
| 10' NP | 0,02 | 0,36 | -0,02 | 0,24 | 11 | | -0,05 | 0,28 | -0,03 | 0,29 | 10 | |

Tabelle 4-5. Δ K⁺ [mmol·l⁻¹]. Intervallgruppe gesamte 80 % W_{max}-Phase p<0,001.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

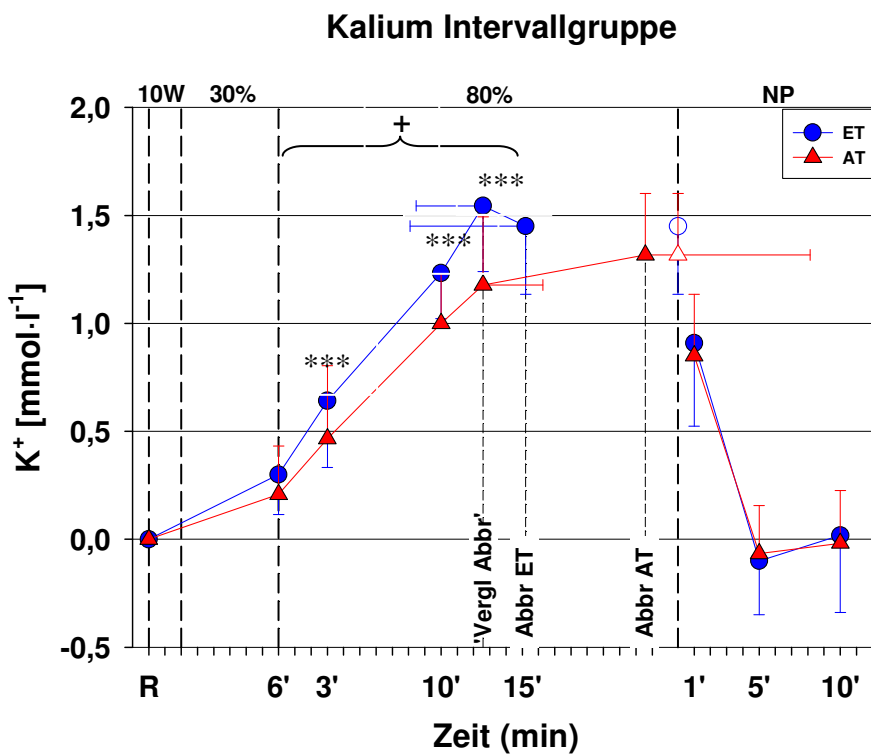


Abbildung 4-16 Intervallgruppe ΔK^+ [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Ruhephase des ET (Zeitpunkt 0) berechnet. *** p<0,001; +gesamte Belastungsphase p<0,001.

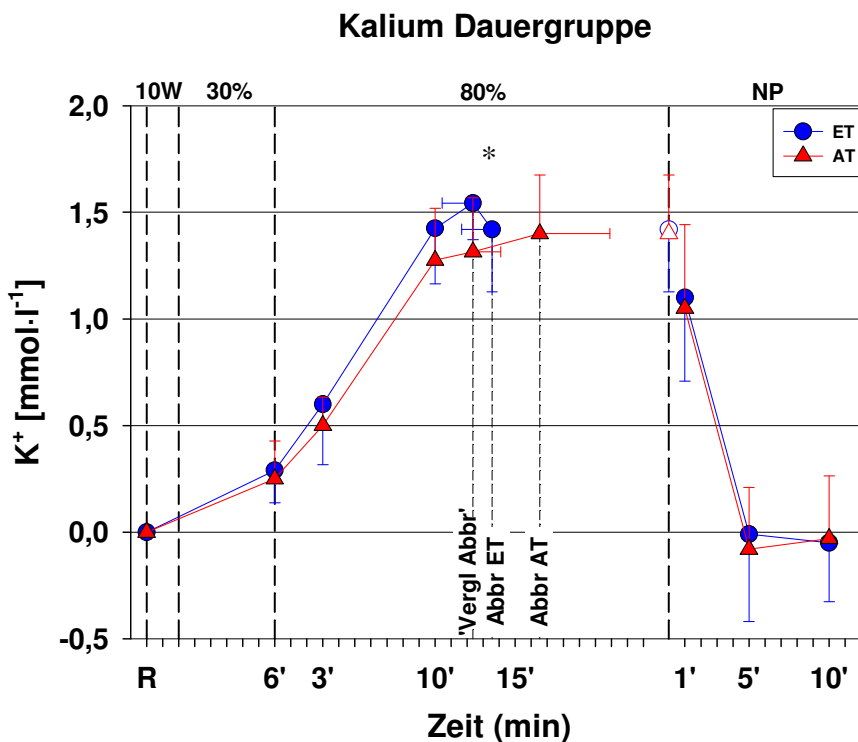


Abbildung 4-17 Dauergruppe ΔK^+ [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Ruhephase des ET (Zeitpunkt 0) berechnet. *p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

pH-Wert

Nach dem Training ist der pH-Wert während der gesamten Belastungsphase und der Nachphase in beiden Gruppen erhöht. Der pH-Wert der Intervallgruppe ist während der 80%W_{max}-Phase nach dem Training nicht signifikant höher als der der Dauergruppe (ET-AT Differenzen von 3'80 %, 10'80 % und Vergl Abbr.). Jedoch zeigt die Intervallgruppe nach dem Training einen signifikant höheren pH-Wert in der Belastungsphase (6'30 %-Vergl Abbr p<0,05), bei Abbruch und der gesamten Nachphase sowie isoliert bei den einzelnen Zeitpunkten (,Vergl Abbr' p<0,005; Abbruch p<0,05; 'NP p<0,05, 5'NP p<0,005). Die Dauergruppe zeigt keine signifikanten Unterschiede im pH-Wert.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|-------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 7,36 | 0,02 | 7,36 | 0,02 | 12 | | 7,35 | 0,03 | 7,34 | 0,03 | 10 | |
| 6' 30 % | 7,34 | 0,02 | 7,35 | 0,04 | 12 | | 7,33 | 0,02 | 7,34 | 0,02 | 10 | |
| 3' 80 % | 7,32 | 0,02 | 7,33 | 0,02 | 12 | | 7,31 | 0,02 | 7,32 | 0,01 | 10 | |
| 10' 80 % | 7,29 | 0,04 | 7,31 | 0,04 | 9 | | 7,27 | 0,04 | 7,29 | 0,03 | 8 | |
| Vergl Abbr | 7,26 | 0,04 | 7,30 | 0,05 | 9 | 0,005 | 7,26 | 0,05 | 7,28 | 0,03 | 7 | |
| Abbr80 % | 7,27 | 0,05 | 7,29 | 0,06 | 12 | 0,05 | 7,26 | 0,04 | 7,27 | 0,04 | 10 | |
| 1' NP | 7,25 | 0,05 | 7,28 | 0,05 | 12 | 0,005 | 7,24 | 0,04 | 7,26 | 0,04 | 10 | |
| 5' NP | 7,26 | 0,05 | 7,29 | 0,05 | 12 | 0,05 | 7,24 | 0,05 | 7,27 | 0,04 | 10 | |
| 10' NP | 7,29 | 0,04 | 7,32 | 0,05 | 11 | | 7,28 | 0,05 | 7,30 | 0,04 | 10 | |

Tabelle 4-6 pH-Wert. Intervallgruppe Belastungsphase (6'30 %-Vergl Abbr) p<0,05 und Abbruch und Nachphase zusammengefasst p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

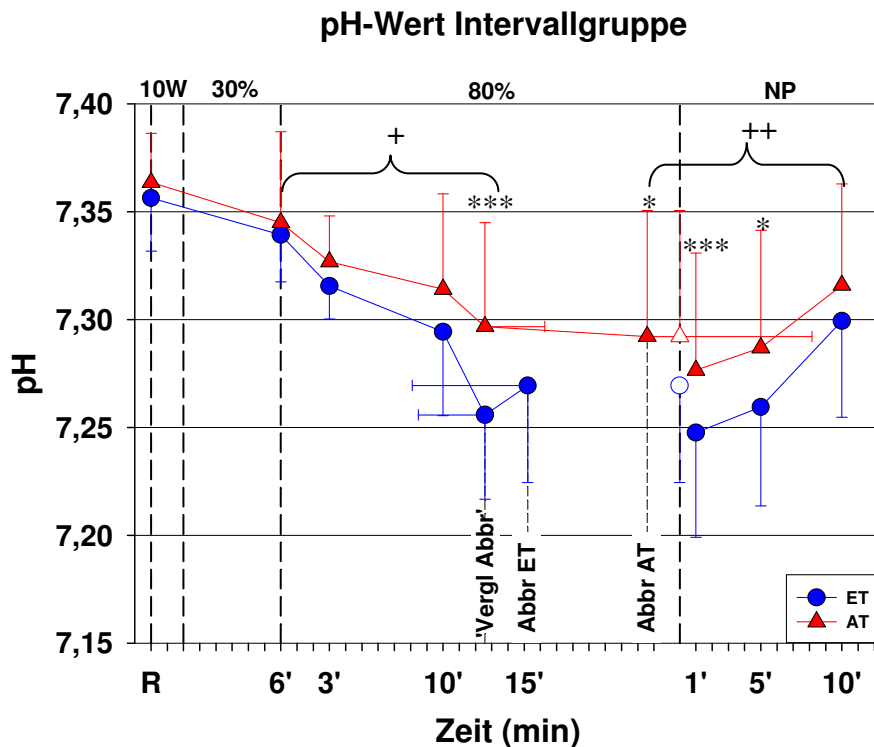


Abbildung 4-18 Intervallgruppe pH-Wert. *** $p < 0,005$, * $p < 0,05$, + 6'30% bis ,Vergl Abbr' $p < 0,05$ und ++ Abbr AT bis 10' NP $p < 0,05$.

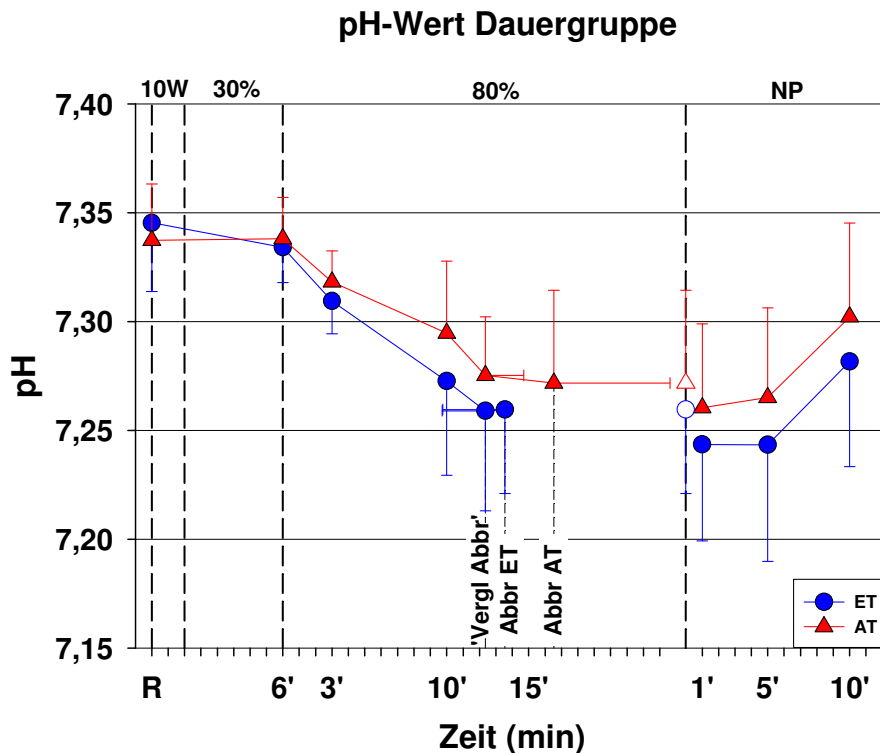


Abbildung 4-19 Dauergruppe pH-Wert.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Aktueller Basenüberschuss (aBE)

Nach dem Training zeigt die [aBE] bei der Dauergruppe in der Belastungsphase keinen signifikanten Unterschied im Ausgangstest. Bei der Intervallgruppe ist sie bis zur dritten Minute bei 80 % W_{max} nicht signifikant verändert und nach zehn Minuten bei 80% W_{max} und bei ‚Vergl Abbr‘ höher (10'80 % W_{max} : $p < 0,05$; ‚Vergl Abbr‘: $p < 0,01$). Die Gruppen unterscheiden sich in der Belastungsphase signifikant ($p < 0,01$) im Ausgangstest, aber nicht im Eingangstest. Die Nachphase zeigt bei beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied in der [aBE]. Nur bei ‚10' NP‘ ist die [aBE] bei der Intervallgruppe höher ($p < 0,05$). Es gibt bei der Nachphase keinen Gruppenunterschied (Tabelle siehe Anhang).

Sauerstoffsättigungskorrigierter aktueller Basenüberschuss (aBE_{OX})

Der aBE wird von der Sauerstoffsättigung des Bluts beeinflusst. Sie wurde mit folgender Formel herausgerechnet: $aBE_{OX} = aBE - 0,2 \cdot [Hb] \cdot (1 - SO_2 \cdot 100^{-1})$ (20). Nach dem Training zeigt die [aBE_{OX}] bei der Dauergruppe in der Belastungsphase keinen signifikanten Unterschied im Ausgangstest. Bei der Intervallgruppe ist sie bis zur dritten Minute bei 80 % W_{max} nicht signifikant verändert und nach zehn Minuten bei 80 % W_{max} und bei ‚Vergl Abbr‘ höher (10'80 % W_{max} : $p < 0,05$; ‚Vergl Abbr‘: $p < 0,01$). Die Gruppen unterscheiden sich in der Belastungsphase signifikant im Ausgangstest ($p < 0,01$), aber nicht im Eingangstest. Die Nachphase zeigt bei beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied in der [aBE]. Es gibt in der Nachphase keinen Gruppenunterschied.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 2,03 | 1,54 | 2,05 | 0,70 | 12 | | 1,88 | 1,70 | 1,74 | 1,64 | 10 | |
| 6' 30 % | 1,42 | 1,87 | 1,69 | 0,93 | 12 | | 1,68 | 1,58 | 1,57 | 1,60 | 10 | |
| 3' 80 % | 0,00 | 1,71 | 0,14 | 1,28 | 12 | | 0,25 | 1,56 | 0,10 | 1,41 | 10 | |
| 10' 80 % | -6,69 | 2,12 | -5,06 | 1,95 | 9 | 0,05 | -7,89 | 2,80 | -6,65 | 2,05 | 8 | |
| Vergl Abbr | -9,08 | 2,82 | -6,60 | 1,92 | 9 | 0,01 | -9,67 | 2,34 | -8,96 | 0,72 | 7 | |
| Abbr80 % | -8,90 | 2,57 | -8,77 | 3,01 | 12 | | -9,05 | 2,61 | -9,33 | 2,24 | 10 | |
| 1' NP | -9,97 | 2,48 | -9,36 | 3,26 | 12 | | -10,20 | 2,70 | -10,07 | 2,35 | 10 | |
| 5' NP | -9,84 | 2,49 | -8,43 | 3,23 | 12 | | -10,59 | 3,40 | -9,82 | 2,64 | 10 | |
| 10' NP | -7,60 | 2,41 | -6,24 | 2,90 | 11 | | -8,73 | 3,22 | -7,34 | 2,26 | 10 | |

Tabelle 4-7 aBE_{OX} [mmol·l⁻¹]. Intervallgruppe gesamte 80 % W_{max} -Phase $p < 0,01$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

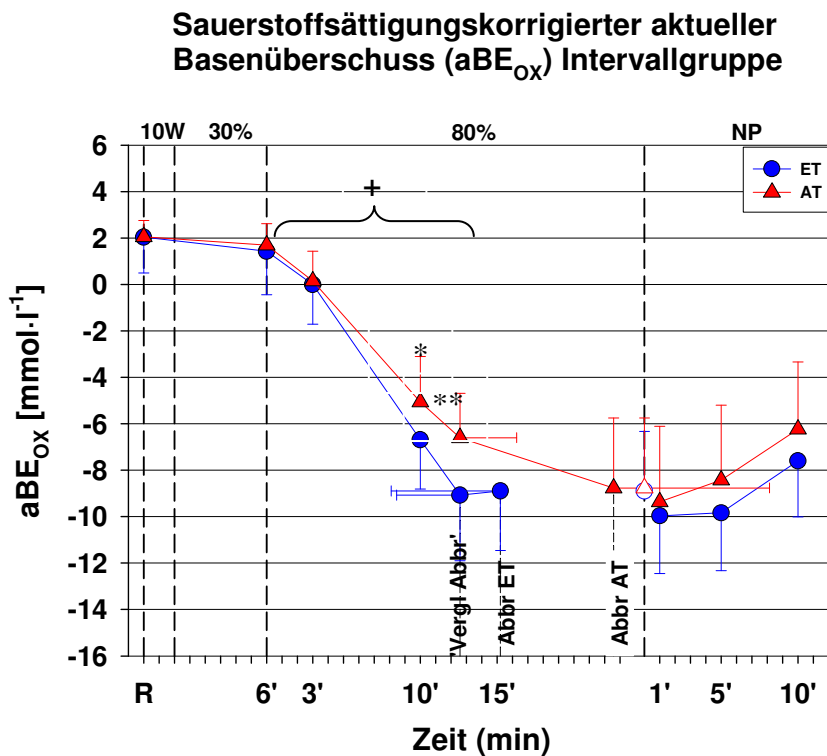


Abbildung 4-20 Intervallgruppe aBE_{OX} [mmol·l⁻¹]. **p<0,01, +gesamte 80 % W_{max} Belastungsphase p<0,01.

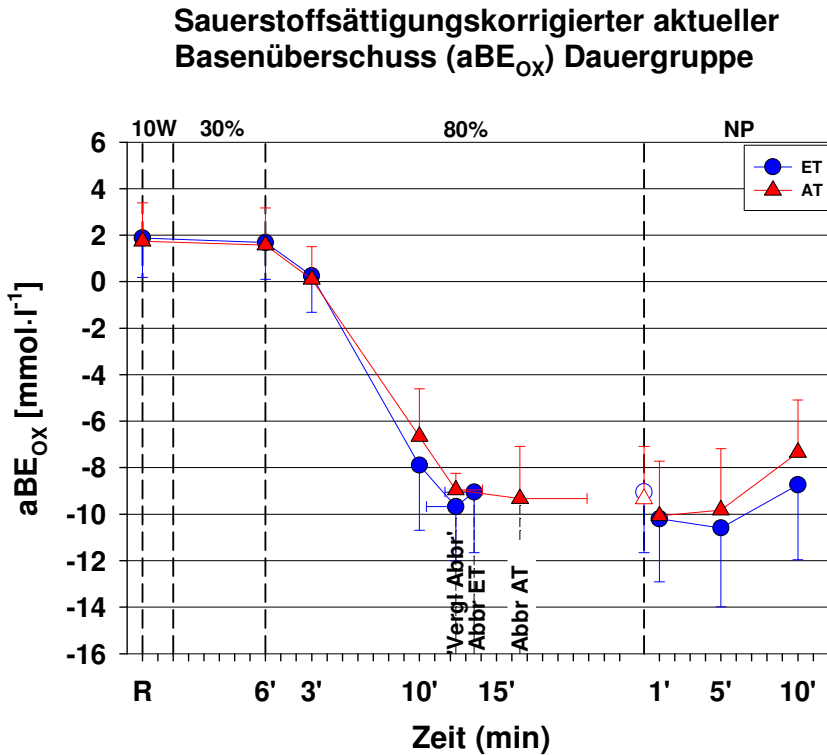


Abbildung 4-21 Dauergruppe aBE_{OX} [mmol·l⁻¹].

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Bikarbonat (HCO₃)

Nach dem Training ist die [HCO₃] bei beiden Gruppen nicht signifikant verändert (Tabelle siehe Anhang).

Osmolalität (Osm)

Nach dem Training liegt die [Osm] in beiden Gruppen unter den im Eingangstest gemessenen Werten. Da die Ruhewerte der Gruppen im Eingangstest unterschiedlich zu den Werten des Ausgangstests waren (IG: 293,9 ± 2,5 zu 294,6 ± 3,1; DG: 295,7 ± 2,63 zu 293,6 ± 3,3), wurde ein Delta zur Ruhephase berechnet. Die Veränderung der [Osm] ist im Ausgangstest bei beiden Gruppen während der Belastung niedriger (IG: 6'30 % W_{max} p<0,05; 3'80 % W_{max} p<0,05; 10'80 % W_{max} p<0,01; ‚Vergl Abbr‘ p<0,005; gesamte Belastungsphase p<0,05; DG: gesamte Belastungsphase p<0,05). Die Nachphase ist durch die beiden Trainingsmethoden nicht signifikant beeinflusst worden. Die Gruppen unterscheiden sich während der Belastungsphase (6'30 % bis Vergl Abbr') signifikant (p<0,001).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|-------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 6' 30 % | 1,98 | 1,61 | 0,41 | 1,56 | 12 | 0,05 | 2,02 | 1,94 | 1,07 | 1,93 | 10 | |
| 3' 80 % | 6,28 | 3,22 | 4,01 | 2,33 | 12 | 0,05 | 4,80 | 2,41 | 2,76 | 1,56 | 10 | |
| 10' 80 % | 12,59 | 3,79 | 9,09 | 3,00 | 9 | 0,01 | 12,60 | 4,49 | 10,74 | 3,17 | 8 | |
| Vergl Abbr | 16,55 | 3,70 | 11,71 | 2,98 | 9 | 0,005 | 14,86 | 4,42 | 12,81 | 2,90 | 7 | |
| Abbr80 % | 15,16 | 4,10 | 12,55 | 3,99 | 12 | | 14,05 | 4,54 | 13,37 | 3,13 | 10 | |
| 1' NP | 12,81 | 5,02 | 11,53 | 3,97 | 12 | | 13,17 | 4,94 | 11,55 | 3,10 | 10 | |
| 5' NP | 7,39 | 2,56 | 6,10 | 2,44 | 12 | | 6,15 | 2,94 | 6,21 | 1,75 | 10 | |
| 10' NP | 4,51 | 2,17 | 3,69 | 2,00 | 11 | | 2,87 | 2,87 | 3,14 | 1,62 | 10 | |

Tabelle 4-8 Δ Osm [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Ruhephase des ET berechnet. In beiden Gruppen unterscheiden sich die Belastungsphasen (6'30 % W_{max}-Vergl Abbr) p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Osmolalität Intervallgruppe

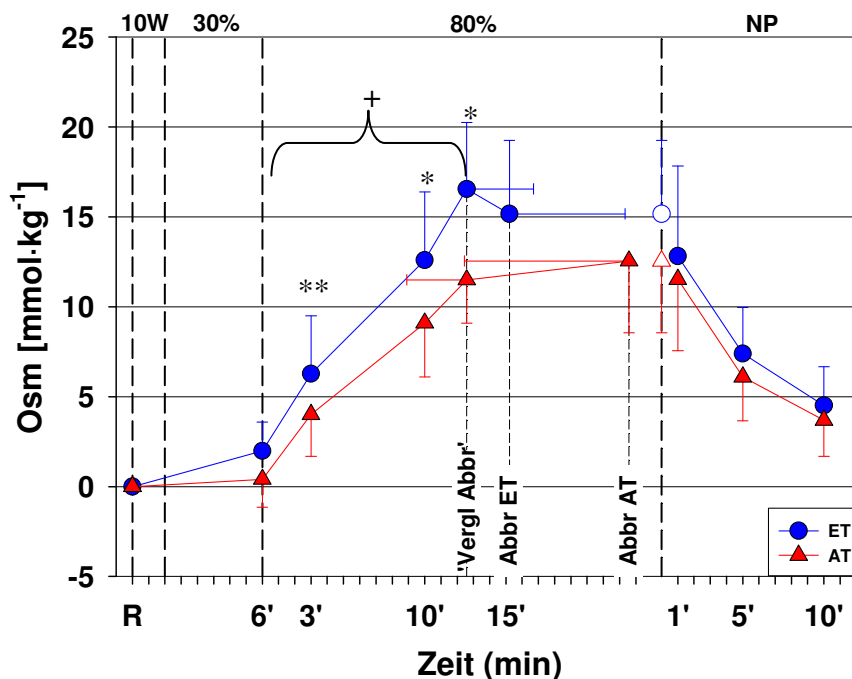


Abbildung 4-22 Intervallgruppe Δ Osm [mmol·kg⁻¹]. Das Delta wurde zur Ruhephase des ET (Zeitpunkt 0) berechnet. **p<0,01, *p<0,05, +Belastungsphase p<0,05.

Osmolalität Dauergruppe

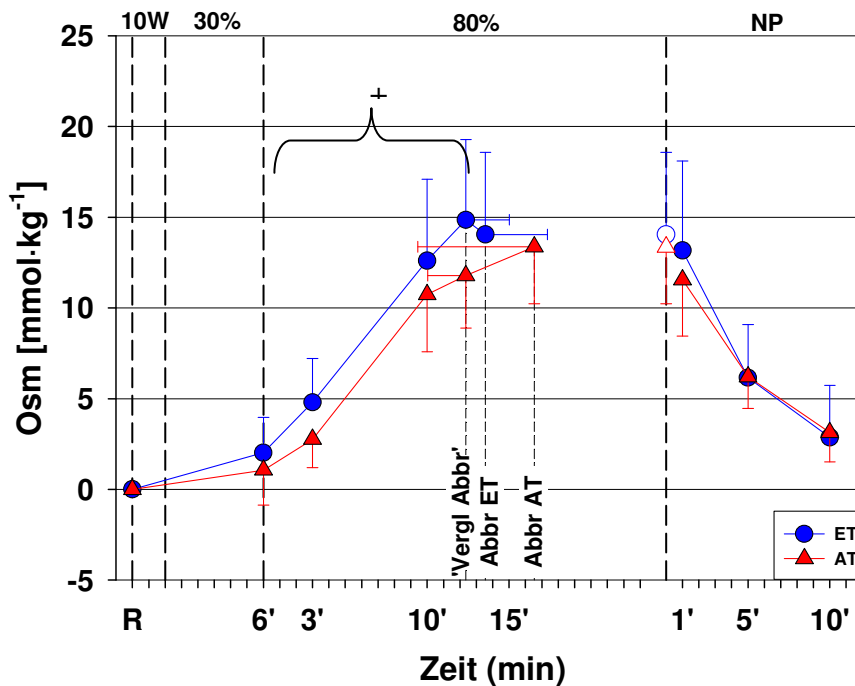


Abbildung 4-23 Dauergruppe Δ Osm [mmol·kg⁻¹]. Das Delta wurde zur Ruhephase des ET (Zeitpunkt 0) berechnet. +Belastungsphase p<0,05.

4.3.3 Metabolite

Die Laktat- und Glukosekonzentration aus dem arterialisierten bzw. venösen Blut wird im Folgenden, wie im Sprachgebrauch üblich, verkürzt als arterielle bzw. venöse Laktat- und Glukosekonzentration bezeichnet.

Anorganisches Phosphat (PO_4)

Das im Ausgangstest gemessene PO_4 war im gesamten Test in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich zu den Werten des Eingangstests (Tabelle siehe Anhang).

Gesamtglyzerin (Ggly)

Die [Ggly] hat sich nach dem Training bei beiden Gruppen nicht signifikant verändert. Bei Berechnung eines Deltas zur Aufwärmphase zeigen beide Gruppen ebenfalls keine signifikanten Veränderungen in der [Ggly]. Bei der Intervallgruppe liegt sie im Ausgangstest jedoch tendenziell höher als im Eingangstest (n.s.). Die Dauergruppe zeigt danach eine tendenziell niedrigere [Ggly] am Ende der 80 % W_{max} -Phase und eine höhere [Ggly] während der gesamten Nachphase (n.s.) (Tabellen siehe Anhang).

Triglyzeride (Tri)

Im Eingangstest ist die [Tri] nach 3'80 % W_{max} bei beiden Gruppen fast unverändert im Vergleich zum Ende der Aufwärmphase (6'30 % W_{max}). Nach dem Training zeigt die [Tri] keine signifikanten Unterschiede zum Eingangstest auf. Bei Berechnung eines Deltas zum Ende der Aufwärmphase und zum Abbruch des Eingangstests sind bei beiden Gruppen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede vorhanden (Tabellen siehe Anhang).

Freie Fettsäuren (FFS)

Während der 80 % W_{max} -Phase bis zum Abbruch der Belastung ist die [FFS] bei beiden Gruppen im Eingangstest im Vergleich zum Ende der Aufwärmphase (6'30 % W_{max}) fast unverändert. Nach Abbruch der Belastung steigt sie dann bis zur fünften Minute kontinuierlich an. Für den Vergleich des Anstiegs der Konzentrationen nach der Aufwärmphase wurde wieder eine Differenz zur Aufwärmphase berechnet (Aufwärmphase IG: $0,2 \pm 0,8$ (ET) zu $0,23 \pm 0,9$ (AT); DG: $0,17 \pm 0,05$ (ET) zu $0,19 \pm 0,4$ (AT)). Beide

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Gruppen zeigen während der 80 % W_{max} eine reduzierte [FFS] (3'80 % W_{max} : IG $p < 0,05$, DG n.s., 10'80 % W_{max} : IG $p < 0,005$, DG $p < 0,05$), wobei nach dem intervallartigen Training diese Reduktion signifikant stärker ausfällt als nach dem Dauertraining ($p < 0,05$). Nach Abbruch ist die [FFS] bei beiden Gruppen nicht signifikant verändert. In der Nachphase steigt die [FFS] bei beiden Gruppen nach dem Training, wenn ein Delta zum Abbruch des Eingangstests berechnet wird. Dennoch sind die Veränderungen bei beiden Gruppen nicht signifikant.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|-------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 3' 80 % | -0,01 | 0,03 | -0,03 | 0,04 | 12 | 0,05 | -0,01 | 0,02 | -0,01 | 0,02 | 10 | |
| 10' 80 % | -0,01 | 0,02 | -0,05 | 0,05 | 9 | 0,005 | 0,01 | 0,03 | -0,03 | 0,02 | 8 | 0,05 |
| Vergl Abbr | -0,01 | 0,04 | -0,02 | 0,04 | 9 | | 0,00 | 0,04 | -0,03 | 0,04 | 7 | |
| Abbr80 % | 0,00 | 0,04 | -0,02 | 0,06 | 12 | | 0,00 | 0,04 | -0,02 | 0,04 | 10 | |
| 1' NP | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,07 | 12 | | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,07 | 10 | |
| 5' NP | 0,17 | 0,09 | 0,17 | 0,09 | 12 | | 0,10 | 0,05 | 0,11 | 0,08 | 10 | |
| 10' NP | 0,11 | 0,08 | 0,12 | 0,08 | 11 | | 0,04 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 10 | |

Tabelle 4-9 Δ FFS [$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 % W_{max}) berechnet. Intervallgruppe (3'-10' 80 % W_{max}) $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Freie Fettsäuren Intervallgruppe

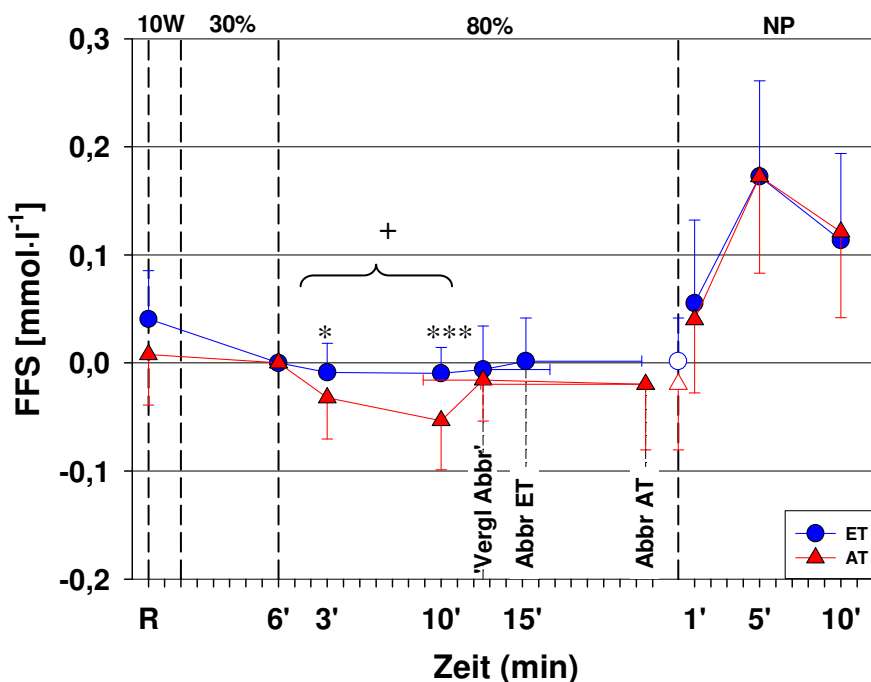


Abbildung 4-24 Intervallgruppe Δ FFS [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 % W_{max}) berechnet. ***p<0,005, *p<0,05, +p<0,05.

Freie Fettsäuren Dauergruppe

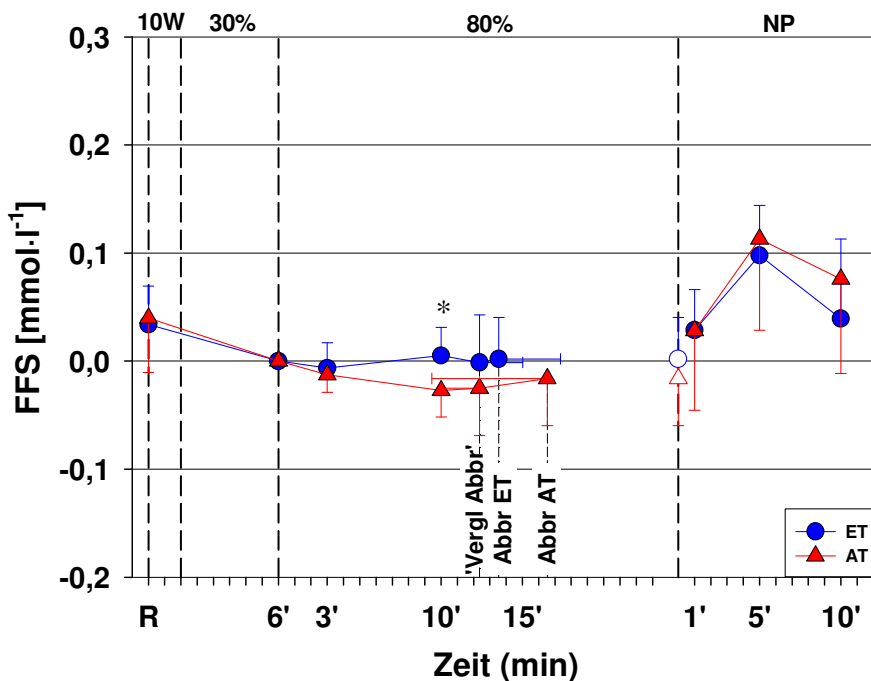


Abbildung 4-25 Dauergruppe Δ FFS [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 % W_{max}) berechnet. *p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Freies Glyzerin (fGly)

In Ruhe ist die [fGly] im Eingangstest bei beiden Gruppen gleich hoch. Während der 80 % W_{\max} -Phase steigt sie bei beiden Tests zügig bis zum Abbruch der Belastung, danach bis zum Ende der Nachphase nur noch langsam. Im Ausgangstest ist die [fGly] bei Ruhe und nach der Aufwärmphase bei beiden Gruppen nicht signifikant verändert zum Eingangstest. Es wurde zur besseren Vergleichbarkeit zu den anderen Fettstoffwechselfparametern ein Delta zur Aufwärmphase berechnet. (Aufwärmphase IG: $0,06 \pm 0,01$ (ET) zu $0,06 \pm 0,02$ (AT); DG: $0,06 \pm 0,03$ (ET) zu $0,06 \pm 0,01$ (AT)). Danach zeigt die Intervallgruppe einen signifikant reduzierten Anstieg in der [fGly] während der 80 % W_{\max} -Phase ($p < 0,001$). In der Nachphase ist der Anstieg in der [fGly] bei beiden Gruppen um $0,01$ - $0,03$ $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ höher (n.s.). Er wird auch nicht signifikant unterschiedlich, wenn bei beiden Gruppen nach dem Training ein Delta zum Abbruchwert berechnet wird.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 3' 80 % | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 12 | | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 10 | |
| 10' 80 % | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 9 | | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 8 | |
| Vergl Abbr | 0,10 | 0,05 | 0,09 | 0,03 | 9 | | 0,08 | 0,04 | 0,08 | 0,02 | 7 | |
| Abbr80 % | 0,12 | 0,06 | 0,15 | 0,04 | 12 | | 0,09 | 0,04 | 0,11 | 0,06 | 10 | |
| 1' NP | 0,13 | 0,07 | 0,15 | 0,05 | 12 | | 0,08 | 0,02 | 0,11 | 0,07 | 10 | |
| 5' NP | 0,13 | 0,05 | 0,15 | 0,04 | 12 | | 0,11 | 0,02 | 0,12 | 0,06 | 10 | |
| 10' NP | 0,14 | 0,04 | 0,16 | 0,05 | 11 | | 0,11 | 0,04 | 0,13 | 0,04 | 10 | |

Tabelle 4-10 Δ fGly [$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 % W_{\max}) berechnet. Intervallgruppe (3' 80 % W_{\max} -Vergl Abbr) $p < 0,001$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Venöses Laktat (Lak_v)

Nach dem Training ist die [Lak_v] bei beiden Gruppen in Ruhe und am Ende der Aufwärmphase unverändert. Beide Gruppen zeigen nach dem Training während der gesamten Belastungsphase eine niedrigere [Lak_v] (IG p<0,005; DG n.s.). Die deutlichsten Unterschiede in der [Lak_v] sind zu den Zeitpunkten ‚Vergl Abbr‘ (IG p<0,005; DG p<0,05) und 10'80 % W_{max} (IG p<0,005; DG p<0,05) erkennbar. Es gibt einen signifikanten Unterschied im Eingangs- und Ausgangstest zwischen den Gruppen während der Belastungsphase (p<0,01). Bei Abbruch der Belastung sind die Konzentrationen bei beiden Gruppen fast unverändert und in der Nachphase wieder tendenziell niedriger (n.s.).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----|-------------|-----|----|-------|-------------|-----|-------------|-----|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,3 | 0,3 | 1,4 | 0,3 | 12 | | 1,4 | 0,2 | 1,3 | 0,2 | 10 | |
| 6' 30 % | 1,5 | 0,4 | 1,5 | 0,3 | 12 | | 1,6 | 0,2 | 1,5 | 0,3 | 10 | |
| 3' 80 % | 2,7 | 0,7 | 2,6 | 0,6 | 12 | | 2,3 | 0,5 | 2,4 | 0,4 | 10 | |
| 10' 80 % | 9,0 | 2,4 | 7,3 | 1,8 | 9 | 0,005 | 9,9 | 2,6 | 8,8 | 1,9 | 8 | 0,05 |
| Vergl Abbr | 11,1 | 2,9 | 8,7 | 1,8 | 9 | 0,005 | 11,9 | 2,0 | 10,8 | 1,4 | 7 | 0,05 |
| Abbr80 % | 10,6 | 2,6 | 10,6 | 2,7 | 12 | | 11,3 | 1,9 | 11,1 | 2,2 | 10 | |
| 1' NP | 10,9 | 2,6 | 10,7 | 2,9 | 12 | | 11,6 | 2,5 | 11,3 | 2,5 | 10 | |
| 5' NP | 10,1 | 2,6 | 8,9 | 2,6 | 12 | | 10,5 | 2,9 | 9,8 | 2,4 | 10 | |
| 10' NP | 8,4 | 2,2 | 7,3 | 2,1 | 11 | | 8,8 | 2,4 | 7,9 | 1,9 | 10 | |

Tabelle 4-11 Lak_v [mmol·l⁻¹]. Intervallgruppe (6' 30 % W_{max}-Vergl Abbr) p<0,005.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Laktatkonzentration Intervallgruppe

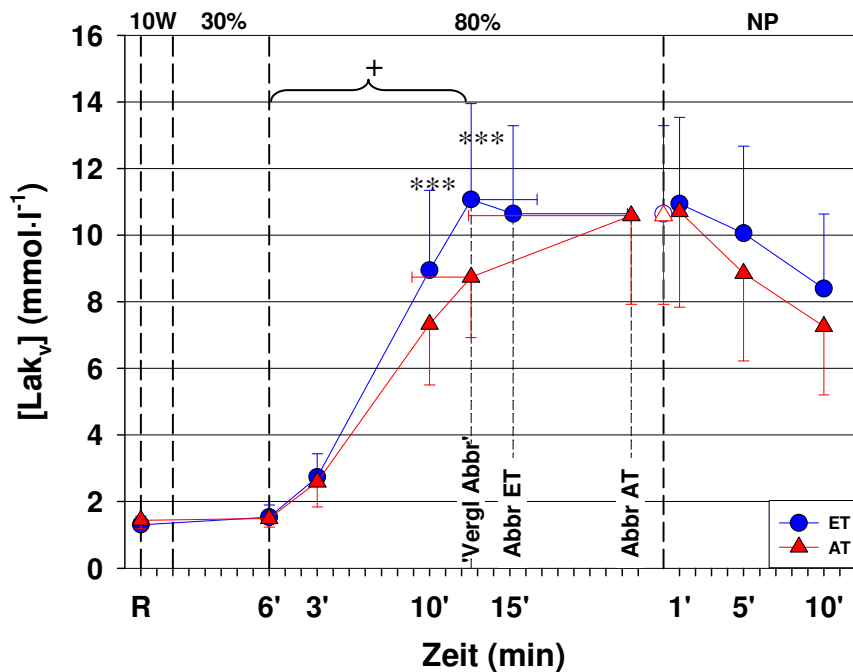


Abbildung 4-26 Intervallgruppe Lak_v [mmol·l⁻¹]. ***p<0,005, *p<0,05, +Belastungsphase p<0,005.

Laktatkonzentration Dauergruppe

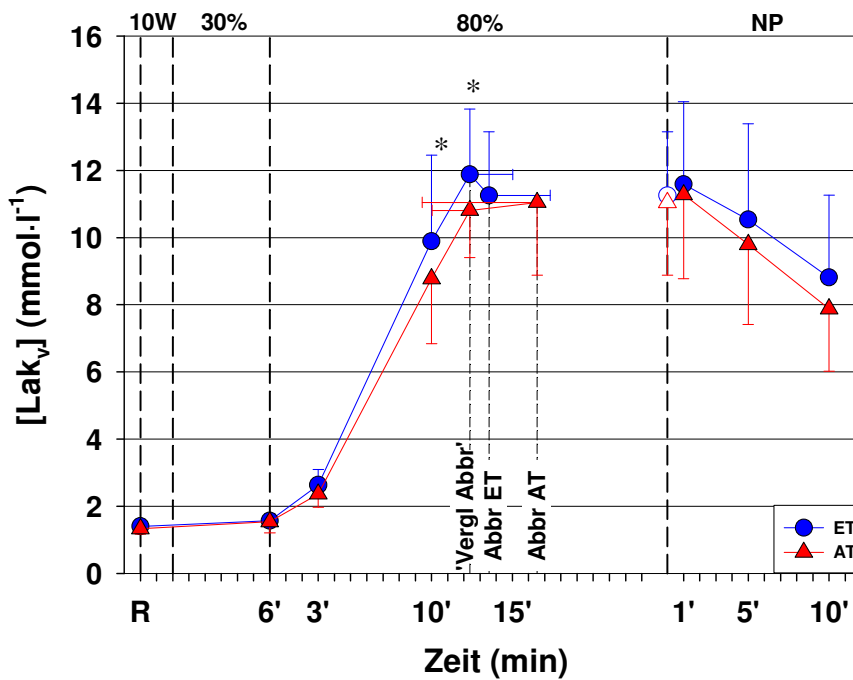


Abbildung 4-27 Dauergruppe Lak_v [mmol·l⁻¹]. *p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Arterielltes Laktat (Lak_a)

Nach dem Training ist die $[Lak_a]$ bei beiden Gruppen in Ruhe und am Ende der Aufwärmphase fast unverändert. Beide Gruppen zeigen während der gesamten 80 % W_{max} eine niedrigere $[Lak_a]$ bis hin zum Ende der Nachphase (gesamte 80 % W_{max} -Phase IG: $p < 0,005$; DG: n.s.). Die Dauergruppe zeigt nur bei 10'80 % W_{max} und ‚Vergl Abbr‘ eine signifikant niedrigere $[Lak_a]$ ($p < 0,05$). Den deutlichsten Unterschied in der $[Lak_a]$ kann man zum Zeitpunkt ‚Vergl Abbr‘ erkennen (IG $p < 0,001$; DG $p < 0,05$). Im Eingangs- und Ausgangstest gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen während der Belastungsphase ($p < 0,005$). Die Reduktion der $[Lak_a]$ ist zum Zeitpunkt ‚Vergl Abbr‘ nach dem Training bei der Intervallgruppe signifikant größer als bei der Dauergruppe ($p < 0,05$). Die Nachphase ist zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Die Dauergruppe zeigt jedoch eine signifikante Reduktion in der $[Lak_a]$, wenn Abbruch und Nachphase zusammen betrachtet werden (IG n.s.; DG $p < 0,01$).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----|-------------|-----|----|-------|-------------|-----|-------------|-----|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,2 | 0,3 | 1,3 | 0,3 | 12 | | 1,3 | 0,3 | 1,3 | 0,3 | 10 | |
| 6' 30 % | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 0,2 | 12 | | 1,6 | 0,4 | 1,4 | 0,3 | 10 | |
| 3' 80 % | 5,4 | 1,0 | 5,2 | 1,1 | 12 | | 5,5 | 0,8 | 5,4 | 1,2 | 10 | |
| 10' 80 % | 10,4 | 3,2 | 8,1 | 1,9 | 9 | 0,005 | 12,0 | 2,8 | 10,5 | 2,7 | 7 | 0,05 |
| Vergl Abbr | 13,1 | 2,6 | 9,7 | 2,0 | 9 | 0,001 | 15,5 | 2,2 | 13,4 | 2,0 | 6 | 0,05 |
| Abbr80 % | 12,3 | 2,7 | 11,5 | 2,8 | 12 | | 13,6 | 3,1 | 12,5 | 2,8 | 10 | 0,01 |
| 1' NP | 12,0 | 3,0 | 10,9 | 3,1 | 11 | | 13,1 | 3,1 | 12,1 | 3,0 | 10 | 0,05 |
| 5' NP | 10,7 | 2,8 | 9,3 | 2,8 | 12 | | 11,2 | 3,0 | 10,3 | 2,4 | 10 | 0,05 |
| 10' NP | 8,9 | 2,8 | 7,1 | 2,4 | 12 | | 9,8 | 2,3 | 8,6 | 2,1 | 10 | 0,05 |

Tabelle 4-12 Lak_a [$mmol \cdot l^{-1}$]. Intervallgruppe (3' 80 % W_{max} -Vergl Abbr) $p < 0,005$; Dauergruppe (Abbruch und Nachphase zusammengefasst) $p < 0,01$.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

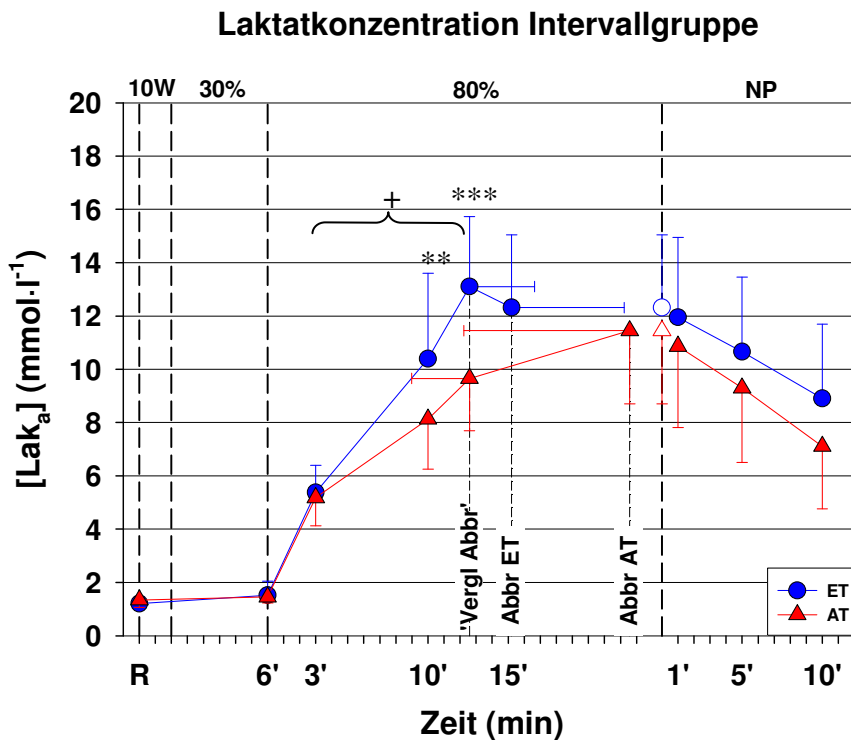


Abbildung 4-28 Intervallgruppe Lak_a [mmol·l⁻¹]. ***p<0,001, **p<0,005, +Belastungsphase p<0,005.

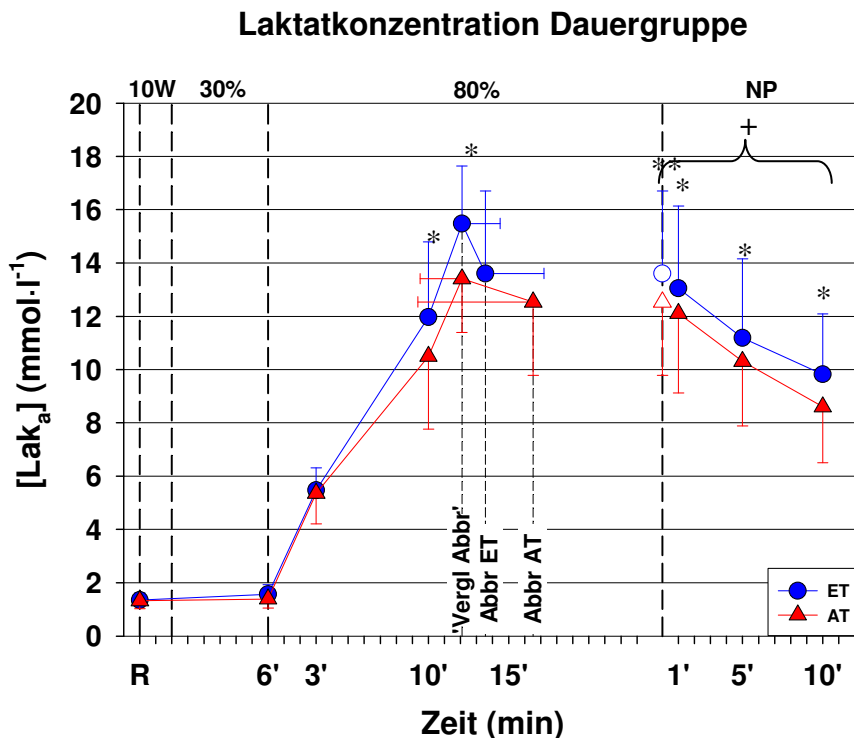


Abbildung 4-29 Dauergruppe Lak_a [mmol·l⁻¹]. *p<0,05, **p<0,01, +Abbruch und Nachphase p<0,01.

ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Venöse Glucose (Glu_v)

Nach dem Training ist die [Glu_v] bei beiden Gruppen während des Tests nicht signifikant verändert. Die Intervallgruppe zeigt jedoch bei allen Messpunkten eine tendenziell höhere [Glu_v]. Die Dauergruppe zeigt bei Ruhe, am Ende der Aufwärmphase und am Anfang der 80 % W_{max} -Phase eine leicht niedrigere [Glu_v] und bei Abbruch und in der Nachphase eine höhere [Glu_v]. Die Unterschiede in der [Glu_v] werden in beiden Gruppen auch nicht signifikant bei Berechnung einer Differenz zur Aufwärmphase (Tabellen siehe Anhang).

Arterielle Glucose (Glu_a)

Nach dem Training hat sich die [Glu_a] bei beiden Gruppen während des gesamten Tests nicht signifikant verändert (Tabelle siehe Anhang).

4.3.4 Hämoglobin, Hämatokrit und Gesamtweiß

Hämoglobin (Hb)

Nach dem Training hat sich die [Hb] nicht signifikant verändert. Die Dauergruppe zeigt eine tendenziell niedrigere [Hb] während des Ausgangstests (n.s.). Dieser Effekt verschwindet, wenn ein Delta zur Aufwärmphase berechnet wird. Ebenso ist die prozentuale Veränderung vom Eingangs- zum Ausgangstest in der [Hb] nicht unterschiedlich zwischen den Gruppen (Tabellen siehe Anhang).

Hämatokrit (Hkt)

Der Wert des Hkt steigt im Verlauf des Tests bis Abbruch der Belastung bei der Intervallgruppe auf 47,6 % und bei der Dauergruppe auf 47,7 % an, wo er bis zum Ende der Nachphase relativ konstant bleibt. Der Hkt wurde durch die beiden unterschiedlichen Trainingsmethoden nicht signifikant beeinflusst (Tabelle siehe Anhang).

Gesamteiweiß (GE)

Im Ausgangstest nach dem Training ist die [GE] bei der Intervallgruppe während der Ruhemessung und der Messung am Ende der Aufwärmphase (6'30 % W_{max}) etwas niedriger

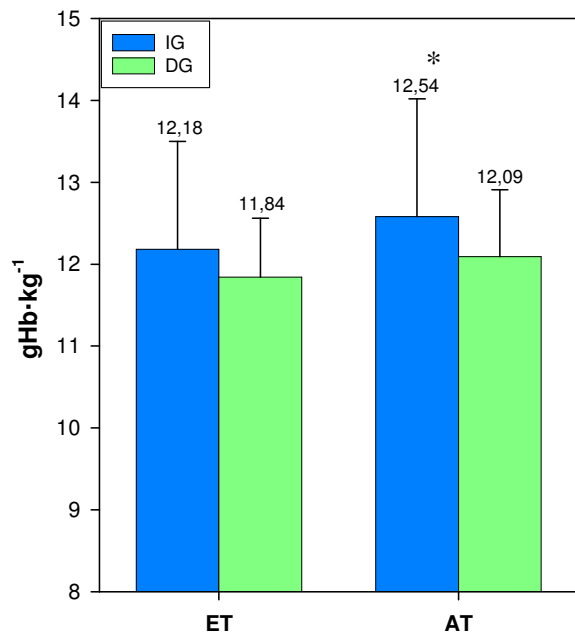
und bei der Dauergruppe höher. Es ist jedoch kein signifikanter Unterschied nach dem Training innerhalb und zwischen den Gruppen vorhanden. Ebenso nach Berechnung eines Deltas zur Aufwärmphase zeigen beide Gruppen keine signifikant veränderte [GE] (Tabellen siehe Anhang).

4.4 Flüssigkeitsverschiebung während der Belastung

Die Gesamtwasserverschiebung aus dem Blut macht sich durch die Veränderung in der [Hb] und des HKT bemerkbar. Der osmotisch bedingte Anteil der Wasserverschiebung wird durch die relative Veränderung der Summe von $[Na^+]+[K^+]$ deutlich. Der filtrationsbedingte Anteil ist die Differenz aus der Gesamtwasserverschiebung und der osmotischen Verschiebung. Die prozentuale Veränderung im Plasmavolumen kann auch durch die Veränderung in der [GE] berechnet werden. Diese Methode ergibt geringfügig kleinere Veränderungen im Plasmavolumen, da Eiweiß bei körperlicher Belastung das Kapillarbett verlässt. Nach dem Training ist die prozentuale Veränderung von der Ruhemessung im Eingangs- und Ausgangstest in der [Hb] im Plasmavolumen und in der osmotisch bedingten Flüssigkeitsverschiebung nicht signifikant unterschiedlich innerhalb der Gruppen. Ebenso zeigen die Ergebnisse des Wingate-Tests bei diesen Parametern keine signifikanten Unterschiede. Die Tabellen der Ergebnisse sind im Anhang dargestellt.

5 Ergebnisse zum Blutvolumen

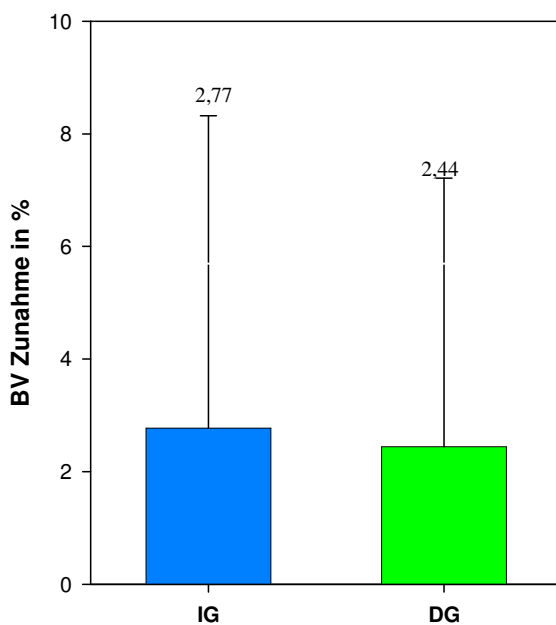
Gesamthämoglobin pro Kilogramm Körpergewicht ($\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$)



Das $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ steigt nach dem Training bei beiden Gruppen an. Bei der Intervallgruppe ist das Ergebnis signifikant ($p < 0,05$). Die prozentuale Vergrößerung des $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ liegt nach dem intervallartigen Training bei $3,29 \pm 4,63 \%$ und nach dem Dauertraining bei $2,11 \pm 4,49 \%$. Es gibt keinen signifikanten Gruppenunterschied.

Abbildung 5-1 $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$. * $p < 0,05$; IG n:12, DG n:10.

Blutvolumen (BV)



Das Blutvolumen hat sich nach dem Training bei beiden Gruppen nicht signifikant vergrößert. Die Intervallgruppe zeigt einen prozentualen Zuwachs von $2,77 \pm 5,55 \%$ (n.s.) und die Dauergruppe von $2,44 \pm 4,77 \%$ (n.s.).

Abbildung 5-2 BV Zunahme in %. IG n:12, DG n:10.

ERGEBNISSE ZUM BLUTVOLUMEN

Erythrozytenvolumen (RCV) und Plasmavolumen (PV)

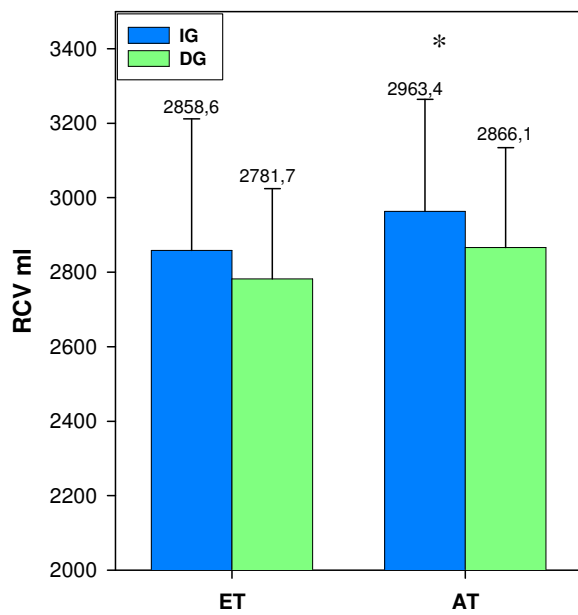


Abbildung 5-3 RCV (ml). IG n:12, DG n:10 *p<0,05.

Das Erythrozytenvolumen steigt nach dem Training bei beiden Gruppen leicht an. Bei der Intervallgruppe ist das Ergebnis signifikant ($p < 0,05$). Die prozentuale Vergrößerung des RCV liegt nach dem intervallartigen Training bei $3,98 \pm 5,07 \%$ und nach dem Dauertraining bei $3,08 \pm 4,8 \%$. Es gibt keinen signifikanten Gruppenunterschied.

Beim Plasmavolumen gibt es keine signifikanten Veränderungen. Die leichten Vergrößerungen betragen bei IG $0,6 \%$ und bei DG 2% .

ERGEBNISSE ZUM BLUTVOLUMEN

Errechnete Veränderung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max})

Die VO_{2max} korreliert eng mit der Gesamthämoglobinmenge und kann aus ihr errechnet werden. Dabei bewirkt $1g \cdot kg^{-1}$ eine Steigerung der VO_{2max} um $5,3 \text{ ml} \cdot (\text{min} \cdot \text{kg})^{-1}$ (siehe Regressionsgrade bei Abb. 6-5). Dieses Verhältnis ist ähnlich zu der von Schmidt beschriebenen Steigerung von $5,2 \text{ ml} \cdot (\text{min} \cdot \text{kg})^{-1}$ (147). Da nur im Eingangs-Stufentest die VO_{2max} gemessen wurde, ist in der unten stehenden Tabelle beim Ausgangstest (AT) die berechnete VO_{2max} aufgeführt. Das $gHb \cdot kg^{-1}$ und die $VO_{2max/kg}$ sind im Eingangstest bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Nach dem Training ist die $VO_{2max/kg}$ bei beiden Gruppen gestiegen, aber nur bei der Intervallgruppe signifikant ($p < 0,01$). Es besteht allerdings kein Unterschied zwischen den Gruppen und auch bei den prozentualen Veränderungen sind die Ergebnisse zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich.

| | Intervallgruppe | | | Dauergruppe | | |
|-------------|------------------------------|------------------------------|------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| | ET $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ | AT $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ | % | ET $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ | AT $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ | % |
| MW | 0,054 | 0,056 | 3,9 | 0,053 | 0,055 | 2,6 |
| SD | 0,01 | 0,01 | 5,6 | 0,01 | 0,01 | 5,8 |
| n | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 |
| Sign | | 0,01 | | | | . |

Tabelle 5-1 $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$. Dargestellt ist die vor dem Training im Stufentest gemessene $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ und die nach dem Training aus der $gHb \cdot kg^{-1}$ berechnete $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$.

6 Korrelationen zur Ausdauerkapazität

6.1 Zusammenhang zwischen der Ventilation und der Ausdauerkapazität

Das lineare Glied der VE Kurve korreliert hochsignifikant mit der Arbeitszeit bei 80 % W_{max} in beiden Gruppen im Eingang- und Ausgangstest ($p < 0,001$).

| y(Arbeitszeit (s)) x(VE (d)) | IG | DG | Gesamt |
|---------------------------------|---|---|--|
| ET | $y = -419\ln(x) - 224,13$ $R^2 = 0,7519$ $p < 0,005$ | $y = -340,4\ln(x) - 89,328$ $R^2 = 0,6812$ $p < 0,05$ | $y = -402,9\ln(x) - 214,31$ $R^2 = 0,7276$ $p < 0,001$ |
| AT | $y = -402,9\ln(x) - 214,31$ $R^2 = 0,7276$ $p < 0,01$ | $y = -685,8\ln(x) - 1001,1$ $R^2 = 0,85$ $p < 0,01$ | $y = -539,7\ln(x) - 487,09$ $R^2 = 0,6246$ $p < 0,001$ |

Tabelle 6-1 Korrelation der Arbeitszeit (s) mit dem Anstieg der VE ($l \cdot min^{-1} \cdot l \cdot sek^{-1}$) bei 80 % W_{max} . IG n:12; DG n:10.

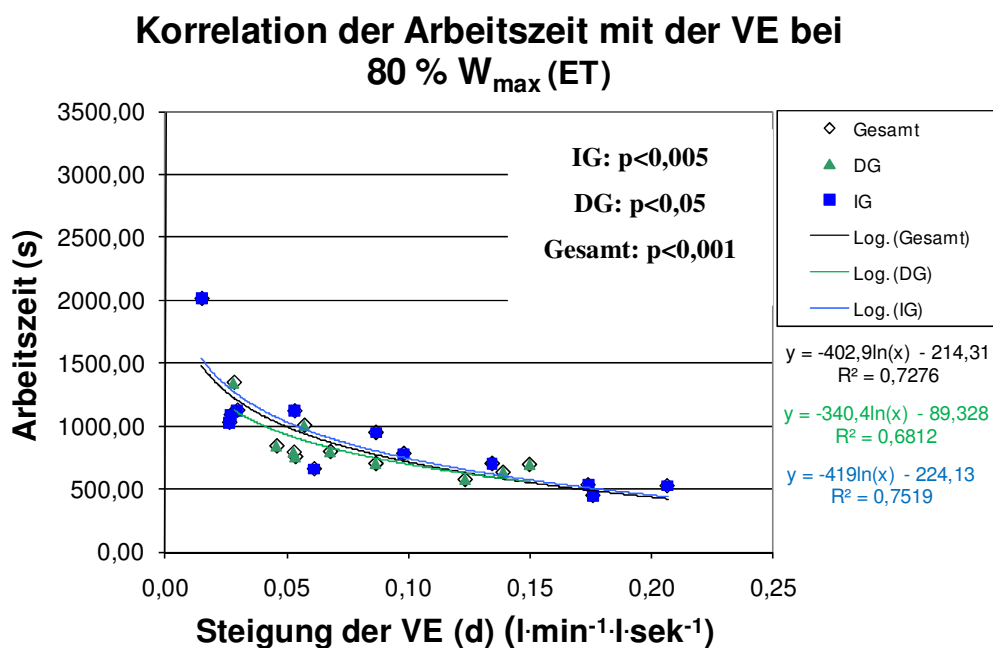


Abbildung 6-1 Korrelation der Arbeitszeit (s) mit dem Anstieg der VE ($l \cdot min^{-1}$) bei 80 % W_{max} des ET.

KORRELATIONEN ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Korrelation der Arbeitszeit mit der VE bei 80 % W_{max} (AT)

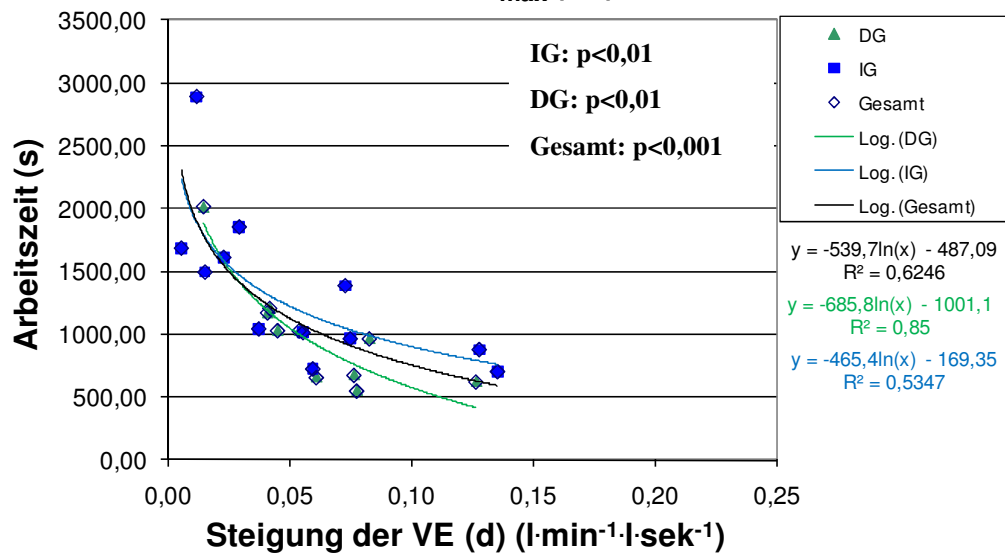


Abbildung 6-2 Korrelation der Arbeitszeit (s) mit dem Anstieg der VE ($l \cdot min^{-1} \cdot l \cdot sek^{-1}$) bei 80 % W_{max} des AT.

6.2 Zusammenhang zwischen der VO_{2max} und der Ausdauerkapazität

Bei den Absolutwerten sind keine Korrelationen zwischen der Arbeitszeit des Eingangstests und der VO_{2max} aus dem Stufentest vorhanden.

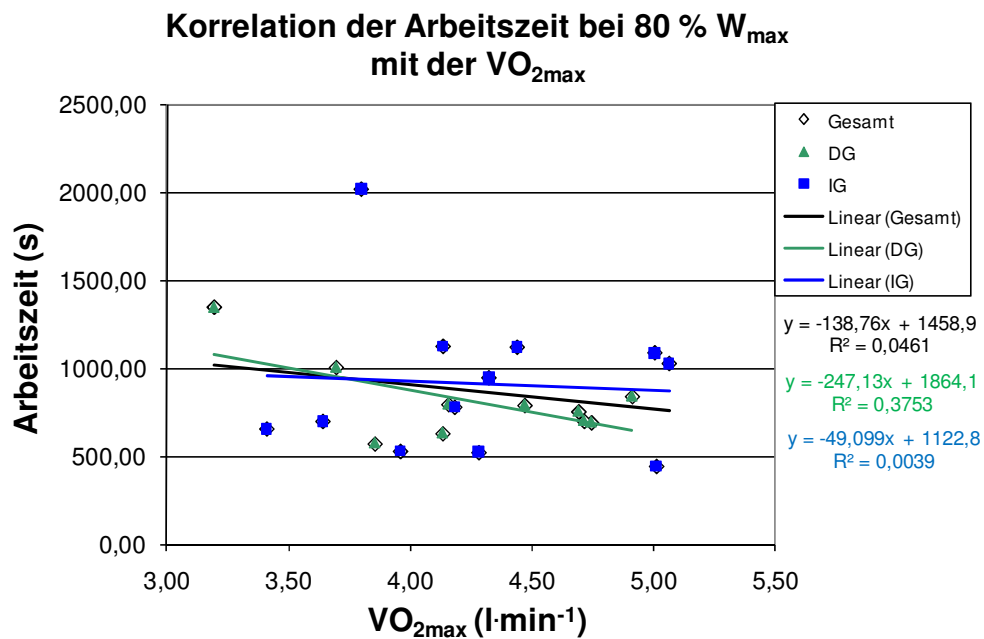


Abbildung 6-3 Korrelation der Arbeitszeit in Sekunden bei 80 % W_{max} mit der VO_{2max} des Stufentests. Dargestellt sind die Daten des Stufentests und des Eingangs-Dauertests beider Gruppen. IG n:12; DG n:10.

KORRELATIONEN ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Korrelation der VO_{2max} (%) mit der Ausdauerkapazität

Die Gruppen zeigen zu allen Zeitpunkten ein unterschiedliches Verhalten nach dem Training. Bei fünf bis zehn Minuten bei 80 % W_{max} fährt die Dauergruppe länger bei höherem prozentualen Anteil der VO_{2max} und die Intervallgruppe länger mit niedrigerem prozentualen Anteil der VO_{2max} ($p < 0,05$). Vor dem Training ist dieses Verhalten auch schon tendenziell zu beobachten. Bei Abbruch der Belastung ist kein Zusammenhang vorhanden (Tabelle siehe Anhang).

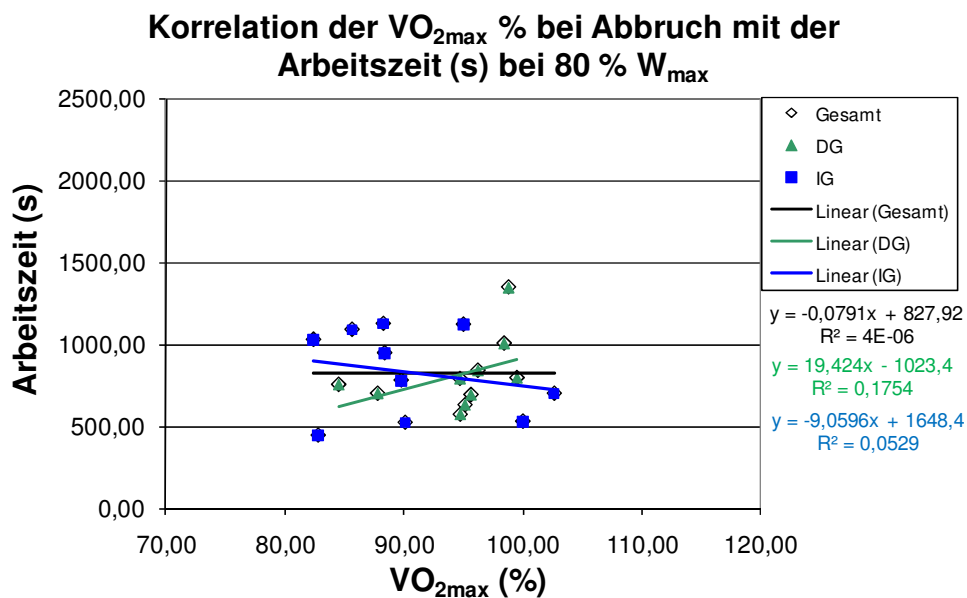


Abbildung 6-4 Korrelation der Arbeitszeit (s) des ETs mit der VO_{2max} (%) bei Abbruch. Es ist keine Korrelation vorhanden. Mittelwert der VO_2 bei Abbruch ist bei IG $3,9 \pm 0,5$ $l \cdot min^{-1}$ und DG $4,0 \pm 0,5$ $l \cdot min^{-1}$. IG n:10; DG n:10)

6.3 Zusammenhang zwischen $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ und der $\text{VO}_{2\text{max}}$

Die $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ korreliert hochsignifikant mit der $\text{VO}_{2\text{max}}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($p < 0,001$).

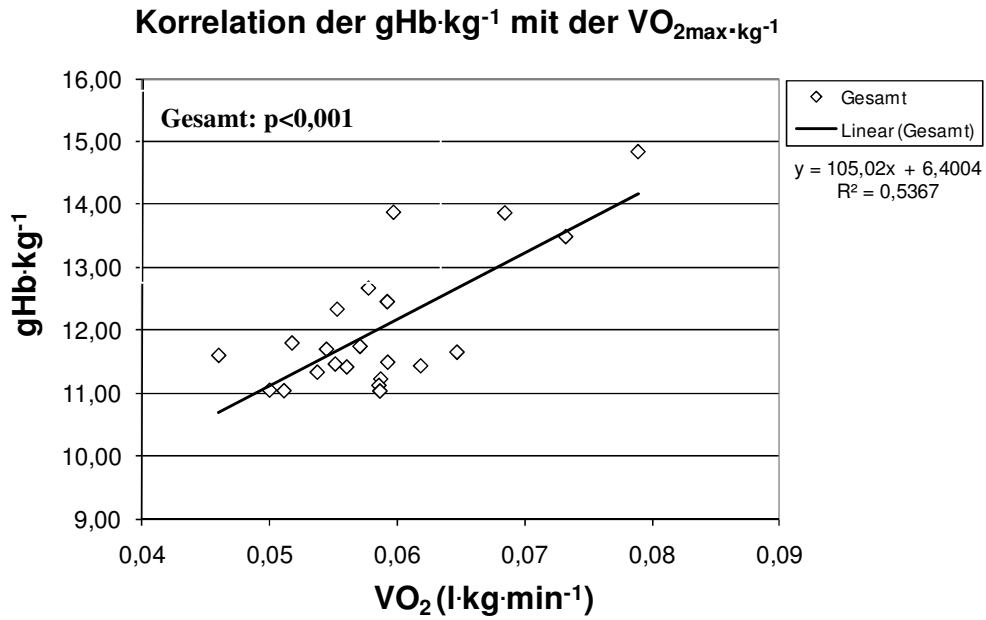


Abbildung 6-5 Korrelation der $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ mit der $\text{VO}_{2\text{max}}\cdot\text{kg}^{-1}$. Dargestellt sind die Daten beider Gruppen die vor dem Training im Stufentest und bei der Blutvolumenmessung erhoben wurden (n:22).

6.4 Zusammenhang zwischen der $gHb \cdot kg^{-1}$ und der Ausdauerkapazität

Es besteht keine Korrelation zwischen der prozentualen Veränderung in der Arbeitszeit im Dauertest und der prozentualen Veränderung in der $gHb \cdot kg^{-1}$. Es sind weiterhin keine Korrelationen mit dem RCV bzw. dem PV und der Arbeitszeit (s) bei 80 % W_{max} vorhanden.

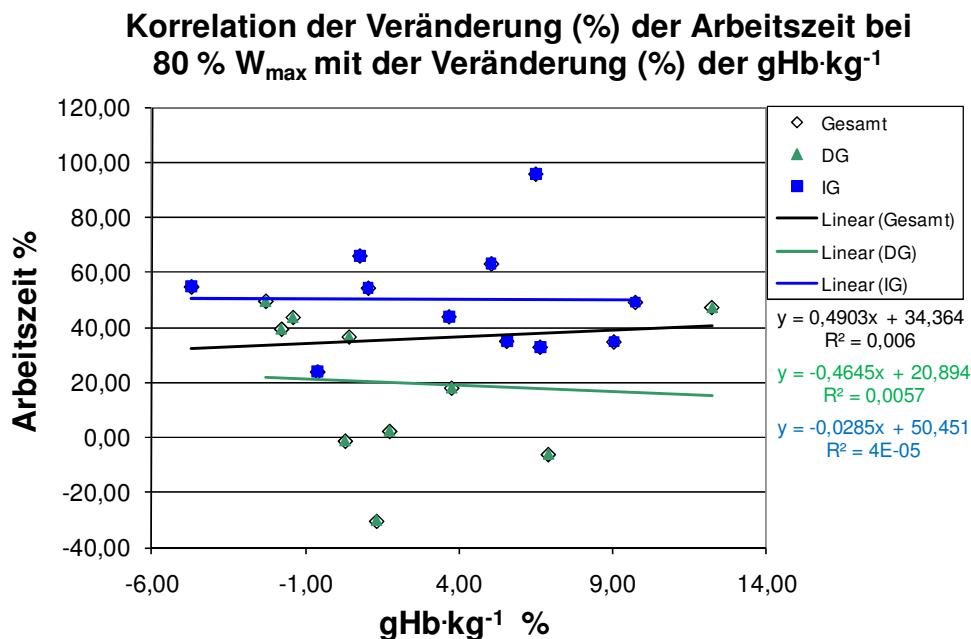


Abbildung 6-6 Korrelation der Veränderung (%) in der Arbeitszeit bei 80 % W_{max} und der Veränderung (%) der $gHb \cdot kg^{-1}$. Dargestellt sind die Daten beider Gruppen. IG n:11; DG n:10.

6.5 Zusammenhang zwischen Laktat und aBE_{ox}

Der aBE_{ox} korreliert bei dem gesamten Eingangs- und Ausgangs-Dauertest hochsignifikant mit der Lak_v . Die Steigungen der Kurven sind nach dem Training jedoch fast unverändert.

| $y(Lak_v)$ $x(aBE_{ox})$ | IG | DG |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| EDT | $y = -0,8416x + 3,1863$ | $y = -0,8438x + 2,9538$ |
| Belastungsphase | $R^2 = 0,929$ $p < 0,001$ | $R^2 = 0,9054$ $p < 0,001$ |
| ADT | $y = -0,866x + 2,9393$ | $y = -0,8588x + 2,9018$ |
| Belastungsphase | $R^2 = 0,9702$ $p < 0,001$ | $R^2 = 0,9252$ $p < 0,001$ |

Tabelle 6-2 Korrelation der $[Lak_v]$ mit dem aBE_{ox} . IG n:12; DG n:10.

7 Diskussion der Methodik

In diesem Abschnitt werden die ernährungs- und belastungsabhängigen Parameter für den Dauer- und den Wingate-Test der Vollständigkeit und Übersicht halber zusammen aufgeführt. Die hier besprochenen aber bis jetzt noch nicht aufgeführten Ergebnisse des Wingate-Tests können unter Punkt 9 nachgeschlagen werden.

7.1 Ernährungs- und Belastungseinflüsse auf die Tests

Grundsätzliche Voraussetzung bei der Gegenüberstellung der Eingangssituation vor dem Training und der Ausgangssituation nach dem Training ist ein vergleichbarer Ernährungs- und Belastungszustand der Probanden. Die Art der Nahrung und der körperlichen Betätigung haben großen Einfluss auf die Glykogenbeladung. Eine Glykogenverarmung durch eine vorherige Belastung führt zu einer erhöhten Fettverbrennung (111). Umgekehrt wird durch eine erhöhte Kohlenhydrataufnahme oder durch sehr fettreiche Nahrung die Substratverbrennung in Richtung Kohlenhydrate bzw. Fette als Hauptsubstrat verschoben (33; 52; 73). Zudem beeinflusst die Glykogenbeladung das vegetative Nervensystem und spielt somit für die Regulation der Herzfrequenz und der Ventilation eine entscheidende Rolle (92). Aufgrund dessen wurden vor dem Eingangstest die Nahrung, die die Probanden zum Frühstück und den Abend zuvor zu sich genommen hatten sowie eventuelle Belastungen, wie z.B. Training oder Wettkampf, die dem Test vorausgegangen waren, notiert. Vor dem Ausgangstest wurden dann die Probanden angehalten sich wie beim Eingangstest zu verhalten, um somit eine vergleichbare Energiebereitstellung zum Eingangstest zu gewährleisten. Eine Kontrolle des Ernährungs- und Belastungszustandes wurde durch die Messung der Metabolite vor Belastungsbeginn durchgeführt. Hierbei ergaben sich in den gemessenen ernährungsabhängigen Metaboliten ([Lak], [Glu], [Tri], [fGly], [gGly] und [FFS]), bei den Ausgangstests des Dauer- und Wingate-Tests keine signifikanten Unterschiede zum Eingangstest. Ebenso zeigte der RQ bei Ruhe keine Veränderungen. Alle ernährungsabhängigen Parameter zeigten somit einen vergleichbaren Ernährungszustand, so dass die Ernährungssituation keinen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben kann.

Die Probanden wurden weiterhin aufgefordert ihr bisheriges Trainingsverhalten nicht zu verändern. D.h. Nichtsportler sollten kein zusätzliches Training beginnen und Trainierte Trainingsintensität und -pensum nicht verändern. Somit wurde gewährleistet, dass die

Ergebnisse nicht durch andere Faktoren beeinflusst und die Energiebereitstellung nicht verändert wurden, da Ausdauertrainierte wahrscheinlich bei gleicher relativer Belastung einen höheren Fett- und geringeren Kohlenhydratumsatz haben (29).

7.2 Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Die Ausdauerfähigkeit setzt sich - wie schon in der Einleitung beschrieben wurde - aus der aeroben Kapazität und der Ausdauerkapazität zusammen. Eine hohe Ausdauerkapazität ist die Fähigkeit, einen hohen Prozentsatz der VO_{2max} für die Dauerbelastung zu nutzen (31), wobei die VO_{2max} die aerobe Kapazität darstellt (147; 169).

In dieser Studie wurden die VO_{2max} anhand eines Stufentests und die Ausdauerkapazität durch einen Belastungstest bei konstanter Leistung (Dauertest) ermittelt.

Alle in dieser Studie durchgeführten Tests haben vor der eigentlichen Aufwärmphase mit einer vorgeschalteten Phase von zwei Minuten bei zehn Watt begonnen. Dadurch wurde die Beschleunigungsarbeit reduziert und ein Überschießen der Laktatkonzentration sowie der Atmungsparameter am Anfang der Aufwärmphase vermieden.

Der Stufentest und damit die Bestimmung der aeroben Kapazität wurde für jeden Probanden nur einmal vor dem Training durchgeführt. Es wurde vorher angenommen, dass die Ergebnisse der vorgeschalteten Aufwärmphasen des Dauer- und Wingate-Tests eindeutige Veränderungen bei den submaximalen Intensitäten ergeben würden, woraus sich eine Verbesserung der VO_{2max} ableiten ließe. Die Ergebnisse nach sechs Minuten 30 % W_{max} und zehn Minuten 50 % W_{max} haben jedoch keine eindeutig signifikanten Unterschiede in der Hf, in der [Lak] und im RQ ergeben. Das liegt wahrscheinlich darin begründet, dass das intervallartige Training vermehrt die FT-Fasern angesprochen hat (46), die bei diesen submaximalen Belastungen weniger stark rekrutiert wurden. In der Dauergruppe hingegen konnte wie zu erwarten ein Absinken des RQ (10) in der zehnminütigen 50 % W_{max} Phase aufgezeigt werden. Da jedoch ein starker Zusammenhang zwischen der VO_{2max} und der Gesamthämoglobin (gHb)-Menge besteht (143), konnte die aerobe Kapazität aus dem gHb abgeschätzt werden (eine Erhöhung der gHb Menge um $1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ bewirkt eine Steigerung der VO_{2max} um $5,4\text{ ml}\cdot(\text{min}\cdot\text{kg})^{-1}$, siehe Punkt 6.3).

Eine Steigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit wurde mit dem Dauertest ermittelt, da dieser Test dafür besser geeignet ist als ein Stufentest. Der Dauertest auf dem Fahrradergometer, in Form eines Belastungstests mit konstanter Leistung, ermöglicht die direkte Messung der Wirkung des unterschiedlichen Trainings auf die Dauerleistungsfähigkeit. Die von uns

gewählten 80 % W_{\max} (89 % $VO_{2\max}$) sind dabei von der Intensität noch gering genug, um den Fettstoffwechsel zu untersuchen. Sie führen dennoch relativ schnell zu einem Ermüdungszustand und schließen damit aus, dass Langeweile einen Einfluss auf die Testsituation hat. Einige Autoren, wie z.B. Jeukendrup et al. (1996), empfehlen daher auch eher das simulierte Zeitfahren (d.h. in einer bestimmten Zeit so schnell wie möglich zu fahren) als Testverfahren, da nach ihrer Meinung hierbei eine bessere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gegeben ist (86). Dass psychologische Komponenten bei Belastungstests bei konstanter Leistung einen stärkeren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit als beim Zeitfahren haben, ist jedoch laut Amann et al. (2008) nicht gegeben. Diese Autoren zeigen in ihrer Studie, dass dieses Testverfahren im Gegensatz zum Zeitfahren sogar besser geeignet ist, um physiologische Faktoren miteinander zu korrelieren. Durch die festgelegte Belastungsintensität und Trittfrequenz ist eine bessere Vergleichbarkeit als beim Zeitfahren gegeben, wo der Proband die Intensität und Geschwindigkeit selbst wählen und variieren kann. Hintergrund sind die verschiedenen Zeitgänge der einzelnen physiologischen Größen, die sich bei Veränderung der Belastungsintensität unterschiedlich schnell anpassen (3). Des Weiteren wurde die Ausbelastung anhand der im arterialisierten Blut gemessenen Laktatkonzentration, der Herzfrequenz, der Ventilation und Atemfrequenz überprüft. Bei keinem dieser Parameter ist bei Abbruch der Belastung ein signifikanter Unterschied zwischen Ausgangs- und Eingangstest ermittelt worden. Der Ausbelastungsgrad ist somit zwischen und innerhalb der Gruppen vergleichbar.

7.3 Ermittlung der Sprint- und Erholungsfähigkeit

Der Wingate-Test ist für die Erhebung der anaeroben Leistungsfähigkeit ein etabliertes Testverfahren (9; 104). Die mittlere Leistung des Tests zeigt hierbei die langfristige Sprintfähigkeit und die maximale Leistung die kurzfristige Sprintfähigkeit auf. In dem Versuch wurden zwei dieser Tests mit einer Minute Abstand hintereinander durchgeführt, um neben der Sprintfähigkeit auch die Erholungsfähigkeit direkt zu testen. Bei den Wingate-Tests wurden die Sprints aus der Ruheposition gestartet. Das entspricht eher einem echten Sprintvermögen innerhalb der verschiedenen Ballsportarten, wie z.B. bei Basketball und Handball.

Die Reproduzierbarkeit des Wingate-Tests ist in einer Studie von Schmidt (2006) untersucht worden. Hier führten neun Versuchspersonen jeweils zwei Wingate-Tests mit einer Woche Abstand unter gleichen Bedingungen durch. Die mittleren Leistungen unterschieden sich im

DISKUSSION DER METHODIK

Mittel um $1 \% \pm 0,01$ und die maximalen Leistungen um $4 \% \pm 0,03$ (142). Diese Ergebnisse zeigten eine hohe Reproduzierbarkeit des Tests. Des Weiteren wurde die Ausbelastung der teilnehmenden Probanden wieder über physiologische Parameter überprüft. Hierbei ergaben im Ausgangstest die Messungen der Herzfrequenz und der arteriellen Laktatkonzentration am Ende des ersten und zweiten Wingate-Tests keine signifikanten Unterschiede zum Eingangstest in beiden Gruppen. Die Messungen der Atemfrequenz und der Ventilation waren bei beiden Gruppen in beiden Ausgangs-Wingate-Tests höher. Bei der Beurteilung der Ausbelastung im Wingate-Test können sie - im Gegensatz zum Dauertest - nicht in Betracht gezogen werden, da hier Trainingseffekte zu unterschiedlichen Trittfrequenzen und damit veränderten Leistungen führten, die sich in der Ventilation widerspiegeln (124).

Zur Vermeidung von Einflüssen auf die Leistung durch physische Unterschiede, wie Größe und Gewicht der Probanden, wurde die Erholungsfähigkeit (E_f) durch die relative Verbesserung im zweiten Wingate-Test (WT), $(2.WT/1.WT)$ dargestellt. Die Verbesserung in der Erholungsfähigkeit ergibt sich aus dem Quotienten $(E_{f_{AT}})/(E_{f_{ET}})$.

Weitere Indikatoren für die Erholungsfähigkeit ergeben sich aus den Messungen der MVC- und den EMG-Daten. Bei der Überprüfung der Reproduzierbarkeit der EMG Daten ermittelte Shushakov (2004) bei den absoluten Werten des EMG zwischen den Probanden - und auch bei derselben Versuchsperson - starke Unterschiede. Daher werden die Mittelwerte meistens als relative Werte dargestellt und in Prozent angegeben (151). Die Testverfahren und die Elimination von Störeinflüssen durch die Kalibrierung sind unter Punkt 2.3.2 beschrieben. Weitere Informationen über die Reproduzierbarkeit der EMG-Ableitungen sind in der Dissertation von Shushakov (2004) beschrieben und werden daher hier nicht weiter erläutert (151).

7.4 Training und Zuordnung der Probanden

Die Verteilung der Versuchspersonen in die jeweilige Gruppe erfolgte nach der Durchführung des Stufentests. Kriterium war eine gleichmäßige Aufteilung von Ausdauersportlern, Ballsportlern, Kraftsportlern sowie Nichtsportlern in die Gruppen mit ähnlichem Leistungsniveau. Die Leistungsfähigkeit (W_{max} , $Watt_{max} \cdot kg^{-1}$ und $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$) war im Mittel in beiden Gruppen fast identisch. Somit war eine gleichmäßig heterogene Verteilung zwischen den Gruppen gegeben.

DISKUSSION DER METHODIK

Alle Probanden wurden bei 50 % der jeweiligen W_{\max} trainiert (ca. 62 % $VO_{2\max}$). Diese Intensität wurde gewählt, da es zu einem viele vergleichbare Studien gibt, die ein Training bei einer Belastung von 50 % W_{\max} durchführten und sich mit Stoffwechselprozessen bzw. -veränderungen beschäftigen. Zum anderen ist diese Trainingsintensität eine Stunde lang für die Probanden gut zu tolerieren. Das Intervalltraining wurde so konzipiert, dass die mittlere mechanische Energie mit der des Dauertrainings vergleichbar ist. Die Trittfrequenz war mit 80-90 U/min bei beiden Trainingsmethoden vorgeschrieben. D.h. auch bei dem intervallartigen Training wurde bei der niedrigen Belastung konstant weitergetreten, damit keine Beschleunigung von der leichten zur schweren Belastungsphase trainiert wurde. Eine Intensitätsanpassung an Leistungsverbesserungen während des Trainings wurde in dieser Studie absichtlich nicht durchgeführt, da dann die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen in Bezug auf den Gesamtenergieumsatz nicht mehr gegeben wäre.

Die Vergleichbarkeit der Belastungsprofile wurde in zwei vorangegangenen Studien von Stache (2004) und Stockmeier (2003), die mit nahezu identischen Belastungsprofilen arbeiteten, überprüft. Der Dauertest dieser Studien wurde bei 50 % W_{\max} für eine Stunde durchgeführt. Der Intervalltest bestand aus einer Einfahrphase von 15 Minuten bei 50 % W_{\max} , einer Hauptphase von 25 Minuten mit wechselnden Belastungen (25 Intervalle von jeweils 30 sek bei 90 % und 30 sek bei 10 % W_{\max} und einer Ausfahrphase von 15 min bei wieder 50 % W_{\max}). Die Tests ergaben, dass die in der Haupt- und Nachphase der beiden Belastungsprofile gemessenen VO_2 und Herzfrequenz nicht signifikant unterschiedlich waren (154; 156). Die Hauptphase des Intervalltests wurde im Mittel bei 66,3 % der $VO_{2\max}$ (ermittelt aus der $VO_{2\max}$ des Stufentests) und der Dauertest mit 63,9 % der $VO_{2\max}$ gefahren. Die beiden Hauptphasen unterschieden sich nicht signifikant (154). Auch die Ventilation war in der Nachphase wieder nahezu identisch. In der Hauptphase lag sie bei dem Intervalltest höher (154; 156), was an der höheren Belastungsintensität liegt. Der mittlere Energieumsatz der beiden Belastungsprofile ist somit vergleichbar.

7.5 Beurteilung der Konzentrationen im Blut

7.5.1 Durchblutung

Beim Vergleich der Konzentrationen der blutchemischen Größen im cubitalvenösen Blut des Unterarms ist dessen Durchblutung ein wichtiger Faktor, da hier Strömungsunterschiede einen unterschiedlichen Zeitverlauf aufzeigen können. Sie wurde in dieser Studie nicht direkt gemessen. Die Durchblutung im Arm ist abhängig von der äußeren Temperatur und der Stoffwechselaktivität (92). Es ist anzunehmen, dass die Stoffwechselaktivität im Arm vor und nach dem Training vergleichbar war, da alle Probanden während der Tests die gleiche Arbeit mit den Armen geleistet haben. Ebenso wurde die Temperatur, die durch die Thermoregulation die Durchblutung der Haut verändert, während der Testsituation durch den klimatisierten Raum konstant gehalten.

Weiterhin zeigt die $[HbO_2]$ eine Veränderung in der Durchblutung auf. Vor dem Training hatten beide Gruppen am Ende der Aufwärmphase eine ähnliche $[HbO_2]$ von ca. 51 %, welche sich auch nach dem Training nicht signifikant verändert hat. Ebenso hat sich während der Belastung und in der Erholungsphase des Dauertest die $[HbO_2]$ nach den beiden Trainingsmethoden nicht signifikant verändert.

Aufgrund dieser Faktoren ist anzunehmen, dass sich die Durchblutung nicht wesentlich verändert hat und somit keinen signifikanten Einfluss auf die Unterschiede in den Konzentrationen im Blut zwischen und nach den beiden Trainingsmethoden hat.

7.5.2 Flüssigkeitsverschiebung

Bei jeder körperlichen Belastung kommt es zu einer Flüssigkeitsverschiebung, die zu einem Anstieg in der Blutviskosität führt und so leistungsbeeinflussend sein kann (36). Weiterhin werden die im Blut gemessenen Konzentrationen durch die Flüssigkeitsverschiebung beeinflusst.

Muskelarbeit führt durch eine vermehrte Ansammlung von Stoffwechselprodukten wie Kreatin, Laktat und Pyruvat sowie einer Änderung des Bikarbonats zu einem Anstieg der Konzentrationen von Metaboliten im Zytoplasma. Da der Austausch dieser Substanzen zwischen Intra- und Extrazellulärraum langsam ist, entsteht durch die Konzentrationserhöhung bei Belastung ein zelleinwärts gerichteter osmotischer Gradient, dem Wasser aus dem extrazellulären Raum nachströmt (110). Eine weitere

DISKUSSION DER METHODIK

Flüssigkeitsverschiebung im Organismus wird über die Filtration bedingt. Der effektive Filtrationsdruck ist gleich der Differenz vom hydrostatischen und kolloidosmotischen Drücken innerhalb und außerhalb der Gefäße (Starling Gesetz) (92).

Um eine Vergleichbarkeit in den Konzentrationsveränderungen zwischen den Gruppen zu gewährleisten, muss demzufolge ebenfalls geprüft werden, ob das Training eine Veränderung in der Flüssigkeitsverschiebung innerhalb des Testverlaufs hervorgerufen hat. Dabei sind Substanzen, die im Blutplasma gemessen werden (z.B. Elektrolyte), von der osmotisch bedingten Flüssigkeitsverschiebung abhängig. Die Filtration beeinflusst die Konzentration der Elektrolyte kaum, da sie als kleines osmotisch wirksames Teilchen frei die Kapillare durchdringen können. Im Gegensatz dazu können eiweißgebundene Substanzen, die im Plasma gemessen werden (z.B. Fette), aufgrund ihrer molekularen Größe nicht frei die Kapillarwand passieren und sind von der Filtration und damit von dem Plasmavolumen abhängig. Die prozentuale Veränderung im Plasmavolumen kann durch die Veränderungen in der [GE] und in der [Hb] und [Hkt] berechnet werden. Die Formeln lauten hierbei:

$$PV \% = [GE_{ET}] \cdot [GE_{AT}]^{-1} \cdot 100$$

$$PV \% = [Hb_{ET}] \cdot [Hb_{AT}]^{-1} \cdot (1-[HKT_{AT}]) \cdot (1-[HKT_{ET}])^{-1} \cdot 100 \quad (144)$$

Bei der Beurteilung des Plasmavolumens wird in dieser Arbeit die [GE] als Grundlage genommen, da die Kapillarwand annähernd undurchlässig für Proteine ist (36).

Die Ergebnisse des Dauer- und des Wingate-Tests zeigen keine signifikanten Veränderungen im Plasmavolumen, der Gesamtflüssigkeitsverschiebung sowie in der osmotisch bedingten Flüssigkeitsverschiebung innerhalb und zwischen den Gruppen auf (Tabellen siehe Anhang). Auf eine Korrektur der Konzentrationen wird daher verzichtet. Zudem sind die bei Belastung ermittelten Konzentrationsveränderungen für die wesentlichen blutchemischen Größen größer als es über die Flüssigkeitsverschiebung zu erklären wäre und es ist die aktuelle und nicht die berechnete Konzentration für die biologische Wirkung entscheidend.

7.6 Zusammenfassung der Methodendiskussion

Zusammenfassend ist aufgrund der vorangegangenen Studien und der Ergebnisse die Validität, Objektivität und Reliabilität der in dieser Studie genutzten Testverfahren zur Messung der Ausdauerleistungsfähigkeit sowie der maximalen und mittleren anaerobischen Leistungsfähigkeit und der Erholungsfähigkeit gegeben. Die Verteilung der Probanden in den Gruppen war gleichmäßig heterogen und deren Leistungsfähigkeit vergleichbar. Die unterschiedlichen Trainingsmethoden hatten zudem einen vergleichbaren mittleren Energieumsatz.

Bei der Beurteilung der Konzentrationen im Blut haben das Blutvolumen und die Flüssigkeitsverschiebung nach dem Training keinen signifikanten Einfluss auf die nach dem Training gemessenen Unterschiede. Sie werden daher in der weiteren Diskussion nicht mehr erwähnt.

8 Diskussion zur Ausdauerkapazität

Diese Studie hat den Einfluss von intervallartigem und Dauertraining auf die Ausdauerfähigkeit verglichen. Das Ergebnis war eine signifikant verlängerte Arbeitszeit bei 80 % W_{\max} nach beiden Trainingsmethoden. Die prozentuale (50 % versus 20 %) und absolute Zunahme der Arbeitszeit nach dem intervallartigen Training war hierbei im Vergleich zum Dauertraining mehr als doppelt so hoch.

Eine höhere Ausdauerleistung nach Intervall- oder Sprinttraining wurde auch schon in anderen Studien bestätigt (22; 37; 43; 54). Esfarjani und Laursen (2007) z.B. zeigten nach hochintensivem Intervalltraining signifikante Verbesserungen in der 3000 m Laufleistung bei moderat trainierten Läufern, aber nicht in der Kontrollgruppe, die bei 75 % der $VO_{2\max}$ Ausdauertraining durchgeführt hat (43). Ebenso zeigten Denadai et al. (2006) eine signifikant verbesserte Laufgeschwindigkeit in einem 5000 m Zeitlauf bei gut trainierten Läufern. Ihr Trainingsprotokoll bestand aus einem vierwöchigem Intervalltrainingsprogramm, das zwei Mal pro Woche bei 95 % bzw. 100 % der $VO_{2\max}$, plus zusätzlich vier konstanten submaximalen Laufeinheiten durchgeführt wurde (37).

Untersuchungen auf dem Fahrradergometer wurden von Burgomaster et al. (2006) und Gibala et al. (2006) durchgeführt (22; 54). Sie zeigten nach hochintensivem Sprint-Intervalltraining (3-7 x 30 sek ‚all out‘ und je 4 min Pause) eine vergrößerte Ausdauerleistungsfähigkeit. Die Studie von Gibala et al. (2006), die ähnlich dieser Studie hochintensives Sprint-Intervalltraining (SIT) und Dauertraining (DT) miteinander vergleicht, zeigte auch eine Verbesserung der Ausdauerfähigkeit nach dem intensiven Training, wobei sich hier die Gruppen nicht signifikant unterschieden haben. Anders als in dieser Untersuchung haben die Autoren mit einem großen Unterschied im Trainingsumfang und Gesamtenergieumsatz gearbeitet (2,5 Stunden (SIT) versus 10,5 Stunden (DT) pro Woche und auch die Trainingsintensitäten waren höher (SIT: 250 % $VO_{2\max}$; 4-6 30sekündige Sprints mit 4 min Pause; Dauertraining bei 65 % $VO_{2\max}$ (54)).

In vielen Studien wurde nicht die Ausdauerkapazität untersucht sondern die aerobe Kapazität anhand der maximalen Leistungsfähigkeit im Stufentest. Lindsay et al. (1996) und Weston et al. (1997) z.B. zeigten nach einem Intervalltraining (6-8 x 5 min bei 80 % W_{\max} ; 1 min Erholung; 4 Wochen) bei gut ausdauertrainierten Radfahrern eine verbesserte maximale Leistung im Stufentest (103; 171). Ferner überprüfte Laursen et al. (2002) verschiedene Intervallmethoden an Radsportlern. Am effektivsten in der Verbesserung der maximalen

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Leistungsfähigkeit im Stufentest war ein hochintensives Intervalltraining (8 x 60 % der max. Zeit von W_{\max} ; 1:2 Erholungsrate bei 65 % Hf_{\max} ; 4 Wochen). Sie zeigten hierbei eine signifikante Verbesserung von 6,2 %. Diese Ergebnisse decken sich zudem mit denen von Stepto et al. (1999), der mit hochintensivem Intervalltraining (8 x 4 min bei 85 % W_{\max} ; 90 sek Erholung; bzw. 12 x 30 sek bei 175 % W_{\max} ; 4-5 min Erholung) zu ähnlichen Ergebnissen in der maximalen Leistungsverbesserung im Stufentest kam (98; 155).

Alle diese Studien zeigten eine verbesserte Ausdauerfähigkeit nach dem hochintensiven Training. Da sie allerdings entweder ohne Kontrollgruppe oder nicht mit einem vergleichbaren Gesamtenergieumsatz bei der Kontrollgruppe arbeiteten, ist es schwierig, einen direkten Vergleich zwischen Intervall- und Dauertraining herzustellen. Die Studien von Esfarjani, Laursen und Denadai wurden zudem auf dem Laufband ausgeführt. Laufuntersuchungen sind aufgrund der nicht festzulegenden Laufdynamik nur begrenzt geeignet, um unterschiedliche Belastungsmethoden miteinander zu vergleichen (36).

Bei der Untersuchung von Gibala et al. scheint es jedoch eindeutig eine verbesserte Effektivität zugunsten des Intervalltrainings zu geben, da hier der Trainingsumfang zwischen den beiden Methoden sehr unterschiedlich war. Die hohe Trainingsintensität (250 % $VO_{2\max}$) beim Intervalltraining von Gibala et al. zeigt, dass es auch bei diesen Trainingsintensitäten noch zu größeren Anpassungen in der Ausdauerleistungsfähigkeit kommt. Wobei es sich bei den Trainingsintensitäten nicht, wie von den Autoren dargestellt, um die beim Training ermittelte VO_2 handelt, sondern um die zweieinhalbfache Steigerung der im Vorfeld durch einen Stufentest ermittelten maximalen Leistung. Zudem kann im Gegensatz zu dieser vorliegenden Studie nicht eine vergleichbare mittlere $VO_{2\max}$ und ein mittlerer Leistungsstand zwischen den Gruppen gewährleistet werden, da die Verteilung der Probanden in die jeweiligen Gruppen zufällig erfolgt ist. In der vorliegenden Studie wurden die Probanden gleichmäßig heterogen auf die Gruppen verteilt, d.h. es kann eine Leistungszunahme in Abhängigkeit vom Trainingszustand aufgezeigt werden. Um von vornherein gegebene Leistungsunterschiede auszugleichen, wurden zudem die relativen Leistungsverbesserungen betrachtet.

Eine Folgestudie von Becker (2006) mit identischem Trainingsprotokoll und zusätzlicher wöchentlicher Erhöhung der Trainingsintensität hat im Vergleich zu dieser Studie nicht zu einer gesteigerten Ausdauerleistungsfähigkeit geführt (8). Ebenso führte eine Steigerung der Anzahl der Intervalle nicht zu einer Erhöhung in der Dauerleistungsfähigkeit (108; 112).

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Zusammenfassend lässt sich aufzeigen, dass intervallartiges Training besser geeignet ist als Dauertraining, um die Ausdauerleistungsfähigkeit zu verbessern. Eine Erhöhung der Intensität und/oder Anzahl der Intervalle führt nicht zu einer weiteren Steigerung in der Ausdauerfähigkeit. D.h. für die Dauerleistungsfähigkeit ist diese Trainingsform die effizienteste Form im Vergleich zu Becker (2006), Maassen, M. (2007) und Maassen, N. (2009) bei drei Tagen Training in der Woche (8; 108; 112). Es bleibt somit die Frage, ob, um eine vergleichbare Ausdauerleistungsfähigkeit zu erzielen, die Anzahl der Intervalle sogar reduziert werden könnte.

8.1 Mögliche Ursachen der verbesserten Ausdauerkapazität

Eine trainingsinduzierte Verbesserung der Ausdauerkapazität kann von zahlreichen physiologischen Faktoren verursacht werden. Unter anderem sind das kardiovaskuläre, metabolische, elektrophysiologische und respiratorische Faktoren, die in den folgenden Abschnitten diskutiert werden.

8.1.1 Einfluss auf das Blut-, Plasma- und Erythrozytenvolumen

Eine Vergrößerung im Blutvolumen ist die Basis für die Verbesserung vieler für die Ausdauerleistungsfähigkeit bedeutender Faktoren. Bei Belastung wird durch eine verbesserte Kapillarisation in der arbeitenden Muskulatur die Durchblutung erhöht. Im Gegenzug dazu führt die Aktivität des Sympathikus zu einem Vasokonstriktorentonus und damit zu einer Gefäßengstellung in nicht arbeitenden Gebieten. Der Anstieg im Herzminutenvolumen wird zu den arbeitenden Geweben umverteilt (36). Infolgedessen steht bei einem vergrößerten Blutvolumen mehr Blut für die Hautdurchblutung zur Verfügung, wodurch der Wärmeabtransport verbessert wird und damit die Temperatur für Stoffwechselfvorgänge länger konstant gehalten werden kann. Es stellt zudem ein größeres Lösungsvolumen für Stoffe dar, die leistungslimitierend sein können. D.h. der Abtransport von Metaboliten und Elektrolyten (verbesserte Erregungsleitung) ist besser gewährleistet. Weiterhin führt ein vergrößertes Blutvolumen zu einem größeren maximalen Herzminutenvolumen und damit zu einem gesteigerten Nähr- und Sauerstofftransport (größere VO_{2max}) (32; 167).

Während einer Belastung kommt es zu einer Erhöhung der Sympathikusaktivität und damit zu einer Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin. Diese Hormone führen, wie oben beschrieben, zu einer Vasokonstriktion in den nicht arbeitenden Gebieten und damit zu einer

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

verminderten Durchblutung und einem niedrigeren kapillaren Blutdruck in diesen Bereichen (36). Dies betrifft auch den Blutdruck in den Kapillaren des Glomerulus, der eine Reninfreisetzung auslöst, welches das vasokonstriktorisch wirkende Angiotensin freisetzt. Dieser Prozess stimuliert die Aldosteronausschüttung, die Natrium im Körper zurückhält. Weiterhin verursacht eine Erhöhung der Osmolalität und eine Ausschüttung von Adrenalin die Freisetzung von ADH (Antidiuretisches Hormon). ADH und Aldosteron bewirken durch die Zurückhaltung von Wasser in der Niere eine Erhöhung des Plasmavolumens und lassen zusätzlich ein Durstgefühl entstehen (92). Höhere Aldosteron-Werte können noch einen Tag nach einer Belastung bzw. Belastungsphase ermittelt werden (166; 168) und bis zu 48 Stunden zu einem erhöhten Plasmavolumen führen (30; 146). Mehrere Tage nach einer Belastung ist die Konzentration der volumenregulierenden Hormone gesunken. Dennoch steigt das Plasmavolumen. Schmidt et al. (1989) zeigten zwei Tage nach einem Marathon durch eine Wassereinlagerung eine Erhöhung im Plasmavolumen von bis zu 17 %. Dieses Ergebnis ist durch zwei Berechnungen bestätigt worden (auf die Hkt und [Hb] sowie auf die [GE] basierende Plasmavolumenberechnung, siehe Punkt 7.5.2) (145). Wahrscheinlich ist die durch das gesteigerte Plasmavolumen reduzierte Proteinkonzentration ein Stimulus für die Proteinsynthese, so dass das Plasmavolumen längerfristig konstant gehalten wird (146; 168). Das führt zu einem Absinken des Hämatokrits, was eine Ausschüttung von Erythropoetin (Epo) zur Folge hat (146). Epo steuert die Proliferation und Differenzierung der Retikoluzyten und wird in der Niere gebildet (92; 146). Bei gleichem Sauerstoffverbrauch und erhöhtem Plasmavolumen bleibt der PO_2 in der Lunge zwar konstant, sinkt aber in der Niere. Das führt zu einer Ausschüttung von Epo. Ebenso wird Epo nach einer Belastung ausgeschüttet (149), was nach einigen Wochen Training zu einem erhöhten Erythrozytenvolumen führt (146; 168). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen nach dem Training bei der Intervallgruppe ein höheres $gHb \cdot kg^{-1}$ und Erythrozytenvolumen. Das Plasmavolumen sowie das Blutvolumen haben sich nur tendenziell aber nicht signifikant erhöht. Die Dauergruppe erzielt in allen Parametern nur tendenzielle, nicht signifikante Steigerungen. Die in dieser Studie angewandte CO-Methode zur Messung des Blutvolumens von Schmidt et al. (1994) ergibt wahrscheinlich etwas zu hohe Messwerte bei der Ermittlung der $gHb \cdot kg^{-1}$ Menge. Nach einer neuen Methode von Schmidt et al. (2005) fallen die Messergebnisse niedriger aus (148). Diese Studie bezieht sich jedoch nur auf die prozentualen Veränderungen vom Eingangs- zum Ausgangstest. Infolgedessen wurden die Messungen nicht korrigiert.

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

In der Literatur gibt es bisher nur wenige Informationen über die Auswirkung von Intervalltraining auf das Blutvolumen. Eine Studie von Laursen et al. (2005) zeigte ebenso wie diese Studie kein vergrößertes Plasmavolumen nach vier Wochen Training bei drei verschiedenen hochintensiven Intervalltrainingsmethoden an ausdauertrainierten Radfahrern (99). Auf der anderen Seite zeigten Warburton et al. (2004) schon nach drei Wochen Dauer- bzw. Intervalltraining an untrainierten Männern eine Vergrößerung des Plasma-, Erythrozyten- und Blutvolumens nach beiden Trainingsmethoden (168). Auch in einer früheren Studie von Green et al. (1984) konnte nach einer kurzen Sprinttrainingsperiode eine Erhöhung des Plasmavolumens aufgezeigt werden (64).

Bis auf die nicht signifikant veränderten Plasma- und Blutvolumina von Laursen et al. (2005) und dieser Studie deutet alles darauf hin, dass durch Intervalltraining ebenso wie durch Dauertraining das Blutvolumen vergrößert werden kann. Die unterschiedlichen Ergebnisse im Blutvolumen der Studien beruhen wahrscheinlich auf dem unterschiedlichen Trainingszustand der Probanden, da stärker Ausdauertrainierte hier schon zu Beginn ein höheres Niveau aufzeigen als Untrainierte. Ob hochintensives Training dabei einen größeren Einfluss auf die Blutvolumenregulation hat als Dauertraining, kann nicht vollständig geklärt werden. Es ist zu vermuten, dass die Angiotensin- Aldostersonausschüttung durch die höhere Intensität des intervallartigen Trainings stärker beeinflusst wird (30). Eine höhere Beanspruchung bei dem intervallartigen Training im Vergleich zum Dauertraining kann durch die Studie von Stache (2004) belegt werden, in der mit den gleichen Belastungsintensitäten wie in dieser Studie gearbeitet wurde. Hierbei wurde gezeigt, dass während der intervallartigen Belastung eine signifikant höhere Laktatkonzentration vorhanden ist, was auch durch die vermehrte Rekrutierung von FT-Fasern begründet ist. Ebenso war die Summe der Herzschläge über den gesamten Belastungszeitraum signifikant höher als bei der Dauerbelastung (154). Die Konzentration von Laktat wird ebenso von dem Sympathikus (Noradrenalin) beeinflusst (27) wie die Herzfrequenz (36). Daher ist anzunehmen, dass gleichermaßen die Aldostersonausschüttung stärker durch das intervallartige Training stimuliert wird. In der Studie von Warburton et al. (2004) wurde kein Unterschied in der Ausschüttung zwischen den Gruppen und während der Trainingsperiode aufgezeigt. Dies liegt wahrscheinlich darin begründet, dass die Messungen erst 48 Stunden nach der Belastung durchgeführt wurden und nach diesem Zeitraum nur noch geringe Werte nachgewiesen werden können. Die Wirkung von Aldosteron ist jedoch noch länger vorhanden. Die bei Warburton et al. ähnlich erhöhten

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Blutvolumenparameter beider Gruppen stehen im Kontrast zu dieser Studie, was an der wesentlich kürzeren Belastungsdauer des Intervalltrainings liegen kann.

Zusammenfassend kann intervallartiges Training ebenso gut eingesetzt werden, um das Blutvolumen zu vergrößern wie Dauertraining. Das intervallartige Training hat wahrscheinlich einen stärkeren Einfluss auf die Aldosteronausschüttung als das Dauertraining, welches sich im signifikant vergrößerten Erythrozytenvolumen und $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ äußert. Da sich die Gruppen jedoch nicht signifikant in ihren Veränderungen in der gHb-Menge unterscheiden und die Veränderungen im Erythrozytenvolumen nicht mit den Veränderungen in der Dauerleistungsfähigkeit korrelieren, kann die erzielte Leistungsverbesserung der Intervallgruppe im Dauertest nicht hieraus abgeleitet werden.

8.1.2 Oxidative Kapazität

Die oxidative Kapazität entspricht der Enzymaktivität in den Mitochondrien (22). Eine Erhöhung in der oxidativen Kapazität wird von vielen Autoren als Ursache der Ausdauerleistungsverbesserung diskutiert (22; 23; 35; 54). Es könnte in Frage gestellt werden, ob der aerobe Stoffwechsel vergrößert werden kann, ohne dass wie in dieser Studie eine vergrößerte VO_2 bei 80 % W_{\max} gezeigt wird. Die Veränderungen der oxidativen Enzymaktivitäten sind allerdings oft drei bis fünf mal größer als die Erhöhung der VO_2 (35). Eine Studie von Harmer et al. (2000) zeigt z.B. eine erhöhte aerobe ATP-Produktion in den kontrahierenden Muskeln nach Sprinttraining, obwohl die VO_2 und das Sauerstoffdefizit unverändert waren. Sie vermuten ebenfalls eine vergrößerte mitochondriale Dichte (70). Studien von Burgomaster (2005-2007) zeigen ebenso nach hochintensivem Sprint- und Intervalltraining eine erhöhte oxidative Kapazität (21-23).

Bei Dauerbelastungen mit niedriger bis mittlerer Intensität kommt es zu einer erhöhten Rekrutierung von roten Muskelfasern, den Slow Twitch Fasern (ST-Fasern) oder auch Typ I-Fasern (oxidativ arbeitende langsame Muskelfasern) genannt. Fast Twitch Fasern (FT-Fasern) bzw. Typ IIa-Fasern (oxidativ-glykolytisch arbeitende schnelle Muskelfasern) und Typ IIb-Fasern (glykolytisch arbeitende schnelle Muskelfasern), deren erhöhte Rekrutierung bei Intervallbelastung nachgewiesen wurde (46; 85), haben eine niedrigere mitochondriale Dichte. Nach intensivem Intervall- bzw. Sprint-Intervalltraining wird eine Erhöhung in der oxidativen Kapazität in den Fast Twitch Fasern diskutiert (39; 58; 95).

Ob die oxidative Kapazität allerdings wirklich ein leistungsbegrenzender Faktor für die Ausdauerleistungsfähigkeit ist, muss in Frage gestellt werden. Studien von Gollnick et al.

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

(1982) vermuten, dass die Enzymkapazität bei keiner Belastung maximal ausgenutzt wird und dass sie weitaus größer ist als die kardiovaskuläre Kapazität (57; 60). Diese Theorie wird durch die Einnahme von Epo und durch Blutdoping bestätigt. Durch Epo kommt es nicht zu einer Erhöhung der oxidativen Kapazität (90). Es steigert die [Hb] und führt durch eine größere maximale Sauerstofftransportkapazität zu einer besseren Sauerstoffzuführung zum arbeitenden Muskel (106). Allerdings kann der von Lundby et al. (2008) ermittelte Zusammenhang von [Hb] und der VO_{2max} nur bei zusätzlicher Einnahme von Epo ermittelt werden. Dieser Zusammenhang kann, wie auch diese Studie zeigt, unter normalen Bedingungen nicht nachgewiesen werden. Lundby et al. (2008) schlussfolgern jedoch, dass die VO_{2max} durch die Sauerstofftransportkapazität des kardiovaskulären Systems zu der arbeitenden Muskulatur primär limitiert wird (106). Somit ist grundsätzlich in Frage zu stellen, ob eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit über die mitochondriale Enzymaktivität abgeleitet werden kann. Zudem lässt die Analyse der Enzymaktivität im Labor unter idealen Bedingungen und nach der eigentlichen Belastung nur begrenzt eine Aussage zu, wie stark sie bei Belastung wirklich aktiviert worden ist (82).

Zusammenfassend kann diese Studie keine Aussage über eine Veränderung des Mitochondriengehaltes im Muskel nach dem Training treffen, da die oxidative Kapazität nur direkt mittels einer Muskelbiopsie erfasst werden kann. Der in vielen Studien nach Sprint- und Intervalltraining nachgewiesene Anstieg der oxidativen Kapazität (22; 23; 35; 54) ist wahrscheinlich nicht verantwortlich für die verbesserte Ausdauerkapazität, da erstens die oxidative Kapazität schon bei der VO_{2max} nicht limitierend ist (106) und zweitens die VO_2 bei dem Dauerbelastungstest dieser Studie noch unter der VO_{2max} liegt. Somit scheinen andere physiologische Faktoren vorher limitierend zu sein.

8.1.3 Aerobe Kapazität und Ausdauerkapazität

Als elementare Faktoren der Ausdauerleistungsfähigkeit werden die aerobe Kapazität (VO_{2max}) und die Ausdauerkapazität (prozentual genutzter Anteil der VO_{2max}) dargestellt (19; 36) (Definitionen siehe Punkt 7.2). In dieser Studie wurde die VO_{2max} anhand eines Stufentests nur vor dem Training ermittelt. Beim Eingangs-Dauertest lag die Sauerstoffaufnahme nach fünf Minuten bei 80 % W_{max} bei 88,7 % \pm 5,8 der VO_{2max} und bei Abbruch der Belastung bei 92,5 % \pm 6,1 der VO_{2max} . Die Veränderungen in der VO_{2max} wurden aus der nach dem Training gemessenen Veränderung in der $gHb \cdot kg^{-1}$ berechnet, da beide Größen eng miteinander korrelieren (siehe Abbildung 6-5). Beide Gruppen zeigen

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

hiernach eine größere aerobe Kapazität (Zunahme der berechneten VO_{2max} von IG: 3,9 % ($p < 0,05$) bzw. DG: 2,6 % (n.s.)). Helgerud et al. (2007) kommen in ihrer Studie zu ähnlichen Ergebnissen. Hier wurde eine vergrößerte VO_{2max} , nach vier verschiedenen Trainingsmethoden mit vergleichbarer Gesamtarbeit nur nach dem intervallartigen Training (15/15, bei 95 % und 70 % der Hf_{max}) und dem Intervalltraining (4 x 4 bei 90-95 % Hf_{max} , 3 min aktive Pause bei 70 % Hf_{max}) und nicht bei den Dauertrainingsmethoden (45 min bei 70 % und bei 85 % Hf_{max}) ermittelt (75). Im Gegensatz zu Helgeruds Studie sind die Anpassungen in der berechneten VO_{2max} in dieser Studie jedoch zwischen den Trainingsmethoden nicht signifikant unterschiedlich ausgefallen. Ebenfalls ist in Frage zu stellen, ob es tatsächlich zu einer Steigerung der VO_{2max} nach dem intervallartigen Training gekommen ist, da dieses Ergebnis durch andere Messungen nicht bestätigt wird. So sind zum einen die VO_2 Kinetiken (24) während des Dauertests nicht signifikant verändert. Ebenso deuten die Messungen der HF, der AF, des pH-Wertes, der $[K^+]$ und der $[Lak_a]$ bei den submaximalen Belastungen bei 30 bzw. 50 % W_{max} auf eine nicht signifikant veränderte VO_{2max} hin. Bis auf die reduzierte $[Lak_a]$ bei 50 % W_{max} sind nach dem intervallartigen Training, hier ebenfalls keine signifikanten Veränderungen vorzufinden. Anhand der $[Lak]$ lassen sich zudem nur schwer präzise Aussagen machen, da eine niedrigere Konzentration aus einer reduzierten Produktion, einer anderen Verteilung und/oder aus einer schnelleren Elimination entstanden sein kann (36).

Maassen (2009) hat in ihrer folgenden Studie mit ähnlichen Trainingsintensitäten keine Erhöhung in der VO_{2max} ermitteln können. In ihrer Studie wurde nach dem Training die VO_{2max} direkt über einen Stufentest gemessen (107). Auch Böning zeigt in seiner Untersuchung, dass die VO_{2max} eher mit dem Blutvolumen korreliert als mit der gHb (17). Da die Veränderungen im Blutvolumen bei beiden Gruppen in der vorliegenden Studie nicht signifikant größer ausgefallen sind, würde dies ein weiteres Zeichen für eine nicht wesentlich vergrößerte oder unveränderte VO_{2max} nach beiden Trainingsmethoden sein. Es ist somit unwahrscheinlich, dass die signifikant bessere Ausdauerleistung der Intervallgruppe alleine auf eine Erhöhung der VO_{2max} zurückzuführen ist.

Dass eine hohe VO_{2max} nicht allein ausschlaggebend für eine gute Ausdauerleistungsfähigkeit ist, wird auch von anderen Autoren bestätigt (98; 118; 132; 169). Wendt (2008) hat z.B. den Zusammenhang von VO_{2max} und Ausdauerkapazität bei 112 Versuchspersonen untersucht und fand nur eine geringe Korrelation (169). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen im Eingangstest keine Korrelation mit der im Stufentest gemessenen VO_{2max} und der Arbeitszeit bei 80 %

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

W_{\max} . Auch der Ausgangstest zeigt keinen Zusammenhang zwischen der prozentualen Veränderung der $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ und der prozentualen Veränderung der Arbeitszeit bei 80 % W_{\max} . Weiterhin kann kein unterschiedliches Sauerstoffdefizit bei den Gruppen aufgezeigt werden, da es keinen signifikanten Unterschied in der VO_2 innerhalb und zwischen den Gruppen während der 80 % W_{\max} -Phase gibt. Der Einfluss von Intervalltraining auf das Sauerstoffdefizit ist bisher kontrovers beschrieben. Duffield et al. (2006) konnten nach acht Wochen hochintensivem Intervalltraining (2 min Arbeit, 1 min Pause) bei einem sechsminütigen Dauertest (bei $\text{VO}_{2\max}$) ein deutlich reduziertes O_2 -Defizit von über 60 % feststellen. Es wurde hierbei jedoch nicht die Ausdauerleistung überprüft (40). Harmer et al. (2000) zeigen auf der anderen Seite nach einem siebenwöchigen Sprint-Intervalltraining ein unverändertes O_2 -Defizit bei höherer Leistung und Gesamtarbeit verbunden mit einer höheren aeroben ATP-Syntheserate (70).

Dass das Sauerstoffdefizit nur bedingt Indikator für eine verbesserte Ausdauerleistung ist, wird auch in einem Artikel von Demarle und Taylor (2004) diskutiert. Hierbei konnte bei sechs Probanden nach einem mehrwöchigen Intervalltraining nur bei drei Probanden ein verringertes Sauerstoffdefizit und eine verbesserte Leistung in Zusammenhang gebracht werden (161). Als weiterer Indikator für ein verringertes Sauerstoffdefizit gilt die Sauerstoffschuld. Zu Arbeitsbeginn passen sich das Herzkreislauf- und Atemsystem nur langsam an den erhöhten Sauerstoffbedarf an und der Energiebedarf wird anaerob-alkalotazit aus ATP und Kreatinphosphat sowie aus dem Sauerstoff des Myoglobins gedeckt. Diese Speicher werden kurz nach der Belastung wieder aufgefüllt, indem Sauerstoff nachgeatmet wird (36; 92). Bei einer schnelleren und größeren aeroben Energiebereitstellung müsste die Sauerstoffschuld bei gleichbleibender Belastung somit reduziert sein. Dass die Sauerstoffschuld jedoch mehr darstellt als einen einfachen Ausgleich des Sauerstoffdefizites, da der Metabolismus bei steigender Intensität und Dauer einer Belastung durch andere physiologische Faktoren nach dem Steady State zunehmend gestört wird, wurde in einer Studie von Gore and Withers gezeigt. Das gilt insbesondere für Belastungen, die länger als zehn Minuten andauern (61). Daher soll in diesem Rahmen nicht weiter auf die Sauerstoffschuld eingegangen werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Harmer et al. (2000) nach einem Sprinttraining diskutieren, ist eine reduzierte respiratorische Muskelarbeit und eine dadurch reduzierte VO_2 . Somit könnte die VO_2 innerhalb der arbeitenden Muskulatur gesteigert sein, ohne dass eine Veränderung in der gesamten VO_2 beobachtet wird (70). Ähnlich zu der Studie von Harmer konnte keine

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Veränderung in der VO_2 -Kinetik nach dem Training beobachtet werden. Die Ventilationskinetiken zeigen nach beiden Trainingsmethoden ein reduziertes lineares Glied bei 80 % W_{max} und eine niedrigere maximale Ventilation zu vergleichbaren Abbruchzeiten, d.h. zum Zeitpunkt des Abbruchs des Eingangstests, wobei nach dem intervallartigen Training diese Ergebnisse im Gegensatz zum Dauertraining signifikant sind. Da in dieser Studie bei dem Dauertest jedoch unterhalb der VO_{2max} gearbeitet wurde, ist der mögliche Mehranteil von Sauerstoff im Blut wahrscheinlich nicht ausschlaggebend. Es besteht jedoch ein Zusammenhang zwischen der reduzierten Ventilation und der verbesserten Ausdauerleistungsfähigkeit. Dieser Zusammenhang wurde ebenfalls in den Arbeiten von Vardaxoglou und Schomburg bestätigt (150; 164). Ob die stärker reduzierte respiratorische Muskelarbeit Ursache oder Folge der Leistungsverbesserung ist, kann in diesem Rahmen nicht beantwortet werden. Im Gegensatz zum Dauertraining wurde während des intervallartigen Trainings von den Vorläuferstudien von Stache (2004) und Stockmeier (2003) eine höhere Ventilation ermittelt, die als Atemtraining wirken könnte (154; 156). Eine durch Atemtraining induzierte Verbesserung der Ausdauerkapazität wurde z.B. von Verges et al. (2008) gezeigt, wobei die Ursache der Verbesserung hierbei jedoch noch unklar ist (165).

Zusammenfassend kann nicht eindeutig gezeigt werden, dass die aerobe Kapazität durch das intervallartige Training und das Dauertraining erhöht wird, da bis auf die Veränderung im $gHb \cdot kg^{-1}$ alle weiteren Indikatoren bei submaximaler Belastung gegen eine vergrößerte VO_{2max} sprechen. Es ist somit unwahrscheinlich, dass die VO_{2max} ein begrenzender Faktor der Ausdauerkapazität darstellt. Die VO_{2max} ist wahrscheinlich nur ein Faktor von vielen, der maßgeblich für die Ausdauerleistungsfähigkeit ist und spielt bei der Ausdauerkapazität nur eine untergeordnete Rolle. Da in dieser Studie bei dem Dauertest unterhalb der VO_{2max} gearbeitet wurde, könnte man mutmaßen, dass das Sauerstofftransfersystem zur Muskulatur nicht am Limit ist. Die nach dem intervallartigen Training verbesserte Ausdauerleistung deutet somit auf Anpassungen hin, die nicht alleine über die VO_{2max} ableitbar sind.

8.1.4 Na⁺/K⁺-Haushalt

Ein weiterer Aspekt ist der K⁺/Na⁺-Haushalt und dessen Einfluss auf die Muskelermüdung. Die Verteilung der Ionen inner- und außerhalb der Zelle ist dabei maßgeblich für die Kontraktilität der Muskulatur (28). Die Gradienten von K⁺ und Na⁺ verhalten sich genau gegensätzlich. Im Ruhezustand liegt die [K⁺] intrazellulär bei ca. 100 - 160 mmol·l⁻¹ und die [Na⁺] bei ca. 15 mmol·l⁻¹. Extrazellulär liegt die [K⁺] bei ca. 3,5 - 5,5 mmol·l⁻¹ und die [Na⁺] bei ca. 140 mmol·l⁻¹ (121). Eine Erregung führt zu einer Bewegung der Elektrolyte durch die Membran. Der Einwärtsstrom der Na⁺- Ionen steigt stark an. Parallel dazu kommt es zu einem langsamen Anstieg der Durchlässigkeit für K⁺. Dadurch kommt es nach dem Höhepunkt des Aktionspotentials zu einer Repolarisation. Die [K⁺] ist während des Aktionspotentials im Extrazellulärraum und die [Na⁺] im Intrazellulärraum erhöht. Wenn die Gradienten nicht wieder hergestellt würden, würde es zu einem starken Abfall in der Erregbarkeit der Muskulatur kommen (151). Die Regulation der K⁺- und Na⁺-Gradienten und die Wiederherstellung des Ruhemembranpotentials erfolgt durch die Na⁺/K⁺-ATPase. Diese Ionenpumpe erzeugt einen hohen transmembranalen Ionenkonzentrationsgradienten indem sie unter Verbrauch von ATP drei Na⁺ aus der Zelle heraus- und im Austausch dazu zwei K⁺ in die Zelle hineintransportiert. Sie ist damit an der Aufrechterhaltung der niedrigen extrazellulären [K⁺] und hohen [Na⁺] und damit der Kontraktilität beteiligt (36; 92). Eine Erhöhung der extrazellulären [K⁺] und/oder intrazellulären [Na⁺] aktiviert die Na⁺/K⁺-ATPase (50; 121). Dabei fällt das Kalium weniger ins Gewicht als das Natrium. Bei einer normalen extrazellulären [K⁺] sind schon ca. 80 % der maximalen K⁺-Stimmulierbarkeit ausgeschöpft, im Gegensatz zu einer normalen intrazellulären [Na⁺]. Hier wird nur ca. 10-20 % der Na⁺-aktivierbaren Aktivität erreicht (121).

Die bei Belastung im cubital venösen Blut gemessene [K⁺] wird im Wesentlichen von drei Faktoren beeinflusst. Erstens von der Menge an Aktionspotentialen und damit von der Innervation (153), zweitens von der Na⁺/K⁺-ATPase-Aktivität und drittens von der Verteilung im Körper z.B. der Aufnahme in andere Organe. Eine Veränderung in der Erregbarkeit nach der Dauerbelastung anhand der M-Welle konnte in dieser Studie nach der zehnmütigen 50 % W_{max}-Phase nicht festgestellt werden. Während der höheren Belastung bei 80 % W_{max} wurden das EMG und die M-Welle nicht gemessen.

Eine besser aktivierte oder gesteigerte Na⁺/K⁺-ATPase-Aktivität könnte durch die stärker reduzierte [K⁺] während der gesamten hohen Belastungsphase des Dauertests nach dem

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

intervallartigen Training aufgezeigt werden (Gruppenunterschied: $p=0,055$). Das Dauertraining zeigt bis auf den Zeitpunkt ‚Vergl Abbr‘ keine signifikanten Veränderungen. Bei Abbruch war die $[K^+]$ in beiden Tests fast unverändert zum Eingangstest. Die $[Na^+]$ war bei Belastung nach beiden Trainingsmethoden nicht signifikant verändert. Ebenso zeigt das Verhältnis von Na^+/K^+ während der Belastung keinen signifikanten Unterschied. Die im Ausgangstest gemessene niedrigere $[K^+]$ zum Abbruchzeitpunkt der Belastung des Eingangstests und die dann wieder fast unveränderte Konzentration bei Abbruch der Belastung lässt vermuten, dass eine erhöhte K^+ -Akkumulation ein Faktor ist, der verantwortlich für die muskuläre Ermüdung ist. D.h., dass es zu einer Erschöpfung der Aktionspotentiale durch Depolarisation und Unerregbarkeit der Na^+ -Kanäle kommt (121). Der Zusammenhang von K^+ -Akkumulation und Ermüdung wird auch von vielen anderen Autoren diskutiert (53; 63; 87; 117; 121; 134; 152). Nach Abbruch der Belastung zeigt die Nachphase im Ausgangstest bei beiden Gruppen keine signifikanten Veränderungen in der $[K^+]$ auf.

Studien von Green et al. (1992), Harmer et al. (2000), McKenna et al. (1993 und 1995) und Nielsen et al. (2003) haben sich mit dem Einfluss von Training auf die K^+ -Akkumulation beschäftigt. Green et al. (1992) zeigen anhand der $[^3H]$ ouabain Methode einen hohen Anstieg der Na^+/K^+ -ATPase nach einem 50tägigen Dauerstimulus in den FT-Fasern bei Kaninchen. In vivo Studien wie die von Nielsen et al., zeigen nach einem siebenwöchigen hochintensiven Intervalltraining (15x1 min bei 150 % der Oberschenkel VO_{2max} , 3 min Pause) im Muskelinterstitium eine erhöhte Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität und eine verbesserte Leistung im Stufentest (131). McKenna et al. (1993) und Harmer et al. (2000) konnten nach einem siebenwöchigen hochintensiven Intervalltraining (4-10 30sekündige Sprints, 3-4 min Pause) eine reduzierte $[K^+]$ im arterialisierten Blut (70) und einen Anstieg in der Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität in der Muskelmembran mit der $[^3H]$ ouabain Methode aufzeigen (126). McKenna (1995) schlussfolgert in einem Review über den *„Einfluss von verschiedenen Trainingsmethoden auf die K^+ Homöostase während Belastung“* eine gesteigerte K^+ -Regulation nach Dauer- und Sprinttraining (123). Wobei aufgrund der verschiedenen Testmethoden und Probanden in seinem Review nicht klar differenziert werden kann, welche Trainingsmethode den größeren Einfluss hat.

In dieser Studie ist die Erhöhung der Na^+/K^+ -ATPase wahrscheinlich hauptsächlich in den FT-Fasern erfolgt, da bei den 30 % und 50 % W_{max} Belastungen kein Unterschied in der $[K^+]$ vorhanden ist. Wie schon unter Punkt 8.1.2 erwähnt, werden bei Intervallbelastungen bzw. bei

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Intensitäten bei ca. 100 % der VO_{2max} vermehrt FT-Fasern und bei niedrigeren Intensitäten (z.B. Dauerbelastungen) ST-Fasern rekrutiert (46). Dudley et al. (1982) zeigten ebenfalls in ihrer Studie anhand von Ratten, dass bei etwa 80 % der VO_{2max} die FT-Fasern vermehrt eingesetzt werden und deren Einsatz mit steigender Intensität exponentiell ansteigt (39). Auch Gollnik et al. (1974) haben anhand von Glykogenentleerung gezeigt, dass bei Belastungsintensitäten unterhalb der VO_{2max} zuerst die ST-Fasern und dann bei weitergehender Belastung zunehmend die FT-Fasern entleert werden (59). Somit ist anzunehmen, dass bei der von uns gewählten Intensität beim Dauertest von 80 % W_{max} , die nach fünf Minuten bei dieser Intensität einer VO_{2max} von ca. 89 % entspricht ebenfalls mit steigender VO_{2max} (bei Abbruch lag sie bei $92,5 \% \pm 6,1$) vermehrt FT-Fasern zum Einsatz gekommen sind.

Eine weitere Diskussion dieser Ergebnisse in Bezug auf eventuelle Zusammenhänge zwischen $[K^+]$ und der Ausdauerzeit ist in diesem Rahmen nicht sinnvoll, da die Veränderungen nach der Belastung in der $[K^+]$ im cubital venösen Blut zu gering sind und die Veränderungen im Interstitium nur bedingt widerspiegeln. Im Interstitium gemessene $[K^+]$ sind signifikant größer als im venösen Blut (131). Um indirekt Aussagen über die Muskelinnervation machen zu können, sind weitere Untersuchungen nötig, die das EMG und die M-Welle mit in Betracht ziehen müssten und sich dann auf kleinere Muskelgruppen beschränken sollten. Des Weiteren wären auch Muskelbiopsien sinnvoll, um genauere Aussagen auf diese Zusammenhänge treffen zu können.

Zusammenfassend ist die stärker verbesserte Ausdauerfähigkeit der Intervallgruppe möglicherweise auf eine erhöhte Na^+/K^+ -Pumpenaktivität zurückzuführen. Diese Vermutung wird gestützt durch die nach dem intervallartigen Training, im Vergleich zum Dauertraining, stärker gesunkene $[K^+]$ während der gesamten hohen Belastung des Dauertests. Zudem haben McKenna et al. schon 1993 einen Anstieg in der Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität in der Muskelmembran nach einem intensiven Intervalltraining aufgezeigt (126). Die Erhöhung der Na^+/K^+ -ATPase ist wahrscheinlich hauptsächlich in den FT-Fasern erfolgt. Der stärkere Trainingseinfluss auf die FT-Fasern durch das intervallartige Training und deren höherer Einsatz zum Ende des Dauertests kann daher durch eine bessere Aufrechterhaltung des Ionenkonzentrationsgradienten zu einer geringeren Ermüdung geführt haben.

8.1.5 Pufferung

Zur Erhaltung der Homöostase des pH-Werts der Gewebe bedient sich der Organismus der chemischen Pufferung von Säuren und Basen. Veränderungen im pH-Wert beeinflussen die Zellfunktion. Daher werden Faktoren wie ein niedriger pH-Wert, verursacht durch eine hohe Milchsäurekonzentration, oft als Ursache für eine Muskelermüdung diskutiert (6). Milchsäure dissoziiert fast vollständig zu H^+ und Laktat. Laktat selber ist ein Anion und hat keine Wirkung auf den Säure-Basen-Status. Da aber die gebildete Menge von Milchsäure und Laktat fast identisch ist (18), wird im weiteren Verlauf, wie es im Sprachgebrauch der Sportwissenschaft und Sportmedizin üblich ist, von Laktat gesprochen, wenn Milchsäure gemeint ist.

Die Pufferkapazität des Blutes ist von der Gesamtpufferbasenkonzentration des Blutes abhängig. Der aktuelle Basenüberschuss stellt die Menge an H^+ -Ionen dar, die bei einem Partialdruck von 5,34 kPa benötigt werden, um einen pH-Wert von 7,4 zu erreichen. Er zeigt somit die absolute Abweichung der Konzentration der Pufferbasen von dem normalen Level im Blut auf. Die Gesamtpufferkapazität des Blutes umfasst Bikarbonat, Hämoglobin, Plasmaproteine und Phosphate (92). Ein wichtiger Puffer des Blutes für H^+ Ionen ist das Bikarbonat/ CO_2 Puffersystem (36). Dabei werden die in der anaeroben Glycolyse entstehenden H^+ Ionen, welche vom Laktat abdissoziieren, über HCO_3^- -Ionen zu H_2CO_3 und dann zu CO_2 und H_2O umgewandelt (88). Das gebildete CO_2 wird abgeatmet und damit die $[HCO_3^-]$ gesenkt (36).

Der aBE ist vom PCO_2 unabhängig, wird jedoch von der Sauerstoffsättigung beeinflusst (Haldane-Effekt: der Einfluss der HbO_2 Sättigung auf die H^+/CO_2 Bindung) (84). Der aBE_{OX} (= aBE ohne Sauerstoffsättigungseinfluss) in Abhängigkeit von der $[Lak]$ gibt einen Hinweis auf das Verhältnis von gepufferten H^+ -Ionen (Protonen) und der $[Lak]$. Bei der Betrachtung der Korrelation von $[Lak_v]$ und $[aBE_{OX}]$ während der Belastung des Dauertests zeigen beide Gruppen im Eingangs- sowie im Ausgangstest eine hohe Korrelation. Jedoch sind die Steigungen der Kurven nach dem Training nicht signifikant unterschiedlich. Die bei Ruhe ermittelte Gesamtpufferbasenmenge, die $[Hb]$ und die $[HCO_3^-]$ haben sich nach dem Training bei beiden Gruppen ebenfalls nicht signifikant verändert. Das lässt bei beiden Gruppen auf ein unverändertes Verhältnis von Protonen- und Laktatfreisetzung schließen und zeigt keine Veränderung in der Pufferkapazität auf.

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

Eine Steigerung in der intramuskulären Pufferkapazität von 10 % nach einem hochintensiven Intervalltraining zeigen Laursen et al. (2007) bei Ratten im weißen Anteil des *Mm. vastus lateralis* (100). Gibala et al. (2006) ermitteln nach Sprint-Intervalltraining (SIT) und Ausdauertraining ebenfalls in vitro eine Erhöhung der bei Ruhe ermittelten Pufferkapazität. Aufgrund des großen Trainingsvolumenunterschiedes folgern sie, dass SIT effizienter ist, um schneller Adaptationen in der arbeitenden Muskulatur und der Leistungsfähigkeit zu induzieren (54). Ebenso schlussfolgern Laursen et al. (2002 und 2005) und Weston et al. (1997), dass die nach dem HIT signifikant vergrößerte Ausdauerfähigkeit unter anderem durch eine Erhöhung des Puffersystems im Skelettmuskel herbeigeführt wird (97; 99; 171).

Dass diese Veränderungen im kausalen Zusammenhang mit einer Leistungsverbesserung stehen, ist jedoch fraglich. Es gibt einige Studien, die darauf hinweisen, dass in vivo ein niedriger pH-Wert die Leistungsfähigkeit nicht negativ beeinflusst (7; 117; 170). Die Studie von Westerblad et al. (1997) zeigt z.B., dass der Effekt von einem niedrigen pH-Wert auf die Kontraktilität eines Muskels bei steigender Temperatur stark abnimmt. Damit ist die direkte Einschränkung der Kraftproduktion durch Versäuerung kein hauptsächlicher Faktor bei der Muskelermüdung bei physiologischen Temperaturen (170). Die Studie von Hilbert (2008) weist sogar unter sauren Bedingungen eine bessere Leistungsfähigkeit des Muskels bei hochintensiven Belastungen auf als unter alkalischen und normalen Verhältnissen (77). Auch die Studie von Bangsbo et al. (1996) suggeriert, dass in vivo ein niedriger pH-Wert kein plausibler Grund für eine Ermüdung bei intensiven Belastungen ist, da hier eine Reduktion im pH-Wert keine Auswirkungen auf die Muskelglykolyse und -glykogenolyse gehabt hat (7; 94). Weitere Indizien, dass eine hohe [Lak] und ein niedriger pH-Wert keine limitierenden Faktoren der Dauerleistungsfähigkeit zu sein scheinen, geben die Ergebnisse dieser Studie, da die [Lak] bei Abbruch der Belastung in beiden Gruppen $14 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ nicht überschreitet und der pH-Wert im Ausgangstest immer noch höher war als zum Abbruchzeitpunkt des Eingangstests. Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der prozentualen Veränderung des pH-Wertes, der [Lak] und der [Osm] zu dem Zeitpunkt ‚Vergl Abbr‘ und der prozentualen Veränderung in der Dauerleistung. Somit ist es unwahrscheinlich, dass eine Steigerung im Puffersystem ausschlaggebend für eine verbesserte Leistungsfähigkeit ist.

Zusammenfassend hat sich bei beiden Gruppen keine Veränderung in der Pufferung ergeben. Veränderungen im Puffersystem scheinen außerdem nicht ausschlaggebend für eine Leistungsverbesserung zu sein.

8.2 Zusammenfassung der Diskussion

Grundsätzlich ist intervallartiges Training besser geeignet als Dauertraining, um die Ausdauerleistungsfähigkeit zu verbessern. Eine Erhöhung der Intensität und/oder Anzahl der Intervalle führt nicht zu einer weiteren Steigerung in der Ausdauerfähigkeit. Zu überprüfen wäre, ob die Anzahl der Intervalle und/oder die Intensität sogar noch reduziert werden könnten. Die Faktoren, die zu dieser Leistungsverbesserung geführt haben, sind nicht eindeutig zu identifizieren.

Das Blutvolumen wird sowohl durch das intervallartige Training als auch durch das Dauertraining vergrößert. Das intervallartige Training hat jedoch wahrscheinlich einen stärkeren Einfluss auf die Aldosteronausschüttung, welches sich im signifikant vergrößerten Erythrozytenvolumen und $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ äußert. Da sich die Gruppen jedoch nicht signifikant in ihren Veränderungen im Blutvolumen unterscheiden, kann die erzielte Leistungsverbesserung im Dauertest nicht direkt hieraus abgeleitet werden.

Die oxidative Kapazität kann durch diese Studie nicht direkt beurteilt werden. Der in vielen Studien nach Sprint- und Intervalltraining nachgewiesene Anstieg der oxidativen Kapazität ist wahrscheinlich nicht verantwortlich für die verbesserte Ausdauerleistungsfähigkeit, da, wie durch die Einnahme von EPO bestätigt wird, andere physiologische Faktoren vorher limitierend sein können.

Weiterhin ist die aerobe Kapazität weder durch das intervallartige, noch durch das Dauertraining eindeutig verbessert. Bis auf die Veränderung im $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ sprechen alle weiteren Indikatoren bei submaximaler Belastung gegen eine vergrößerte $\text{VO}_{2\text{max}}$. Es ist weiterhin unwahrscheinlich, dass die $\text{VO}_{2\text{max}}$ und der davon prozentual genutzte Anteil einen begrenzenden Faktor der Ausdauerkapazität darstellt. Die $\text{VO}_{2\text{max}}$ ist wahrscheinlich nur ein Faktor von vielen, der maßgeblich ist für die Ausdauerkapazität, wenn sie bei absoluten Leistungen gemessen wird. Bei relativen Leistungen spielt sie nur eine untergeordnete Rolle. Da in dieser Studie bei dem Dauertest unterhalb der $\text{VO}_{2\text{max}}$ gearbeitet wurde, könnte man mutmaßen, dass das Sauerstofftransfersystem zur Muskulatur nicht am Limit ist. Die nach dem intervallartigen Training verbesserte Ausdauerleistung deutet somit auf Anpassungen hin, die nicht alleine über die $\text{VO}_{2\text{max}}$ ableitbar sind. Beide Gruppen haben zudem keine Veränderung im Puffersystem erwirkt.

Die stärker verbesserte Ausdauerfähigkeit der Intervallgruppe ist möglicherweise auf eine erhöhte Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität in den FT-Fasern zurückzuführen. Diese Vermutung wird

DISKUSSION ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT

gestützt durch die nach dem intervallartigen Training im Vergleich zum Dauertraining weniger stark angestiegene $[K^+]$ während der gesamten hohen Belastung des Dauertests. Der stärkere Trainingseinfluss auf die FT-Fasern durch das intervallartige Training und deren höherer Einsatz zum Ende des Dauertests kann daher durch eine bessere Aufrechterhaltung des Ionenkonzentrationsgradienten zu einer geringeren Ermüdung geführt haben.

9 Ergebnisse zur Sprint- und Erholungsfähigkeit

Innerhalb der Gruppe signifikant unterschiedliche Einzelpunkte werden in den Tabellen mit dem Signifikanzniveau angegeben. Signifikante Haupteffekte werden in der Legende zur Tabelle angegeben.

9.1 Leistung

Der erste Wingate-Test (WT) zeigt durch die mittleren Leistungen die langfristige und durch die maximalen Leistungen die kurzfristige Sprintleistung auf.

9.1.1 Mittlere Leistung

Beim ersten Wingate-Test hat sich die Intervallgruppe um 2,3 % und die Dauergruppe um 2,1 % verbessert (n.s.). Beim zweiten Wingate-Test ist die Verbesserung in beiden Gruppen signifikant (IG: 5,9 % $p < 0,001$; DG: 3,3 % $p < 0,01$).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------|-----------------|------|--------------|------|----|-------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 1. WT | 704,3 | 57,6 | 720,7 | 72,3 | 10 | | 697,0 | 72,6 | 706,5 | 75,6 | 10 | |
| 2. WT | 525,7 | 47,8 | 557,3 | 42,2 | 11 | 0,001 | 524,7 | 69,7 | 542,4 | 67,0 | 10 | 0,01 |

Tabelle 9-1 Mittlere Leistung in Watt.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

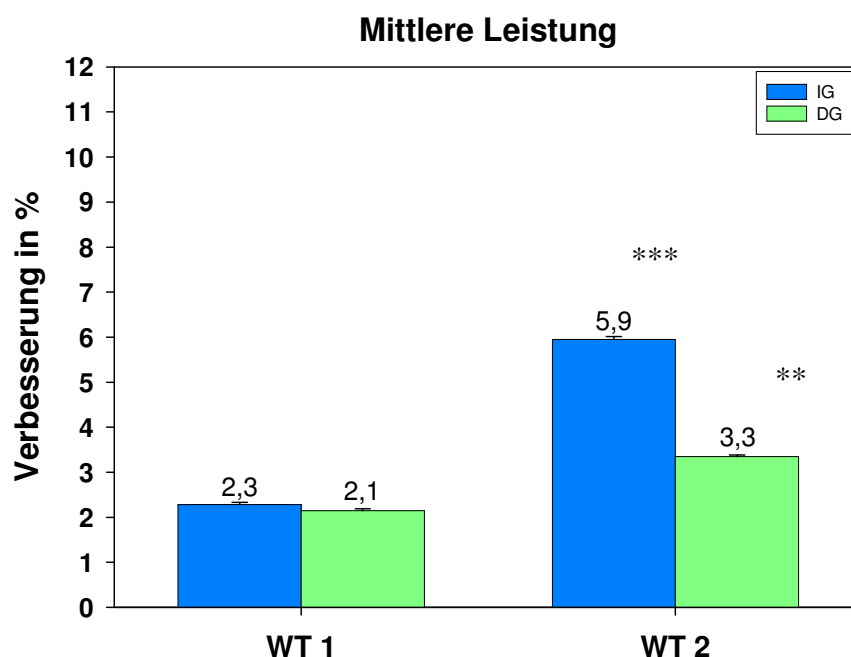


Abbildung 9-1 Mittlere Leistung Verbesserung in %. 1. WT IG n:10 DG n:10, 2. WT IG n:11, DG n:10; **p<0,01, ***p<0,001.

9.1.2 Maximale Leistung

Beim ersten Wingate-Test hat sich die Intervallgruppe um 4,1 % (n.s.) verbessert. Die Dauergruppe zeigt einen Leistungszuwachs von 3,9 % (n.s.). Beim zweiten Wingate-Test hat sich die Intervallgruppe signifikant um 10,8 % ($p < 0,001$) und die Dauergruppe um 3,5 % (n.s.) verbessert. Wenn beide Tests zusammen betrachtet werden, zeigt die Intervallgruppe einen signifikant stärkeren Zuwachs in der maximalen Leistungsfähigkeit als die Dauergruppe. Es ist ein Gruppenunterschied vorhanden ($p < 0,05$). Die Eingangstests der Gruppen unterscheiden sich dabei nicht signifikant.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------|-----------------|-------|--------|-------|----|-------|-------------|-------|--------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 1. WT | 1083,4 | 147,4 | 1135,0 | 256,1 | 10 | | 1006,3 | 196,5 | 1043,4 | 198,2 | 10 | |
| 2. WT | 815,6 | 96,8 | 905,8 | 163,7 | 11 | 0,001 | 745,0 | 149,2 | 772,4 | 169,3 | 10 | |

Tabelle 9-2 Maximale Leistung in Watt.

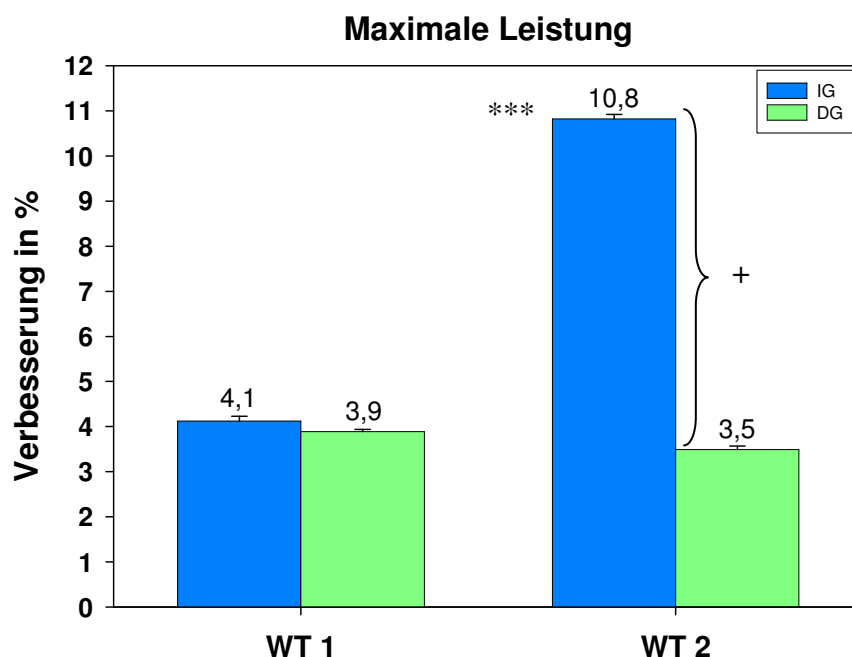


Abbildung 9-2 Maximale Leistung Verbesserung in %. 1. WT IG n:10 DG n:10, 2. WT IG n:11, DG n:10; ***p<0,001; + Gruppenunterschied p<0,05.

Erreichte maximale Leistung in Sekunden

Beide Gruppen zeigen nach dem Training bei beiden Sprints keine signifikanten Veränderungen in der Geschwindigkeit, in der sie ihre maximale Leistung erreichen (Tabelle siehe Anhang).

9.1.3 Erholungsfähigkeit

Die relative Erholungsfähigkeit zeigt die im zweiten Wingate-Test prozentual erbrachte Leistung des ersten Wingate-Tests (2.WT/1.WT). Sie hat sich nur bei der Intervallgruppe signifikant verbessert (maximale Leistung p<0,01; mittlere Leistung p<0,05). Die Dauergruppe zeigt keine signifikanten Veränderungen. Es ist im Ausgangstest ein Gruppenunterschied bei der maximalen Leistung vorhanden (p<0,05).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

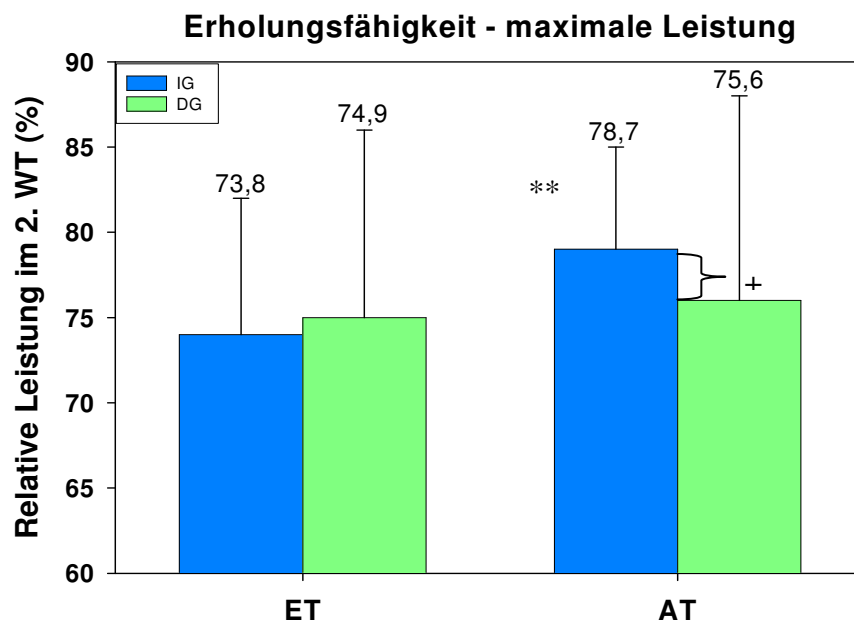


Abbildung 9-3 Erholungsfähigkeit bei den maximalen Leistungen. Gezeigt wird die im 2.WT prozentual erbrachte Leistung des 1.WT. ET und AT IG n:10 DG n:10; **p<0,01; +Gruppenunterschied p<0,05.

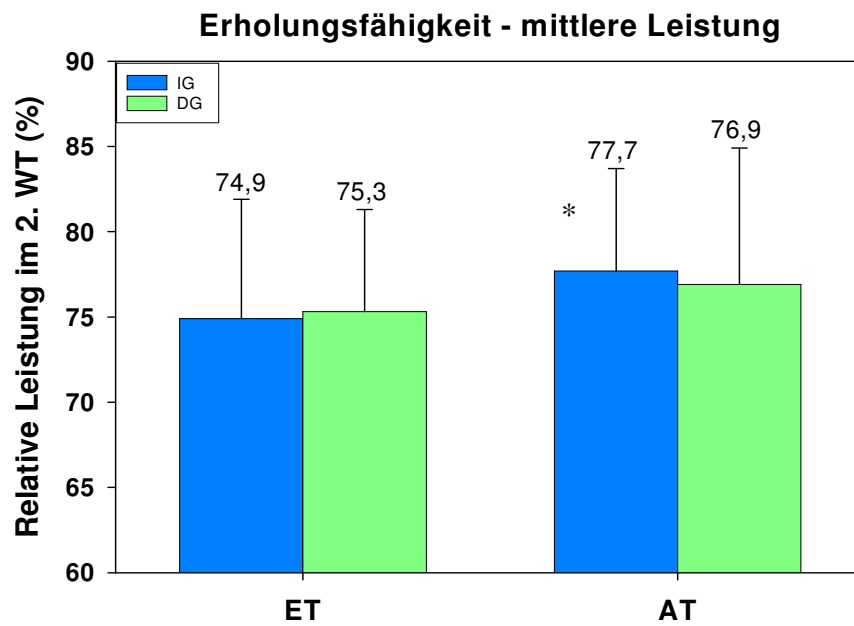


Abbildung 9-4 Erholungsfähigkeit bei den mittleren Leistungen. Gezeigt wird die im 2.WT prozentual erbrachte Leistung des 1.WT. ET und AT IG n:10 DG n:10; *p<0,05.

9.2 Maximale willkürliche Kontraktion (MVC)

Die Messungen der MVC haben in Ruhe und nach der Aufwärmphase vor den Wingate-Tests sowie in der Nachphase stattgefunden (siehe Punkt 2.2.3). Alle Messungen (Amplitude, minimale Steigung, maximale Steigung und Kontraktionsgeschwindigkeit) zeigen keine signifikanten Unterschiede nach beiden Trainingsmethoden (Tabellen siehe Anhang).

9.3 Elektromyographische Messungen (EMG)

Das EMG wurde bei der MVC und während der Wingate-Tests aufgenommen. Die Daten des EMG, welche bei den MVC aufgenommen wurden, sind Mittelwerte aus drei nacheinander folgenden Kontraktionen, die im Abstand von ca. 20 Sekunden erfolgt sind. Die Messungen des EMG wurden in zwei verschiedenen Kanälen (1. und 2. Kanal) entlang des *m. vastus lateralis* aufgenommen. Aufgrund von technischen Problemen (Ablösen der Elektroden durch Schweißentwicklung, abgerissene Kabel und defekte Elektroden) sind bei den Ergebnissen teilweise nur fünf bis sieben Probanden aufgeführt.

9.3.1 EMG während der MVC

Alle während der MVC gemessenen EMG-Parameter sind in beiden Gruppen bei beiden Kanälen nach dem Training fast unverändert (die Fläche, der Root Mean Square (EMG_{RMS}) und die Mediane Frequenz (MF) des EMG sowie das Produkt von EMG_{RMS} und MF) (Tabellen siehe Anhang).

9.3.2 EMG während der Wingate-Tests

Das EMG wurde während der zweimal 30sekündigen Sprints aufgenommen. Der Vergleichbarkeit und Übersicht halber sind die Daten in Kontraktionsblöcken zusammengefasst. D.h. die ersten Daten stellen Mittelwerte aus den ersten drei Kontraktionen dar (Antrittsphase (A)). Die Daten von 1-4 sind die darauf folgenden Kontraktionen, die in Fünferblöcken zusammengefasst sind und die Beschleunigungsphase (1-2) sowie die maximal erreichte Leistung (3-4) darstellen. Zum Schluss sind die letzten Sekunden des Wingate-Tests dargestellt. Es werden hier die letzten zwei vollständigen Fünferkontraktionsblöcke aller Probanden gezeigt (V = vorletzter Kontraktionsblock, L = letzter Kontraktionsblock).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Mediane Frequenz (MF)

Der erste Kanal zeigt bei beiden Gruppen in der MF keine signifikante Veränderung nach dem Training. Wenn die prozentualen Veränderungen zu der MF die während der MVC die nach der Aufwärmphase (10' 50 % W_{max}) gemessen wurde, berechnet werden, ist sie bei der Intervallgruppe im zweiten Kanal während des gesamten ersten und zweiten Wingate-Tests höher ($p < 0,05$). Die Dauergruppe zeigt keine signifikanten Veränderungen. Die MF ist während beider Wingate-Tests nach dem Training im ersten Kanal signifikant niedriger als im zweiten Kanal ($p < 0,001$).

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | | | |
|-----------------|-----------------|----|------------|----|---|-------------|------------|----|------------|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | |
| A | 85 | 12 | 80 | 6 | 7 | | 85 | 20 | 83 | 22 | 8 | |
| 1 | 89 | 14 | 85 | 7 | 7 | | 81 | 18 | 81 | 23 | 8 | |
| 2 | 82 | 8 | 80 | 7 | 6 | | 78 | 19 | 77 | 20 | 8 | |
| 3 | 82 | 15 | 77 | 8 | 7 | | 75 | 14 | 75 | 20 | 8 | |
| 4 | 84 | 13 | 74 | 11 | 7 | | 75 | 19 | 75 | 21 | 8 | |
| V | 74 | 20 | 74 | 8 | 7 | | 87 | 21 | 85 | 27 | 8 | |
| L | 70 | 13 | 69 | 8 | 7 | | 89 | 18 | 85 | 23 | 8 | |

Tabelle 9-3 1. Kanal MF (%) 1. WT. Prozentuale Abweichungen zu 10' 50 %.

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | | | |
|-----------------|-----------------|----|------------|----|---|-------------|------------|----|------------|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100 | 00 | 100 | 0 | 7 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | |
| A | 90 | 15 | 99 | 13 | 6 | | 88 | 12 | 91 | 14 | 8 | |
| 1 | 82 | 19 | 98 | 18 | 7 | | 89 | 10 | 91 | 11 | 8 | |
| 2 | 77 | 25 | 86 | 18 | 7 | | 82 | 11 | 81 | 12 | 8 | |
| 3 | 69 | 16 | 83 | 23 | 7 | | 75 | 10 | 82 | 9 | 8 | |
| 4 | 74 | 24 | 79 | 12 | 7 | | 74 | 12 | 76 | 15 | 8 | |
| V | 68 | 21 | 74 | 14 | 7 | | 70 | 13 | 71 | 12 | 8 | |
| L | 67 | 15 | 73 | 15 | 7 | | 71 | 10 | 72 | 12 | 8 | |

Tabelle 9-4 2. Kanal MF (%) 1. WT. Prozentuale Abweichungen zu 10' 50 %. Intervallgruppe gesamter WT $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-----------------|-----------------|----|------------|----|--------|-------------|----|------------|----|--------|
| | ET | SD | AT | SD | n Sign | ET | SD | AT | SD | n Sign |
| 10' 50 % | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 |
| A | 76 | 11 | 78 | 6 | 6 | 82 | 17 | 79 | 22 | 8 |
| 1 | 81 | 12 | 78 | 9 | 6 | 81 | 15 | 82 | 23 | 8 |
| 2 | 75 | 10 | 74 | 10 | 6 | 80 | 17 | 89 | 32 | 8 |
| 3 | 76 | 11 | 73 | 13 | 6 | 77 | 15 | 79 | 22 | 8 |
| 4 | 75 | 12 | 68 | 9 | 6 | 76 | 17 | 77 | 21 | 8 |
| V | 71 | 10 | 71 | 10 | 6 | 73 | 14 | 73 | 22 | 8 |
| L | 68 | 14 | 68 | 12 | 6 | 71 | 14 | 73 | 22 | 8 |

Tabelle 9-5 1. Kanal MF (%) 2 WT. Prozentuale Abweichungen zu 10' 50 %.

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-----------------|-----------------|----|------------|----|--------|-------------|----|------------|----|--------|
| | ET | SD | AT | SD | n Sign | ET | SD | AT | SD | n Sign |
| 10' 50 % | 100 | 0 | 100 | 0 | 7 | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 |
| A | 81 | 5 | 95 | 13 | 6 | 83 | 11 | 87 | 14 | 8 |
| 1 | 72 | 14 | 86 | 16 | 6 | 82 | 11 | 87 | 13 | 8 |
| 2 | 71 | 12 | 85 | 20 | 6 | 80 | 14 | 85 | 21 | 8 |
| 3 | 67 | 12 | 80 | 16 | 6 | 76 | 13 | 77 | 11 | 8 |
| 4 | 67 | 12 | 77 | 19 | 6 | 73 | 12 | 75 | 14 | 8 |
| V | 64 | 11 | 77 | 19 | 6 | 73 | 10 | 75 | 11 | 8 |
| L | 66 | 13 | 76 | 17 | 6 | 70 | 7 | 74 | 10 | 8 |

Tabelle 9-6 2. Kanal MF (%) 2. WT. Prozentuale Abweichungen zu 10' 50 %. Intervallgruppe gesamter WT p<0,05.

Root Mean Square (EMG_{RMS})

Das EMG_{RMS} ist über das Kalibrationssignal korrigiert. Die Leistungsverringerung ist im EMG_{RMS} sichtbar. Das EMG_{RMS} sinkt bei beiden Gruppen und in beiden Kanälen signifikant im Eingangs- und Ausgangstest vom ersten zum zweiten Sprint ab (p<0,01). Das nach der Aufwärmphase bei der MVC gemessene, korrigierte EMG_{RMS} ist nach dem Training bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Auch die Mittelwerte der Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant. Aufgrund dessen werden hier die originalen EMG_{RMS}-Werte herangezogen und nicht die EMG_{RMS}-Werte, die relativ auf die Aufwärmphase bezogen wurden (auf die Aufwärmphase normiert wurden).

Im ersten Kanal verhalten sich die Gruppen im Ausgangstest signifikant konträr (p<0,001). Die Eingangstests unterscheiden sich dabei nicht. Die Intervallgruppe zeigt während beider Tests einen signifikant niedrigeren (p<0,001) und die Dauergruppe einen signifikant höheren EMG_{RMS} (p<0,001).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Im zweiten Kanal ist das EMG_{RMS} bei beiden Gruppen nach dem Training während des gesamten Wingate-Tests signifikant gesunken. Es ist wieder ein signifikanter Gruppenunterschied vorhanden ($p < 0,001$).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|---|------|-------------|------|-------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,14 | 0,05 | 0,14 | 0,05 | 8 | | 0,15 | 0,04 | 0,16 | 0,06 | 8 | |
| 10' 50 % | 0,17 | 0,04 | 0,16 | 0,07 | 8 | | 0,15 | 0,04 | 0,18 | 0,07 | 8 | |
| A | 0,29 | 0,12 | 0,27 | 0,11 | 7 | | 0,29 | 0,13 | 0,35 | 0,08 | 8 | |
| 1 | 0,38 | 0,10 | 0,34 | 0,11 | 7 | | 0,34 | 0,10 | 0,43 | 0,09 | 8 | |
| 2 | 0,39 | 0,06 | 0,35 | 0,11 | 7 | | 0,36 | 0,10 | 0,45 | 0,10 | 8 | |
| 3 | 0,40 | 0,10 | 0,36 | 0,11 | 7 | | 0,37 | 0,10 | 0,46 | 0,10 | 8 | |
| 4 | 0,47 | 0,24 | 0,37 | 0,11 | 7 | | 0,40 | 0,11 | 0,48 | 0,09 | 8 | |
| V | 0,40 | 0,11 | 0,33 | 0,15 | 7 | | 0,38 | 0,11 | 0,42 | 0,09 | 8 | |
| L | 0,37 | 0,06 | 0,33 | 0,14 | 7 | | 0,38 | 0,10 | 0,39 | 0,10 | 8 | |

Tabelle 9-7 1. Kanal EMG_{RMS} (V) beim 1. WT. Beide Gruppen gesamter WT $p < 0,001$.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|---|------|-------------|------|-------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,10 | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 6 | | 0,12 | 0,05 | 0,10 | 0,02 | 8 | |
| 10' 50 % | 0,10 | 0,03 | 0,11 | 0,04 | 6 | | 0,13 | 0,06 | 0,12 | 0,02 | 8 | |
| A | 0,17 | 0,04 | 0,15 | 0,04 | 6 | | 0,20 | 0,06 | 0,19 | 0,05 | 8 | |
| 1 | 0,22 | 0,04 | 0,19 | 0,04 | 6 | | 0,26 | 0,07 | 0,25 | 0,06 | 8 | |
| 2 | 0,22 | 0,06 | 0,20 | 0,04 | 6 | | 0,27 | 0,08 | 0,27 | 0,05 | 8 | |
| 3 | 0,28 | 0,09 | 0,21 | 0,04 | 6 | | 0,28 | 0,07 | 0,28 | 0,06 | 8 | |
| 4 | 0,23 | 0,06 | 0,22 | 0,04 | 6 | | 0,32 | 0,10 | 0,28 | 0,06 | 8 | |
| V | 0,23 | 0,07 | 0,20 | 0,05 | 6 | | 0,31 | 0,10 | 0,27 | 0,07 | 8 | |
| L | 0,24 | 0,09 | 0,18 | 0,05 | 6 | | 0,29 | 0,08 | 0,25 | 0,08 | 8 | |

Tabelle 9-8 2. Kanal EMG_{RMS} (V) beim 1. WT. Beide Gruppen gesamter WT $p < 0,001$.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|---|------|-------------|------|-------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,14 | 0,05 | 0,14 | 0,05 | 8 | | 0,15 | 0,04 | 0,16 | 0,06 | 8 | |
| 10' 50 % | 0,17 | 0,04 | 0,16 | 0,07 | 8 | | 0,15 | 0,04 | 0,18 | 0,07 | 8 | |
| A | 0,26 | 0,05 | 0,22 | 0,06 | 6 | | 0,29 | 0,11 | 0,34 | 0,07 | 8 | |
| 1 | 0,31 | 0,05 | 0,27 | 0,07 | 6 | | 0,35 | 0,11 | 0,39 | 0,06 | 8 | |
| 2 | 0,32 | 0,05 | 0,29 | 0,07 | 6 | | 0,36 | 0,10 | 0,40 | 0,08 | 8 | |
| 3 | 0,32 | 0,05 | 0,30 | 0,05 | 6 | | 0,36 | 0,11 | 0,41 | 0,07 | 8 | |
| 4 | 0,31 | 0,05 | 0,28 | 0,07 | 6 | | 0,38 | 0,10 | 0,41 | 0,08 | 8 | |
| V | 0,30 | 0,03 | 0,26 | 0,05 | 6 | | 0,36 | 0,09 | 0,40 | 0,09 | 8 | |
| L | 0,32 | 0,05 | 0,24 | 0,04 | 6 | | 0,35 | 0,09 | 0,39 | 0,10 | 8 | |

Tabelle 9-9 1. Kanal EMG_{RMS} (V) beim 2. WT. Beide Gruppen gesamter WT $p < 0,001$.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|---|-------------|-------------|------|-------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,10 | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 6 | | 0,12 | 0,05 | 0,10 | 0,02 | 8 | |
| 10' 50 % | 0,10 | 0,03 | 0,11 | 0,04 | 6 | | 0,13 | 0,06 | 0,12 | 0,02 | 8 | |
| A | 0,15 | 0,03 | 0,13 | 0,03 | 5 | | 0,20 | 0,06 | 0,19 | 0,05 | 8 | |
| 1 | 0,18 | 0,04 | 0,17 | 0,04 | 5 | | 0,26 | 0,08 | 0,23 | 0,05 | 8 | |
| 2 | 0,19 | 0,04 | 0,16 | 0,03 | 5 | | 0,25 | 0,08 | 0,24 | 0,04 | 8 | |
| 3 | 0,20 | 0,06 | 0,18 | 0,04 | 5 | | 0,27 | 0,08 | 0,24 | 0,06 | 8 | |
| 4 | 0,19 | 0,05 | 0,17 | 0,03 | 5 | | 0,27 | 0,09 | 0,25 | 0,06 | 8 | |
| V | 0,19 | 0,05 | 0,16 | 0,02 | 5 | | 0,26 | 0,09 | 0,24 | 0,06 | 8 | |
| L | 0,19 | 0,07 | 0,15 | 0,03 | 5 | | 0,26 | 0,09 | 0,23 | 0,07 | 8 | |

Tabelle 9-10 2. Kanal EMG_{RMS} (V) beim 2. WT. Beide Gruppen gesamter WT p<0,001.

Alle weiteren Berechnungen des EMG_{RMS} haben keine signifikanten Veränderungen bei beiden Gruppen nach dem Training aufgezeigt (auf die Aufwärmphase normiertes EMG_{RMS} (Tabellen siehe Anhang); auf die Antrittsphase des ersten Wingate-Tests normiertes EMG_{RMS}; auf die Antrittsphase des ersten Wingate-Tests normiertes EMG_{RMS} multipliziert mit der MF; auf die Antrittsphase des ersten Wingate-Tests normiertes EMG_{RMS} multipliziert mit der MF geteilt durch Pow_{maxL}; mittlere Leistung geteilt durch die auf die Aufwärmphase normiertes mittleres EMG_{RMS} der Wingate Tests (nicht aufgeführte Ergebnisse)).

9.4 Summenaktionspotential des Muskels (M-Welle)

Die M-Welle wurde an der ruhenden Muskulatur gemessen. Die ersten beiden Messungen erfolgten in Ruhe vor der Belastung im Liegen (L) und auf dem Fahrrad (F), die zweiten beiden Messungen nach der 10minütigen Aufwärmphase (10'50 % L und 10'50 % F). Hiernach wurde direkt vor dem ersten Wingate-Test (vWT) eine Messung durchgeführt. Alle weiteren M-Wellen wurden wie die anderen Messungen gleich nach den Wingate-Tests und den MVCs in der Nachphase durchgeführt.

9.4.1 Erregungsleitungsgeschwindigkeit (T_{\max})

Eine Vergrößerung in T_{\max} zeigt eine Verlangsamung in der Erregungsleitungsgeschwindigkeit auf. Im ersten Kanal ist die Erregungsleitungsgeschwindigkeit nach dem Training während des gesamten Wingate-Tests bei der Intervallgruppe tendenziell reduziert und bei der Dauergruppe erhöht (n.s.). Wenn die prozentualen Veränderungen zu vWT berechnet werden, ist T_{\max} nach dem intervallartigen Training im zweiten Wingate-Test signifikant höher ($p < 0,05$) und somit die Erregungsleitungsgeschwindigkeit niedriger. Die Gruppen unterscheiden sich dabei signifikant im Ausgangs-, aber nicht im Eingangstest ($p < 0,005$). Zu allen anderen Zeitpunkten sind nach dem Training keine signifikanten Unterschiede vorhanden.

Die im ersten Kanal berechneten prozentualen Veränderungen zu 10'50 % F und 10'50 % L sind bei beiden Gruppen nach dem Training nicht signifikant unterschiedlich.

Im zweiten Kanal ist T_{\max} nach dem Training, wenn die prozentualen Veränderungen zu vWT berechnet werden, während beider Sprints bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Wenn die prozentualen Veränderungen zu 10'50 % L berechnet werden, ist T_{\max} nach dem Dauertraining im zweiten Wingate-Test signifikant niedriger ($p < 0,05$). Die Gruppen unterscheiden sich dabei nicht. Zu allen anderen Zeitpunkten sind nach dem Training ebenso keine signifikanten Unterschiede vorhanden.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|--------|-----------------|----|-----|----|---|------|-------------|----|-----|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| vWT | 100 | 0 | 100 | 0 | 9 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | |
| 1. WT | 109 | 5 | 110 | 5 | 7 | | 107 | 5 | 105 | 4 | 8 | |
| 2. WT | 108 | 4 | 114 | 5 | 7 | 0,05 | 110 | 3 | 104 | 7 | 8 | |
| 3' NP | 116 | 10 | 118 | 5 | 8 | | 116 | 8 | 117 | 10 | 8 | |
| 5' NP | 117 | 11 | 116 | 5 | 9 | | 115 | 10 | 116 | 9 | 8 | |
| 8' NP | 116 | 11 | 114 | 6 | 9 | | 114 | 9 | 115 | 8 | 8 | |
| 12' NP | 111 | 11 | 112 | 7 | 9 | | 112 | 9 | 111 | 8 | 8 | |
| 18' NP | 109 | 11 | 109 | 5 | 9 | | 108 | 9 | 109 | 10 | 8 | |
| 24' NP | 109 | 10 | 109 | 8 | 9 | | 108 | 10 | 109 | 11 | 7 | |
| 30' NP | 108 | 10 | 108 | 8 | 9 | | 107 | 9 | 108 | 9 | 8 | |

Tabelle 9-11 1. Kanal T_{max} (%). Prozentuale Abweichungen zu vWT.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|------------|-----------------|----|-----|----|---|------|-------------|----|-----|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % L | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 9 | |
| vWT | 103 | 7 | 105 | 4 | 8 | | 102 | 3 | 101 | 5 | 9 | |
| 1. WT | 111 | 8 | 114 | 6 | 6 | | 110 | 11 | 108 | 6 | 9 | |
| 2. WT | 111 | 6 | 115 | 9 | 7 | | 113 | 4 | 105 | 11 | 9 | 0,05 |
| 3' NP | 113 | 5 | 113 | 5 | 7 | | 112 | 9 | 112 | 6 | 9 | |
| 5' NP | 113 | 5 | 110 | 3 | 8 | | 108 | 9 | 111 | 6 | 9 | |
| 8' NP | 110 | 4 | 107 | 3 | 8 | | 105 | 9 | 109 | 6 | 9 | |
| 12' NP | 107 | 3 | 106 | 2 | 8 | | 102 | 8 | 105 | 6 | 9 | |
| 18' NP | 105 | 3 | 107 | 10 | 8 | | 99 | 10 | 102 | 5 | 9 | |
| 24' NP | 106 | 4 | 103 | 5 | 8 | | 99 | 10 | 102 | 5 | 9 | |
| 30' NP | 104 | 3 | 104 | 5 | 8 | | 98 | 10 | 102 | 5 | 9 | |

Tabelle 9-12 2. Kanal T_{max} (%). Prozentuale Abweichungen zu 10'50 % L.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

9.4.2 Minimale Fläche (MinFl)

Wenn die MinFl prozentual zur Aufwärmphase (10' 50% L) berechnet wird, ist sie im ersten Kanal bei beiden Gruppen nach dem Training nicht signifikant verändert. Im zweiten Kanal zeigen die Gruppen während der Nachphase ein signifikant unterschiedliches Verhalten ($p < 0,01$). Innerhalb der Gruppen gibt es keine signifikanten Veränderungen.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-------------------|-----------------|----|------------|----|---|------|-------------|----|------------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | Sign |
| 10' 50 % L | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 9 |
| vWT | 78 | 50 | 81 | 22 | 8 | | 80 | 24 | 77 | 17 | 9 |
| 1. WT | 69 | 46 | 83 | 33 | 6 | | 77 | 27 | 63 | 19 | 9 |
| 2. WT | 81 | 43 | 85 | 35 | 6 | | 92 | 22 | 72 | 51 | 9 |
| 3' NP | 130 | 33 | 118 | 16 | 7 | | 139 | 45 | 124 | 33 | 9 |
| 5' NP | 140 | 36 | 127 | 24 | 8 | | 137 | 38 | 126 | 29 | 9 |
| 8' NP | 147 | 31 | 119 | 25 | 8 | | 132 | 32 | 123 | 33 | 9 |
| 12' NP | 131 | 33 | 110 | 23 | 8 | | 111 | 29 | 109 | 26 | 9 |
| 18' NP | 119 | 46 | 109 | 24 | 8 | | 102 | 17 | 107 | 25 | 9 |
| 24' NP | 110 | 43 | 115 | 29 | 8 | | 106 | 25 | 102 | 23 | 8 |
| 30' NP | 117 | 62 | 107 | 21 | 8 | | 99 | 28 | 99 | 25 | 9 |

Tabelle 9-13 1. Kanal MinFl (%). Prozentuale Abweichungen zu 10'50 % L.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-------------------|-----------------|----|------------|----|---|------|-------------|----|------------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | Sign |
| 10' 50 % L | 100 | 0 | 100 | 0 | 6 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 9 |
| vWT | 75 | 35 | 54 | 44 | 6 | | 100 | 71 | 78 | 49 | 9 |
| 1. WT | 55 | 22 | 63 | 29 | 4 | | 78 | 50 | 67 | 16 | 9 |
| 2. WT | 68 | 33 | 70 | 39 | 5 | | 83 | 32 | 69 | 40 | 9 |
| 3' NP | 100 | 43 | 120 | 26 | 5 | | 150 | 42 | 128 | 44 | 9 |
| 5' NP | 124 | 27 | 107 | 22 | 6 | | 128 | 30 | 143 | 56 | 9 |
| 8' NP | 130 | 25 | 106 | 23 | 6 | | 128 | 39 | 132 | 48 | 9 |
| 12' NP | 120 | 33 | 100 | 21 | 6 | | 97 | 23 | 138 | 53 | 9 |
| 18' NP | 113 | 34 | 84 | 24 | 6 | | 93 | 29 | 123 | 53 | 9 |
| 24' NP | 108 | 40 | 76 | 26 | 6 | | 92 | 33 | 104 | 57 | 9 |
| 30' NP | 107 | 30 | 76 | 22 | 6 | | 90 | 27 | 84 | 45 | 9 |

Tabelle 9-14 2. Kanal MinFl (%). Prozentuale Abweichungen zu 10'50 % L.

9.4.3 Anteil der zentralen Aktivierung

Der Anteil der zentralen Aktivierung wird aus dem Quotienten des auf die Aufwärmphase normierten EMG_{RMS} und der auf die Aufwärmphase normierten minimalen Fläche der M-Welle dargestellt (56; 137). Sie ist bei der Dauergruppe nach dem Training im ersten Kanal bei beiden Tests signifikant höher und bei der Intervallgruppe nicht signifikant verändert (IG n.s.; DG $p < 0,01$). Es gibt keinen signifikanten Gruppenunterschied.

Im zweiten Kanal gibt es bei den Ausgangstests einen signifikanten Gruppenunterschied, der ein konträres Verhalten aufzeigt ($p < 0,01$) (IG: zentrale Anteil sinkt, DG: zentrale Anteil steigt). Die Eingangstests unterscheiden sich nicht signifikant. Innerhalb der Gruppen ist im zweiten Kanal nach dem Training der Anteil der zentralen Aktivierung nicht signifikant unterschiedlich (Tabellen siehe Anhang).

9.4.4 Erbrachte Leistung im Verhältnis zur zentralen Aktivierung

Die erbrachte Leistung (mittlere Leistung (Pow_{mL}) und maximale Leistung (Pow_{maxL})) im Verhältnis zur zentralen Aktivierung ist im ersten Kanal nur bei der Dauergruppe bei beiden Wingate-Tests zusammengefasst signifikant ($p < 0,01$). Die Intervallgruppe zeigt hier keine signifikanten Veränderungen. Es gibt keinen signifikanten Gruppenunterschied.

Im zweiten Kanal zeigen beide Gruppen bei den Wingate-Tests keine signifikanten Unterschiede nach dem Training. Die Gruppen verhalten sich jedoch bei den mittleren und maximalen Leistungen signifikant unterschiedlich. Die Intervallgruppe erbringt bei einer geringeren zentralen Aktivierung mehr Leistung und die Dauergruppe zeigt, dass der Anteil der zentralen Aktivierung stärker gestiegen ist als die Leistungsfähigkeit ($p < 0,05$) (Tabellen siehe Anhang).

9.5 Kontinuierlich gemessene Parameter

Die dargestellten Werte in den Abbildungen bei Ruhe (R) sind Mittelwerte gerechnet aus den letzten zwei Minuten vor Belastungsbeginn. Die Messungen beim ersten Wingate-Test (1.WT) und beim zweiten Wingate-Test (2.WT) stellen den Mittelwert der letzten zehn Sekunden der Sprintbelastung dar. Alle anderen Parameter werden als 30sekündige Mittelwerte dargestellt. Die Zeitskala in der Nachphase (NP) zeigt die Zeitpunkte, bei der die maximal willkürliche Kontraktion stattgefunden hat. Die Anzahl der Probanden bei den einzelnen Messpunkten variiert aufgrund von technischen Problemen zwischen acht und zehn Probanden bei der Dauergruppe und neun und zwölf Probanden bei der Intervallgruppe.

9.5.1 Herzfrequenz (Hf)

Nach dem Training sind die Herzfrequenzen in beiden Gruppen während des gesamten Tests nicht signifikant unterschiedlich zum Eingangstest.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

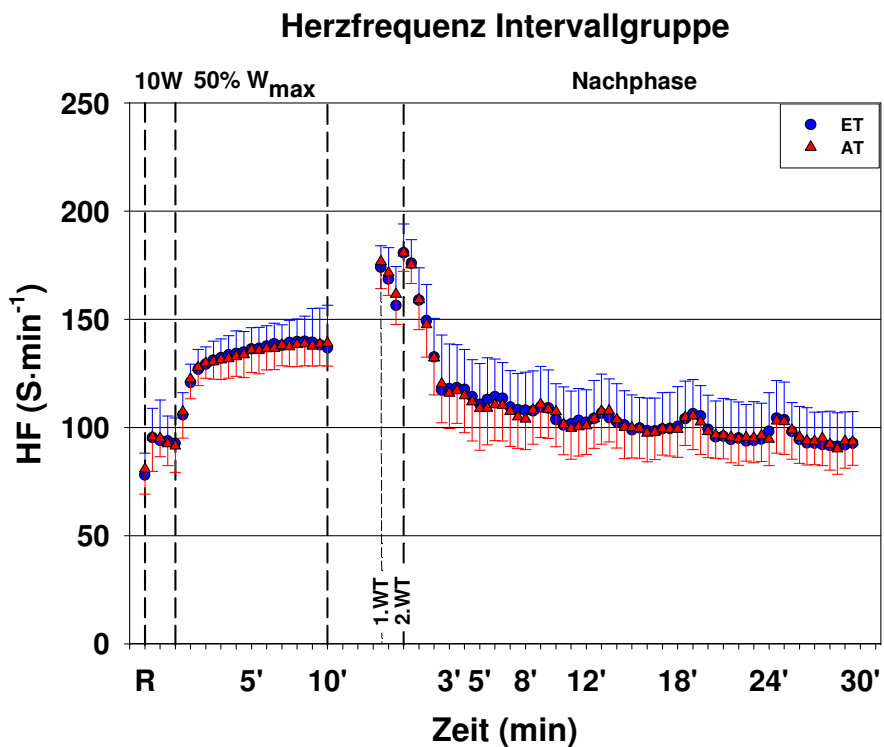


Abbildung 9-5 Intervallgruppe HF ($S \cdot \text{min}^{-1}$).

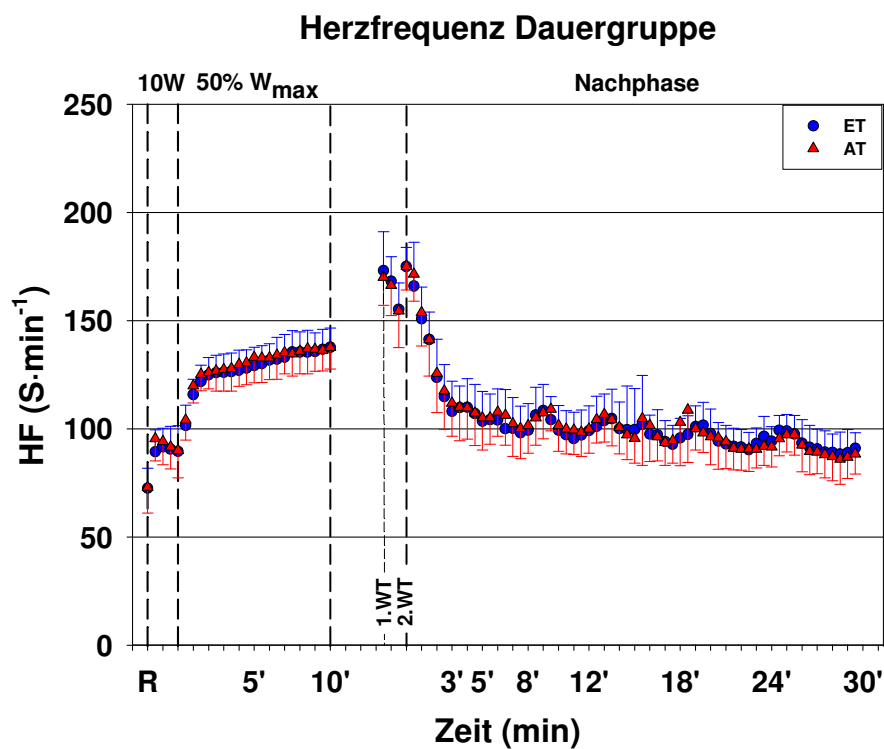


Abbildung 9-6 Dauergruppe HF ($S \cdot \text{min}^{-1}$).

9.5.2 Spirometrische Größen

Sauerstoffaufnahme (VO_2)

Nach dem Training zeigt die Intervallgruppe eine niedrigere VO_2 während der letzten zehn Minuten der Aufwärmphase ($p < 0,05$). Am Ende des ersten Wingate-Tests zeigen beide Gruppen eine leichte Abnahme in der VO_2 (DG 1,7 % 1.EWT $3,5 \pm 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, 1.AWT $3,5 \pm 0,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, n.s; IG 2,3 % 1.EWT $3,6 \pm 0,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, 1.AWT $3,5 \pm 0,9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, n.s). In der Pause vom ersten zum zweiten Wingate-Test war sie in beiden Gruppen höher als im Eingangstest (IG n.s.; DG $p < 0,05$). Am Ende des zweiten Wingate-Tests steigt sie bei der Intervallgruppe um 12 % (2.EWT $3,6 \pm 0,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, 2.AWT $4,0 \pm 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, $p < 0,005$) und bei der Dauergruppe um 3,5 % an (2.EWT $3,7 \pm 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, 2.AWT $3,8 \pm 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, n.s.). Während der Nachphase ist die VO_2 in der Intervallgruppe in der ersten Minute nach dem zweiten Wingate-Test noch signifikant höher ($p < 0,05$). Ansonsten ist sie bei beiden Gruppen nach dem Training nicht signifikant unterschiedlich. Es gibt keinen signifikanten Gruppenunterschied.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

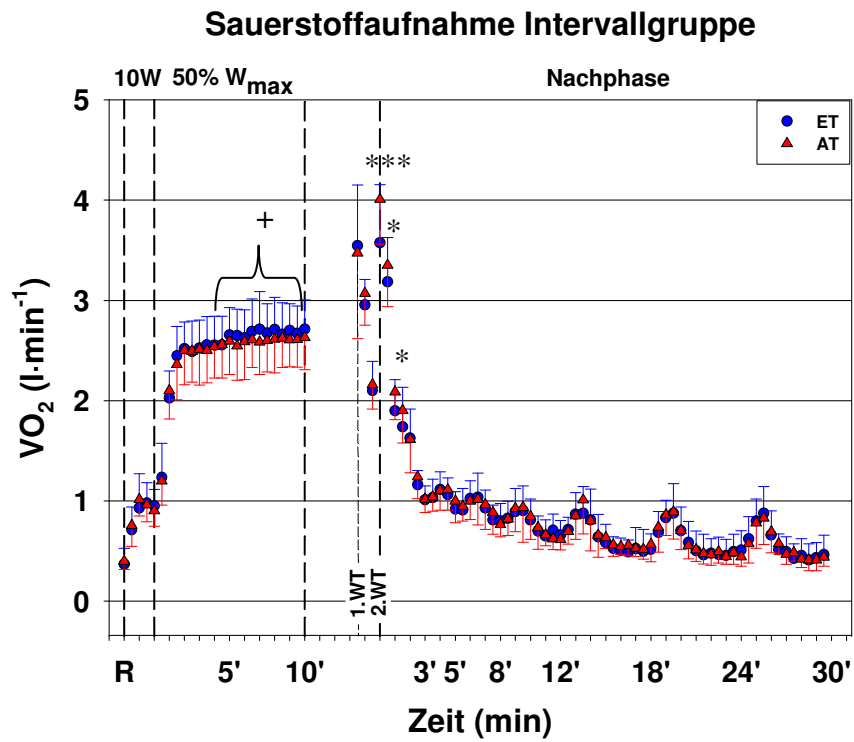


Abbildung 9-7 Intervallgruppe VO_2 (l·min⁻¹). *** $p < 0,005$; * $p < 0,05$; +letzten 10 min der Aufwärmphase $p < 0,05$.

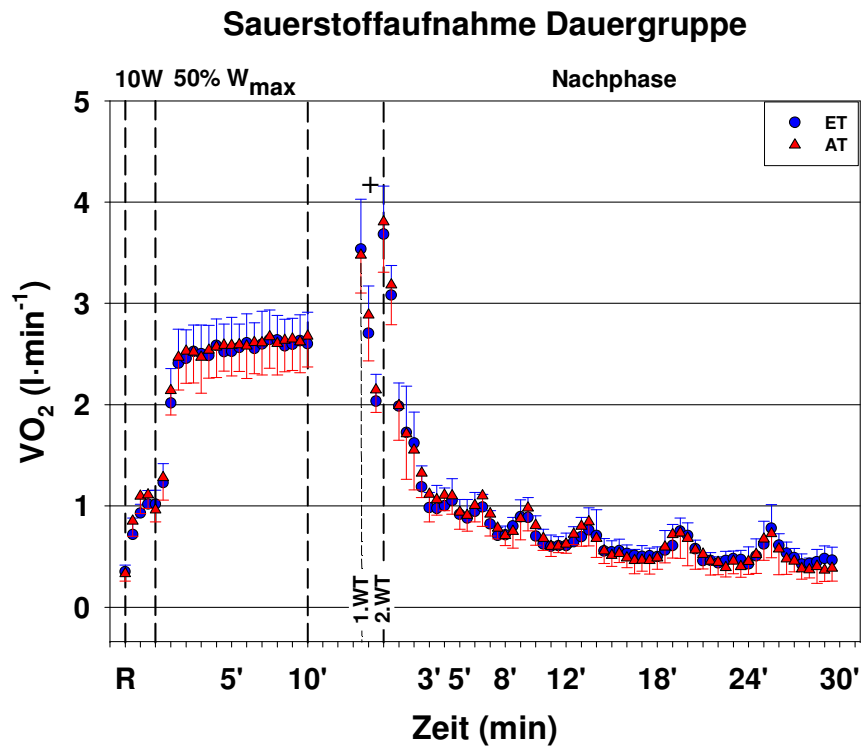


Abbildung 9-8 Dauergruppe VO_2 (l·min⁻¹). +Pause zwischen den WT $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Kohlendioxid (VCO₂)

Nach dem Training ist die VCO₂ bei der Intervallgruppe während der gesamten Aufwärmphase nicht signifikant verändert. Nur einzelne Zeitpunkte zeigen eine niedrigere VCO₂ (1. min p<0,005; 4., 7. und 8. min p<0,05). Die Dauergruppe zeigt eine niedrigere VCO₂ während der gesamten Aufwärmphase (p<0,005). Die ersten vier Minuten der Aufwärmphase sind signifikant niedriger bei der Dauergruppe. Am Ende des ersten Wingate-Tests steigt die VCO₂ bei der Intervallgruppe tendenziell an (n.s.) (1.EWT 4,0 ± 1,2 l·min⁻¹, 1.AWT 4,2 ± 1,4 l·min⁻¹, n.s.). In der Pause vom ersten zum zweiten Wingate-Test ist sie in beiden Gruppen höher als im Eingangstest (IG: p<0,05, DG: n.s.). Am Ende des zweiten Wingate-Tests steigt sie bei der Intervallgruppe um 13,8 % (2.EWT 4,4 ± 0,7 l·min⁻¹, 2.AWT 5,0 ± 0,5 l·min⁻¹, p<0,01). Auch in den ersten anderthalb Minuten der Nachphase ist die VCO₂ noch signifikant höher (p<0,05). Bei der Dauergruppe ist die VCO₂ nach dem Training während des Wingate-Tests und der Nachphase kaum verändert. Der Unterschied zwischen den Gruppen beim ersten und zweiten Wingate-Test ist im Ausgangstest (p<0,005), aber nicht im Eingangstest signifikant.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

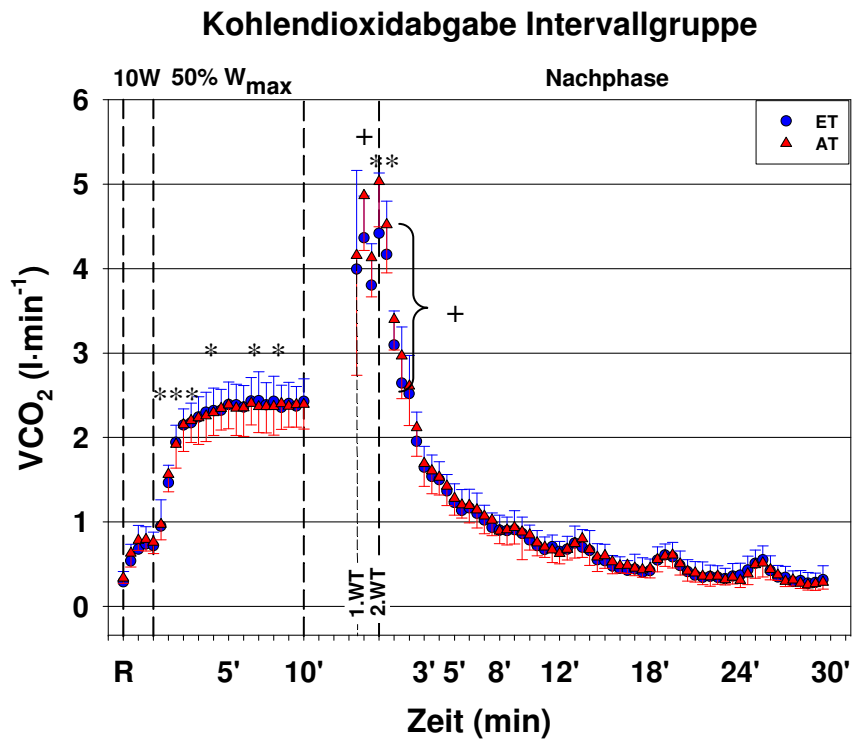


Abbildung 9-9 Intervallgruppe VCO₂ (l·min⁻¹). ***1. min der Aufwärmphase p<0,005; *4., 7. und 8. min der Aufwärmphase p<0,05; +Pause zwischen den WT p<0,05; **2.WT p<0,01;+ erste 1,5 min der NP p<0,05.

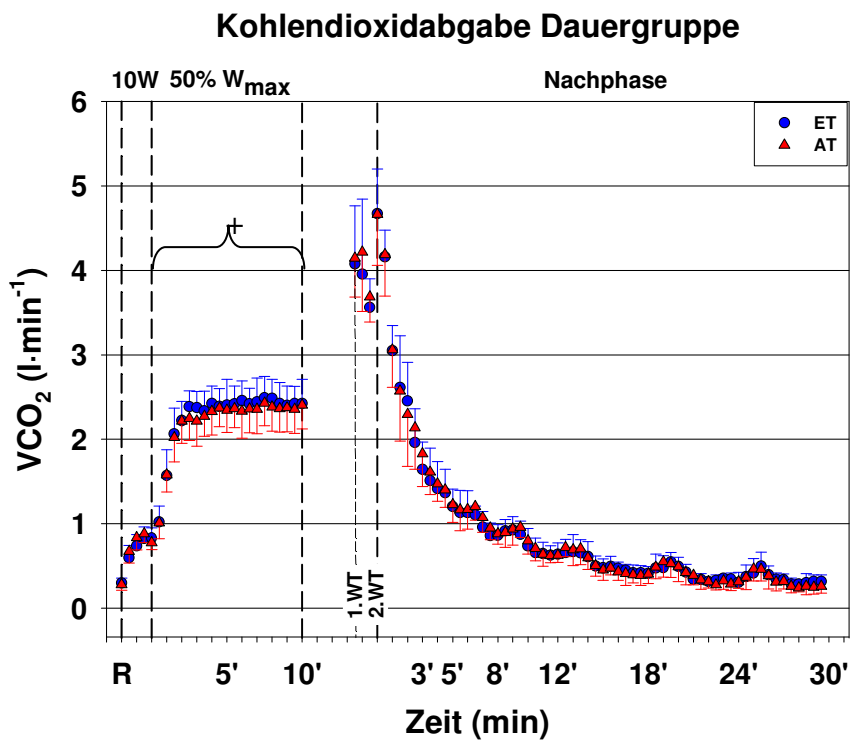


Abbildung 9-10 Dauergruppe VCO₂ (l·min⁻¹). +gesamte Aufwärmphase p<0,001.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Ventilation (VE)

Nach dem Training ist die VE am Ende der Aufwärmphase in beiden Gruppen fast unverändert. Am Ende des ersten Wingate-Tests steigt die VE bei der Intervallgruppe um 6,4 % (1.EWT $127,2 \pm 24,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, 1.AWT $135,4 \pm 33,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, n.s.) und bei der Dauergruppe um 9,1 % an (1.EWT $128,2 \pm 30,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, 1.AWT $139,9 \pm 22,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, n.s.). Die Pause vom ersten Wingate-Test bis zum zweiten Wingate-Test zeigt eine höhere VE in beiden Gruppen ($p < 0,05$). Am Ende des zweiten Wingate-Tests steigt sie bei der Intervallgruppe um 13,4 % (2.EWT $154,4 \pm 22,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, 2.AWT $175,1 \pm 24,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, $p < 0,01$) und bei der Dauergruppe um 5,6 % (2.EWT $161,6 \pm 17,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, 2.AWT $170,8 \pm 23,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, n.s.). Auch in den ersten zwei Minuten der Nachphase ist die VCO_2 bei beiden Gruppen noch höher (n.s.).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

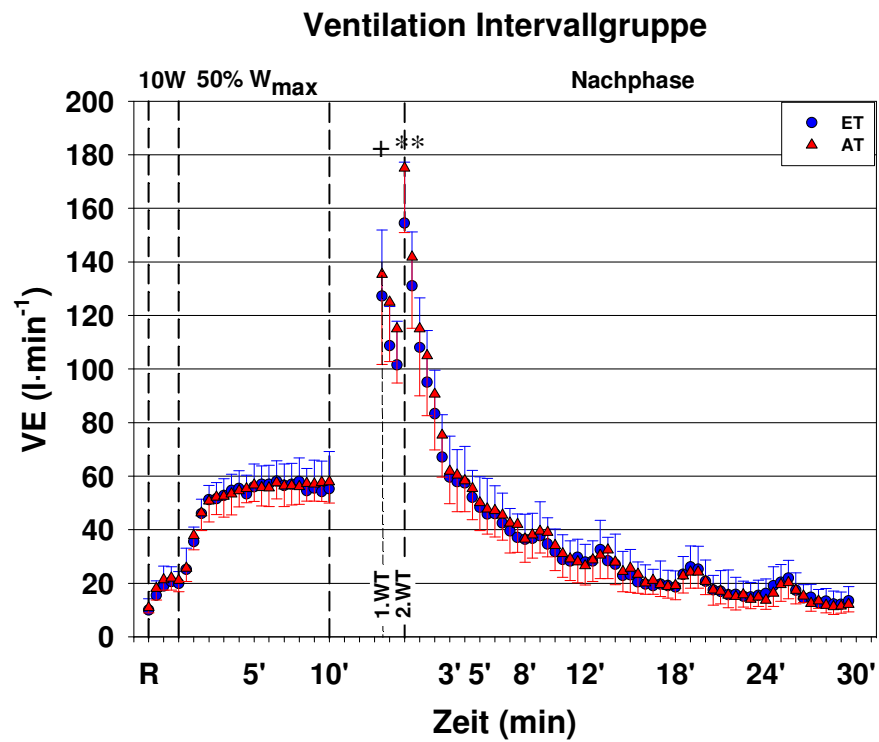


Abbildung 9-11 Intervallgruppe VE (l·min⁻¹). +Pause zwischen den WT p<0,05; **2.WT p<0,01.

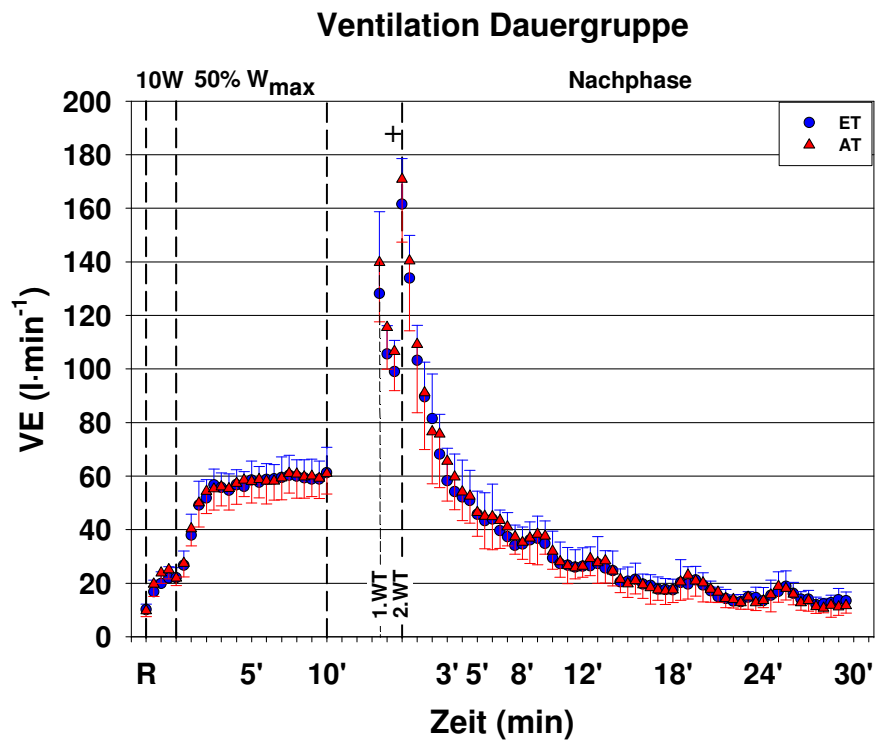


Abbildung 9-12 Dauergruppe VE (l·min⁻¹). +Pause zwischen den WT p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Atemfrequenz (AF)

Nach dem Training zeigt die AF in Ruhe, während der Aufwärmphase bei 50 % W_{\max} sowie in der Nachphase keine signifikanten Änderungen in beiden Gruppen. Am Ende des ersten Wingate-Tests steigt die AF bei der Intervallgruppe um 12,8 % an (1. EWT $50,4 \pm 11,3$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, 1. AWT $56,9 \pm 12,2$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, n.s.) und bei der Dauergruppe um 14,8 % (1.EWT $53,1 \pm 15,0$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, 1. AWT $60,9 \pm 13,9$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, $p < 0,05$). Die Pause zwischen den Wingate-Tests zeigt bei der Intervallgruppe eine höhere AF ($p < 0,05$). Am Ende des zweiten Wingate-Tests steigt sie bei der Intervallgruppe um 6,2 % (2. EWT $59,1 \pm 7,8$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, 2. AWT $62,8 \pm 6,9$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, $p < 0,05$.) und bei der Dauergruppe um 5,3 % an (2. EWT $56,6 \pm 7,7$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, 2. AWT $59,9 \pm 8,0$ Atemzug \cdot min $^{-1}$, n.s.).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

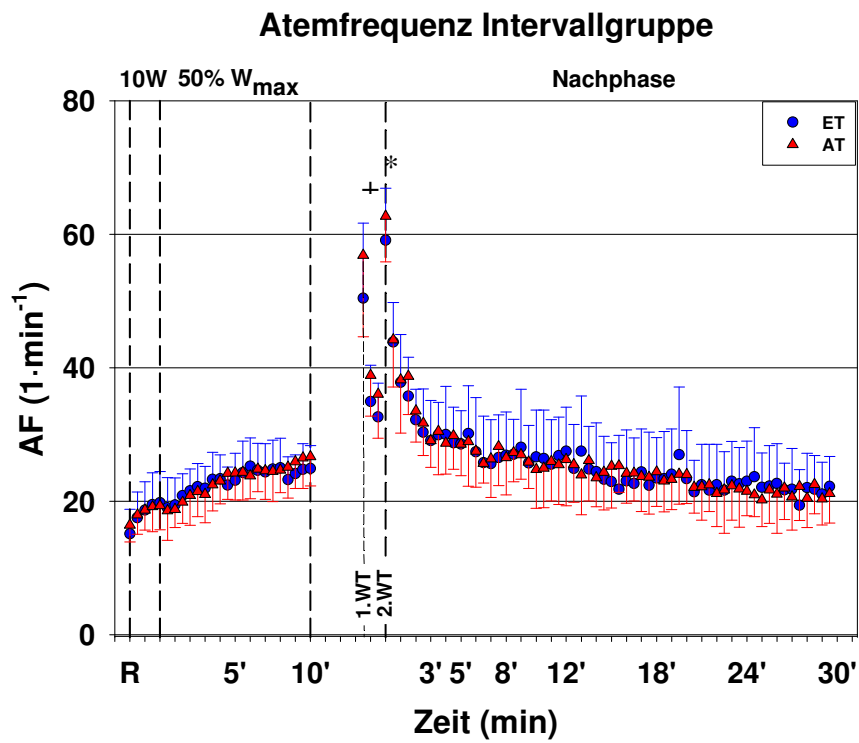


Abbildung 9-13 Intervallgruppe AF ($1 \cdot \text{min}^{-1}$). +Pause zwischen den WT $p < 0,05$; *2. WT $p < 0,05$.

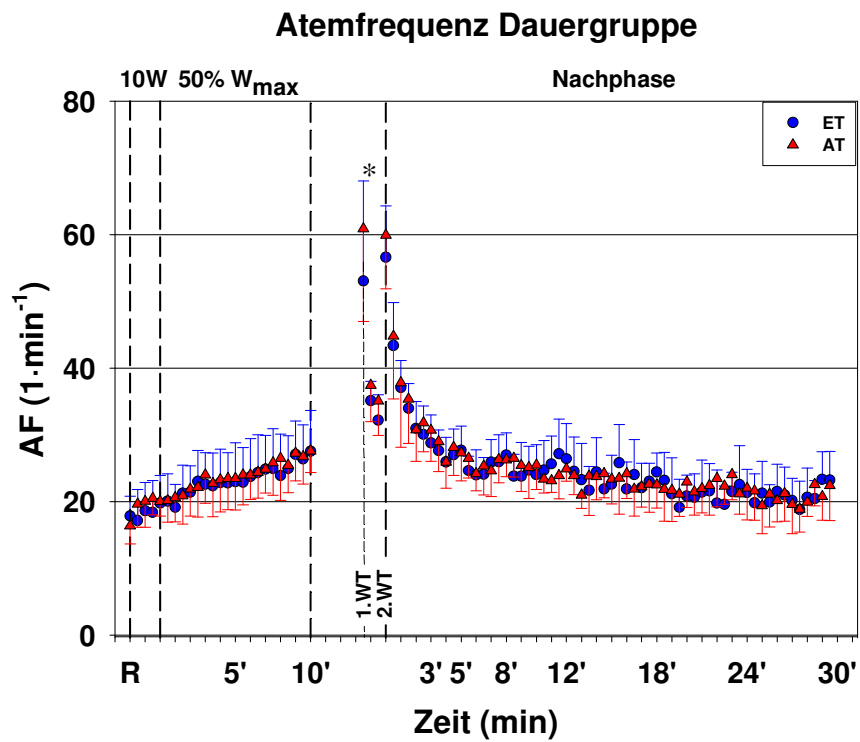


Abbildung 9-14 Dauergruppe AF ($1 \cdot \text{min}^{-1}$). *1. WT $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Atemzugvolumen (AZV)

Das AZV ist nach dem Training bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich.

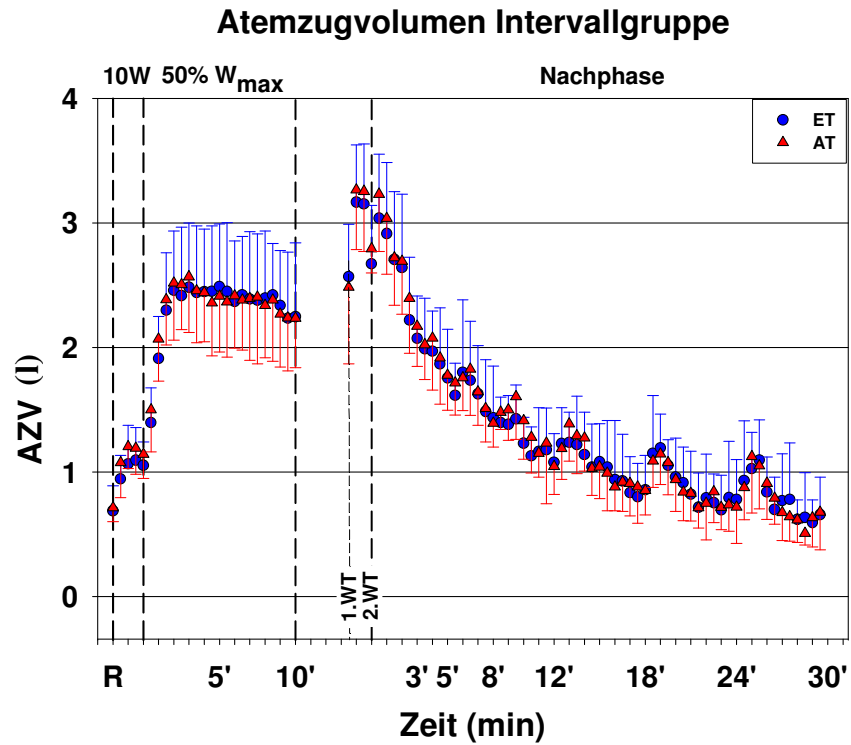


Abbildung 9-15 Intervallgruppe AZV (l).

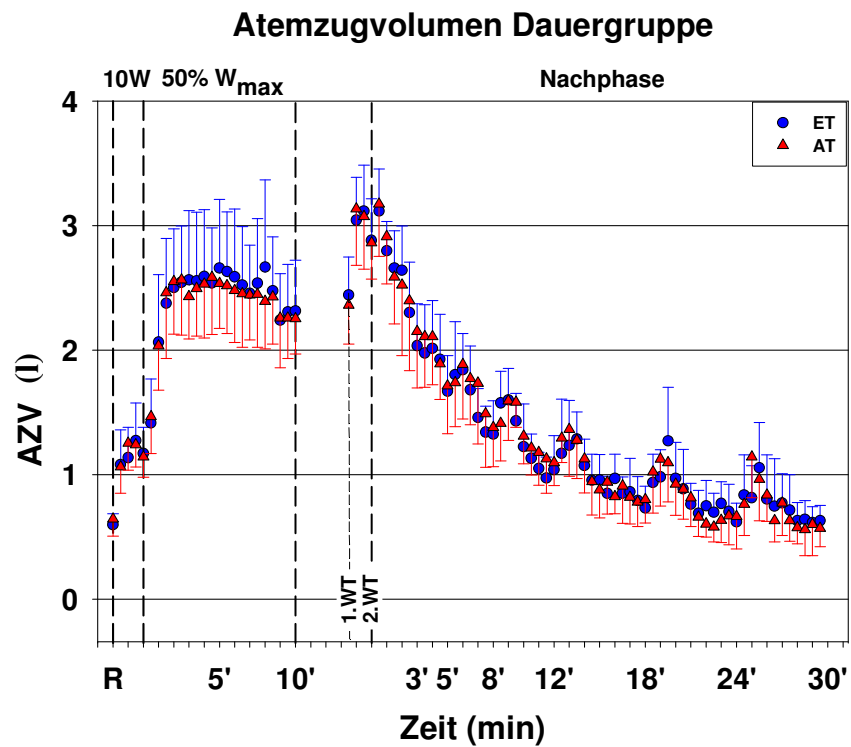


Abbildung 9-16 Dauergruppe AZV (l).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Respiratorischer Quotient (RQ)

Die Dauergruppe zeigt einen signifikant niedrigeren RQ während der gesamten Aufwärmphase ($p < 0,05$) und die Intervallgruppe zeigt einen signifikant höheren RQ in Ruhe ($p < 0,001$). Der RQ ist im Ausgangstest während der Aufwärmphase bei der Dauergruppe im Vergleich zur Intervallgruppe signifikant niedriger ($p < 0,001$). In der Pause zwischen den Wingate-Tests zeigt die Intervallgruppe einen höheren RQ ($p < 0,05$). Während der Wingate-Tests sowie in der Nachphase sind keine signifikanten Änderungen in beiden Gruppen nach dem Training vorhanden.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

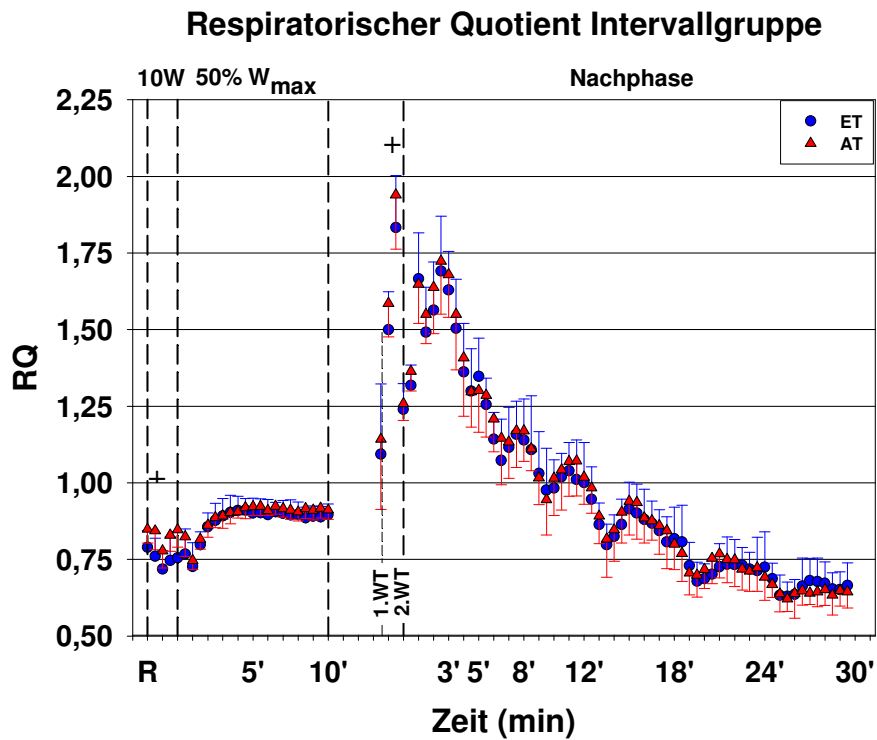


Abbildung 9-17 Intervallgruppe RQ. +gesamte Ruhephase $p < 0,001$; +Pause zwischen den WT $p < 0,05$.

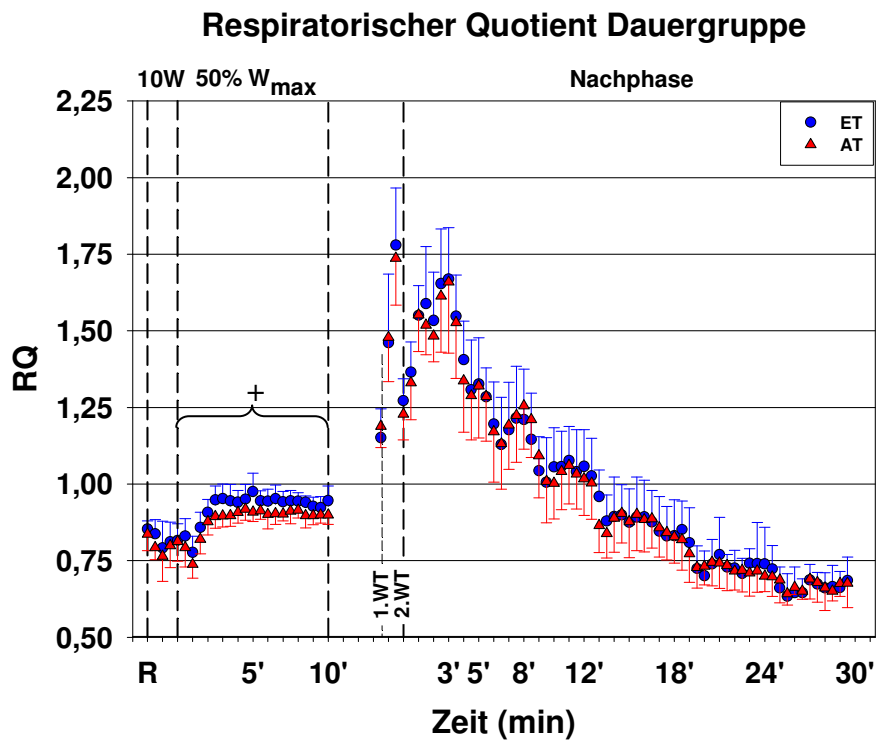


Abbildung 9-18 Dauergruppe RQ. +gesamte Aufwärmphase $p < 0,05$.

9.6 Blutchemische Größen

Aufgrund teilweise problematischer Blutabnahmen sind bei manchen Zeitpunkten nicht alle Probanden vertreten. Wie bei den Ergebnissen zur Ausdauerkapazität wurde auch hier für einige Parameter eine Differenz (Δ) zum Ruhezeitpunkt oder zum Ende der Aufwärmphase des Eingangstest (10'50 %) berechnet.

9.6.1 Blutgase

Oxihämoglobin (HbO₂)

Nach dem Training ist die [HbO₂] bei beiden Gruppen im gesamten Test tendenziell höher (n.s.). Dabei unterscheidet sich die [HbO₂] am Ende der Aufwärmphase nicht signifikant innerhalb und zwischen den Gruppen. Da die Absolutwerte im Ausgangstest im Vergleich zum Ende der Aufwärmphase im Eingangstest wieder leicht unterschiedlich sind, wurde ein Delta berechnet. Hierbei zeigen beide Gruppen eine nicht signifikant veränderte [HbO₂] während des gesamten Tests (Tabelle siehe Anhang).

Sauerstoffsättigung (SO₂)

Die [SO₂] ist nach dem Training bei beiden Gruppen tendenziell im gesamten Test höher (n.s.). Wenn bei beiden Gruppen wieder eine Differenz zur Aufwärmphase berechnet wird, sind bei den Wingate-Tests und in der Nachphase keine signifikanten Unterschiede in der [SO₂] vorhanden (Tabelle siehe Anhang).

Sauerstoffpartialdruck (PO₂)

Nach dem Training ist der PO₂ bei beiden Gruppen nach der Aufwärmphase (10'50 %) etwas höher (n.s.). Am Ende des ersten und des zweiten Wingate-Tests und in der Nachphase ist bei der Intervallgruppe der PO₂ tendenziell höher (n.s.). Bei der Dauergruppe ist der PO₂ am Ende der Wingate-Tests fast unverändert und am Ende der Nachphase tendenziell niedriger (n.s.). Ein Delta zur Aufwärmphase ergibt ebenfalls keine Unterschiede (Tabelle siehe Anhang).

Kohlendioxidpartialdruck (PCO₂)

Bei der Dauergruppe ist der PCO₂ bei der 10'50 % W_{max} signifikant ($p < 0,05$) und bei den Wingate-Tests tendenziell reduziert (n.s.). In der Nachphase nach den Wingate-Tests ist er bei

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

beiden Gruppen im Ausgangstest etwas niedriger (IG n.s.; DG: $p < 0,05$). Nach Berechnung einer Differenz zur Aufwärmphase verschwindet dieser Effekt und es zeigen sich keine signifikanten Veränderungen bei beiden Gruppen (Tabelle siehe Anhang).

9.6.2 Elektrolyte

Kalium (K^+)

Die $[K^+]$ ist bei der Dauergruppe am Ende der Aufwärmphase und am Ende der Wingate-Tests tendenziell niedriger (n.s.) und während der Nachphase fast unverändert. Die Intervallgruppe zeigt nach dem Training am Ende der Wingate-Tests eine tendenziell höhere und in der Nachphase eine tendenziell niedrigere $[K^+]$ (n.s.). Die Differenzen zur Aufwärmphase sind ebenfalls nicht signifikant unterschiedlich (Tabelle siehe Anhang).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Natrium (Na^+)

Die $[Na^+]$ ist in beiden Gruppen nach dem Training während des gesamten Tests nicht signifikant unterschiedlich. Wenn ein Delta zur Aufwärmphase berechnet wird, zeigt die Intervallgruppe während der gesamten Nachphase ($p < 0,05$) und bei einzelnen Zeitpunkten der Nachphase (siehe Tabelle) eine signifikant erhöhte $[Na^+]$. Bei der Dauergruppe sind die Ergebnisse nach dem Training weiterhin nicht signifikant. Es gibt in der Nachphase einen signifikanten Gruppenunterschied ($p < 0,01$).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 140,25 | 1,76 | 140,25 | 1,29 | 12 | | 140,90 | 1,52 | 140,30 | 1,83 | 10 | |
| 10' 50 % | 141,17 | 1,19 | 140,75 | 1,66 | 12 | | 141,00 | 1,63 | 140,80 | 1,23 | 10 | |
| 1. WT | 144,18 | 2,04 | 144,73 | 3,44 | 11 | | 142,80 | 2,53 | 143,40 | 2,46 | 10 | |
| 2. WT | 147,27 | 2,83 | 148,09 | 4,44 | 11 | | 146,70 | 3,02 | 145,60 | 4,14 | 10 | |
| 3' NP | 145,00 | 1,76 | 145,75 | 2,30 | 12 | | 144,60 | 2,37 | 144,50 | 2,84 | 10 | |
| 5' NP | 143,92 | 1,78 | 144,25 | 1,82 | 12 | | 143,90 | 2,08 | 143,60 | 2,55 | 10 | |
| 8' NP | 142,83 | 1,99 | 142,83 | 2,04 | 12 | | 142,89 | 1,96 | 142,67 | 2,29 | 9 | |
| 12' NP | 141,45 | 1,69 | 141,55 | 1,86 | 11 | | 141,80 | 1,75 | 141,40 | 1,65 | 10 | |
| 18' NP | 140,55 | 1,51 | 140,73 | 1,68 | 11 | | 140,80 | 1,48 | 140,60 | 1,51 | 10 | |
| 24' NP | 139,91 | 1,87 | 140,36 | 1,75 | 11 | | 140,40 | 1,26 | 140,10 | 1,29 | 10 | |
| 30' NP | 139,73 | 1,79 | 140,00 | 1,55 | 11 | | 140,20 | 1,48 | 139,60 | 0,97 | 10 | |

Tabelle 9-15 Na^+ [$mmol \cdot l^{-1}$].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 3,18 | 1,47 | 4,00 | 2,28 | 11 | | 1,80 | 2,78 | 2,60 | 1,78 | 10 | |
| 2. WT | 6,27 | 2,57 | 7,36 | 3,20 | 11 | | 5,70 | 3,20 | 4,80 | 3,49 | 10 | |
| 3' NP | 3,83 | 1,40 | 5,00 | 1,41 | 12 | 0,01 | 3,60 | 2,27 | 3,70 | 1,95 | 10 | |
| 5' NP | 2,75 | 1,36 | 3,50 | 0,90 | 12 | 0,05 | 2,90 | 2,08 | 2,80 | 1,55 | 10 | |
| 8' NP | 1,67 | 1,37 | 2,08 | 1,24 | 12 | | 1,89 | 1,62 | 1,89 | 1,17 | 9 | |
| 12' NP | 0,27 | 1,10 | 0,64 | 0,81 | 11 | | 0,80 | 1,40 | 0,60 | 0,84 | 10 | |
| 18' NP | -0,64 | 0,67 | -0,18 | 0,60 | 11 | | -0,20 | 1,40 | -0,20 | 0,79 | 10 | |
| 24' NP | -1,27 | 0,90 | -0,55 | 0,52 | 11 | 0,05 | -0,60 | 1,17 | -0,70 | 0,67 | 10 | |
| 30' NP | -1,45 | 0,93 | -0,91 | 0,54 | 11 | | -0,80 | 1,23 | -1,20 | 0,63 | 10 | |

Tabelle 9-16 ΔNa^+ [$mmol \cdot l^{-1}$]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. Intervallgruppe gesamte NP $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

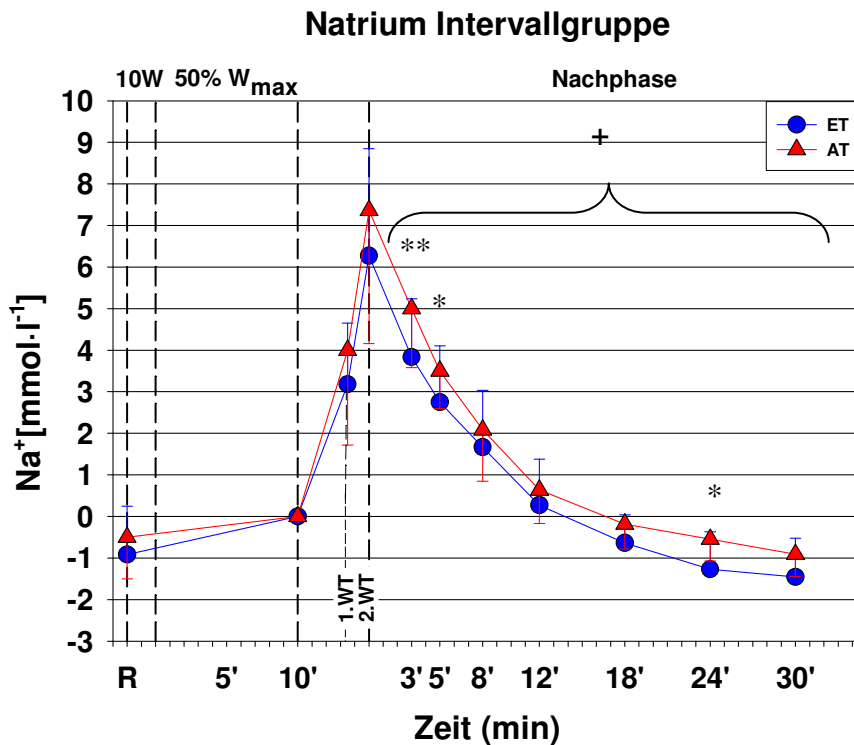


Abbildung 9-19 IG ΔNa^+ [mmol.l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. **p<0,01; *p<0,05; +gesamte NP p<0,05.

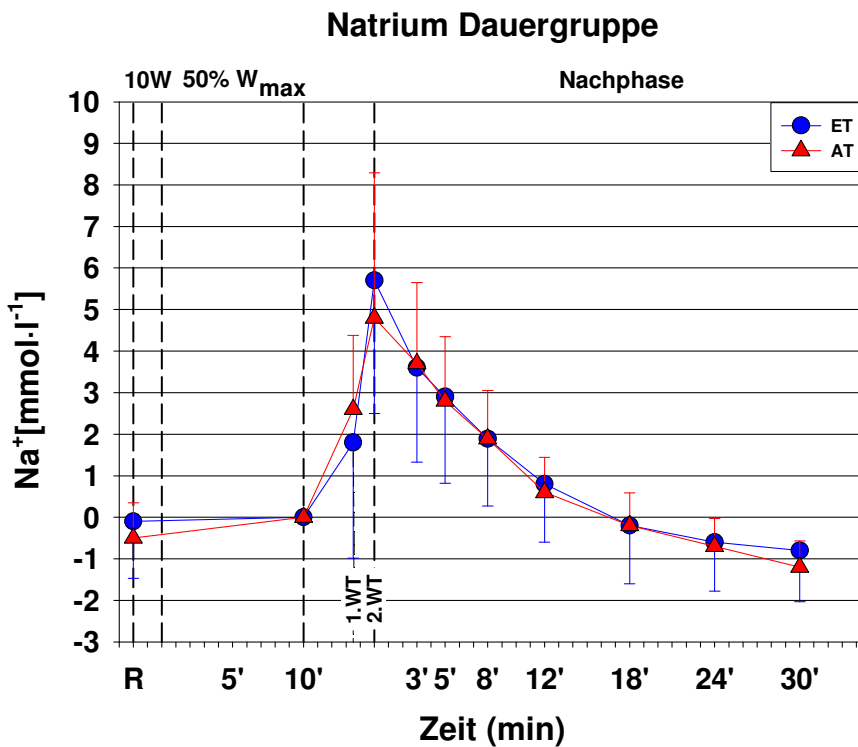


Abbildung 9-20 DG ΔNa^+ [mmol.l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Osmolalität (Osm)

Die [Osm] hat sich bei beiden Gruppen nach dem Training nicht signifikant verändert. Bei Berechnung eines Deltas zur Aufwärmphase sind die Ergebnisse auch nicht signifikant unterschiedlich (Tabelle siehe Anhang).

pH-Wert

Der pH-Wert ist nach dem Training am Ende der 50 % W_{max} -Aufwärmphase bei der Intervallgruppe fast signifikant erhöht und bei der Dauergruppe signifikant höher (IG n.s.; DG $p < 0,005$). Am Ende der Wingate-Tests und während der Nachphase ist er bei der Intervallgruppe tendenziell niedriger (n.s.). Die Dauergruppe zeigt einen tendenziell höheren pH-Wert am Ende des zweiten Wingate-Tests (n.s.); ansonsten ist er fast unverändert (n.s.).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|-------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 7,371 | 0,02 | 7,359 | 0,01 | 12 | | 7,355 | 0,03 | 7,357 | 0,02 | 10 | |
| 10' 50 % | 7,349 | 0,03 | 7,365 | 0,02 | 12 | | 7,340 | 0,02 | 7,363 | 0,02 | 10 | 0,005 |
| 1. WT | 7,248 | 0,03 | 7,238 | 0,06 | 11 | | 7,265 | 0,06 | 7,272 | 0,06 | 10 | |
| 2. WT | 7,113 | 0,05 | 7,096 | 0,07 | 11 | | 7,119 | 0,08 | 7,144 | 0,10 | 10 | |
| 3' NP | 7,138 | 0,04 | 7,116 | 0,05 | 12 | | 7,142 | 0,08 | 7,143 | 0,06 | 10 | |
| 5' NP | 7,146 | 0,04 | 7,124 | 0,05 | 12 | | 7,138 | 0,06 | 7,141 | 0,06 | 10 | |
| 8' NP | 7,151 | 0,04 | 7,132 | 0,05 | 12 | | 7,141 | 0,07 | 7,146 | 0,07 | 9 | |
| 12' NP | 7,179 | 0,04 | 7,167 | 0,04 | 11 | | 7,171 | 0,07 | 7,171 | 0,07 | 10 | |
| 18' NP | 7,239 | 0,03 | 7,228 | 0,05 | 11 | | 7,222 | 0,06 | 7,222 | 0,06 | 10 | |
| 24' NP | 7,294 | 0,03 | 7,292 | 0,04 | 11 | | 7,279 | 0,04 | 7,275 | 0,05 | 10 | |
| 30' NP | 7,336 | 0,03 | 7,333 | 0,03 | 11 | | 7,321 | 0,03 | 7,326 | 0,03 | 10 | |

Tabelle 9-17 pH-Wert.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Aktueller Basen-Überschuss (aBE)

Im Ausgangstest zeigt die Intervallgruppe eine signifikant niedrigere [aBE] in den ersten zwölf Minuten der Nachphase ($p < 0,05$). Während der Wingate-Tests hat sich die [aBE] nicht signifikant verändert. Das Dauertraining zeigt keine signifikanten Veränderungen (Tabelle siehe Anhang).

Sauerstoffsättigungskorrigierter aktueller Basenüberschuss (aBE_{OX})

Nach dem intervallartigen Training kann man wieder eine signifikant niedrigere [aBE_{OX}] in den ersten zwölf Minuten der Nachphase ($p < 0,05$) sehen. Während der Wingate-Tests hat sich die [aBE_{OX}] nicht signifikant verändert. Die Dauergruppe zeigt ebenfalls keine signifikanten Veränderungen.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 2,50 | 1,77 | 1,10 | 5,01 | 12 | | 2,56 | 1,32 | 2,19 | 1,12 | 10 | |
| 10' 50 % | 1,21 | 1,61 | 1,87 | 1,38 | 12 | | 1,16 | 1,96 | 1,47 | 0,95 | 10 | |
| 1. WT | -2,19 | 1,54 | -2,31 | 2,65 | 11 | | -1,50 | 2,20 | -1,89 | 1,47 | 10 | |
| 2. WT | -10,30 | 2,42 | -11,15 | 3,32 | 11 | | -9,96 | 3,36 | -10,00 | 3,87 | 10 | |
| 3' NP | -13,27 | 2,73 | -14,89 | 2,92 | 12 | | -13,36 | 3,06 | -13,10 | 3,94 | 10 | |
| 5' NP | -14,13 | 2,82 | -15,61 | 2,84 | 12 | | -14,26 | 3,32 | -14,57 | 3,66 | 10 | |
| 8' NP | -14,80 | 2,56 | -16,22 | 2,53 | 12 | | -15,33 | 3,72 | -15,67 | 4,00 | 9 | |
| 12' NP | -13,38 | 2,77 | -14,76 | 2,75 | 11 | | -13,81 | 3,99 | -14,79 | 3,87 | 10 | |
| 18' NP | -10,57 | 3,14 | -11,40 | 2,87 | 11 | | -10,90 | 4,16 | -11,81 | 4,25 | 9 | |
| 24' NP | -7,36 | 2,88 | -7,82 | 3,13 | 11 | | -7,79 | 3,44 | -8,78 | 3,61 | 10 | |
| 30' NP | -4,77 | 2,96 | -4,96 | 2,99 | 11 | | -5,00 | 2,89 | -5,92 | 2,66 | 10 | |

Tabelle 9-18 aBE_{OX} [mmol·l⁻¹]. Intervallgruppe 3'-12' NP $p < 0,05$.

9.6.3 Metabolite

Die Laktat- und Glukosekonzentration aus dem arterialisierten Blut wird im Folgenden wieder, wie im Sprachgebrauch üblich, als arterielle Laktat- bzw. Glukosekonzentration bezeichnet.

Anorganisches Phosphat (PO₄)

Die [PO₄] ist nach dem intervallartigen Training, bis auf die Ruhephase und am Ende der Aufwärmphase, während des gesamten Tests tendenziell niedriger (n.s.). Die Dauergruppe zeigt nach dem Training bis zur fünften Minute der Nachphase ein tendenziell niedrigere [PO₄] und danach eine etwas höhere Konzentration (n.s.).

Bei Berechnung eines Deltas zur Aufwärmphase liegt die [PO₄] bei der Intervallgruppe während des gesamten Tests unter der Konzentration des Eingangstest (Aufwärmphase IG: 1,05 ± 0,1 (ET) zu 1,08 ± 0,2 (AT); DG: 1,14 ± 0,2 (ET) zu 1,04 ± 0,2 (AT)). Hier sind die Ergebnisse während der gesamten Nachphase (p<0,05) und bei den einzelnen Zeitpunkten der Nachphase signifikant (siehe Tabelle). Bei der Dauergruppe sind die Konzentrationen während des gesamten Ausgangstests während der Nachphase (p<0,05) und bei einzelnen Zeitpunkten höher (siehe Tabelle). Die Gruppen zeigen ein signifikant konträres Verhalten in der Nachphase. Bei den Wingate-Tests sind bei beiden Gruppen keine signifikanten Veränderungen vorhanden.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|-------|--------------|------|--------------|------|---|-------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9 | |
| 1. WT | 0,09 | 0,13 | 0,03 | 0,03 | 11 | | 0,01 | 0,19 | 0,06 | 0,12 | 8 | |
| 2. WT | 0,17 | 0,10 | 0,12 | 0,06 | 11 | | 0,06 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 9 | |
| 3' NP | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,05 | 12 | | 0,05 | 0,15 | 0,08 | 0,05 | 9 | |
| 5' NP | 0,15 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 12 | | 0,04 | 0,16 | 0,11 | 0,08 | 9 | |
| 8' NP | 0,16 | 0,10 | 0,10 | 0,06 | 12 | | 0,02 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 8 | |
| 12' NP | 0,16 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 11 | 0,05 | 0,03 | 0,17 | 0,16 | 0,07 | 9 | 0,05 |
| 18' NP | 0,12 | 0,12 | 0,02 | 0,08 | 11 | 0,01 | -0,01 | 0,16 | 0,10 | 0,09 | 9 | 0,05 |
| 24' NP | 0,01 | 0,11 | -0,10 | 0,10 | 11 | 0,005 | -0,12 | 0,17 | 0,01 | 0,08 | 9 | 0,05 |
| 30' NP | -0,08 | 0,13 | -0,20 | 0,09 | 11 | 0,001 | -0,24 | 0,19 | -0,07 | 0,10 | 9 | 0,001 |

Tabelle 9-19Δ PO₄ [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. Gesamte NP bei beiden Gruppen p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Anorganisches Phosphat Intervallgruppe

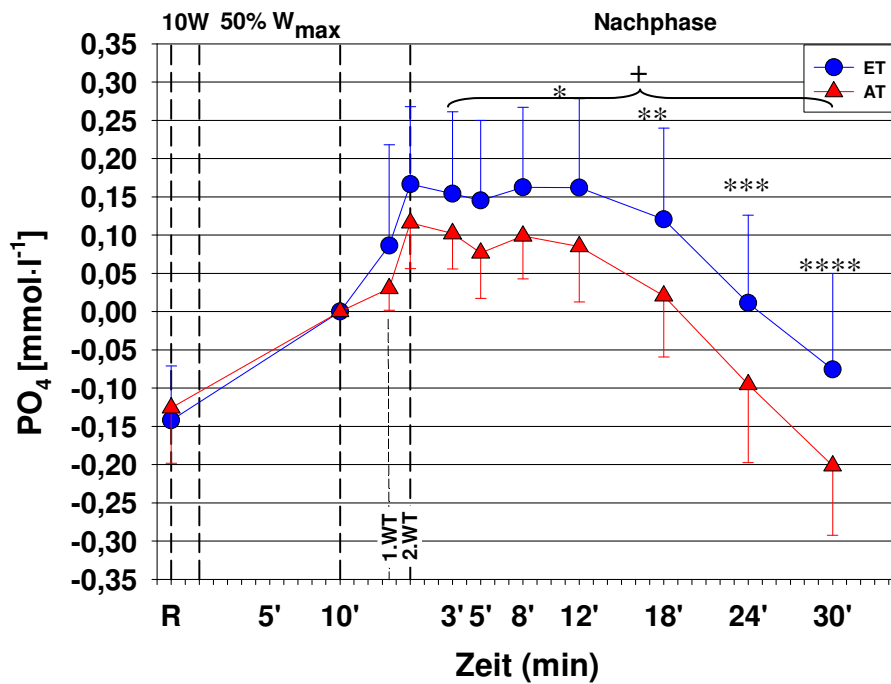


Abbildung 9-21 IG ΔPO_4 [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10' 50 % W_{max}) berechnet. ****p<0,001; ***p<0,005, **p<0,01; *p<0,05, +gesamte NP (p<0,05).

Anorganisches Phosphat Dauergruppe

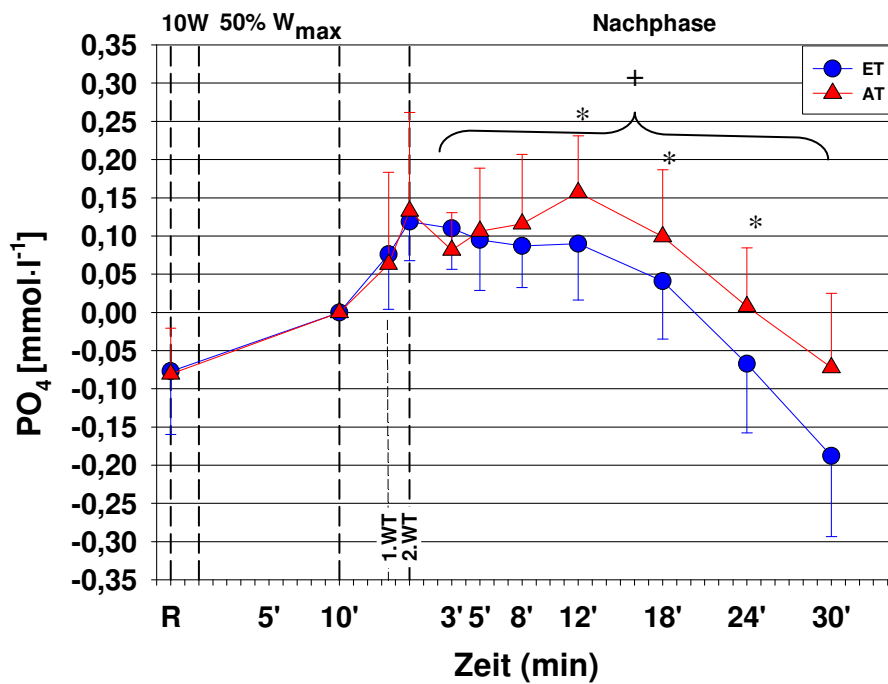


Abbildung 9-22 DG ΔPO_4 [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10' 50 % W_{max}) berechnet. *p<0,05; ***p<0,001; +gesamte NP (p<0,05).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Gesamt Glyzerin (Ggly)

Die [Ggly] ist nach dem Training in Ruhe und am Ende der Aufwärmphase bei der Intervallgruppe tendenziell höher (n.s.). Nach Berechnung eines Deltas zur Aufwärmphase sind die Anstiege der [Ggly] in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich (Tabelle siehe Anhang).

Triglyzeride (Tri)

Die [Tri] ist nach dem Training in Ruhe bei der Intervallgruppe tendenziell höher (n.s.). Die Differenz zur Aufwärmphase zeigt bei der Dauergruppe eine signifikant höhere [Tri] nach dem ersten Wingate-Test. Ansonsten sind keine signifikanten Unterschiede im Ausgangstest vorhanden (Tabelle siehe Anhang).

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Freie Fettsäuren (FFS)

Die [FFS] ist nach dem Training in Ruhe und am Ende der Aufwärmphase bei der Intervallgruppe tendenziell niedriger (n.s.). Nach Berechnung der Differenzen zum Ende der Aufwärmphase im Eingangstest sind die Anstiege der [FFS] bei dem Wingate-Test bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. In der Nachphase zeigt die Intervallgruppe eine reduzierte [FFS] ($p < 0,05$) und die Dauergruppe eine gestiegene [FFS] ($p < 0,05$). Die Gruppen verhalten sich hierbei signifikant unterschiedlich ($p < 0,001$).

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|--------|-------------|------|-------------|------|--------|
| | ET | SD | AT | SD | n Sign | ET | SD | AT | SD | n Sign |
| Ruhe0 | 0,24 | 0,12 | 0,17 | 0,09 | 12 | 0,20 | 0,11 | 0,21 | 0,14 | 10 |
| 10' 50 % | 0,20 | 0,09 | 0,16 | 0,08 | 12 | 0,16 | 0,07 | 0,17 | 0,08 | 10 |
| 1. WT | 0,27 | 0,13 | 0,22 | 0,06 | 11 | 0,22 | 0,11 | 0,26 | 0,17 | 8 |
| 2. WT | 0,22 | 0,11 | 0,17 | 0,05 | 11 | 0,17 | 0,07 | 0,22 | 0,12 | 10 |
| 3' NP | 0,25 | 0,09 | 0,19 | 0,05 | 12 | 0,21 | 0,08 | 0,25 | 0,12 | 10 |
| 5' NP | 0,29 | 0,11 | 0,22 | 0,07 | 12 | 0,21 | 0,07 | 0,25 | 0,10 | 10 |
| 8' NP | 0,30 | 0,13 | 0,21 | 0,07 | 12 | 0,20 | 0,07 | 0,25 | 0,11 | 9 |
| 12' NP | 0,27 | 0,11 | 0,19 | 0,06 | 11 | 0,20 | 0,08 | 0,23 | 0,10 | 10 |
| 18' NP | 0,27 | 0,09 | 0,20 | 0,07 | 11 | 0,20 | 0,08 | 0,23 | 0,10 | 10 |
| 24' NP | 0,28 | 0,10 | 0,19 | 0,06 | 11 | 0,21 | 0,08 | 0,23 | 0,10 | 10 |
| 30' NP | 0,28 | 0,08 | 0,20 | 0,07 | 10 | 0,22 | 0,09 | 0,24 | 0,09 | 9 |

Tabelle 9-20 FFS [$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$]

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|--------|-------------|------|-------------|------|--------|
| | ET | SD | AT | SD | n Sign | ET | SD | AT | SD | n Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 |
| 1. WT | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 11 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 8 |
| 2. WT | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,05 | 11 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 10 |
| 3' NP | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 12 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 10 |
| 5' NP | 0,08 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 12 | 0,05 | 0,03 | 0,08 | 0,04 | 10 |
| 8' NP | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 12 | 0,04 | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 9 |
| 12' NP | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 11 | 0,04 | 0,02 | 0,06 | 0,06 | 10 |
| 18' NP | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 11 | 0,04 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 10 |
| 24' NP | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 11 | 0,05 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 10 |
| 30' NP | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 10 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 9 |

Tabelle 9-21 Δ FFS [$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. Beide Gruppen gesamte NP $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

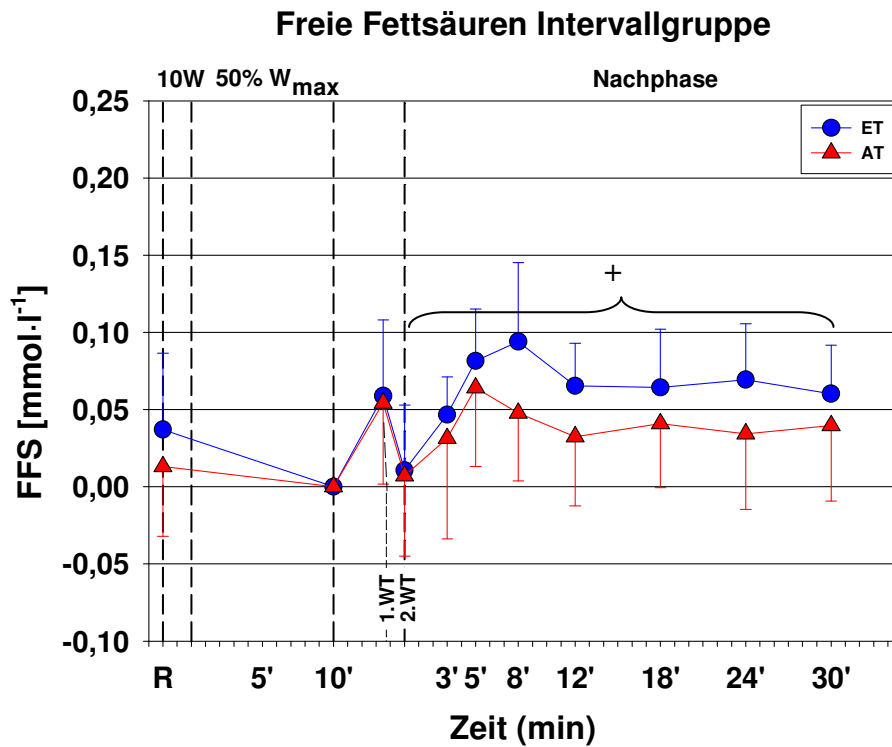


Abbildung 9-23 IG Δ FFS [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. +gesamte NP p<0,05.

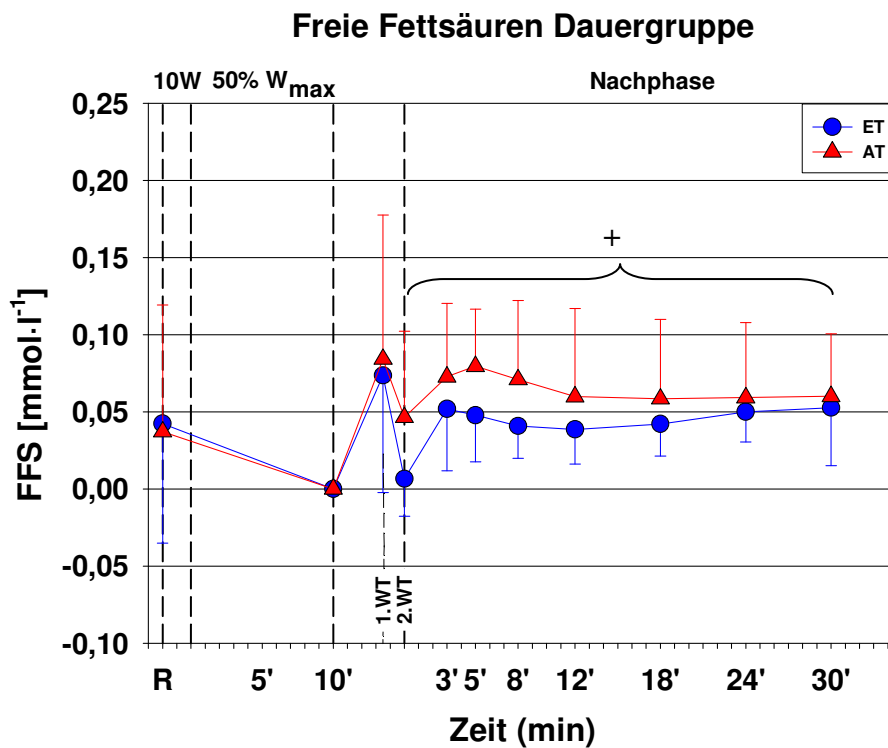


Abbildung 9-24 DG Δ FFS [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. +gesamte NP p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Freies Glyzerin (fGly)

In Ruhe und am Ende der Aufwärmphase ist die [fGly] bei beiden Gruppen nach dem Training nicht signifikant verändert. Zur besseren Vergleichbarkeit zu den anderen Fettstoffwechsel Parametern wurde wieder ein Delta zum Ende der Aufwärmphase berechnet. Es gibt dann bei beiden Gruppen keine signifikanten Veränderungen am Ende der Wingate-Tests. In der gesamten Nachphase ist die [fGly] ($p < 0,05$) und bei einzelnen Zeitpunkten (12' NP – 30' NP $p < 0,05$) bei der Intervallgruppe höher und bei der Dauergruppe nicht signifikant unterschiedlich. Die Veränderungen in der [fGly] sind in der Intervallgruppe nach dem Training größer als nach dem Dauertraining ($p < 0,005$).

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | | | |
|----------|-----------------|------|-------------|------|----|-------------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | | | 0,05 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | | |
| 10' 50 % | 0,08 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 12 | | 0,07 | 0,03 | 0,08 | 0,02 | 10 | |
| 1. WT | 0,09 | 0,02 | 0,09 | 0,04 | 11 | | 0,09 | 0,05 | 0,09 | 0,04 | 9 | |
| 2. WT | 0,11 | 0,03 | 0,10 | 0,02 | 11 | | 0,09 | 0,02 | 0,11 | 0,04 | 10 | |
| 3' NP | 0,13 | 0,03 | 0,14 | 0,02 | 12 | | 0,12 | 0,02 | 0,14 | 0,03 | 10 | |
| 5' NP | 0,16 | 0,03 | 0,18 | 0,02 | 12 | | 0,14 | 0,02 | 0,16 | 0,03 | 10 | |
| 8' NP | 0,19 | 0,04 | 0,21 | 0,04 | 12 | | 0,18 | 0,02 | 0,19 | 0,03 | 9 | |
| 12' NP | 0,20 | 0,04 | 0,24 | 0,05 | 11 | | 0,20 | 0,03 | 0,22 | 0,03 | 10 | |
| 18' NP | 0,21 | 0,06 | 0,26 | 0,07 | 11 | | 0,23 | 0,06 | 0,22 | 0,06 | 10 | |
| 24' NP | 0,20 | 0,05 | 0,24 | 0,07 | 11 | | 0,23 | 0,10 | 0,20 | 0,06 | 10 | |
| 30' NP | 0,18 | 0,08 | 0,22 | 0,08 | 11 | | 0,20 | 0,09 | 0,18 | 0,07 | 10 | |

Tabelle 9-22 fGly [$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$].

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | | | |
|----------|-----------------|------|-------------|------|----|-------------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 11 | | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 9 | |
| 2. WT | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 11 | | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 10 | |
| 3' NP | 0,05 | 0,02 | 0,06 | 0,03 | 12 | | 0,05 | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 10 | |
| 5' NP | 0,08 | 0,02 | 0,10 | 0,02 | 12 | | 0,08 | 0,02 | 0,09 | 0,02 | 10 | |
| 8' NP | 0,11 | 0,02 | 0,13 | 0,04 | 12 | | 0,11 | 0,03 | 0,12 | 0,02 | 9 | |
| 12' NP | 0,12 | 0,03 | 0,16 | 0,06 | 11 | 0,05 | 0,14 | 0,04 | 0,14 | 0,03 | 10 | |
| 18' NP | 0,13 | 0,05 | 0,18 | 0,07 | 11 | 0,05 | 0,16 | 0,07 | 0,14 | 0,06 | 10 | |
| 24' NP | 0,12 | 0,05 | 0,16 | 0,08 | 11 | 0,05 | 0,16 | 0,10 | 0,12 | 0,06 | 10 | |
| 30' NP | 0,10 | 0,07 | 0,14 | 0,08 | 11 | 0,05 | 0,13 | 0,10 | 0,11 | 0,07 | 10 | |

Tabelle 9-23 Δ fGly [$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. Intervallgruppe gesamte NP $p < 0,05$.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

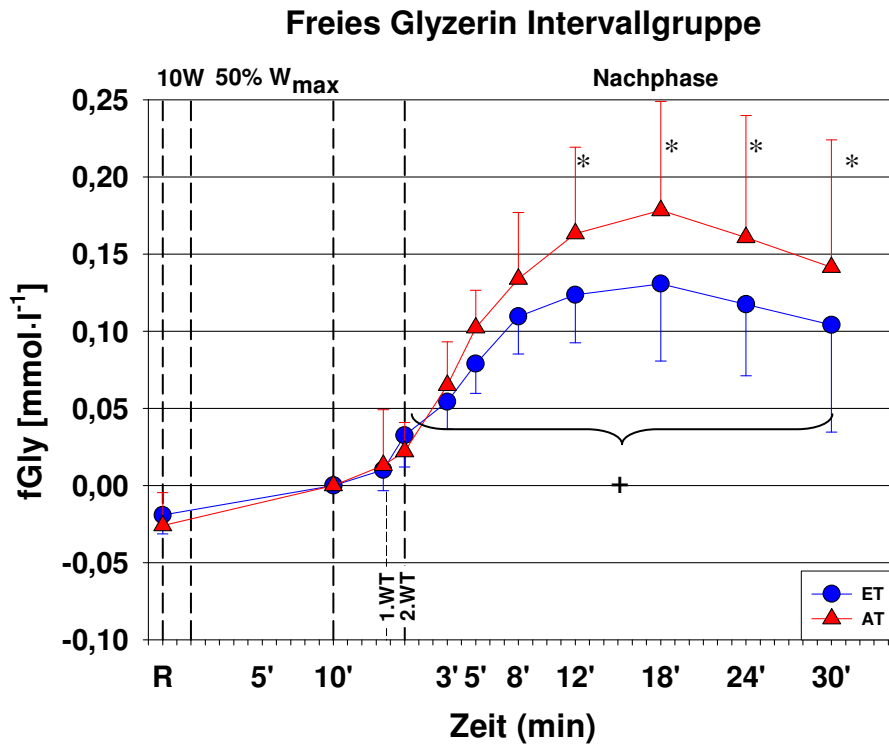


Abbildung 9-25 IG Δ fGly [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet. *p<0,05; +gesamte NP p<0,05.

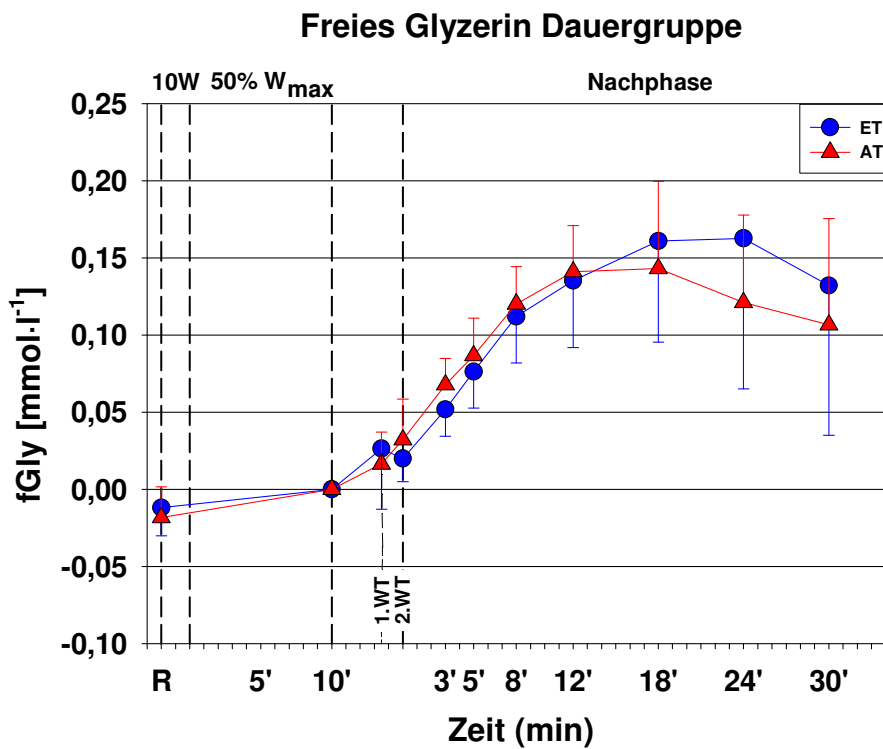


Abbildung 9-26 DG Δ fGly [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Venöses Laktat (Lak_v)

Beide Gruppen zeigen nach dem Training am Ende der Aufwärmphase und am Ende der Wingate-Tests keine signifikanten Unterschiede in der [Lak_v]. Während der gesamten Nachphase und zu einzelnen Zeitpunkten ist die [Lak_v] nach dem intervallartigen Training signifikant höher als nach dem Dauertraining (gesamte NP p<0,05; 3'NP p<0,05; 18'NP p<0,01; Gruppenunterschied p<0,05). Bei der Dauergruppe ist die [Lak_v] während der Nachphase fast unverändert.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,41 | 0,43 | 1,48 | 0,30 | 12 | | 1,31 | 0,20 | 1,41 | 0,33 | 10 | |
| 10' 50 % | 2,37 | 0,58 | 1,94 | 0,31 | 12 | | 2,51 | 0,64 | 2,15 | 0,55 | 10 | |
| 1. WT | 4,90 | 1,10 | 4,95 | 1,66 | 11 | | 4,08 | 1,77 | 4,40 | 1,73 | 9 | |
| 2. WT | 11,35 | 2,39 | 12,10 | 3,76 | 11 | | 10,35 | 4,14 | 9,87 | 3,57 | 10 | |
| 3' NP | 13,24 | 2,44 | 15,13 | 3,60 | 12 | 0,05 | 13,40 | 3,60 | 13,03 | 3,73 | 10 | |
| 5' NP | 14,11 | 2,29 | 15,70 | 3,03 | 12 | | 14,11 | 3,62 | 14,00 | 3,88 | 10 | |
| 8' NP | 14,67 | 2,36 | 16,15 | 2,66 | 12 | | 15,67 | 4,21 | 14,86 | 4,10 | 9 | |
| 12' NP | 13,63 | 2,43 | 15,19 | 2,79 | 11 | | 14,23 | 4,25 | 14,29 | 3,96 | 10 | |
| 18' NP | 11,50 | 2,51 | 13,66 | 4,30 | 11 | 0,01 | 11,78 | 3,81 | 11,85 | 3,95 | 10 | |
| 24' NP | 9,37 | 2,03 | 10,11 | 2,93 | 11 | | 9,96 | 3,52 | 9,82 | 3,43 | 10 | |
| 30' NP | 7,42 | 1,96 | 7,56 | 2,03 | 11 | | 7,73 | 2,99 | 7,84 | 2,63 | 10 | |

Tabelle 9-24 Lak_v [mmol·l⁻¹]. Intervallgruppe gesamte NP p<0,05.

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

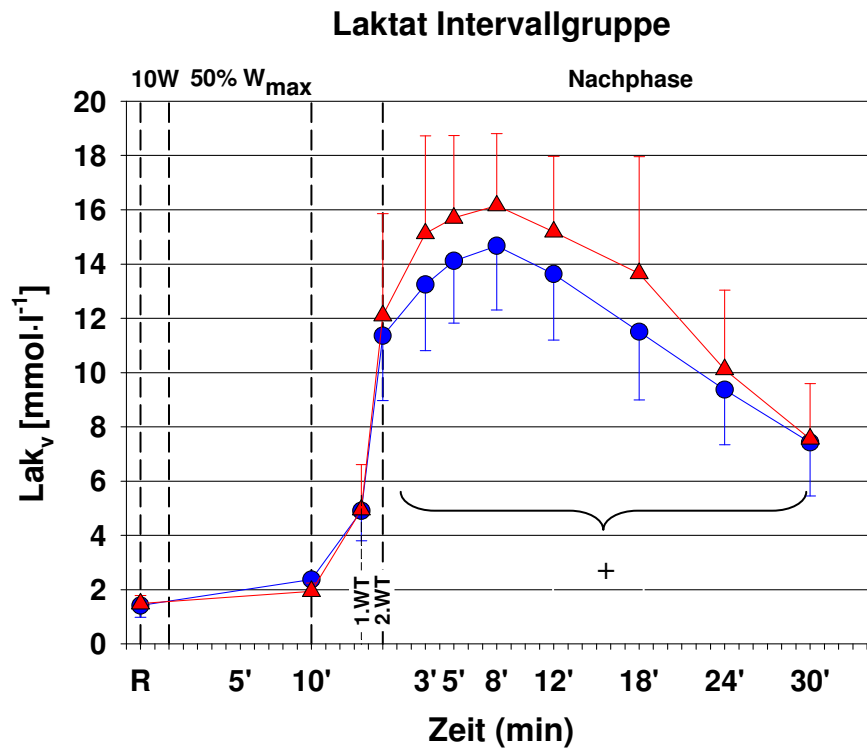


Abbildung 9-27 IG Lak_v [mmol.l⁻¹]. +gesamte NP p<0,05.

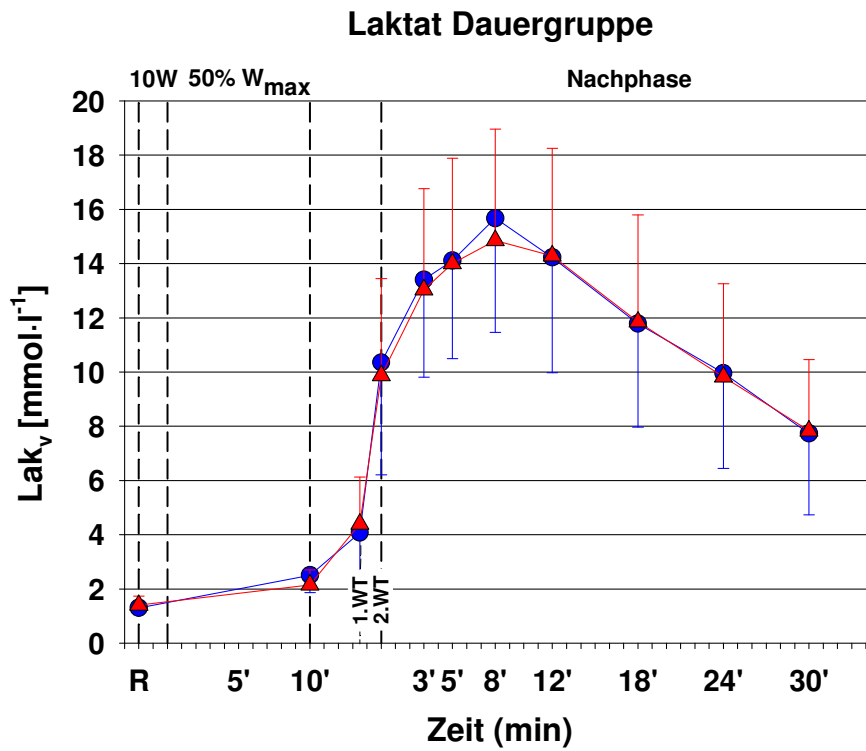


Abbildung 9-28 DG Lak_v [mmol.l⁻¹].

ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Arterielltes Laktat (Lak_a)

Nach der Trainingsperiode zeigen beide Gruppen eine niedrigere [Lak_a] am Ende der Aufwärmphase (IG $p < 0,005$; DG n.s.). Zu allen anderen Zeitpunkten hat sich die [Lak_a] in beiden Gruppen nicht signifikant verändert.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|-------|--------------|------|--------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,20 | 0,29 | 1,35 | 0,28 | 12 | | 1,22 | 0,23 | 1,25 | 0,31 | 9 | |
| 10' 50 % | 2,61 | 0,80 | 1,99 | 0,45 | 12 | 0,005 | 2,68 | 0,72 | 2,26 | 0,56 | 9 | |
| 1. WT | 4,31 | 1,20 | 4,13 | 0,81 | 11 | | 4,73 | 1,27 | 4,08 | 1,03 | 9 | |
| 2. WT | 11,61 | 2,84 | 12,61 | 1,50 | 12 | | 12,62 | 3,03 | 12,73 | 2,91 | 9 | |
| 3' NP | 15,86 | 2,43 | 16,55 | 1,69 | 12 | | 16,06 | 4,09 | 16,19 | 3,82 | 9 | |
| 5' NP | 17,01 | 2,68 | 17,86 | 2,39 | 12 | | 16,85 | 4,07 | 16,72 | 3,98 | 9 | |
| 8' NP | 16,86 | 2,52 | 17,63 | 2,56 | 12 | | 17,98 | 4,05 | 17,13 | 4,44 | 8 | |
| 12' NP | 15,63 | 2,33 | 15,67 | 2,87 | 12 | | 15,68 | 4,54 | 16,71 | 6,41 | 9 | |
| 18' NP | 13,13 | 1,85 | 13,25 | 3,11 | 12 | | 13,04 | 4,55 | 13,23 | 4,33 | 8 | |
| 24' NP | 9,91 | 2,06 | 10,19 | 2,89 | 12 | | 10,11 | 3,72 | 10,14 | 3,55 | 9 | |
| 30' NP | 7,78 | 1,83 | 8,23 | 2,68 | 11 | | 7,79 | 2,85 | 7,55 | 2,57 | 9 | |

Tabelle 9-25 Lak_a [$mmol \cdot l^{-1}$].

Venöse Glucose (Glu_v) und arterielle Glucose (Glu_a)

In Ruhe ist die [Glu_v] nach dem Training bei beiden Gruppen tendenziell verändert (n.s.)
 Nach Berechnung eines Deltas zur Aufwärmphase zeigen beide Gruppen keine signifikanten Unterschiede in der [Glu_v].

Die [Glu_a] ist nach beiden Trainingsmethoden ebenfalls nicht signifikant verändert (Tabellen siehe Anhang).

9.6.4 Hämatokrit, Hämoglobin und Gesamteiweiß

Hämatokrit (Hkt)

Der Hkt liegt bei der Dauergruppe nach dem Training während des gesamten Tests unter dem Hkt des Eingangstests. Daher wurde wieder ein Delta zum Ende der Aufwärmphase berechnet. Die Intervallgruppe zeigt dann bis auf drei Minuten nach dem zweiten Wingate-Test ($p < 0,05$) keine signifikanten Unterschiede. Wenn beide Wingate-Tests zusammen betrachtet werden, zeigt die Dauergruppe einen signifikant höheren Hkt ($p < 0,05$) und einzeln betrachtet nur beim zweiten Wingate-Test ($p < 0,05$). In der Nachphase ist der Hkt nach dem Dauertraining nicht signifikant verändert (Tabellen siehe Anhang).

Hämoglobin (Hb)

Nach dem Training hat sich die [Hb] bei der Intervallgruppe nicht signifikant verändert. Die Dauergruppe zeigt bis auf den ersten Wingate-Test eine signifikant niedrigere [Hb]. Nach Berechnung eines Deltas zur Aufwärmphase zeigt die Intervallgruppe drei Minuten nach dem Wingate-Test eine größere [Hb] ($p < 0,05$). Ansonsten sind die Ergebnisse im Ausgangstest bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich zum Eingangstest (Tabellen siehe Anhang).

Gesamteiweiß (GE)

Die [GE] ist nach dem Training bei beiden Gruppen während des gesamten Tests nicht signifikant verändert (Tabelle siehe Anhang).

10 Korrelationen zur Sprint und Erholungsfähigkeit

10.1 Zusammenhang zwischen der Leistung des Stufen- und Wingate-Tests

VO_{2max} bzw. Stufentestleistung und Sprintleistung

Es sind keine (auch keine negativen!) Korrelationen zwischen der im Stufentest gemessenen VO_{2max} und den maximalen Leistungen (Pow_{maxL}) im ersten Eingangs-Wingate-Test (1.EWT) vorhanden. Es ist nur ein leichter Zusammenhang bei der Dauergruppe zu sehen. Das ist wahrscheinlich ein Zufall, da weiterhin keine Korrelationen zwischen der im Stufentest gemessenen maximalen Leistung (W_{max}) und den maximalen Leistungen im ersten Eingangs-Wingate-Test bestehen (Tabelle siehe Anhang).

Weiterhin sind keine Korrelationen zwischen der im Stufentest gemessenen VO_{2max} pro Kilogramm Körpergewicht (VO_{2max}·kg⁻¹) und den maximalen Leistungen pro Kilogramm Körpergewicht (Pow_{maxL}·kg⁻¹) im ersten Eingangs-Wingate-Test vorhanden (Tabelle siehe Anhang).

VO_{2max}·kg⁻¹ aus dem Stufentest und Erholungsfähigkeit

Die VO_{2max}·kg⁻¹ korreliert signifikant mit der Erholungsfähigkeit (Ef = 2.WT/1.WT) bei den maximalen und mittleren Leistungen (Pow_{maxL}; Pow_{mL}) des Eingangstests. Nur die Dauergruppe zeigt bei den maximalen Leistungen keinen Zusammenhang.

| x(VO _{2max} ·kg ⁻¹) | IG | DG | Gesamt |
|---|--|---|--|
| y(Ef _{EWT} Pow _{maxL}) | y = 7,8344x + 0,3089 R ² = 0,7138 p<0,005 | y = 6,5881x + 0,3962 R ² = 0,1877 n.s. | y = 7,2005x + 0,3535 R ² = 0,3512 p<0,01 |
| y(Ef _{EWT} Pow _{mL}) | y = 7,1521x + 0,3497 R ² = 0,8417 p<0,001 | y = 5,8508x + 0,4401 R ² = 0,5057 p<0,05 | y = 6,4936x + 0,3957 R ² = 0,6584 p<0,001 |

Tabelle 10-1 Korrelationen zwischen der im Stufentest gemessenen VO_{2max} pro Kilogramm Körpergewicht und der Erholungsfähigkeit der Eingangs-Wingate Tests. IG n:10; DG n:10.

KORRELATIONEN ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

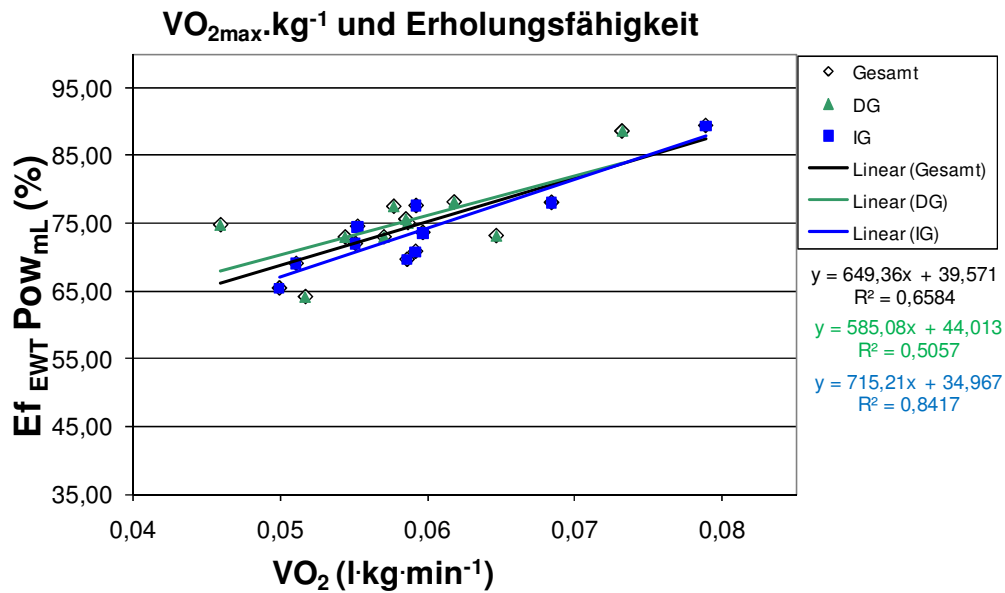


Abbildung 10-1 Korrelation der Erholungsfähigkeit des EWT (Pow_{mL}) und der VO_{2max} kg⁻¹. IG n:10; DG n:10.

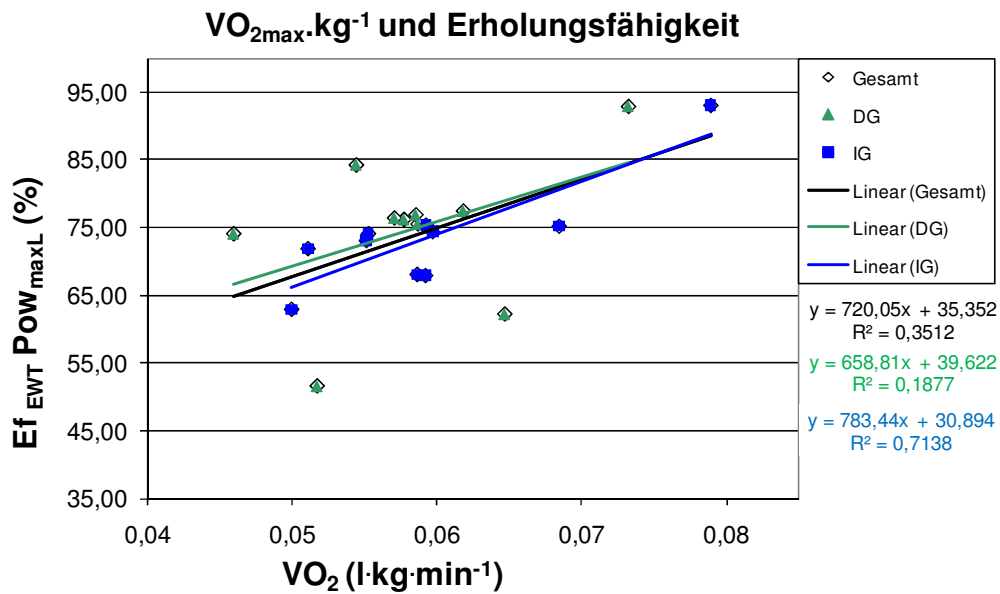


Abbildung 10-2 Korrelation der Erholungsfähigkeit des EWT (Pow_{maxL}) und VO_{2max} kg⁻¹. IG n:10; DG n:10.

10.2 Zusammenhang zwischen Erholungs- und Sprintfähigkeit

Im Eingangs-Wingate-Test ist die Erholungsfähigkeit unabhängig von der maximalen Leistung pro Kilogramm Körpergewicht (Tabelle siehe Anhang).

10.3 Zusammenhang zwischen Ausdauerkapazität und Sprintleistung

Erholungsfähigkeit und Ausdauerkapazität

Es sind keine Zusammenhänge zwischen der mittleren und maximalen Erholungsfähigkeit des Wingate-Tests und der Länge der Arbeitszeit beim Dauertest zu erkennen (Tabelle siehe Anhang).

Veränderung der Sprintleistung und der Ausdauerkapazität in (%) von ET zu AT

Die prozentualen Veränderungen vom Eingangs- zum Ausgangstest der mittleren und maximalen Leistung im ersten und zweiten Wingate-Test korrelieren nicht mit der prozentualen Veränderung der Arbeitszeit im Dauertest bei 80 % W_{\max} . Nur die Gesamtgruppe zeigt bei dem zweiten Wingate-Test in den maximalen Leistungsveränderungen eine tendenzielle Abhängigkeit zur prozentualen Veränderung in der Dauerleistungsfähigkeit (Tabelle siehe Anhang).

10.4 Zusammenhang zwischen der $gHb \cdot kg^{-1}$ und der Sprintleistung

Veränderung der Leistung und der $gHb \cdot kg^{-1}$ in (%) von ET zu AT

Die prozentualen Veränderungen der $gHb \cdot kg^{-1}$ korrelieren nicht mit den prozentualen Veränderungen der mittleren und maximalen Leistung im ersten und zweiten Wingate-Test (Tabelle siehe Anhang).

Erholungsfähigkeit und $gHb \cdot kg^{-1}$

Die Intervall- und Gesamtgruppe zeigen im Eingangstest eine signifikante Korrelation zwischen der $gHb \cdot kg^{-1}$ und der Erholungsfähigkeit bei den maximalen und mittleren Leistungen ($p < 0,01 - 0,05$). Nach dem Training ist dieser Zusammenhang nicht mehr zu sehen (Tabelle siehe Anhang).

10.5 Zusammenhang zwischen der $[K^+]$ und $[Na^+]$ und dem EMG_{RMS}

Es ist keine Korrelation zwischen der venösen $[K^+]$ bzw. $[Na^+]$ und dem EMG_{RMS} vorhanden (Tabellen siehe Anhang).

10.6 Zusammenhang zwischen der Sprintleistung und dem EMG

Bei der maximalen Leistungsfähigkeit gibt es einen Zusammenhang in beiden Kanälen zwischen den ersten Eingangs-Wingate-Tests und der Gesamt- und Intervallgruppe mit dem EMG_{RMS} ($p < 0,01$; $p < 0,005$). Der zweite Eingangs-Wingate-Test zeigt beim zweiten Kanal bei der Gesamtgruppe einen Zusammenhang zwischen EMG_{RMS} und maximaler Leistung ($p < 0,05$). Bei den Ausgangstests ist der Zusammenhang in beiden Kanälen bei beiden Gruppen bei der maximalen Leistung nicht mehr vorhanden.

Auch bei den mittleren Leistungen gibt es keine Korrelationen, die den Zuwachs in der Leistungsfähigkeit erklären können (Tabellen siehe Anhang).

Veränderung beim EMG_{RMS} und der Leistung $\cdot kg^{-1}$ in (%) von ET zu AT

Die Intervallgruppe zeigt beim ersten Wingate-Test in beiden Kanälen eine prozentual gestiegene maximale Leistung bei prozentual niedrigerem EMG_{RMS} (1.Kanal $p < 0,05$; 2.Kanal $p < 0,005$) und eine tendenziell prozentual gestiegene mittlere Leistung bei prozentual niedrigerem EMG_{RMS} im zweiten Wingate-Test im zweiten Kanal ($p = 0,06$).

Die Dauergruppe zeigt nur beim ersten Wingate-Test im zweiten Kanal eine prozentual gestiegene mittlere Leistung bei prozentual niedrigerem EMG_{RMS} ($p < 0,05$) (Tabellen siehe Anhang).

MF normiert auf Aufwärmphase und Leistung

Es sind keine Korrelationen zwischen der auf die Aufwärmphase normierten medianen Frequenz und der mittleren und maximalen Leistung vorhanden. Nur die Dauergruppe zeigt tendenziell bei dem zweiten Kanal im zweiten Wingate-Test bei niedrigerer MF eine höhere mittlere Leistung (Tabellen siehe Anhang).

KORRELATIONEN ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Veränderung der Leistung und der MF in (%) von ET zu AT

Es sind im zweiten Kanal keine Korrelationen bei den prozentualen Veränderungen der Leistung und den prozentualen Veränderungen der MF vorhanden (Tabellen siehe Anhang).

Veränderung des EMG_{RMS} ·MF und der Leistung in (%) von ET zu AT

Es ist nur bei der Dauergruppe eine signifikante Korrelation im ersten Kanal beim ersten Wingate-Test bei der prozentualen maximalen Leistungsveränderung und dem Produkt von EMG_{RMS} und MF zu sehen ($p < 0,01$) (Tabellen siehe Anhang).

Maximum des EMG_{RMS} mit der maximalen Leistung

Hier wurde das während der 30sekündigen Sprints maximal erreichte EMG_{RMS} mit der maximal erbrachten Leistung (Watt) korreliert. Beim Eingangstest ist der Zusammenhang bei der Intervallgruppe und der Gesamtgruppe im ersten Kanal noch vorhanden ($p < 0,05$). Nach dem Training sind hier keine Korrelationen mehr zu sehen.

Im zweiten Wingate-Test gibt es keine Zusammenhänge (Tabellen siehe Anhang).

10.7 Zusammenhang zwischen Sprintleistung und EMG und M-Welle

Zentrale Aktivierung und Leistung

Nur die Intervallgruppe zeigt im zweiten Kanal beim zweiten Ausgangs-Wingate-Test bei steigender zentraler Aktivierung (EMG_{RMS} / MinFl) eine gesteigerte maximale Leistung ($p < 0,05$) (Tabellen siehe Anhang).

Veränderung bei T_{max} und der Leistung in (%) von ET zu AT

Es ist keine Korrelation bei der prozentualen Veränderung von T_{max} und der prozentualen mittleren und maximalen Leistungsveränderung im zweiten Wingate Test vorhanden (Tabellen siehe Anhang).

10.8 Zusammenhang zwischen der [Lak_v] und dem aBE_{ox}

Der aBE_{ox} korreliert bei dem gesamten Eingangs- und Ausgangs-Wingate-Test hochsignifikant mit der [Lak_v]. Die Steigungen der Kurven unterscheiden sich dabei nicht signifikant nach dem Training.

| $y(\text{Lak}_v)$ $x(\text{aBE}_{\text{ox}})$ | IG | DG |
|--|--|--|
| 1. und 2. EWT | $y = -0,7909x + 3,0577$ $R^2 = 0,8792$ $p < 0,001$ | $y = -0,7937x + 2,7399$ $R^2 = 0,8595$ $p < 0,001$ |
| 1. und 2. AWT | $y = -0,811x + 3,0664$ $R^2 = 0,89$ $p < 0,001$ | $y = -0,7498x + 2,6324$ $R^2 = 0,9199$ $p < 0,001$ |
| EWT Nachphase | $y = -0,7510x + 4,9638$ $R^2 = 0,619$ $p < 0,001$ | $y = -0,7787x + 3,3216$ $R^2 = 0,794$ $p < 0,001$ |
| AWT Nachphase | $y = -0,7573x + 4,081$ $R^2 = 0,755$ $p < 0,001$ | $y = -0,8156x + 2,3881$ $R^2 = 0,8576$ $p < 0,001$ |

Tabelle 10-2 Korrelation der Lak_v [mmol·l⁻¹] mit dem aBE_{ox} [mmol·l⁻¹]. IG n:12; DG n:10.

11 Diskussion zur Sprint- und Erholungsfähigkeit

Eine Fragestellung war, ob die Sprintfähigkeit durch die beiden Trainingsmethoden beeinflusst wird. Die Sprintleistung wurde im ersten Wingate-Test sowohl durch die maximale (kurzfristige Sprintleistung) und mittlere Leistung (langfristige Sprintleistung) als auch durch die Zeit in Sekunden, in der die maximale Leistung erreicht wurde, gemessen.

Nach drei Wochen Training zeigten beide Gruppen im ersten Wingate-Test in ihrer Sprintfähigkeit tendenzielle Verbesserungen, die aber weder bei den maximalen noch bei den mittleren Leistungen signifikant waren. Die Veränderungen in der Sprintfähigkeit nach dem Dauertraining unterscheiden sich nicht wesentlich von denen nach dem intervallartigen Training. Dass Dauertraining bzw. eine verbesserte Ausdauerfähigkeit nicht notwendigerweise eine verschlechterte Sprintfähigkeit als Konsequenz hat, zeigten auch schon Hardman et al. (1986) in ihrer Studie, wonach sich nach sechs Wochen Ausdauertraining die Sprintfähigkeit in einem 30sekündigen Sprinttest nicht verändert hatte (69). In dieser vorliegenden Studie konnte ebenfalls kein negativer Zusammenhang von der VO_{2max} bzw. der maximalen Ausdauerkapazität zu der Sprintleistung im ersten Wingate-Test bei beiden Gruppen nachgewiesen werden.

Die Verbesserung der Sprintfähigkeit bzw. die Verbesserung der maximalen Leistungsfähigkeit nach intensivem Intervalltraining werden kontrovers beschrieben.

Helgerud et al. (2001) und McMillan et al. (2005) kamen zu ähnlichen Ergebnissen wie diese Studie. Nach einem Lauf-Intervalltraining (4x4 min bei 90-95 % Hf_{max} ; 3 min Erholung bei 70 % Hf_{max} ; 8-10 Wochen) bei trainierten Fußballspielern zeigten sie keine signifikanten Veränderungen in der Sprintgeschwindigkeit (74; 127).

Andere Studien wie die von MacDougall et al. (1998) zeigten Verbesserungen. Ebenso wie die vorliegende Studie überprüften sie die Leistung durch einen Wingate-Test. Nach sieben Wochen Training mit zwölf sportlichen Männern (1.-7. Woche 4-10 WT, 2-4 min Erholung, 3x die Woche) zeigten sie einen signifikanten Anstieg in der maximalen und mittleren Leistung während des Wingate-Tests (120). Somit zeigten sie eine verbesserte Sprintleistung bei einer niedrigen Gesamtbelastungszeit von max. fünf Minuten aber mit einer höheren Intensität pro Training als bei unserem Training. Die nicht signifikanten Ergebnisse von Helgerud et al. (2001) und McMillan et al. (2005) könnten an der gewählten Trainingsintensität sowie an der Leistungsfähigkeit der Probanden liegen, da diese im Vorfeld wahrscheinlich schon eine bessere Sprintleistung als die von MacDougall et al. (1998) hatten.

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

In einer Studie von Becker (2006) hat ein zu dieser Studie ähnliches intervallartiges Training bei Verkürzung der Belastungsintervalle und gleichzeitiger Erhöhung der Pausenzeiten die Belastungsintensität in der zweiten und dritten Woche gesteigert (1. Woche 100 % W_{\max} (30/30); 2. Woche 120 % W_{\max} (25/35); 3. Woche 150 % W_{\max} (20/40)). Diese Erhöhung der Trainingsintensität führte zu einer signifikanten Zunahme in der Sprintfähigkeit (8). Eine weitere Studie von Maassen (2007) steigerte im Gegensatz dazu die Anzahl der Intervalle (Trainingsdauer 75 min mit 55 Intervallen). Die 22prozentige Steigerung der Intervallanzahl führte ebenfalls zu einer Verbesserung der Sprintfähigkeit (108).

Eine weitere Fragestellung war, ob die Erholungsfähigkeit nach einer intensiven Belastung verbessert wird. Die Fähigkeit, sich zu erholen bzw. eine hohe Leistungsfähigkeit in aufeinanderfolgenden Sprints beizubehalten, wird auch Repeated Sprint Ability (RSA) genannt (14). Die RSA bzw. Erholungsfähigkeit wurde durch die relative Veränderung der mittleren und maximalen Leistung ($2. \text{WT} / 1. \text{WT} = \text{Ef}$) sowie durch die Leistungsergebnisse des zweiten Wingate-Tests ermittelt. Die Aussagekraft der Erholungsfähigkeit über die Berechnung der relativen Leistungsveränderung wird durch die Ergebnisse nach dem Training noch einmal bestätigt. Die Zunahme der maximalen Leistung im ersten Wingate-Test war zwischen den Gruppen nicht unterschiedlich. Die Intervallgruppe erzielte jedoch bei den maximalen Leistungen im zweiten Wingate-Test und der relativen Erholungsfähigkeit (Steigerung der maximalen Leistungsfähigkeit: 10,8 % versus 3,5 %) signifikant bessere Leistungen als die Dauergruppe. Die mittlere Leistung des zweiten Wingate-Tests wurde durch beide Trainingsmethoden verbessert; hier zeigte die Intervallgruppe nur ein tendenziell besseres Ergebnis (5,9 % versus 3,3 %).

Diese Ergebnisse werden in einer Studie von Edge et al. (2005) unterstützt. Die Autoren verglichen wie in dieser Studie die Wirkungen eines hochintensiven Intervalltrainings (6-10 x 2 min bei 90-100 % $\text{VO}_{2\max}$) und eines Dauertrainings (20-30 min bei 60-70 % $\text{VO}_{2\max}$) mit gleicher Gesamtarbeit auf die RSA miteinander. Beide Gruppen zeigten nach dem Training eine Verbesserung in der wiederholten Sprintfähigkeit, die in aufeinanderfolgenden Sprints (5 x 6 s Sprints, alle 30 s) gemessen wurde. Hierbei gab es ebenso einen signifikanten Gruppenunterschied zugunsten des Intervalltrainings (13 % versus 8,5 %, $p < 0,05$) (42). Weiterhin gibt es eine Untersuchung von Bishop (2008), der nach einem fünfwöchigen Intervalltraining (3 x die Woche 6-12 x 2 min mit 1 min Pause bei ~ 100 % $\text{VO}_{2\max}$) ebenfalls eine verbesserte RSA ermittelte.

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Auch die Studien von Helgerud et al. (2001) und Lindsay et al. (1996) zeigten nach einem Intervalltraining eine verbesserte Erholungsfähigkeit. Die Probanden steigerten die Anzahl der Sprints um 100 % (74), bzw. erhöhten ihren muskulären Ermüdungswiderstand bei einem Zeittest bis zur Erschöpfung bei 150 % W_{\max} um ca. 20 % zusammen mit einer um 4,3 % verbesserten absoluten Leistung (103).

Insgesamt gibt es nur wenige Studien, die direkt die Erholungsfähigkeit nach einem Intervalltraining gemessen haben. Die meisten Trainingsprotokolle wurden im Gegensatz zu dieser Studie mit insgesamt niedrigerer Gesamtarbeit und ohne Kontrolltraining mit gleichem Gesamtenergieumsatz und gleicher Gesamtarbeit durchgeführt. Jedoch zeigen alle einstimmig nach Intervalltraining ebenfalls eine verringerte Ermüdung.

Zusammenfassend ist bei den maximalen Leistungen das intervallartige Training im Vergleich zum Dauertraining signifikant besser geeignet die Erholungsfähigkeit zu steigern. Die mittlere Leistung wird nach beiden Trainingsmethoden verbessert. Tendenziell ist hierbei aber auch das intervallartige Training dem Dauertraining überlegen.

Die Sprintleistung wird durch beide Trainingsmethoden nicht negativ beeinflusst. Es ist davon auszugehen, dass bei einer Steigerung der Intensität des intervallartigen Trainings die Sprintleistung im ersten Wingate-Test signifikant verbessert werden würde, wie es in der Studie von Becker (2006) schon gezeigt wurde (8). Die Studie von Maassen führte durch die 22prozentige Steigerung der Intervallanzahl ebenfalls zu einer Verbesserung in der Sprintfähigkeit **und** zu einer Verbesserung in der Erholungsfähigkeit (108). D.h. für eine signifikante Verbesserung in der Sprint- und Erholungsfähigkeit ist eine weitere Erhöhung der Anzahl der Intervalle und/oder eine Erhöhung der Intensität im Vergleich zu diesem Training erforderlich.

11.1 Mögliche Ursachen der verbesserten Sprint- und Erholungsfähigkeit

Die ermittelten Veränderungen in der Leistungsfähigkeit im Wingate-Test können ebenso wie die Ausdauerfähigkeit von vielen verschiedenen Faktoren abhängen. Die Korrelationsberechnungen haben ergeben, dass die Veränderungen in der Erholungsfähigkeit und der mittleren und maximalen Leistung des Wingate-Tests in beiden Gruppen nicht im Zusammenhang mit den Veränderungen in der im Dauertest gemessenen Ausdauerkapazität stehen. Somit ist grundsätzlich anzunehmen, dass die Leistungsverbesserung im Wingate-Test durch andere Anpassungen im Organismus hervorgerufen wird als die im Dauertest. Da beim Sprint mehr FT-Fasern als ST-Fasern rekrutiert werden (1), ist es jedoch wahrscheinlich, dass

sich diese Veränderungen wieder auf die FT-Fasern beziehen (wie bei der Diskussion zur Ausdauerkapazität schon aufgezeigt wurde, werden bei Intervallbelastungen vermehrt FT-Fasern (46; 85) und bei Dauerbelastungen ST-Fasern (46) rekrutiert).

In den folgenden Abschnitten werden wieder verschiedene Faktoren diskutiert, die mit einer Leistungsverbesserung bei hohen Intensitäten in Zusammenhang gebracht werden.

11.1.1 Kraft und Koordination

Nach Krafttraining und isokinetischem Training wurde schon oft mithilfe der maximal willkürlichen Kontraktion (MVC) eine Verbesserung in der Kraftentwicklung ermittelt (44; 55; 160). Die Messungen der MVC in dieser Studie wurden vor und kurz nach den Wingate-Tests und in der darauffolgenden Nachphase durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten jedoch weder nach dem Dauer- noch nach dem intervallartigen Training signifikante Veränderungen auf. Becker (2006) hatte in seiner Studie nach einem dreiwöchigen intervallartigen hochintensiven Training den Umfang der Oberschenkelmuskulatur gemessen und ebenfalls keine Veränderung aufzeigen können (8). Untersuchungen der MVC nach einem vergleichbaren dynamischem Training stehen bisher aus. Dadurch kann nur vermutet werden, dass durch diese beiden Trainingsformen keine bedeutsame Hypertrophie des *m. quadrizeps* stattgefunden hat und somit eine Erhöhung der statischen Kraft nicht für die Verbesserung in der Leistungsfähigkeit verantwortlich ist. Die Leistungen im Wingate-Test haben sich jedoch signifikant verbessert, d.h. auch das Drehmoment hat sich vergrößert. Das kann einerseits durch eine Erhöhung der dynamischen Kraft oder andererseits durch eine Verbesserung in der Koordination begründet sein.

Durch eine besser koordinierte Trettechnik kann Kraft gespart werden. Sie wird bei den Radsportlern als wichtiger einflussnehmender Faktor auf die Leistungsfähigkeit angesehen (115). Eine Verbesserung der Trettechnik kann bei der Aufwärtsbewegung der Pedale an einem verminderten negativen tangentialen Drehmoment, d.h. einer Verringerung der vortriebshemmenden Kräfte, und/oder einer Verbesserung des positiven tangentialen Drehmoments liegen. Eine Verbesserung des positiven Drehmoments erfolgt durch ein aktives Hochziehen der Pedale. Da die Aufwärtsbewegung der Pedale normalerweise rein passiv erfolgt, führt das zu einer reduzierten Arbeit des anderen Beines. Negative tangentiale Drehmomente in einer Aufwärtsbewegung lassen sich sowohl bei nicht Radtrainierten als auch bei hochtrainierten Radsportlern ermitteln (114). Durch eine bessere Aktivierung der Muskulatur könnten die negativen tangentialen Drehmomente geringer werden und eventuell

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

positive Kräfte bei der Aufwärtsbewegung unterstützend dazukommen. In der Studie von Maassen et al. (1998) wurde festgestellt, dass sich die Trettechnik nicht durch einen großen Trainingsumfang verbessert, sondern nur durch gezieltes Trettechniktraining. Dies wurde auch dadurch bestätigt, dass sich Nichtradfahrer und Radfahrer während einer ermüdenden Belastung kaum in den Veränderungen des tangentialen Drehmoments unterschieden (114). Diese Studie hat zwar bei beiden Trainingsmethoden mit einer konstanten Trittfrequenz gearbeitet, dennoch hat das intervallartige Training eine ständige Anpassung an die wechselnde Intensität erfordert. Somit unterschieden sich die beiden Trainingsmethoden hinsichtlich der Trettechnik und es kann zu einer koordinativen Verbesserung gekommen sein.

Zusammenfassend hat sich die statische Kraft durch das dynamische Training nicht verändert. Die Leistungsverbesserungen im Wingate-Test sind somit zum einen durch eine dynamische Kraftverbesserung erfolgt. Zum anderen könnten die besseren Leistungen Resultat einer besser koordinierten Trettechnik sein.

11.1.2 Na^+/K^+ -Haushalt

Die direkt nach dem Wingate-Test gemessenen $[\text{K}^+]$ und $[\text{Na}^+]$ sind nach beiden Trainingsmethoden nicht signifikant verändert und sollten bei absoluter Auslastung auch keinen Unterschied zum Eingangstest aufzeigen. Die Nachphase zeigte ca. drei Minuten nach dem intervallartigen Training im zweiten Wingate-Test während der gesamten 30 Minuten eine signifikant höhere $[\text{Na}^+]$. Die Dauergruppe wies hier keine Veränderungen auf. Diese $[\text{Na}^+]$ Erhöhung könnte durch zwei Ursachen erklärt werden. Zum einen kann es eine vergrößerte Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität sein, wie beim Dauertest schon vermutet wurde. Zum anderen kann es auf eine erhöhte Wasserverschiebung hinweisen. Das ist jedoch unwahrscheinlich, da es keine signifikante Flüssigkeitsverschiebung gegeben hat (d.h. keine Veränderungen im Plasmavolumen, in der Gesamtflüssigkeitsverschiebung sowie in der osmotisch bedingten Flüssigkeitsverschiebung, Ergebnisse siehe Anhang).

Bei einer erhöhten Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität müsste zu der erhöhten $[\text{Na}^+]$ die $[\text{K}^+]$ in der Nachphase niedriger sein. Sie ist bei beiden Gruppen jedoch nicht signifikant verändert. Die Erhöhung des $[\text{Na}^+]$ liegt jedoch nach dem intervallartigen Training bei maximal 1 mmol l^{-1} . Das ergibt einen Konzentrationsunterschied von maximal $0,04 \text{ mmol l}^{-1}$ im K^+ . Dieser Unterschied ist so gering, dass wir ihn mit den uns zur Verfügung stehenden Messmethoden

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

nicht ermitteln können. Zudem haben wir bei der Intervallgruppe diese Konzentrationen nach einem sehr großen Leistungsanstieg im zweiten Wingate-Test ermittelt. Es wäre interessant zu prüfen, wie sich die $[Na^+]$ und $[K^+]$ bei einem Postmatched-Test (Ausgangstest mit vergleichbaren absoluten Intensitäten zum Eingangstest) verhalten würden.

Eine verbesserte Leistungsfähigkeit im Sprint durch eine Erhöhung in der Na^+/K^+ -ATPase vermutet eine Studie von Iaia et al. (2008). Nach einem vierwöchigen Sprinttraining zeigten die Autoren eine um ca. 30 % erhöhte Anzahl der Na^+/K^+ -ATPase-alpha1-Untereinheiten und Na^+/H^+ -Untereinheit1 und einer reduzierten $[K^+]$ zusammen mit einer signifikant verbesserten Leistung in einem 30sekündigen Sprinttest und einer verbesserten Erholungsfähigkeit. Diese Veränderungen konnten in der Kontrollgruppe nicht festgestellt werden. Die Autoren vermuten daher, dass diese Erhöhung der Na^+-K^+ -Pumpen zu einer besseren K^+ -Homöostase führte und diese die Ermüdung bei wiederholten hochintensiven Belastungen reduzierte (80). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die Studie von Mohr et al. (2007). Die Autoren ermitteln ebenfalls nach einem Sprinttraining und einem 'speed endurance training' (SET) (30sekündige Läufe bei ca. 130 % VO_{2max}) nur nach dem SET eine höhere Anzahl von Na^+/H^+ -Untereinheit 1 (31 %) und Na^+/K^+ -ATPase-alpha2-Untereinheiten (68 %). Auch konnte nur diese Gruppe eine Verbesserung in der Erholungsfähigkeit aufweisen (129).

Zusammenfassend könnte vermutet werden, dass bei der hohen Belastung ebenfalls eine erhöhte Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität ausschlaggebend für die bessere maximale Leistungsfähigkeit und die geringere Ermüdung ist. Da die Leistungsveränderungen des Dauertests nicht mit den Leistungsveränderungen des Wingate-Tests im Zusammenhang stehen, scheinen noch weitere Faktoren entscheidend für die Leistungsverbesserung zu sein. Ein weiterer Indikator für Veränderungen in der $[K^+]$ und $[Na^+]$ kann eine veränderte Innervation der Muskulatur sein, welche anhand der Ergebnisse des EMG und der M-Welle im folgenden Abschnitt betrachtet wird.

11.1.3 Erregbarkeit und elektrische Aktivität

Neurale Veränderungen können zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit beitragen. Sie können aus einer Vergrößerung in der Muskelfaserrekrutierung, einer größeren Impulsrate und einer Verbesserung in der Synchronisation der motorischen Einheiten bestehen (34). Daraus ergibt sich die Fragestellung, ob durch die unterschiedlichen Trainingsformen die Erregbarkeit und die elektrische Aktivität während und nach den Sprints unterschiedlich beeinflusst werden. Dies wurde mittels des EMG untersucht. Dabei wurde das

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Summenaktionspotential (M-Welle) an der ruhenden Muskulatur vor und zwischen den Belastungen gemessen sowie die mittlere Amplitude des EMG (EMG_{RMS}) und die mediane Frequenz (MF) an der aktiven Muskulatur während der Belastung der Wingate-Tests und der MVC ermittelt. Veränderungen der elektrischen Eigenschaften des Gewebes, z.B. stärkeres Schwitzen, Wasserverschiebung oder eine veränderte Durchblutung, können eine Änderung der Gewebeleitfähigkeit hervorrufen (151). Diese Einflüsse wurden durch die Korrektur des EMG durch die Amplitude des abgeleiteten Testsignals kompensiert.

Das EMG_{RMS} zeigt die Menge der rekrutierten motorischen Einheiten, deren Flächen und Impulsraten, die Amplitude des Aktionspotentials und die Leitungsgeschwindigkeit der Muskelfasern (151). Die MF ist bis auf die Amplitude des Aktionspotentials von den gleichen Parametern mit einer stärkeren Gewichtung auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit wie das EMG_{RMS} abhängig (151). Bei der M-Welle wird die Erregbarkeit der Muskulatur bestimmt. Sie wird, im Gegensatz zum EMG, welches die willkürliche Muskelaktivität (die Erregung) misst, durch eine von außen durchgeführte elektrische Stimulation ausgelöst. Diese beiden Messverfahren ergänzen sich durch unterschiedliche Informationen über die Muskeleerregung, da bei der M-Welle zusätzlich zur Amplitude der einzelnen Aktionspotentiale, die Menge der erregten Muskelfasern mit eingeht, was durch die Fläche der M-Welle dargestellt wird (11). Die Fläche des positiven Ausschlags wird durch Nachpotentiale beeinflusst. Daher ist in der Auswertung die Fläche der negativen Phase betrachtet worden. Informationen über die Erregungsleitungsgeschwindigkeit gibt die Breite der M-Welle, die durch T_{Ende} und ΔT dargestellt wird. Da hierbei ebenfalls Nachpotentiale Einfluss nehmen können (151), wurde T_{max} betrachtet (siehe Punkt 2.3.2, Abb. 2-4).

Die in der Nachphase nach den Sprints bei der MVC gemessenen EMG-Signale veränderten sich nach beiden Trainingsmethoden nicht signifikant.

Während der Belastung im Wingate-Test sind die Ergebnisse des EMG_{RMS} und der MF zwischen den Gruppen und auch innerhalb der Gruppe zwischen den aufgenommenen Kanälen unterschiedlich. In der MF ist im ersten Kanal bei beiden Gruppen nach dem Training kein signifikanter Unterschied zu beobachten. Im zweiten Kanal zeigen jedoch die Messungen der MF nach dem Training bei der Intervallgruppe bei beiden Wingate-Tests eine signifikante Vergrößerung auf. Diese Veränderung konnte bei der Dauergruppe nicht festgestellt werden. Einen Einfluss auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit haben der pH-Wert und die Kaliumkonzentration (151). Da sich in dieser Studie bei den Wingate-Tests diese

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

beiden Parameter nach beiden Trainingsmethoden nicht signifikant verändert haben, kann dieser Einfluss ausgeschlossen werden.

Vor dem Hintergrund, dass das intervallartige Training eher die FT-Fasern stimuliert, könnte vermutet werden, dass andere Fasertypen im zweiten als im ersten Kanal gemessen wurden. Die Literatur zeigt, dass der Anteil von ST-Fasern und FT-Fasern beim *m. vastus lateralis* bei ca. 30 % zu ca. 60 % und umgekehrt liegen kann (141) und diese Fasern innerhalb des Muskels zufällig verteilt sind (5; 102). Anhand der Messungen der M-Welle (T_{\max}) und der medianen Frequenz, die einen Hinweis auf einen unterschiedlichen Fasertypenanteil geben (151), kann diese Studie keinen Unterschied in der Ausbreitungsgeschwindigkeit bei Ruhe und in der folgenden Aufwärmphase bei 50 % W_{\max} zwischen den Gruppen im Eingangstest feststellen. Auch die minimale Fläche der M-Welle zeigt keine unterschiedliche Amplitude auf, was laut Hamada et al. (2003) auch Rückschlüsse auf die Fasertypen geben würde (67). Die Elektroden des zweiten Kanals auf dem *m. vastus lateralis* haben jedoch mehr proximal gelegen, als die des ersten Kanals. Daher kann es sein, dass vermehrt Fasern des *m. biceps femoris* im zweiten Kanal mit aufgenommen wurden, der einen größeren Anteil an FT-Fasern als ST-Fasern aufzeigt (158). Diese Vermutung wird durch die Messungen der medianen Frequenz bestätigt. Der zweite Kanal zeigt hier signifikant höhere Werte, d.h. eine schnellere Ausbreitungsgeschwindigkeit, wie sie bei FT-Fasern charakteristisch ist (151), als der erste Kanal. Somit könnten die Ergebnisse im zweiten Kanal eine Vergrößerung der Ausbreitungsgeschwindigkeit, d.h. eine erhöhte Innervation oder eine weniger stark eingeschränkte Rekrutierung der motorischen Einheiten der FT-Fasern nach dem intervallartigen Training, nahe legen. Die Messung der M-Welle (T_{\max}) lässt zudem vermuten, dass der Anteil der ST-Fasern im *m. vastus lateralis* bei beiden Gruppen höher ist als der der FT-Fasern, da im zweiten Wingate-Test nach dem intervallartigen Training eine signifikant geringere Ausbreitungsgeschwindigkeit als nach dem Dauertraining ermittelt wurde. Bei der M-Welle wird der *m. vastus lateralis* direkt maximal von außen stimuliert und es können hierbei keine Fasern des *m. biceps femoris* mit aufgenommen werden. Das zeigt, dass durch die beiden Trainingsmethoden unterschiedliche Muskelfasertypen trainiert wurden. Das Dauertraining, das die ST-Fasern trainiert hat, zeigte bei dieser Messung eine schnellere Erregungsleitungsgeschwindigkeit. Das intervallartige Training hat die FT-Fasern trainiert. Diese Fasern wurden über die M-Welle nur zu einem geringen Teil gemessen. Warum die ST-Fasern der Intervallgruppe hier eine geringere Ausbreitungsgeschwindigkeit zeigen, ist nicht

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

klar und müsste in weiteren Studien untersucht werden. Die prozentualen Veränderungen in T_{\max} stehen zudem nicht im Zusammenhang mit der Leistungsveränderung im Wingate-Test. Das EMG_{RMS} verhält sich im ersten Kanal nach den unterschiedlichen Trainingsmethoden signifikant konträr (die Eingangstests der Gruppen unterscheiden sich dabei nicht). Das intervallartige Training bewirkt in beiden Kanälen eine signifikante Abnahme im EMG_{RMS} , was eine geringere Menge an rekrutierten motorischen Einheiten und eine verkleinerte Amplitude des Aktionspotentials impliziert. Das Dauertraining zeigt nur im zweiten Kanal eine Abnahme; im ersten Kanal hat es den gegenteiligen Effekt erzielt.

Es gibt bisher nur wenige Studien, die den Einfluss von dynamischem Training auf die elektrischen Eigenschaften des Muskels untersuchen. Creer et al. (2004) untersuchten in ihrer Studie das Verhalten von EMG_{RMS} und MF nach Dauertraining und hochintensivem Sprinttraining. Die Probanden (Radsportler) hatten im Gegensatz zu dieser Studie einen geringen Trainingsumfang von insgesamt 28 Minuten innerhalb von vier Wochen (Training: 2x pro Woche; 4x30 sek Sprint und 4 min aktive Pause, jede Woche wurden 2 Sprints addiert). Das EMG wurde wie in dieser Studie nach dem Training bei aufeinanderfolgenden 30sekündigen Sprints gemessen. Die Ergebnisse sind nach dem Sprinttraining genau gegensätzlich zu dieser Studie. Creer et al. (2004) zeigten nach dem Training ein gesteigertes EMG_{RMS} und eine gesunkene MF. Die Kontrollgruppe zeigt keine signifikanten Veränderungen. Sie schlussfolgern, dass das Sprinttraining durch die vergrößerte Amplitude und der größeren Menge der aktivierten motorischen Einheiten des *m. vastus lateralis* bei gleichzeitiger Verringerung der Impulsrate eine Verbesserung in der Koordination und eine höhere Effizienz verursachte, die dann zu einer höheren Leistungsfähigkeit und einer geringeren Ermüdung während der Sprints führten (34). Lucia et al. (2000) untersuchten bei Elite-Radsportlern innerhalb einer Sportsaison das Verhalten des EMG am *m. vastus lateralis*. Sie zeigten anhand von Stufentests ebenfalls einen signifikanten Anstieg des EMG_{RMS} und einer Abnahme der MF von der Ruheperiode zum Zeitpunkt der Wettkämpfe. Sie schlussfolgern daraus, dass eine Konditionierung der Ausdauerfähigkeit möglicherweise eine Erhöhung der motorischen Einheiten in aktiven Muskeln bewirkt (105). Der Einfluss von einem dreiwöchigen Dauertraining auf das EMG bei Patienten mit obstruktiver Lungenkrankheit zeigt anhand eines Stufentests wie in den anderen Studien ebenfalls einen Anstieg des EMG_{RMS} und einen Abfall der MF im *m. quadrizeps*. Daraus wird eine stärkere Muskeleerregbarkeit und -aktivierung, zusammen mit einer größeren Rekrutierung der ST-Fasern, geschlussfolgert (62).

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Das Verhalten des EMG, welches direkt nach einer Sprintbelastung gemessen wird, gleicht der Anpassung, die durch die oben genannten Studien beschrieben wird. Billaut et al. (2006) maßen am *m. vastus lateralis* bei zehn sechsekündigen maximalen Sprints nach jedem Sprint eine Erhöhung des EMG_{RMS} bzw. eine stetig niedrigere MF. Zusammen mit einer sinkenden maximalen Leistung schlussfolgerten sie, dass der Anstieg der EMG-Amplitude nicht mehr ausreichend war, um den erforderlichen Kraftaufwand zu erhalten (13). Das gleiche Verhalten von EMG_{RMS} und MF zeigte sich auch während einer Stufentestbelastung (78).

Die vorliegende Studie zeigt jedoch bei Betrachtung des EMG_{RMS} und der Leistungsentwicklung vom ersten zum zweiten Wingate-Test bei beiden Gruppen sowohl im Eingangs- wie auch im Ausgangstest eine signifikante **Abnahme** bei beiden Parametern.

Studien, die einen Zusammenhang von MF und Leistungsfähigkeit diskutieren, kommen ebenfalls zu unterschiedlichen Ergebnissen. Einige Studien vermuten, dass eine Abnahme der MF eine Ermüdung des Muskels aufzeigt (12; 93; 135). Dagegen sprechen jedoch die Ergebnisse von Hilbert (eingereicht 2009 in Journal of Applied Physiology) und Zange et al. (2008) (173), die bei gleichbleibender MF eine Abnahme in der Leistungsfähigkeit aufzeigten. Auch die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen keinen Zusammenhang von MF und der mittleren sowie maximalen Leistungsfähigkeit, weder bei den relativen noch bei den absoluten Veränderungen erkennen. Bei dem EMG_{RMS} sind die Zusammenhänge mit den mittleren Leistungen ebenfalls nicht eindeutig. Die berechneten Korrelationen zeigen jedoch, dass nach dem Training bei allen Probanden die maximale Leistung im zweiten Wingate-Test steigt je **geringer** der prozentuale Anstieg in dem EMG_{RMS} ist. Von daher ist es fraglich, ob durch ein gesteigertes EMG_{RMS} eine Leistungsverbesserung im zweiten Wingate-Test abgeleitet werden kann, zudem die Intervallgruppe trotz des gesunkenen EMG_{RMS} eine größere Leistung zeigte. Die grundsätzlich gegensätzlich erhobenen Verhalten von EMG_{RMS} und MF der hier aufgeführten Studien zu dieser Studie beruhen zum einem wahrscheinlich auf unterschiedliche Belastungsintensitäten, bei denen andere Mechanismen im Vordergrund stehen könnten, und zum anderem vor allem auf unterschiedliche Mess- und Kalibrierungsmethoden. Da sich die elektrische Leitfähigkeit vom Gewebe während Belastung verändert, wurden in dieser Studie vor jeder Messung zusätzlich während der Aufnahme rechteckige 13 ms lange Stromimpulse durch die gleichen Elektroden appliziert, die auch für die M-Welle genutzt wurden. Diese Impulse reichten nicht aus, um ein Aktionspotential auszulösen. Sie dienten aber zur Kontrolle und Kalibrierung der Amplitude der EMG-Signale.

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Eine weitere Frage war, ob durch das Training die Erregung nach der intensiven Belastung besser stabilisiert wurde. Aufgrund der akuten, intensiven Belastung bei den Wingate-Tests wurde die Na^+/K^+ -Pumpe aktiviert. Diese Aktivierung blieb nach der Belastung bestehen und stabilisiert so die Erregbarkeit des Muskels (76). Die Messungen der $[\text{Na}^+]$ waren nach dem intervallartigen Training während der gesamten Nachphase signifikant erhöht. Auch bei Betrachtung der minimalen Fläche der M-Welle konnte im Verhältnis zur Aufwärmphase ca. drei Minuten nach der intensiven Belastung eine höhere Erregbarkeit beobachtet werden. Nach beiden Trainingsmethoden war sie jedoch im Vergleich zum Eingangstest in beiden Kanälen zusammen mit der $[\text{K}^+]$ nicht signifikant unterschiedlich. Da sich aber auch die Leistungsfähigkeit stark verbessert hat, kann es ein Hinweis auf eine höhere lokale Erregbarkeit sein. Dies zeigten auch schon Harmer et al. (2000) bei einem Postmached-Test nach Sprinttraining (70).

Ein weiterer Aspekt der Muskelermüdung ist der Einfluss der zentralen Steuerung (4; 132; 157). Noakes (2008) mutmaßt einen großen Einfluss der zentralen Steuerung auf die Muskelrekrutierung, die bei einer für den Probanden nicht selber steuerbaren Belastungsintensität und -dauer eine Schutzfunktion gegenüber Überbelastung darstellen soll (132). Die bisher bei dem EMG betrachteten Signale sind von der zentralen Steuerung sowie von lokalen Einflüssen, z.B. der Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität oder einer Veränderung in der extrazellulären Kaliumkonzentration abhängig. Durch Division des EMG_{RMS} durch die M-Welle (MinFl) werden von einigen Autoren lokale Einflüsse auf die Erregung herausgerechnet (56; 137). Die so in dieser Studie ermittelten Ergebnisse des zentralen Anteils der Muskelaktivierung und dessen Zusammenhang mit dem Leistungsverhalten im Wingate-Test sind jedoch sehr widersprüchlich. Da das EMG und die M-Welle elektrische Ableitungen in unterschiedlichen Situationen aufnehmen (das EMG während der Belastung; die M-Welle in der ruhenden Muskulatur), sollte hinterfragt werden, ob diese Berechnungen in dieser Form durchgeführt werden können. Die Ergebnisse dieser Studie sollen daher hier nicht weiter diskutiert werden. Sie sind im Anhang dargestellt.

Zusammenfassend kann ein intramuskulärer Prozess aufgezeigt werden, der die Leistungsfähigkeit der Muskulatur erhöht. Das intervallartige Training hat mit dem reduzierten EMG_{RMS} und der gestiegenen MF ein genau gegensätzliches Ergebnis zur aufgeführten Literatur aufzeigt. Nur das nach dem Dauertraining gestiegene EMG_{RMS} stimmt mit den oben aufgeführten Studien überein. Diese konträren Ergebnisse könnten darin

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

begründet sein, dass diese Studie die erste ist, die alle spannungsabhängigen Messungen (EMG_{RMS} , MinFl) mit einem Kalibrationssignal korrigiert hat. Die Ergebnisse des EMG_{RMS} , der MF und der M-Welle lassen vermuten, dass nach dem intervallartigen Training mit einer geringeren Menge an rekrutierten motorischen Einheiten und einer höheren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Erregung im Muskel eventuell eine bessere Leistung bewirkt wird. Diese Anpassung ist vermutlich hauptsächlich in den FT-Fasern erfolgt, da die Dauergruppe im zweiten Kanal in der MF keinen signifikanten Unterschied nach dem Training gezeigt hat. Die hier ermittelten Veränderungen sind jedoch wahrscheinlich nicht maßgeblich für den Leistungsanstieg im zweiten Wingate-Test, da die Zusammenhänge zwischen den veränderten Parametern und der Leistungsentwicklung nicht gegeben waren. Die Ergebnisse und Zusammenhänge, die hier aufgeführt sind, sind aufgrund der vielen nicht auswertbaren EMG-Daten von teilweise bis zu sieben Probanden infolge technischer Probleme nur begrenzt aussagekräftig. Eine neue Studie zeigt bei einem Stufentest auf dem Fahrrad, dass bei Handballern die mediane Frequenz im *m. vastus medialis* signifikant stärker gestiegen ist als bei Ausdauersportlern. Der *m. vastus lateralis* zeigt im Gegensatz dazu keine Unterschiede (128). Das weist darauf hin, dass sich Trainingseffekte im hochintensiven Leistungsbereich vielleicht eher über *m. vastus medialis* als über den *m. vastus lateralis* aufzeigen lassen könnten. Bei Einbezug des *m. vastus medialis* in die EMG-Aufnahmen könnten eventuell auch koordinative Effekte besser belegt werden. Hierüber kann diese Studie keine Aussagen machen.

11.1.4 Pufferkapazität

Ein anderer Faktor, der für die Erholungs- und maximale Leistungsfähigkeit limitierend sein könnte, ist die Pufferkapazität. Bishop (2008) zeigte in seinen Untersuchungen, dass hochintensives Intervalltraining bei Intensitäten von 80-90 % der VO_{2max} mit Pausenzeiten, die kürzer sind als die Arbeitszeiten, eine Steigerung in der Pufferkapazität bewirkt, die mit einer guten RSA im Zusammenhang stehen könnte (14). Auch in früheren Studien zeigten Bishop et al. nach einer Natrium-Bicarbonat ($NaHCO_3$)-Einnahme eine gesteigerte Leistung bei wiederholten kurzen Sprints. Die Autoren vermuten, dass die Leistungsverbesserung Resultat einer vergrößerten intrazellulären Pufferkonzentration ist (16).

Grundsätzlich konnte in der vorliegenden Studie jedoch bei beiden Gruppen nach dem Training kein signifikanter Unterschied in der Gesamtpuffermenge im Blut aufgezeigt werden. Wie schon in der Dauertestdiskussion dargestellt, deuten die Ergebnisse ebenfalls auf

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

keine Veränderungen in der Pufferkapazität nach dem intervallartigen Training hin. Die direkt nach den Wingate-Tests durchgeführten Blutanalysen untermauern diese Annahme, da es bei den Korrelationen von $[\text{Lak}_v]$ und $[\text{aBE}_{\text{OX}}]$ bei den Eingangs- und Ausgangs-Wingate-Tests keine Unterschiede in den Steigungen der Kurven gab (d.h. das Verhältnis zwischen ausgestoßenen H^+ -Ionen und puffernden Basen war ähnlich). Die während der Wingate-Tests aufgenommenen spirometrischen Messungen haben im ersten Wingate-Test bei der Intervallgruppe eine um vier Prozent und im zweiten Wingate-Test eine um dreizehn Prozent signifikant höhere VCO_2 ergeben. Die Korrelation der $[\text{Lak}_v]$ mit der mittleren Leistung durch die VCO_2 ergab jedoch keine signifikanten Unterschiede vom Ausgangstest zum Eingangstest und auch die Korrelation des RQ mit der nach den Wingate-Test maximalen $[\text{Lak}_a]$ zeigte keine Veränderungen auf. D.h. die vergrößerte VCO_2 kann nicht auf eine größere Gewebe- und Blutpufferung zurückgeführt werden.

Zusammenfassend hat es keine signifikanten Veränderungen in der Pufferung nach den beiden Trainingsmethoden gegeben.

11.1.5 Gesamthämoglobin

Eine Studie von McGawley und Bishop (2008) untersuchte den anaeroben und aeroben Anteil der Energiebereitstellung bei dem ersten und letzten Sprint von zwei aufeinanderfolgenden Sprintsets (Set: 5x6sekündige Sprints und 24 sek Pause). Dabei stellten sie fest, dass der aerobe Anteil der Energiebereitstellung beim letzten Sprint der Sets signifikant höher war als bei dem ersten Sprint (~12 % versus ~40 %). Da die Probanden bei ihrem letzten Sprint ihre $\text{VO}_{2\text{max}}$ erreichten, schlussfolgern sie, dass der aerobe Beitrag während der wiederholten Sprints durch die $\text{VO}_{2\text{max}}$ limitiert werden könnte und somit ein Anstieg in der $\text{VO}_{2\text{max}}$ eine Vergrößerung in der wiederholten Sprintfähigkeit (RSA) bewirkt. Zudem ermittelten sie eine Korrelation zwischen der RSA und der aeroben Fitness (122).

Diese Studie kann bei beiden Gruppen keine Korrelation zwischen der $\text{VO}_{2\text{max}}$ bzw. der $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ und der Erholungsfähigkeit im Ausgangstest aufzeigen. Schmidt et al. (1994) vermuten in ihrer Studie anhand einer Streuung im oberen Leistungsbereich der Korrelation von Leistungsniveau und Hämoglobinmenge, dass bis zu einem bestimmten Leistungsniveau die Hämoglobinmenge ein entscheidender Faktor ist, die maximale Leistungsfähigkeit jedoch noch von anderen Faktoren mitbestimmt wird (143). In der vorliegenden Studie konnten ebenso keine Zusammenhänge zwischen dem prozentualen Anstieg der $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ und der

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

maximalen und mittleren Leistungsverbesserung im ersten und zweiten Wingate-Test ermittelt werden, welches diese Hypothese untermauert.

Somit ist der in dieser Studie ermittelte Anstieg in der $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ bei den 30sekündigen maximalen Belastungen wahrscheinlich nicht ausschlaggebend für die starke Leistungsverbesserung der Intervallgruppe, zudem die Gruppen sich hierbei nicht signifikant unterscheiden. Bei McGawleys und Bishops (2008) Untersuchung muss sich die Leistungsverbesserung nicht unbedingt auf die $\text{VO}_{2\text{max}}$ beziehen. Es können andere limitierende Faktoren vorher weggefallen sein, die dann zu einer Erhöhung der VO_2 führten (z.B. kann durch eine größere Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität eine höhere VO_2 erreicht werden). Die höhere VO_2 nach dem intervallartigen Training im zweiten Wingate-Test zeigt jedoch einen erhöhten oxidativen Stoffwechsel. Die Ursache dafür muss aber nicht eine Steigerung in der $\text{VO}_{2\text{max}}$ sein, da die $\text{VO}_{2\text{max}}$ im zweiten Wingate-Test nicht erreicht wird. Zudem hat sich wahrscheinlich die $\text{VO}_{2\text{max}}$ nach dem dreiwöchigen Training nicht verändert, wie schon in der Diskussion zur Ausdauerkapazität aufgeführt wurde (siehe Punkt 8.1.3). Die Erhöhung in der VO_2 ist bei beiden Gruppen ungefähr mit dem Leistungsanstieg bei den maximalen Leistungen im zweiten Wingate-Test vergleichbar (VO_2 : IG 12 % $p < 0,005$; DG 3,5 % n.s.; Pow_{maxL} : IG 10 % $p < 0,001$; DG 3,5 n.s.). Somit kann ein Faktor für die verbesserte Erholungs- und Leistungsfähigkeit wahrscheinlich ein gesteigerter aerober Stoffwechsel beim zweiten Sprint sein. Da sich die Gruppen jedoch in der VO_2 im Ausgangstest bei dem zweiten Sprint nicht signifikant unterscheiden, ist der aerobe Stoffwechsel wahrscheinlich nicht alleine ausschlaggebend für die bessere Leistung der Intervallgruppe. Der aerobe Stoffwechsel ist jedoch entscheidend für die Kreatinphosphatresynthese, worauf im nächsten Abschnitt eingegangen wird.

11.1.6 Kreatinphosphatresynthese

Während kurzer und intensiver Belastung stellt die Resynthese von ATP über Kreatinphosphat eine wichtige Energiereserve dar. Bei einer maximalen Belastung von 15 Sekunden ist das Kreatinphosphat auf 30 % des Ruhenniveaus reduziert und nach 45 Sekunden Pause schon wieder auf 75 % angestiegen (173). In der der Belastung folgenden Erholungsphase wird das angehäuften Kreatin mit ATP wieder zu Kreatinphosphat resynthetisiert. Steht nur eingeschränkt Sauerstoff zur Verfügung, wird Kreatinphosphat langsamer wieder aufgebaut (79).

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Dass Dauertraining eine Steigerung in der Kreatinphosphatresynthese nach einer Belastung mit niedriger Intensität bewirkt, ist durch mehrere Studien bestätigt worden (14). Der Einfluss von Intervalltraining ist bisher nur wenig untersucht worden. Bishop et al. (2008) zeigten eine erhöhte VO_{2max} von bis zu 13 %, eine höhere Kreatinphosphatresynthese und eine gestiegene RSA nach einem fünfwöchigen hochintensiven Intervalltraining (3 mal die Woche; 6-12 2minütige Intervalle mit 1 min Pause bei ~ 100 % der VO_{2max}). Dabei wurde bei einem 45sekündigen konstanten Belastungstest bei 200 % der VO_{2max} die kurzfristige, d.h. die nach 60 Sekunden ermittelte, Kreatinphosphatresynthese signifikant erhöht (14; 15). Ein Faktor für die signifikante Leistungssteigerung in der Erholungsfähigkeit (RSA) nach dem intervallartigen Training könnte somit eine gesteigerte Kreatinphosphatresynthese darstellen. Diese Studie kann anhand der Spaltprodukte von Kreatinphosphat Rückschlüsse auf die Kreatinphosphatresynthese geben. Die Spaltprodukte haben einen hohen Anteil an der osmotischen Aktivität. Sie verlassen die Zelle in geringerem Maße als Laktat, sodass ein osmotischer Sog im Intrazellulärraum entsteht. Somit ist ein Indikator der Kreatinphosphatresynthese das Verhalten der Osmolalität im Blut nach einer Belastung (die aber auch die Laktatelimination aus der arbeitenden Muskulatur aufzeigt) (110). In dieser Studie ist nach beiden Trainingsmethoden die [Osm] und die [Lak] ca. 30 Sekunden nach dem ersten und zweiten Wingate-Test nicht signifikant verändert. Ebenso lassen sich keine Unterschiede im anorganischen Phosphat (PO_4) nach den Sprints erkennen. In der Nachphase nach den Wingate-Test stieg die [PO_4] in der Intervallgruppe weniger an, im Gegensatz zur Dauergruppe, wo sie signifikant stärker anstieg. Daraus kann eine größere Kreatinphosphatresynthese und/oder ein geringerer Verbrauch an Kreatinphosphat abgeleitet werden. Ein weiterer Faktor ist die VO_2 . Sie ist nach dem Training bei der Intervallgruppe während des zweiten Wingate-Tests um zwölf Prozent signifikant gestiegen im Gegensatz zur Dauergruppe, die hier nur einen tendenziellen Anstieg aufzeigte. Die vermehrte Sauerstoffaufnahme kann somit zu einem erhöhten aeroben Stoffwechsel und damit zu einer gesteigerten Kreatinphosphatresynthese geführt haben. Allerdings müsste dementsprechend die VO_2 während der Pause **vor** dem zweiten Sprint ebenso vergrößert sein, um im Vorfeld die Speicher wieder aufzubauen. Während dieser Zeit lässt sich jedoch nur bei der Dauergruppe eine erhöhte VO_2 ermitteln. Wahrscheinlich ist diese Zeit noch zu kurz, um hier schon Veränderungen zu messen, da es durch die Haltearbeit im Sitzen zu Zusatzeinflüssen auf die VO_2 kommt.

Zusammenfassend hat wahrscheinlich das intervallartige Training durch den stark erhöhten aeroben Stoffwechsel im Gegensatz zum Dauertraining zu einer Erhöhung in der Kreatinphosphatresynthese geführt. Diese beiden Anpassungen sind für die Steigerung der maximalen Leistung beim zweiten Wingate-Test mitverantwortlich. Da sich diese Anpassungen nicht in der Dauergruppe gezeigt haben, werden sie sich hauptsächlich auf die FT-Fasern beziehen.

11.2 Zusammenfassung der Diskussion

Bei den maximalen Leistungen ist das intervallartige Training im Vergleich zum Dauertraining signifikant besser geeignet die Erholungsfähigkeit zu steigern. Die mittlere Leistung wird nach beiden Trainingsmethoden verbessert. Die Sprintfähigkeit im ersten Wingate-Test wird durch beide Trainingsmethoden nur tendenziell verbessert. Für eine signifikante Verbesserung in der Sprintfähigkeit ist beim intervallartigen Training eine weitere Erhöhung der Anzahl der Intervalle und/oder eine Erhöhung der Intensität erforderlich.

Die Veränderungen in der Erholungsfähigkeit und der mittleren und maximalen Leistung des Wingate-Tests stehen nicht im Zusammenhang mit den Veränderungen der im Dauertest gemessenen Ausdauerkapazität. Es ist grundsätzlich anzunehmen, dass die Leistungsverbesserung im Wingate-Test durch andere Anpassungen im Organismus hervorgerufen wurde als die im Dauertest. Daher kann die mögliche Erhöhung in der Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität der Intervallgruppe nur ein Faktor für die bessere maximale Leistungsfähigkeit und die geringere Ermüdung sein. Die Ergebnisse des EMG lassen vermuten, dass nach dem intervallartigen Training durch eine höhere Ausbreitungsgeschwindigkeit der Erregung bei einer geringeren Menge an rekrutierten motorischen Einheiten eventuell eine bessere Leistung bewirkt wird. Die Dauergruppe zeigte nach dem Training eine höhere Anzahl an rekrutierten motorischen Einheiten und eine schnellere Ausbreitungsgeschwindigkeit der Erregung. Eventuell lassen sich hier eindeutige Trainingseffekte im hochintensiven Leistungsbereich über den *m. vastus medialis* als über den *m. vastus lateralis* aufzeigen.

Ein weiterer Faktor für die verbesserte Erholungs- und Leistungsfähigkeit ist wahrscheinlich ein gesteigerter aerober Stoffwechsel beim zweiten Sprint. Da sich die Gruppen in der VO_2 im Ausgangstest bei dem zweiten Sprint jedoch nicht signifikant unterscheiden, ist er nicht alleine ausschlaggebend für die bessere Leistung der Intervallgruppe. Das intervallartige

DISKUSSION ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT

Training führte wahrscheinlich durch den erhöhten aeroben Stoffwechsel zu einer gesteigerten Kreatinphosphatresynthese. Die Erhöhung in der VO_2 ist bei beiden Gruppen ungefähr mit dem Leistungsanstieg bei den maximalen Leistungen im zweiten Wingate-Test vergleichbar (VO_2 : IG 12 % $p < 0,005$; DG 3,5 % n.s.; $P_{ow_{maxL}}$: IG 10 % $p < 0,001$; DG 3,5 n.s.). Die genannten Veränderungen müssten bei der Intervallgruppe innerhalb der FT-Fasern lokalisiert sein, da hier – anders als bei Dauerbelastungen – vermehrt FT-Fasern rekrutiert werden (46; 85), die auch beim Sprint im Wingate-Test zum Einsatz kommen (1). Zudem haben die wechselnden Belastungsintensitäten des intervallartigen Trainings wahrscheinlich zu einer besseren Koordination geführt. Veränderungen in der Blutpufferung können ausgeschlossen werden, da das Verhältnis zwischen ausgestoßenen H^+ -Ionen und gepufferten Basen nach den beiden Trainingsmethoden ähnlich war. Da keine dieser Anpassungen direkt mit dem Leistungsanstieg korreliert, kann man nur vermuten, dass die Summe der Faktoren zu der verbesserten Leistung führte.

12 Allgemeine Veränderungen nach dem Training

12.1 Auswirkung auf das Substratgemisch bei der Energiebereitstellung

Eine weitere Fragestellung war, ob das unterschiedliche Training die Beteiligung der Substrate an der Energiebereitstellung bei gleicher relativer Dauerbelastung und nach der intensiven Belastung (Wingate-Test) verändert.

Zur indirekten Beurteilung der Substratbeteiligung bzw. der Energiebereitstellung wird oft die Laktatakkumulation im Blut herangezogen. Eine negative Korrelation zwischen der [Lak] und der Fettsäureoxidationsrate während einer Belastung zeigten z.B. Issekutz et al. (1975) und Achten und Jeukendrup (2004) (2; 81), wobei mit steigender Belastungsintensität und vermehrter Akkumulation von Laktat die Fettsäureoxidation abnimmt (2). Dieser Zusammenhang wird jedoch kontrovers diskutiert. So zeigte Trudeau (1999) nach einer direkten Zugabe von Laktat in das Bauchfettgewebe keine reduzierte Fettmobilisierung bei Belastung (162). Auch die Studien von Stache (2004) und Essen et al. (1977) konnten keinen Zusammenhang zwischen der deutlich höheren Laktatakkumulation in der Hauptphase der Intervall- im Vergleich zur Dauerbelastung und einer Verringerung im Fettstoffwechsel feststellen. Sie zeigten bei beiden Belastungen einen nahezu identischen respiratorischen Quotienten (RQ) und Verlauf der [FFS] (45; 154). Es ist weiterhin schwierig anhand der [Lak] eine präzise Aussage zur Beurteilung über die Substratbeteiligung zu machen, da eine niedrigere Konzentration nach dem Training sowohl aus einer reduzierten Produktion und/oder aus einer schnelleren Elimination entstanden sein kann (36).

Ein wichtiger indirekter Indikator für die Analyse des Verhältnisses von oxidativ abgebauten Fetten und Kohlehydraten ist der RQ. Er wird aus dem Verhältnis von V_{CO_2} und VO_2 bestimmt. Eine Hyperventilation jedoch beeinflusst den RQ (36). Sie wird an einem gesunkenen PCO_2 oder einem erhöhten $AAE_{V_{CO_2}}$ verdeutlicht. Es wird dann vermehrt CO_2 abgeatmet, welches nicht direkt aus dem oxidativen Stoffwechsel, sondern aus dem Gewebe kommt. Ebenso beeinflusst eine reduzierte Ventilation den RQ, da es verstärkt zu einer Speicherung von CO_2 im Gewebe kommt. Auf die Sauerstoffaufnahme hat die Ventilationsform keinen nennenswerten Einfluss, da Sauerstoff im Gewebe nicht gespeichert werden kann (36). Weitere Hinweise auf die Substratbeteiligung und die Energiebereitstellung geben die Messungen der freien Fettsäuren (FFS), der Triglyzeride (Tri) und des freien Glyzerins (fGly), die im venösen Blutplasma analysiert wurden.

ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING

Bei Betrachtung der einzelnen Belastungsintensitäten des Dauer- und des Wingate-Tests lassen sich während der sechsminütigen 30 % W_{\max} -Aufwärmphase des Dauertests - der niedrigsten Belastung - nach beiden Trainingsmethoden keine signifikanten Unterschiede in der Energiebereitstellung aufzeigen. Alle Parameter, die hier auf eine Veränderung hindeuten könnten (RQ, VCO_2 , VO_2 und Fettmetabolite), sind nicht signifikant unterschiedlich. Wahrscheinlich ist die Intensität von 30 % W_{\max} zu gering, um Veränderungen nachzuweisen, da der Anteil des Fettstoffwechsels bei so geringen Intensitäten sehr hoch ist.

Während der zehnmütigen Aufwärmphase des Wingate-Tests bei 50 % W_{\max} hat sich die Ventilation nach beiden Trainingsmethoden nicht signifikant verändert. Die Dauergruppe zeigt hier eine stärkere Reduktion im RQ als die Intervallgruppe. Dieses Ergebnis deutet auf einen erhöhten Fettstoffwechsel hin. Die nicht signifikanten Veränderungen in den Fettmetaboliten sind nur schwer interpretierbar, da sie abhängig von der Produktion, der Elimination und der Verteilung sind. Bei dieser niedrigen Belastung von 50 % W_{\max} ist der RQ der beste Indikator, da hier die Messungen vom Atemäquivalent (AAE_{VCO_2} : VE/VCO_2), der VE, des PCO_2 , und der Faktoren, die eine gesteigerte Pufferung aufzeigen, nach dem Training nicht signifikant unterschiedlich sind. Somit hat das Dauertraining wahrscheinlich durch die identische Belastungsintensität von 50 % W_{\max} eine Steigerung des Fettstoffwechsel innerhalb der ST-Fasern bewirkt. Auch Bergman et al. (1999) konnten in ihrer Studie bei steigendem Trainingszustand ein Absinken im RQ nachweisen (10). Da die Belastungsintensität des intervallartigen Trainings höher lag und hierbei die ST-Fasern nicht so stark involviert waren, zeigt die Intervallgruppe bei 50 % W_{\max} keine Veränderungen in der Energiebereitstellung.

Während der gesamten 80 % W_{\max} Phase ist der RQ bei beiden Gruppen nach dem Training gesenkt. Das intervallartige Training zeigt dabei eine signifikant stärkere Reduktion als das Dauertraining. Dies könnte ein Zeichen für einen gesteigerten Fettstoffwechsel nach dem intervallartigen Training sein. Jedoch ist die Ventilation bei dem Zeitpunkt 'Vergl Abbr' und somit während der letzten Minuten der 80 % W_{\max} -Phase nach dem intervallartigen Training ebenso signifikant reduziert und beeinflusst damit den RQ. Das AAE_{VCO_2} zeigt bei beiden Gruppen eine Hyperventilation in der 80 % W_{\max} -Phase auf, die nach dem Training sinkt. Die Abatmung von CO_2 wird zum großen Teil durch die VE beeinflusst, da hier keine Pufferungs- oder Produktionseinflüsse vorhanden sind (siehe Anhang). Eine Abschätzung, wieviel CO_2 weniger abgeatmet wird (AAE_{VCO_2} 80 % W_{\max} - AAE_{VCO_2} 50 % W_{\max})/(VE 80 % W_{\max} - VE 50 % W_{\max}), ergibt eine Differenz in der VCO_2 vom Eingangs- zum Ausgangstest von 0,02

ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING

$l \cdot \text{min}^{-1}$ bei der Intervallgruppe und von $0,0001 l \cdot \text{min}^{-1}$ bei der Dauergruppe. Die Senkung des dann korrigiertem RQs ist bei der Intervallgruppe doppelt so hoch wie bei der Dauergruppe, welches die Messung des ursprünglich ermittelten RQs unterstützt. Die Messungen der VO_2 während der gesamten $80 \% W_{\text{max}}$ -Phase nach beiden Trainingsmethoden sind nicht signifikant verändert. Die im Blut gemessenen Fette zeigen nach dem Dauertraining keine signifikanten Veränderungen. Die [FFS] und die [fGly] sind nach dem intervallartigen Training sogar signifikant niedriger. Das intervallartige Training hat jedoch eine geringere sympathische Aktivität als Anpassung auf die Belastungsintensität bewirkt, welches durch die signifikant niedrigere Herzfrequenz während der $80 \% W_{\text{max}}$ -Phase verdeutlicht wird. Diese Reduktion der Sympathikusaktivität wirkt sich durch eine erhöhte Leberdurchblutung auf die Elimination des fGly aus (92). Das deutet darauf hin, dass es wahrscheinlich bei der Intervallgruppe ebenso wie bei der Dauergruppe während der intensiven Belastungsphase eine Steigerung des Fettstoffwechsels gegeben hat.

Während der Nachphase des Dauertests ist der RQ immer noch bei beiden Gruppen signifikant niedriger, wobei die Reduktion bei der Intervallgruppe wieder signifikant stärker ausgeprägt ist als bei der Dauergruppe. Dies ist verstärkt am Anfang der Nachphase zu beobachten und nach den ersten anderthalb Minuten des Abbruchs des Dauertests, in denen der RQ rapide fällt und die VE und der VCO_2 keine signifikanten Veränderungen zwischen den Trainingsgruppen zeigen. Der Hyperventilationseffekt, der durch das $\text{AAE}_{\text{VCO}_2}$ gezeigt wird, ist ebenfalls vergleichbar.

In den ersten anderthalb Minuten nach Abbruch der Belastung laufen mehrere Prozesse ab die die VE, VO_2 und VCO_2 stark reduzieren und damit auch den RQ beeinflussen. Die danach nicht signifikant veränderte VO_2 und das fast unveränderte $\text{AAE}_{\text{VCO}_2}$ zeigen jedoch bei beiden Gruppen auf, dass die Messungen des RQ verlässlich sind. Die Messungen des RQ in der hohen Belastungsphase des Dauertests und der folgenden Nachphase werden untermauert, wenn die Ergebnisse der VO_2 und der VCO_2 während des Ausgangstests isoliert betrachtet werden. Beide Gruppen zeigen eine Steigerung der VO_2 bis zur fünften Minute bei $80 \% W_{\text{max}}$, während die VCO_2 nach drei Minuten bereits abfällt. Auch während der Nachphase fällt die VCO_2 schneller als die VO_2 . Es ist unwahrscheinlich, dass CO_2 am Ende der $80 \% W_{\text{max}}$ -Phase oder der Nachphase im Körper gespeichert wurde, da hier bei beiden die [HCO₃] Gruppen nicht signifikant verändert und die Osmolalität sogar reduziert ist beziehungsweise in der Nachphase die [HCO₃] nicht signifikant unterschiedlich ist. Eine Speicherung von CO_2 findet wahrscheinlich am Anfang der intensiven Phase statt (113). Zu dieser Zeit wird viel

ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING

Kreatinphosphat gespalten, um schnellstmöglich Energie für die gesteigerte Arbeitsintensität zur Verfügung zu stellen. Dabei werden Protonen verbraucht, was zu einer Alkalisierung und zu einer erhöhten Bicarbonatkonzentration im Muskel führt. Die Speicherung von CO₂ kann man in der ersten Minute der 80 % W_{max}-Phase beobachten, in der der RQ noch auf dem Niveau der vorangegangenen niedrigeren Belastungsphase bleibt. Durch den zu Anfang erhöhten anaeroben Stoffwechsel kommt es zu einer verstärkten CO₂- Abatmung und dadurch bis zur fünften Minute bei 80 % W_{max} zu einem stark erhöhten RQ, der höher liegt als in den folgenden Minuten. Die CO₂ Abatmung wird im Verlauf der hohen Belastungsphase immer geringer, da dann der aerobe Stoffwechsel wieder überhand nimmt.

Die Messungen der Fettmetabolite während der Nachphase nach Abbruch der Dauerbelastung haben bei beiden Gruppen vor und nach dem Training einen Anstieg der [FFS] über das Ruhenniveau gezeigt. Dieser Effekt könnte durch ein Auswaschen der FFS aus dem subkutanen Fettgewebe in das Blut und zusätzlich aus dem rapide sinkenden Bedarf in der Muskelzelle resultieren, da der Blutfluss nach der Belastung steigt (66). Während der Nachphase ist die [FFS] in der Dauergruppe nach dem Training tendenziell höher und in der Intervallgruppe zusammen mit einer tendenziell gesteigerten [fGly] in beiden Gruppen fast unverändert. Aufgrund des erhöhten Fettstoffwechsels während der Belastung nach dem intervallartigen Training und der niedrigeren Sympathikusaktivität, die sich auch in der Nachphase über die Herzfrequenz zeigt, ist es dennoch wahrscheinlich, dass dem signifikant reduzierten RQ eine stärker aktivierte Fettoxidation als nach dem Dauertraining zugrunde liegt, obwohl sich das in den Veränderungen in der [FFS] im Blut nicht zeigt, da sich die beiden Prozesse im Bezug auf die [FFS] aufheben können.

Eine weitere Möglichkeit ist ein gesteigerter Verbrauch an intrazellulären Triglyzeriden nach dem intervallartigen Training. Der Verbrauch von Plasmatriglyzeriden wird im Vergleich zu anderen vorhandenen Substanzen während der Belastung als niedrig angesehen (72; 163). Intramuskuläre Triglyzeride als lokale Fettspeicher haben auf der anderen Seite während moderater Belastungen einen hohen Anteil des gesamten Fettstoffwechsels (45). Sie werden aber auch bei höheren Intensitäten verstoffwechselt, wie Essen-Gustavsson et al. (1990) anhand von hochintensiven Intervallen zeigten. Der Gebrauch von intramuskulären Triglyzeriden während einer Belastung ist daher im Wesentlichen von deren Verfügbarkeit abhängig (49). In einer weiteren Studie zeigten Essen et al., dass grundsätzlich bei einer dieser Studie vergleichbaren Dauerbelastung (60 min 55 % VO_{2max}) zu ca. 35 % mehr intramuskuläre Triglyzeride verstoffwechselt werden als bei der Intervallbelastung (15 sek

ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING

Arbeit/15 sek Pause) mit ähnlichem Gesamtenergieumsatz (47). Das könnte durch die unterschiedliche Rekrutierung verschiedener Muskelfasern zu erklären sein. FT-Fasern haben einen zweifach niedrigeren Triglyzeridgehalt als ST-Fasern (48).

Dass hochintensives Training den Fettstoffwechsel begünstigen kann, belegt z.B. eine Studie von Talanian et al. (2007). Die Autoren zeigten nach sieben hochintensiven Intervalltrainingseinheiten (4 min bei 90 % VO_{2max} und 2 min Pause) bei Frauen anhand eines 60minütigen Dauertests bei 60 % VO_{2max} einen Anstieg der gesamten Fettoxidation von 36 % (159). Daraus könnte man schlussfolgern, dass intervallartiges Training eventuell eine höhere Speicherung der intramuskulären Triglyzeride innerhalb der Muskelzelle bewirkt als Dauertraining. Dies könnte wiederum hauptsächlich eine Anpassung in den FT-Fasern darstellen, da es bei Dauerbelastungen zu einer erhöhten Rekrutierung von roten Muskelfasern kommt, die von vornherein einen höheren Triglyzeridgehalt haben.

Die gesamte Nachphase des Wingate-Tests nach den beiden Sprintbelastungen hat keine signifikanten Veränderungen im RQ, VO_2 , VCO_2 und der VE aufgezeigt. Nur der PCO_2 ist nach dem Dauertraining signifikant reduziert. Der gesamte Energiestoffwechsel sinkt nach der hohen Belastung rapide. Die folgenden Veränderungen in den spirometrischen Werten werden dann von Hyperventilations- und Pufferungseffekten überlagert und sind daher nur schwer interpretierbar.

Die Messungen der Fettmetabolite zeigen im Eingangstest nach diesen hohen Belastungen grundsätzlich eine gesteigerte Lipolyse auf. Nach dem Training ist diese bei der Intervallgruppe noch stärker aktiviert als nach dem Dauertraining, was durch den Anstieg in der [fGly] erkennbar ist. Eine erhöhte Lipolyse wird durch eine gesteigerte [fGly] im Blut aufgezeigt (140). Auch die Sympathikusaktivität, die sich auf die Eliminierung des fGly auswirkt, hat sich nach den Wingate-Tests nach beiden Trainingsmethoden nicht verändert. Weiterhin zeigen die Messungen der [FFS] ein signifikant gegensätzliches Verhalten nach den beiden Trainingmethoden (IG gesenkt; DG gestiegen). Das lässt vermuten, dass die Dauergruppe nach den Sprints einen weniger stark aktivierten Fettstoffwechsel hat. Die Intervallgruppe zeigt dagegen eine gesteigerte Nutzung der Fettsäuren auf. Diese beiden Ergebnisse lassen sich jedoch nicht über den RQ aufzeigen. Dass es nach Intervallbelastungen zu einer Erhöhung im Fettstoffwechsel kommt, haben Kiens und Richter (1998) schon gezeigt. Sie leiten aus der erhöhten FFS-Oxidation eine erhöhte Energiebereitstellung ab, während die im Muskel aufgenommene Glukose zur Glykogenspeicherung genutzt wird (91).

ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING

Zusammenfassend konnten keine Veränderungen bei 30 % W_{\max} ermittelt werden. Bei 50 % W_{\max} zeigt die Dauergruppe im Gegensatz zur Intervallgruppe einen erhöhten Fettstoffwechsel, welches auf die gleiche Trainingsintensität zurückzuführen ist.

Bei 80 % W_{\max} zeigen beide Gruppen einen ähnlich gesteigerten Fettstoffwechsel nach dem Training. Das gilt auch für die folgende Nachphase, wobei die Intervallgruppe hier die stärkere Aktivierung zeigt. Eventuell ist auch eine erhöhte Verstoffwechslung von intramuskulären Triglyzeriden innerhalb der FT-Fasern nach dem intervallartigen Training vorhanden. Um hier genauere Aussagen treffen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen.

Die Nachphase nach den maximalen Belastungen der Wingate-Tests zeigt anhand der spirometrischen Messungen bei beiden Gruppen nach dem Training keine Veränderungen in der Substratbeteiligung im Energiestoffwechsel auf. Die Fettmetabolite zeigen jedoch bei der Dauergruppe nach den Sprints einen weniger stark aktivierten Fettstoffwechsel. Die Intervallgruppe zeigt dagegen eine gesteigerte Nutzung der Fettsäuren auf.

Ob diese Veränderungen einen maßgeblichen Einfluss auf die starken Leistungsverbesserungen der Intervallgruppe gehabt haben, ist fraglich. Es wird von einigen Autoren ein Zusammenhang zwischen einer erhöhten Fettoxidation und einer besseren Ausdauerleistung durch einen geringeren Abbau des Kohlenhydratspeichers aufgezeigt (96). Der dahinter stehende Mechanismus ist jedoch nicht bekannt (41).

12.2 Auswirkung auf freie Radikale

Eine mögliche Ursache für die ermittelten Leistungsverbesserungen im Dauer- und Wingate-Test kann zusätzlich eine stärker verminderte Bildung oder bessere Abpufferung von freien Radikalen nach dem intervallartigen Training sein. Freie Radikale entstehen u.a. bei der Zellatmung in den Mitochondrien und führen zu oxidativem Stress (101). Bei submaximalen Belastungen ist daher bekannt, dass die vergrößerte Sauerstoffaufnahme zu einem Anstieg der freien Radikalen führt (65). Es gibt jedoch noch weitere Faktoren, die auch bei intensiven Belastungen zur Bildung von freien Radikalen führen. Ein bekannter Faktor ist die Xanthin Oxidase Aktivierung. Intensive Belastungen führen zu einem Sauerstoffmangel im Muskel, welches dem Ischämie-Reperfusion Syndrom gleicht. Bei diesem Syndrom kann ebenso eine starke Aktivierung der Xanthine Oxidase beobachtet werden (65). Diese Theorie wurde bei Groussard et al. (2003) anhand eines Wingate-Tests bestätigt. Die kurze Sprintbelastung führte hier zu einem signifikanten Anstieg der freien Radikale (65). Powers et al. (1999)

ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING

zeigten an Ratten, dass intensives Training sogar stärker zu einer Freisetzung von antioxidativen Enzymen wie superoxide Dismutase (SOD) und glutathione Peroxidase (GPX) führt als Dauertraining (136).

Der Versuch, durch einen ständigen Wechsel von hohem und niedrigem O₂-Gehalt in der Muskulatur vermehrt freie Radikale zu bilden, wurde auch in einer Studie von Schomburg (2008) durchgeführt. In einem Ischämie-Reperfusion-Versuch wurde an jedem von 10 Tagen für 60 Minuten mit Hilfe einer Blutdruckmanschette im fünfminütigen Wechsel die Durchblutung im Unterarm unterbrochen. Anhand des Anstiegs der Plasma Malondialdehyde (MDA) während des Versuchs wurde ein Anstieg der freien Radikale aufgezeigt. Dieses ‚Training‘ führte wahrscheinlich zu einer Verringerung oder zu einer besseren Abpufferung der freien Radikalen, die in einer signifikanten Verbesserung der Ausdauerleistungszeit resultierte, ohne dass es zu Modifikationen in der Energieversorgung kam (150). Eine Studie von Leo et al. (2008) konnte nach einer Einnahme von Antioxidantien Veränderungen in der Energieversorgung ermitteln. Sie zeigten eine gesteigerte Ca⁺⁺-Aufnahme im Mitochondrium und eine erhöhte Ca⁺⁺-Freilassung aus dem endoplasmatischen Retikulum. Dieser Anstieg des Ca⁺⁺ führte zu einer Aktivierung des Krebszyklus und somit zu einer gesteigerten aeroben Energiebereitstellung (101).

Das in dieser Studie durchgeführte intervallartige Training führt ebenso wie bei einer Ischämie-Reperfusion zu einem ständigen Wechsel von einem niedrigen zu einem hohen PO₂. Auch Christmass et al. (1999) konnten in ihrer Studie zeigen, dass die Oxigenierung des Muskels (HbO₂) bei Intervallbelastung je nach Belastungsintensität schwankt (26). Daher lässt sich annehmen, dass es auch bei dieser Belastung zu einer vermehrten Bildung von freien Radikalen kommt. Dieser oxidative Stress wirkt sich weiterhin negativ auf die Na⁺-K⁺-Pumpe im Muskel und damit auf die Muskelermüdung aus (89). Eine Studie von McKenna et al. (2006) ermittelte nach einer Infusion von Antioxidantien (N Acetylcesteine) eine Verbesserung der Ausdauerleistung (45 min bei 71 % VO_{2max}, danach bei 91 % VO_{2max} bis zur Erschöpfung) über eine verbesserte K⁺-Regulation (125). Dementsprechend könnte ein erhöhtes antioxidatives Potential der muskulären Ermüdung entgegenwirken und über einen Anstieg im Ca⁺⁺ die aerobe Energiebereitstellung verbessern.

Zusammenfassend kann daher vermutet werden, dass intervallartiges Training entweder zu einer verringerten Entstehung von oder einem verbesserten Schutz vor freien Radikalen führt. Muskelfasern mit einem hohen oxidativem Potential (ST-Fasern) besitzen eine größere antioxidative Kapazität als Fasern mit einem geringeren oxidativem Potential (FT-Fasern)

ALLGEMEINE VERÄNDERUNGEN NACH DEM TRAINING

(136). Durch die stärkere Beanspruchung der FT-Fasern beim intervallartigen Training kommt es hier wahrscheinlich zu einer höheren Produktion von freien Radikalen und dann zu einer vergrößerten antioxidativen Kapazität. Diese vergrößerte antioxidative Kapazität könnte Ursache für die im Dauertest ermittelte reduzierte Hyperkalemie (niedrigere $[K^+]$) und dem im zweiten Wingate-Test gesteigerten aeroben Stoffwechsel sein. Diese Anpassungen würden in einer verbesserten Erholungs- und Ausdauerfähigkeit resultieren.

13 Anwendungsbereiche für intervallartiges Training

Diese Arbeit zeigt auf, dass intervallartiges Training gleichzeitig die Ausdauerleistungsfähigkeit, die Erholungsfähigkeit und den Fettstoffwechsel steigert und damit effizienter als das herkömmlichen Ausdauertraining eingesetzt werden kann. Aufgrund dieser Ergebnisse kann diese Trainingsform ebenso im Gesundheits- wie auch im Freizeit- und Leistungssport sehr effizient eingesetzt werden, besonders bei Sportarten, in denen oft hochintensive Belastungen mit kurzen Pausen wechseln wie z.B. beim Handball, Basketball, Fußball und Wasserball. Die Ergebnisse lassen sich aber auch gut auf Ausdauersportler übertragen, da auch Hochausdauertrainierte ihre Arbeitszeit bei 80 % W_{\max} nach dem Training verlängert haben.

Im Bereich der Präventivmedizin verweisen Hamilton et. al (2004) z.B. darauf, dass hochintensives Training, das speziell die FT-Fasern anspricht, besser als mittelintensives Dauertraining zur Vorbeugung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Risikofaktoren wie Bluthochdruck und Diabetes mellitus eingesetzt werden kann (68). Weiter untersuchte eine Studie von Myers et al. (2002) den Einfluss der körperlichen maximalen Leistungsfähigkeit (gemessen in einem Stufentest) auf die Sterblichkeit bei gesunden und bei Herz-Kreislauf erkrankten Männern. Sie stellten fest, dass die maximale Leistungsfähigkeit mit der Lebensdauer korreliert und sie ein wichtigerer Faktor in der Vorhersage der Sterblichkeit bei Männern als andere etablierte Risikofaktoren, wie z.B. Bluthochdruck, für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, ist (130). Dass Intervalltraining und ebenso intervallartiges Training die maximale Leistungsfähigkeit im Stufentest steigert, ist in Studien belegt worden (107; 139; 155).

Im Rehabilitationsport, z.B. bei Herz-Kreislauf-Patienten, kann es ebenso seine Anwendung finden. Wissloff et al. (2007) z.B. verglichen den Einfluss von Dauertraining (bei 70 % Hf_{\max}) und den von Intervalltraining (bei 95 % Hf_{\max}) an Herzinfarkt-Patienten. Auch hier hat das Intervalltraining bessere Ergebnisse erzielt und die Autoren schlussfolgern, dass die Trainingsintensität ein wichtiger Faktor für die Erhöhung der aeroben Kapazität, der endothelialen Funktion und der Lebensqualität bei Patienten mit Herzinfarkt ist (172).

Bei stärkerer Reduzierung von oxidativen Stress könnte das intervallartige Training in der Therapie von neurodegenerativen Krankheiten, wie z.B. Parkinson-, Huntington- und Alzheimer-Erkrankungen, eingesetzt werden, die alle in Verbindung mit durch oxidative Schädigung hervorgerufene mitochondrialer Dysfunktion gebracht werden (101). Hier

ANWENDUNGSBEREICHE FÜR INTERVALLARTIGES TRAINING

müssten jedoch noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass ein gewisses Maß an oxidativen Stress wichtig ist, um überhaupt Anpassungen im Körper hervorzurufen, worauf die unter Punkt 12.2 aufgeführten Studien hindeuten.

14 Ausblick

Diese Arbeit hat gezeigt, dass die Leistungssteigerungen in der Ausdauerkapazität und im doppelten Wingate-Test nicht von einzelnen Faktoren bestimmt werden. Vielmehr scheint es ein Zusammenspiel von einer guten Koordination, einer optimalen Energiebereitstellung und einer bestmöglichen Voraussetzung für die Erregungsbildung zu sein, die beim intervallartigen Training zu den besseren Leistungen geführt hat.

Weitere Fragen, die in diesem Rahmen aufgeworfen wurden, sollten in nachfolgenden Studien geklärt werden:

1. Wird die Ausdauerkapazität ebenso gesteigert, wenn die Anzahl der Intervalle und/oder die Intensität des intervallartigen Trainings reduziert werden?
2. Wie lange ist das intervallartige Training dem Dauertraining überlegen, d.h. ist es sinnvoll diese Trainingsform über einen längeren Zeitraum weiterzuführen?
3. Steht die gesteigerte Na^+/K^+ -ATPase-Aktivität im Zusammenhang mit der Verbesserung in der Ausdauerkapazität? Führt das intervallartige Training bei 50 % W_{\max} und 80 % W_{\max} zu einer verringerten Innervation? Hier sollten das EMG und die M-Welle in kleineren Muskelgruppen betrachtet werden. Zusätzlich scheinen auch Muskelbiopsien sinnvoll.
4. Zeigt der *m. vastus medialis* im EMG nach dem intervallartigen Training deutlichere Trainingseffekte auf?
5. Führt das intervallartige Training zu einer Reduktion von oxidativem Stress?

15 Literatur

1. **Abernethy PJ, Thayer R and Taylor AW.** Acute and chronic responses of skeletal muscle to endurance and sprint exercise. A review. *Sports Med* 10: 365-389, 1990.
2. **Achten J and Jeukendrup AE.** Relation between plasma lactate concentration and fat oxidation rates over a wide range of exercise intensities. *Int J Sports Med* 25: 32-37, 2004.
3. **Amann M, Hopkins WG and Marcora SM.** Similar sensitivity of time to exhaustion and time-trial time to changes in endurance. *Med Sci Sports Exerc* 40: 574-578, 2008.
4. **Amann M, Proctor LT, Sebranek JJ, Pegelow DF and Dempsey JA.** Opioid-mediated muscle afferents inhibit central motor drive and limit peripheral muscle fatigue development in humans. *J Physiol* 2008.
5. **Andersen JL.** Muscle fibre type adaptation in the elderly human muscle. *Scand J Med Sci Sports* 13: 40-47, 2003.
6. **Balog E.M. and Fitts RH.** Effects of depolarization and low intracellular pH on charge movement currents of frog. *J Appl Physiol* 90: 228-234, 2001.
7. **Bangsbo J, Madson K, Kiens B and Richter EA.** Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. *J Physiol* 495: 587-596, 1996.
8. **Becker D.** *Die Wirkung eines hochintensiven intervallartigen Trainings mit steigender Belastungsintensität bei unveränderter Gesamtarbeit auf Ausdauer-, Sprint- und Regenerationsfähigkeit* (Examensarbeit). Leibniz Universität Hannover, 2006.

LITERATUR

9. **Beneke R, Pollmann C, Bleif I, Leithauser RM and Hutler M.** How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *Eur J Appl Physiol* 87: 388-392, 2002.
10. **Bergman BC, Butterfield GE, Wolfel EE, Casazza GA, Lopaschuk GD and Brooks GA.** Evaluation of exercise and training on muscle lipid metabolism. *Am J Physiol* 276: 106-117, 1999.
11. **Bigland-Ritchie B, Donovan EF and Roussos CS.** Conduction velocity and EMG power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts. *J Appl Physiol: resp, environ exerc physiol* 51: 1300-1305, 1981.
12. **Bigland-Ritchie B, Johansson R, Lippold OC, Smith S and Woods JJ.** Changes in motoneurone firing rates during sustained maximal voluntary contractions. *J Physiol* 340: 335-346, 1983.
13. **Billaut F, Basset FA, Giacomoni M, Lemaitre F, Tricot V and Falgairette G.** Effect of high intensity intermittent cycling sprint on neuromuscular activity. *Int J Sports Med* 27: 25-30, 2006.
14. **Bishop D.** Improving Repeated-Sprint Ability. *Coaching & Sport Sci J* 3,2 (4), 4. 2008. Ref Type: Abstract
15. **Bishop D. and Edge H.** Interval training improves brief but not prolonged PCr resynthesis & RSA. *Coaching & Sport Sci J* 3,2 (4), 18. 2008. Ref Type: Abstract
16. **Bishop D, Edge J, Davis C and Goodman C.** Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc* 36: 807-813, 2004.
17. **Böning D, Cristancho E, Serrato M, Reyes O, Mora M, Coy L and Rojas J.** Hemoglobin mass and peak oxygen uptake in untrained and trained female altitude residents. *Int J Sports Med* 25: 1-8, 2004.

LITERATUR

18. **Böning D and Maassen M.** Milchsäure und Säuren-Basen-Gleichgewicht. *Dtsch Z Sportmed* 59: 287-296, 2008.
19. **Brauer BM and Gottschalk K.** *Sportmedizin von A bis Z.* Leipzig, Berlin, Heidelberg: Barth Verlagsgesellschaft , 1992.
20. **Breuer H, Büttner H and Stamm D.** *Klinische Chemie in Einzeldarstellungen - Säure-Basen-Haushalt und Blutgase.* Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 1982.
21. **Burgomaster K, Cermak NM, Phillips SM, Benton CR, Bonen A and Gibala MJ.** Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* ahead of print: 2007.
22. **Burgomaster K, Heigenhauser GJ and Gibala MJ.** Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time trial performance. *J Appl Physiol* 100: 2041-2047, 2006.
23. **Burgomaster K, Huges SC, Heigenhauser GJF, Bradwell SN and Gibala MJ.** Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol* 98: 1985-1990, 2005.
24. **Burnley M and Jones AM.** Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *Eur J Sports Sci* 7: 63-79, 2007.
25. **Busse MW, Maassen N and Böning D.** Die Leistungslaktatkurve - Kriterium der aeroben Kapazität oder Indiz für das Muskelglycogen? In: *Sportmedizin-Kursbestimmung*, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer, 1987, p. 455-467.

LITERATUR

26. **Christmass MA, Dawson B, Passeretto P and Arthur PG.** A comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained continuous and intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80: 423-435, 1999.
27. **Chudalla R, Bearwalde S, Schneider G and Maassen N.** Local and systemic effects on blood lactate concentration during exercise with small and large muscle groups. *Pflugers Arch* 452: 690-697, 2006.
28. **Clausen T.** Na⁺-K⁺ pump regulation and skeletal muscle contractility. *Physiol Rev* 83: 1269-1324, 2003.
29. **Coggan AR, Raguso CA, Gastaldelli A, Sidossis LS and Yeckel CW.** Fat metabolism during high-intensity exercise in endurance trained men. *Metabolism* 49: 122-128, 2000.
30. **Costill DL, Branam G, Fink WJ and Nelson R.** Exercise induced sodium conservation: changes in plasma renin and aldosterone. *Med Sci Sports* 8: 213, 1976.
31. **Costill DL, Thomason H and Roberts E.** Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports* 5: 248-252, 1973.
32. **Coyle EF, Hopper MK and COGGAN AR.** Maximal oxygen uptake relative to plasma volume expansion. *Int J Sports Med* 11: 116-119, 1990.
33. **Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers AJ and Saris WH.** Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *Am J Physiol* 273: E268-E275, 1997.
34. **Creer AR, Ricard MD, Conlee RK, Hoyt GL and Parcell AC.** Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. *Int J Sports Med* 25: 92-98, 2004.

LITERATUR

35. **Davies K, Packer AL and Brooks GA.** Biochemical adaptation of mitochondria, muscle and whole animal respiration to endurance training. *Arch Biochem Biophys* 209: 538-553, 1981.
36. **de Marées H.** *Sportphysiologie*. Köln: Sportverlag Strauß, 2002.
37. **Denadai BS, Ortiz MJ, Greco CC and de Mello MT.** Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO₂ max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 31: 737-743, 2006.
38. **Donovan CM and Brooks GA.** Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol* 244: E83-E92, 1983.
39. **Dudley GA, Abraham WM and Terjung RL.** Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *J Appl Physiol: Respirat Environ Exerc Physiol* 53: 844-850, 1982.
40. **Duffield R, Edge J and Bishop D.** Effects of high-intensity interval training on the VO₂ response during severe exercise. *J Sci Med Sport* 9: 249-255, 2006.
41. **Duhamel TA, Green HJ, Stewart RD, Foley KP, Smith IC and Ouyang J.** Muscle metabolic, SR Ca⁽²⁺⁾-cycling responses to prolonged cycling, with and without glucose supplementation. *J Appl Physiol* 103: 1986-1998, 2007.
42. **Edge J, Bishop D, Goodman C and Dawson B.** Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc* 37: 1975-1982, 2005.
43. **Esfarjani F and Laursen PB.** Manipulating high-intensity interval training: effects on VO_{2max}, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport* 10: 27-35, 2007.

LITERATUR

44. **Esposito F, CŠ E, Gobbo M, Veicsteinas A and Orizio C.** Surface EMG and mechanomyogram disclose isokinetic training effects on quadriceps muscle in elderly people. *Eur J Appl Physiol* 94: 549-557, 2005.
45. **Essen B.** Intramuscular substrate utilization during prolonged exercise. *Ann N Y Acad Sci* 301: 30-44, 1977.
46. **Essen B.** Glycogen depletion of different fibre types in human skeletal muscle during intermittent and continuous exercise. *Acta Physiol Scand* 103: 446-455, 1978.
47. **Essen B, Hagenfeldt L and Kaijser L.** Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *J Physiol* 265: 489-506, 1977.
48. **Essen B and Kaijser L.** Regulation of Glycolysis in intermittent exercise in man. *J Physiol* 281: 499-511, 1978.
49. **Essen-Gustavsson B and Tesch PA.** Glycogen and triglyceride utilization in relation to muscle metabolic characteristics in men performing heavy-resistance exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 61: 5-10, 1990.
50. **Everts ME and Clausen T.** Activation of the Na⁺/K⁺-pump by intracellular in Na⁺ in rat slow- and fast-twitch muscle. *Acta Physiol Scand* 45: 353-362, 1992.
51. **Ferrauti A.** Aspekte des Ausdauertrainings in Sportspielen. dvs-Symposium "Ausdauer & Ausdauertraining "TU-München" Sektion Trainingswissenschaft; AK6: Spielsportarten/Psychologie; Abstractband, 64. 19-6-2003. Ref Type: Abstract
52. **Fielding RA, Costill DL, Fink WF, King G, Kovaleski JE and Kirwan JP.** Effects of pre-exercise carbohydrate feedings on muscle glycogen use during exercise in well-trained runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 56: 225-229, 1987.

LITERATUR

53. **Fitts RH.** Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev* 74: 49-94, 1994.
54. **Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilking GP, Burgomaster K, Safdar A, Raha S and Tarnopolsky MA.** Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 575: 901-911, 2006.
55. **Gibala MJ, MacDougall JD and Sale DG.** The effects of tapering on strength performance in trained athletes. *Int J Sports Med* 15: 492-497, 1994.
56. **Girard O, Micallef JP, Noual J and Millet GgP.** Alteration of neuromuscular function in squash. *J Sci Med Sports / Sports Med Austr* 2009.
57. **Gollnick PD.** Peripheral factors as limitations to exercise capacity. *Can J Appl Sport Sci* 7: 14-21, 1982.
58. **Gollnick PD, Armstrong RB, Saltin B, Saubert CW, Sembrowich WL and Shepherd RE.** Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 34: 107-111, 1973.
59. **Gollnick PD, Phiel K and Saltin B.** Selective glykogen depletion pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. *J Physiol* 241: 45-57, 1974.
60. **Gollnick PD and Saltin B.** Significance of skeletal oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clin Physiol* 2: 1-12, 1982.
61. **Gore CJ and Withers RT.** The effect of exercise intensity and duration on the oxygen deficit and excess post-exercise oxygen consumption. *Eur J Appl Physiol* 60: 169-174, 1990.

LITERATUR

62. **Gosselin N, Lambert K, Poulain M, Martin A, Prefaut C and Varray A.** Endurance training improves skeletal muscle electrical activity in active COPD patients. *Muscle & Nerve* 28: 744-753, 2003.
63. **Green HJ, Ball-Burnett M, Chin ER, Dux L and Pette D.** Time-dependent increases in Na⁺/K⁺-ATPase content of low-frequency-stimulated rabbit muscle. *FEBS Lett* 310: 129-131, 1992.
64. **Green HJ, Thomson JA, Ball ME, Hughson RL, Houston ME and Sharratt MT.** Alterations in blood volume following short-term supramaximal exercise. *J Appl Physiol* 56: 145-149, 1984.
65. **Groussard C, Rannou-Bekono F, Machefer G, Chevanne M, Vincent S, Sergent O, Cillard J and Gratas-Delamarche A.** Changes in blood lipid peroxidation markers and antioxidants after a single sprint anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol* 89: 14-20, 2003.
66. **Hagenfeldt L and Wahren J.** Turnover of free fatty acids during recovery from exercise. *J Appl Physiol* 39: 247-250, 1975.
67. **Hamada T, Sale DG, MacDougall JD and Tarnopolsky MA.** Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiol Scand* 178: 165-173, 2003.
68. **Hamilton MT, Hamilton DG and Zderic TW.** Exercise Physiology versus Inactivity Physiology: An Essential Concept for Understanding Lipoprotein Lipase Regulation. *Exerc Sport Sci Reviews* 32: 161-166, 2004.
69. **Hardman AE, Williams C and Wootton SA.** The influence of short-term endurance training on maximum oxygen uptake, submaximum endurance and the ability to perform brief, maximal exercise. *J Sports Sci* 4: 109-116, 1986.

LITERATUR

70. **Harmer AR, McKenna MJ, Sutton JR, Snow RJ, Ruell PA, Booth J, Thompson MW, Mackay NA, Stathis CG, Cramer RM, Carey MF and Eager DM.** Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. *J Appl Physiol* 89: 1793-1803, 2000.
71. **Harris RC, Edwards RH, Hultman E, Nordesjo LO, Nylind B and Sahlin K.** The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflugers Arch* 367: 137-142, 1976.
72. **Havel RJ, Pernow B and Jones NL.** Uptake and release of free fatty acids and other metabolites in the legs of exercising men. *J Appl Physiol* 23: 90-99, 1967.
73. **Hawley JA, Burke LM, Angus DJ, Fallon KE, Martin DT and Febbraio MA.** Effect of altering substrate availability on metabolism and performance during intense exercise. *Br J Nutr* 84: 829-838, 2000.
74. **Helgerud J, Engen LC, Wisloff U and Hoff J.** Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1925-1931, 2001.
75. **Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R and Hoff J.** Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO_{2max} More Than Moderate Training. *Med Sci Sports Exerc* 39: 665-671, 2007.
76. **Hicks A and McComas AJ.** Increased sodium pump activity following repetitive stimulation of rat soleus muscles. *J Physiol* 414: 337-349, 1989.
77. **Hilbert M, Shushakov V and Maassen N.** Pre-Exercise Changes in pH and its Influence on the Development of Muskular Fatigue and M-Wave. In: Book of Abstracts - ECSS Estoril 08 , Lissabon: Editorial do Ministerio da Educacao, 2008, p. 647-648.

LITERATUR

78. **Hug F, Faucher M, Kipson N and Jammes Y.** EMG signs of neuromuscular fatigue related to the ventilatory threshold during cycling exercise. *Clin Physiol* 23: 208-214, 2003.
79. **Hultmann E, Bergström M, Spriet LL and Söderlund K.** Energy Metabolism and Fatigue. In: *Biochemistry of Exercise 7*, edited by Taylor AW, Gollnick PD and Green HJ. London, Ontario, Canada: Human Kinetics Publisher, 1988, p. 73-92.
80. **Iaia FM, Thomassen M, Kolding H, Gunnarsson T, Wendell J, Rostgaard T, Nordsborg N, Krustrup P, Nybo L, Hellsten Y and Bangsbo J.** Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na⁺-K⁺ pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. *Am J Physiol Regul, Integr Comp Physiol* 294: R966-R974, 2008.
81. **Issekutz B, Shawn WAS and Issekutz TB.** Effect of lactate on FFA and glycerol turnover in resting and exercising dogs. *J Appl Physiol* 39: 349-353, 1975.
82. **Ivy JL, Costill DL and Maxwell BD.** Skeletal Muscle Determinants of Maximum Aerobic Power in Man. *Eur J Appl Physiol* 44: 1-8, 1980.
83. **Jakob E, Steuer M, Schneider U, Höltke V and Jöns H.** Durchatmen - Die maximale Sauerstoffaufnahme VO_{2max}. *medicalsportsnetwork - Prävention, Therapie und Sportlife für Amateure und Profis* 5, 38-40. 2009.
84. **Jensen FB.** Red blood cell pH, the Bohr effect, and other oxygenation linked phenomena in blood O₂ and CO₂ transport. *Acta Physiol Scand* 182: 215-227, 2004.
85. **Jensen L, Bangsbo J and Hellsten Y.** Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. *J Physiol* 557: 571-582, 2004.

LITERATUR

86. **Jeukendrup A, Saris WH, Brouns F and Kester AD.** A new validated endurance performance test. *Med Sci Sports Exerc* 28: 266-270, 1996.
87. **Juel C.** Potassium and sodium shifts during in vitro isometric muscle contraction, and the time course of the ion-gradient recovery. *Pflugers Arch* 406: 458-463, 1986.
88. **Juel C.** Regulation of cellular pH in skeletal muscle fiber types studied with sarcolemmal vesicles obtained from rat muscles. *Biochem Biophys Acta* 1265: 127-132, 1995.
89. **Juel C.** Muscle fatigue and reactive oxygen species. *J Physiol* 576: 1, 2006.
90. **Juel C, Thomsen JJ, Rentsch R and Lundby C.** Effects of prolonged recombinant human erythropoietin administration on muscle membrane transport systems and metabolic marker enzymes. *Eur J Appl Physiol* 102: 41-44, 2007.
91. **Kiens B and Richter EA.** Utilization of skeletal muscle triacylglycerol during postexercise recovery in humans. *Am J Physiol* 275: E332-E337, 1998.
92. **Klinke R and Silbernagel S.** *Lehrbuch der Physiologie.* Stuttgart: 2003.
93. **Komi PV and Tesch P.** EMG frequency spectrum, muscle structure, and fatigue during dynamic contractions in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 42: 41-50, 1979.
94. **Kraft T, Hornemann T, Stolz M, Nier V and Wallimann T.** Coupling of creatine kinase to glycolytic enzymes at the sarcomeric I-band of skeletal muscle: a biochemical study in situ. *J Muscle Research Cell Motility* 21: 691-703, 2000.
95. **Krustup P, Hellsten Y and Bangsbo J.** Intense interval training enhances human skeletal muscle oxygen uptake in the initial phase of dynamic exercise at high but not at low intensities. *J Physiol* 15: 335-345, 2004.

LITERATUR

96. **Kubukeli ZN, Noakes TD and Dennis SC.** Training Techniques to Improve Endurance Exercise Performances. *Sports Med* 32: 489-509, 2002.
97. **Laursen PB and Jenkins DG.** The scientific basis of high-intensity interval training: optimizing training programmes and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 32: 53-73, 2002.
98. **Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS and Jenkins DG.** Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 1801-1807, 2002.
99. **Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS and Jenkins DG.** Influence of high-intensity training on adaptations in well trained cyclists. *J Strength Cond Res* 19: 527-533, 2005.
100. **Laursen PB, Marsh SA, Jenkins DG and Coombes JS.** Manipulating training intensity and volume in already well-trained rats: effect on skeletal muscle oxidative and glycolytic enzymes and buffering capacity. *Appl Physiol, Nutr Metab* 32: 434-442, 2007.
101. **Leo S, Szabadkai G and Rizzuto R.** The Mitochondrial Antioxidants MitoE2 and MitoQ10 Increase Mitochondrial Ca^{2+} Load upon Cell Stimulation by Inhibiting Ca^{2+} Efflux from the Organelle. *Ann N Y Acad Sci* 1147: 264-274, 2008.
102. **Lexell J, Downham D and Sjöström M.** Distribution of different fibre types in human skeletal muscles. A statistical and computational study of the fibre type arrangement in m. vastus lateralis of young, healthy males. *J Neurol Sci* 65: 353-365, 1984.
103. **Lindsay FH, Hawley JA, Myburgh KH, Schomer HH, Noakes TD and Dennis SC.** Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Med Sci Sports Exerc* 28: 1427-1434, 1996.

LITERATUR

104. Lode BV. Sport Medizin - Wingate Prinzip.
<http://www.lode.nl/de/medical/indexsport.html> . 5-1-2004. Ref Type: Internet Communication
105. **Lucia A, Hoyos J, Pardo J and Chicharro JL.** Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. *Jpn J Physiol* 50: 381-388, 2000.
106. **Lundby C, Robach P, Boushel R, Thomsen JJ, Rasmussen P, Koskolou M and Calbet JAL.** Does recombinant human Epo increase exercise capacity by means other than augmenting oxygen transport? *J Appl Physiol* 105: 581-587, 2008.
107. **Maassen M.** *Die Wirkung von Kohlenhydraten während des Trainings auf die Entwicklung der Ausdauer-, Sprint- und Regenerationsfähigkeit* (Dissertation). Leibniz Universität Hannover - noch nicht veröffentlichte Ergebnisse, 2009.
108. **Maassen M, Kummer O and Maassen N.** Die Auswirkungen der Kohlenhydratabgabe während eines hochintensiven, intervallartigen Trainings auf die Ausdauerleistungs-, Sprint- und Regenerationsfähigkeit. In: *BISp-Jahrbuch*, Bonn: BISp, 2007, p. 109-114.
109. **Maassen N. and Schneider G.** Ernährungsverhalten und Regenerationsstatus modulieren die Laktatleistungskurve. *Sport + Medizin - Der Sportler in der Praxis* 6: 59-62, 1994.
110. **Maassen N.** *Die Abhängigkeit kurzfristiger Schwankungen der Blutosmolalität von Säuren-Basen-Gleichgewicht und Stoffwechselintensität.* (Dissertation). Universität Hannover, FB Biologie, 1984.
111. **Maassen N and Busse MW.** The relationship between lactic acid and work load: a measure for endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 58: 723-737, 1989.

LITERATUR

112. **Maassen N, Dreißigacker U, Wendt M and Wittke T.** Anwendung des intervallartigen Trainings für 3 Monate. In: BISp-Jahrbuch, Bonn: BISp, 2009, p. 27-30.
113. **Maassen N, Krückeberg O, Schneider G, Breyer M, Koch H and Leibfritz D.** Intracellular lactate concentration during intermittent exercise oh high intensity. *Magma* 2001.
114. **Maassen N, Liske K and Schneider G.** Das Verhalten des tangentialen Drehmoments bei erschöpfender fahrradergometrischer Dauerbelastung. In: Sportartpezifische Leistungsdiagnostik - Energetische Aspekte, edited by Jeschke D and Lorenz R. Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 1998, p. 120-123.
115. **Maassen N, Liske K and Schneider G.** Das Verhalten des tangentialen Drehmoments in Abhängigkeit von der Belastungsintensität. In: Sportartspezifische Leistungsdiagnostik - Energetische Aspekte, edited by Jeschke D and Lorenz R. Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 1998, p. 114-118.
116. **Maassen N., Schneider B., Schröder P. and Mathews J.** Kinetics of oxygen uptake during exercise is dependant on carbohydrate intake. *Magma* 14(2), 69-70. 1-5-2002. Ref Type: Abstract
117. **Maassen N and Schneider G.** Mechanism of fatigue in small muscle groups. *Int J Sports Med* 18 Suppl 4: 320-321, 1997.
118. **Maassen N, Schneider G, Caspers A and Busse MW.** Dauerleistungsfähigkeit und Laktatleistungskurve bei Ausdauertrainierten und Untrainierten nach Glykogenbeladung. *Dtsch Z Sportmed* 43. Jahrgang: 511-520, 1992.
119. **Maassen N., Stockmeier J. and Hilbert, M.** Fettverbrauch bei intensiver Intervallbelastung. *Dtsch Z Sportmed* 54 (7 - 8), 52. 26-9-2003. Potsdam. Ref Type: Abstract

LITERATUR

120. **MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ and Smith KM.** Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol* 84: 2138-2142, 1998.
121. **Mairbaur H and Maassen N.** Ionenhomöostase, Muskelkontraktilität und muskuläre Ermüdung. *Dtsch Z Sportmed* 53. Jahrgang: 238-243, 2002.
122. **McGawley K. and Bishop, D.** Anaerobic and aerobic contribution to two, 5 x 6-s repeated-sprint bouts. *Coaching & Sport Sci J* 3,2(4), 52. 2008. Ref Type: Abstract
123. **McKenna MJ.** Effects of Training on Potassium Homeostasis During Exercise. *J Mol Cell Cardiol* 27: 941-949, 1995.
124. **McKenna MJ, Heigenhauser GJ, McKelvie RS, Obminski G, MacDougall JD and Jones NL.** Enhanced pulmonary and active skeletal muscle gas exchange during intense exercise after sprint training in men. *J Physiol* 501 3: 703-716, 1997.
125. **McKenna MJ, Medved I, Goodman CA, Brown MJ, Bjorksten AR, Murphy KT, Petersen AC, Sostaric S and Gong X.** N-acetylcysteine attenuates the decline in muscle Na⁺/K⁺-pump activity and delays fatigue during prolonged exercise in humans. *J Physiol* 576: 279-288, 2006.
126. **McKenna MJ, Schmidt TA, Hargreaves M, Cameron L, Skinner SL and Kjeldsen K.** Sprint training increases human skeletal muscle Na⁺-K⁺-ATPase concentration and improves K⁺ regulation. *J Appl Physiol* 75: 173-180, 1993.
127. **McMillan K, Helgerud J, Macdonald R and Hoff J.** Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J Sports Med* 39: 273-277, 2005.

LITERATUR

128. **Michaelis F.** *Das Verhalten des Elektromyogramms während stufenförmig ansteigender fahrradergometrischer Belastung und der Zusammenhang mit der Milchsäurekonzentration* (Examensarbeit). Leibniz Universität Hannover , Institut für Sportwissenschaft, 2009.
129. **Mohr M, Krstrup P, Nielsen JJ, Nybo L, Rasmussen MKy, Juel C and Bangsbo J.** Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 292: R1594-R1602, 2007.
130. **Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S and Atwood JE.** Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 346: 793-801, 2002.
131. **Nielsen JJ, Mohr M, Klarskov C, Kristensen M, Krustup P, Juel C and Bangsbo J.** Effects of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. *J Physiol* 554.3: 857-870, 2003.
132. **Noakes TD.** Testing for maximum oxygen consumption has produced a brainless model of human exercise performance. *Br J Sports Med* 42: 551-555, 2008.
133. **Nordmeyer C.** *Physiologische Leistung im Hallenhandball im Vergleich zu diagnostischen Ergebnissen.* (Examensarbeit). Hannover: Leibniz Universität Hannover, Institut für Sportwissenschaft, 2003.
134. **Overgaard K, Nielsen OB, Flatman JA and Clausen T.** Relations between excitability and contractility in rat soleus muscle: role of the Na⁺/K⁺-pump and Na⁺/K⁺-gradients. *J Physiol* 518: 215-225, 1999.
135. **Petrofsky JS.** Quantification through the surface EMG of muscle fatigue and recovery during successive isometric contractions. *Aviation, Space Environ Med* 52: 545-550, 1981.

LITERATUR

136. **Powers SK, Ji LL and Leeuwenburgh C.** Exercise training-induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 31: 987-997, 1999.
137. **Racinais SÁ, Bishop D, Denis R, Lattier Gg, Mendez-Villaneuva A and Perrey Sp.** Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. *Med Sci Sports Exerc* 39: 268-274, 2007.
138. **Radiometer C.** Buch 2 Fehlersuche und Systembeschreibung. In: ABL505 Handbuch, 1994, p. 11.1-11.23.
139. **Roberts AD, Billeter R and Howald H.** Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. *Int J Sports Med* 3: 18-21, 1982.
140. **Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Gastaldelli A, Horowitz JF, Endert E and Wolfe RR.** Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol* 265: E380-E391, 1993.
141. **Saltin B and Gollnick PD.** Skeletal muskel adaptability: significance for metabolism and performance. In: Handbook of Physiology - Skeletal Muskel, edited by Geiger SR. Bethesda, Maryland: American Physiological Society, 1983, p. 555-632.
142. **Schmidt O.** *Die Wirkung von aktiver und passiver Erholung nach einer maximalen Sprintbelastung auf eine zweite, maximale Belastung (Examensarbeit).* Leibniz Universität Hannover, Institut für Sportwissenschaft, 2006.
143. **Schmidt W, Böning D, Maassen N and Schneider G.** Die Bedeutung des Blutvolumens für den Ausdauersportler. Physiologische und unphysiologische Aspekte. *Leistungssport* 24. Jahrgang: 27-36, 1994.

LITERATUR

144. **Schmidt W, Maassen N, Tegtbur U and Braumann KM.** Changes in plasma volume and red cell formation after a marathon competition. *Eur J Appl Physiol* 58: 453-458, 1989.
145. **Schmidt W, Maassen N, Tegtbur U and Braumann KM.** Changes in plasma volume and red cell formation after a marathon competition. *Eur J Appl Physiol* 58: 453-458, 1989.
146. **Schmidt W, Maassen N, Trost F and Böning D.** Training induced effects on blood volume, erythrocyte turnover and haemoglobin oxygen binding properties. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 57: 490-498, 1988.
147. **Schmidt W.** Die Bedeutung des Blutvolumens für den Ausdauersportler. *Dtsch Z Sportmed* 11: 341-349, 1999.
148. **Schmidt W and Prommer N.** The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *Eur J Appl Physiol* 95: 486-495, 2005.
149. **Schobersberger W, Hobisch-Hagen P, Fries D, Wiedermann F, Rieder-Scharinger J, Villiger B, Frey W, Herold M, Fuchs D and Jelkmann W.** Increase in immune activation, vascular endothelial growth factor and erythropoietin after an ultramarathon run at moderate altitude. *Immunobiology* 201: 611-620, 2000.
150. **Schomburg N.** *Die Wirkung intermittierender Hypoxie in Ruhe auf die Ausdauerleistungsfähigkeit* (Dissertation). Leibniz Universität Hannover, Naturwissenschaftliche Fakultät, 2008.
151. **Shushakov V.** *Die Bedeutung der Ionen- und Wasserverschiebung in der arbeitenden Muskulatur für die myoelektrische Aktivität und die Muskelermüdung* (Dissertation). Leibniz Universität Hannover, Naturwissenschaftliche Fakultät, 2004.

LITERATUR

152. **Shushakov V., Brida R., Struckmann F. and Maassen, N.** EMG and $[K^+]$ during dynamic exercise of different intensity. *Eur College Sport Sci 7th Annual Congress of the European College of Sport Science*, (2) (Athen, Griechenland), 627. 24-7-2002.
Ref Type: Abstract
153. **Shushakov V, Stubbe C, Peuckert A, Endeward V and Maassen N.** The relationships between plasma potassium, muscle excitability and fatigue during voluntary exercise in humans. *Exp Physiol* 92: 705-715, 2007.
154. **Stache A.** *Verhalten von Metaboliten des Fettstoffwechsels bei intensiver Intervallbelastung* (Magisterarbeit). Leibniz Universität Hannover, Institut für Sportwissenschaft, 2004.
155. **Stephens NK, Hawley JA, Dennis SC and Hopkins WG.** Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Med Sci Sports Exerc* 31: 736-741, 1999.
156. **Stockmeier J.** *Spirometrische Untersuchungen der Energiebereitstellung bei Intervall- und Dauerbelastungen mit gleichem Gesamtenergieverbrauch.* (Examensarbeit). Hannover: Leibniz Universität Hannover, Institut für Sportwissenschaft, 2003.
157. **Suzuki H, Conwit RA, Stashuk D, Santarsiero L and Metter EJ.** Relationships between surface-detected EMG signals and motor unit activation. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1509-1517, 2002.
158. **Swatland HJ.** Comparison of red and white muscles by cytophotometry of their muscle fibre populations. *Histochem J* 10: 349-360, 1978.
159. **Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A and Spriet LL.** Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol* 102: 1439-1447, 2007.

LITERATUR

160. **Taube W, Kullmann N, Leukel C, Kurz O, Amtage F and Gollhofer A.** Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *Int J Sports Med* 28: 999-1005, 2007.
161. **Taylor S and Demarle AP.** The relationship between oxygen deficit and time to exhaustion following training. *J Appl Physiol* 96: 1245-1246, 2004.
162. **Trudeau F, Bernier S, De Glisezinski I, Crampes F, Dulac F and Riviere D.** Lack of antilipolytic effect of lactate in subcutaneous abdominal adipose tissue during exercise. *J Appl Physiol* 86: 1800-1804, 1999.
163. **Van der Vusse GJ and Renemann RS.** Lipid metabolism in muscle. London, New York: Oxford University Press, 1996.
164. **Vardaxoglou K., Stuke N., Frische M. and Maassen, N.** Relation between respiratory kinetics and lactate-concentration during exercise of high intensity. *Dtsch Z Sportmed.* 2005. Ref Type: Abstract
165. **Verges S, Boutellier U and Spengler CM.** Effect of respiratory muscle endurance training on respiratory sensations, respiratory control and exercise performance: a 15-year experience. *Respir Physiol Neurobiol* 161: 16-22, 2008.
166. **Wade CE, Hill LC, Hunt MM and Dressendorfer RH.** Plasma aldosterone and renal funktion in runners during a 20-day road race. *Eur J Appl Physiol* 54: 456-460, 1985.
167. **Warburton DE, Gledhill N and Quinney HA.** Blood volume, aerobic power, and endurance performance: potential ergogenic effect of volume loading. *Clin J Sport Med* 10: 59-66, 2000.

LITERATUR

168. **Warburton DER, Haykowsky MJ, Quinney HA, Blackmore D, Teo KK, Taylor DA, McGavock J and Humen DP.** Blood volume expansion and cardiorespiratory function: effects of training modality. *Med Sci Sports Exerc* 36: 991-1000, 2004.
169. **Wendt M.** *Der Zusammenhang zwischen Aerober Kapazität, Hämoglobinmasse, O₂ Kinetik und Ausdauerkapazität* (Magisterarbeit). Leibniz Universität Hannover, Institut für Sportwissenschaft, 2008.
170. **Westerblad H, Bruton JD and Lännergren J.** The effect of intracellular pH on contractile function of intact, single fibres of mouse muscle declines with increasing temperature. *J Physiol* 500 (Pt 1): 193-204, 1997.
171. **Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD and Hawley JA.** Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 75: 7-13, 1997.
172. **Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo O, Haram PM, Tjonna AE, Helgerud J, Slordahl SA, Lee SJ, Videm V, Bye A, Smith GL, Najjar SM, Ellingsen O and Skjaerpe T.** Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation* 115: 3086-3094, 2007.
173. **Zange J, Beisteiner M, Müller K, Shushakov V and Maassen N.** Energy metabolism in intensively exercising calf muscle under a simulated orthostasis. *Pflugers Arch* 455: 1153-1163, 2008.

ANHANG

ANHANG

| | | |
|----------|--|-------------|
| 1 | ERGEBNISSE ZUR AUSDAUERKAPAZITÄT | A208 |
| 1.1 | SPIROMETRISCHE GRÖßEN..... | A208 |
| 1.2 | BLUTCHEMISCHE GRÖßEN..... | A209 |
| 1.3 | FLÜSSIGKEITSVERSCHIEBUNG | A217 |
| 1.4 | KORRELATIONEN..... | A219 |
| 2 | ERGEBNISSE ZUR SPRINT- UND ERHOLUNGSFÄHIGKEIT | A220 |
| 2.1 | TYP1 UND TYP2 - ERREICHTE MAXIMALE LEISTUNG IN SEKUNDEN..... | A220 |
| 2.2 | ERREICHTE MAXIMALE LEISTUNG IN SEKUNDEN..... | A220 |
| 2.3 | MAXIMALWILLKÜRliche KONTRAKTION (MVC)..... | A221 |
| 2.4 | EMG WÄHREND DER WINGATE-TESTS..... | A223 |
| 2.5 | ANTEIL DER ZENTRALEN AKTIVIERUNG..... | A225 |
| 2.6 | BLUTCHEMISCHE GRÖßEN..... | A227 |
| 2.7 | KORRELATIONEN..... | A237 |
| 3 | EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG..... | A251 |
| 4 | VERÖFFENTLICHUNGEN..... | A252 |
| 5 | DANKSAGUNG..... | A254 |
| 6 | LEBENS LAUF..... | A255 |

Anhang

16 Ergebnisse zur Ausdauerkapazität

16.1 Spirometrische Größen

Die folgende Tabelle zeigt eine Abschätzung des Hyperventilationseffekts auf den RQ. Das AÄV (Atemäquivalent) stellt hierbei den Quotienten aus VE und VCO₂ dar. Die Unterschiede im AÄV sind nach dem Training bei beiden Gruppen während der 50 und 80 % W_{max}-Phase nicht signifikant.

| 50 % W _{max} | Intervallgruppe | | Dauergruppe | |
|------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| | ET | AT | ET | AT |
| AÄE | 23,53 | 23,86 | 24,32 | 25,10 |
| VE | 56,61 | 56,80 | 59,47 | 59,81 |
| RQ | 0,90 | 0,91 | 0,94 | 0,91 |
| VO ₂ | 2,69 | 2,61 | 2,60 | 2,63 |
| VCO ₂ | 2,41 | 2,38 | 2,45 | 2,38 |
| 80 % W _{max} | | | | |
| AÄE | 36,4 | 31,3 | 34,24 | 33,99 |
| VE | 143,1 | 119,2 | 139,75 | 132,73 |
| RQ | 1,04 | 0,98 | 1,02 | 1 |
| VO ₂ | 3,86 | 3,87 | 4,02 | 3,93 |
| VCO ₂ | 4,02 | 3,83 | 4,11 | 3,93 |
| AÄE Differenz (80 % - 50 %) | 12,87 | 7,44 | 9,92 | 8,89 |
| VE Differenz (80 % - 50 %) | 86,49 | 62,40 | 80,28 | 72,92 |
| AÄE Diff/VE Diff | 0,15 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| VCO₂ 80 % Korr | 3,87 | 3,71 | 3,99 | 3,81 |
| RQ 80 % Korr | 1,00 | 0,96 | 0,99 | 0,97 |
| RQ Differenz (ET -AT) | | 0,04 | | 0,02 |

Tabelle 16-1 Abschätzung des Hyperventilationseffekts auf den RQ

16.2 Blutchemische Größen

Blutgase

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|-------|--------------|-------|----|------|--------------|-------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 31,59 | 11,78 | 32,09 | 7,83 | 12 | | 34,94 | 11,66 | 26,93 | 4,03 | 10 | |
| 6' 30 % | 31,24 | 8,00 | 31,18 | 5,23 | 12 | | 29,70 | 7,09 | 30,18 | 4,97 | 10 | |
| 3' 80 % | 30,40 | 7,07 | 30,87 | 7,53 | 12 | | 30,03 | 9,53 | 32,36 | 16,35 | 10 | |
| 10' 80 % | 56,51 | 12,52 | 56,83 | 15,39 | 9 | | 59,15 | 11,48 | 54,03 | 7,26 | 8 | |
| Vergl Abbr | 51,44 | 13,44 | 51,98 | 14,72 | 9 | | 62,40 | 10,71 | 56,41 | 5,71 | 7 | |
| Abbr80 % | 53,54 | 14,63 | 58,95 | 14,88 | 12 | | 56,55 | 14,38 | 56,10 | 12,53 | 10 | |
| 1' NP | 57,53 | 16,93 | 62,51 | 14,92 | 11 | | 58,05 | 9,73 | 57,50 | 9,94 | 10 | |
| 5' NP | 65,06 | 14,35 | 61,66 | 17,16 | 12 | | 71,47 | 16,66 | 62,69 | 14,01 | 10 | |
| 10' NP | 62,51 | 16,71 | 55,86 | 18,64 | 11 | | 69,87 | 14,90 | 59,55 | 15,74 | 10 | |

Tabelle 16-2 PO₂ (mmHG).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 55,23 | 6,70 | 53,47 | 5,21 | 12 | | 56,58 | 6,16 | 58,54 | 6,79 | 10 | |
| 6' 30 % | 57,12 | 3,88 | 54,83 | 4,65 | 12 | | 58,63 | 4,06 | 57,37 | 4,78 | 10 | |
| 3' 80 % | 58,42 | 3,43 | 56,28 | 3,61 | 12 | | 60,25 | 4,51 | 58,24 | 2,96 | 10 | |
| 10' 80 % | 41,93 | 2,48 | 43,10 | 4,68 | 9 | | 42,30 | 4,19 | 41,88 | 3,23 | 8 | |
| Vergl Abbr | 42,99 | 7,87 | 42,63 | 6,28 | 9 | | 39,59 | 3,88 | 39,11 | 3,03 | 7 | |
| Abbr80 % | 41,00 | 7,65 | 37,78 | 6,10 | 12 | | 41,88 | 8,29 | 39,17 | 8,09 | 10 | |
| 1' NP | 41,66 | 9,12 | 37,68 | 5,49 | 12 | | 40,88 | 5,76 | 38,37 | 5,96 | 10 | |
| 5' NP | 38,80 | 2,85 | 38,44 | 3,96 | 12 | | 39,33 | 7,74 | 37,96 | 3,95 | 10 | |
| 10' NP | 38,60 | 3,54 | 39,68 | 2,73 | 11 | | 37,79 | 2,88 | 38,94 | 3,87 | 10 | |

Tabelle 16-3 PCO₂ (mmHG).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 3' 80 % | 1,30 | 3,39 | 1,45 | 2,89 | 12 | | 1,62 | 3,02 | 0,87 | 3,91 | 10 | |
| 10' 80 % | -15,19 | 5,63 | -11,66 | 7,38 | 9 | | -15,49 | 4,48 | -15,91 | 5,64 | 8 | |
| Vergl Abbr | -14,10 | 9,28 | -12,48 | 7,68 | 9 | | -18,86 | 4,49 | -18,76 | 6,74 | 7 | |
| Abbr80 % | -16,12 | 8,74 | -17,05 | 8,27 | 12 | | -16,75 | 7,09 | -18,20 | 9,56 | 10 | |
| 1' NP | -15,46 | 9,92 | -17,16 | 8,46 | 12 | | -17,75 | 5,58 | -19,00 | 7,47 | 10 | |
| 5' NP | -18,32 | 4,70 | -16,39 | 6,76 | 12 | | -19,30 | 6,27 | -19,41 | 5,47 | 10 | |
| 10' NP | -19,25 | 4,77 | -15,23 | 6,07 | 11 | | -20,84 | 2,55 | -18,43 | 6,34 | 10 | |

Tabelle 16-4 Δ PCO₂ (mmHG). Das Delta wurde zum Ende der Aufwärmphase des ET (6' 30 % W_{max}) berechnet.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|-------|--------------|-------|----|------|--------------|-------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 50,65 | 18,36 | 56,43 | 14,56 | 12 | | 58,54 | 17,00 | 45,91 | 10,89 | 10 | |
| 6' 30 % | 50,82 | 12,06 | 55,59 | 11,13 | 12 | | 50,95 | 15,32 | 52,77 | 10,95 | 10 | |
| 3' 80 % | 50,28 | 14,26 | 52,73 | 13,80 | 12 | | 51,37 | 19,94 | 45,75 | 13,84 | 10 | |
| 10' 80 % | 81,53 | 11,12 | 81,38 | 17,09 | 9 | | 83,46 | 8,18 | 81,71 | 6,11 | 8 | |
| Vergl Abbr | 74,13 | 15,71 | 76,93 | 17,19 | 9 | | 85,73 | 7,30 | 82,65 | 6,56 | 7 | |
| Abbr80 % | 76,15 | 14,97 | 81,39 | 14,77 | 12 | | 79,75 | 14,51 | 79,43 | 12,92 | 10 | |
| 1' NP | 76,15 | 14,97 | 81,39 | 14,77 | 12 | | 79,75 | 14,51 | 79,43 | 12,92 | 10 | |
| 5' NP | 77,53 | 16,66 | 83,20 | 10,27 | 12 | | 80,08 | 6,76 | 81,98 | 8,93 | 10 | |
| 10' NP | 84,84 | 7,54 | 82,43 | 14,23 | 12 | | 86,56 | 10,81 | 84,16 | 11,40 | 10 | |

Tabelle 16-5 HbO₂ [%].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|-------|--------------|-------|----|------|--------------|-------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 52,02 | 18,95 | 57,89 | 14,75 | 12 | | 60,17 | 17,47 | 47,09 | 11,12 | 10 | |
| 6' 30 % | 51,87 | 12,26 | 56,70 | 11,34 | 12 | | 51,84 | 15,49 | 53,82 | 11,21 | 10 | |
| 3' 80 % | 51,24 | 14,61 | 53,85 | 14,20 | 12 | | 52,22 | 20,19 | 46,76 | 14,40 | 10 | |
| 10' 80 % | 83,17 | 11,09 | 83,07 | 17,36 | 9 | | 85,08 | 8,23 | 83,41 | 6,05 | 8 | |
| Vergl Abbr | 75,55 | 15,84 | 78,22 | 17,41 | 9 | | 87,36 | 7,74 | 84,09 | 6,41 | 7 | |
| Abbr80 % | 77,74 | 15,32 | 83,24 | 15,12 | 12 | | 81,36 | 14,98 | 81,09 | 13,09 | 10 | |
| 1' NP | 79,35 | 17,32 | 85,09 | 10,41 | 12 | | 83,84 | 6,57 | 83,90 | 9,22 | 10 | |
| 5' NP | 86,95 | 7,83 | 84,48 | 14,53 | 12 | | 88,46 | 11,11 | 86,00 | 11,43 | 10 | |
| 10' NP | 85,66 | 11,46 | 81,43 | 14,08 | 11 | | 90,34 | 5,26 | 83,93 | 13,42 | 10 | |

Tabelle 16-6 SO₂ [%].

ANHANG

Elektrolyte

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 30,04 | 2,48 | 29,59 | 1,56 | 12 | | 30,00 | 2,07 | 30,49 | 2,45 | 10 | |
| 6' 30 % | 29,98 | 2,07 | 29,14 | 2,23 | 12 | | 30,39 | 1,87 | 29,99 | 2,06 | 10 | |
| 3' 80 % | 29,04 | 1,82 | 28,68 | 1,46 | 12 | | 29,52 | 2,17 | 29,12 | 1,48 | 10 | |
| 10' 80 % | 19,86 | 1,41 | 21,28 | 1,32 | 9 | | 19,11 | 2,46 | 19,85 | 1,81 | 8 | |
| Vergl Abbr | 18,61 | 3,32 | 20,15 | 1,54 | 9 | | 17,28 | 1,76 | 17,67 | 0,37 | 7 | |
| Abbr80 % | 18,26 | 2,97 | 17,73 | 2,28 | 12 | | 18,25 | 3,24 | 17,50 | 2,75 | 10 | |
| 1' NP | 18,26 | 2,97 | 17,73 | 2,28 | 12 | | 18,25 | 3,24 | 17,50 | 2,75 | 10 | |
| 5' NP | 17,58 | 2,95 | 17,14 | 2,67 | 12 | | 17,23 | 2,55 | 16,79 | 2,43 | 10 | |
| 10' NP | 16,99 | 1,71 | 17,93 | 2,24 | 12 | | 16,60 | 3,29 | 16,87 | 2,37 | 10 | |

Tabelle 16-7 HCO₃ [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|---------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 3,50 | 1,68 | 3,33 | 0,95 | 12 | | 3,12 | 1,64 | 3,35 | 1,75 | 10 | |
| 6' 30 % | 2,93 | 1,87 | 3,03 | 1,14 | 12 | | 3,17 | 1,58 | 2,98 | 1,61 | 10 | |
| 3' 80 % | 1,55 | 1,65 | 1,61 | 1,33 | 12 | | 1,75 | 1,79 | 1,75 | 1,28 | 10 | |
| 10' 80 % | -6,16 | 2,05 | -4,51 | 1,80 | 9 | 0,05 | -7,40 | 2,91 | -6,13 | 2,08 | 8 | |
| Vergl Abbr | -8,27 | 3,08 | -5,89 | 1,68 | 9 | 0,01 | -9,26 | 2,35 | -8,44 | 0,58 | 7 | |
| Abbr80 % | -8,17 | 2,81 | -8,23 | 2,95 | 12 | | -8,45 | 2,86 | -8,73 | 2,49 | 10 | |
| 1' NP | -9,30 | 2,64 | -8,88 | 3,22 | 12 | | -9,68 | 2,80 | -9,56 | 2,49 | 10 | |
| 5' NP | -9,42 | 2,50 | -7,93 | 3,07 | 12 | | -10,22 | 3,57 | -9,37 | 2,84 | 10 | |
| 10' NP | -7,47 | 2,13 | -5,65 | 2,72 | 11 | 0,05 | -8,42 | 3,29 | -6,83 | 2,18 | 10 | |

Tabelle 16-8 aBE [mmol·l⁻¹]. Intervallgruppe gesamte Belastungsphase p<0,01.

ANHANG

Metabolite

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 0,93 | 0,20 | 0,94 | 0,19 | 12 | | 0,99 | 0,24 | 0,98 | 0,15 | 9 | |
| 6' 30 % | 0,94 | 0,18 | 0,94 | 0,19 | 12 | | 1,02 | 0,21 | 0,95 | 0,14 | 9 | |
| 3' 80 % | 1,12 | 0,36 | 1,01 | 0,18 | 12 | | 1,08 | 0,21 | 1,02 | 0,14 | 9 | |
| 10' 80 % | 1,23 | 0,22 | 1,29 | 0,25 | 9 | | 1,27 | 0,23 | 1,21 | 0,17 | 7 | |
| Vergl Abbr | 1,33 | 0,18 | 1,32 | 0,14 | 9 | | 1,34 | 0,22 | 1,30 | 0,17 | 6 | |
| Abbr80 % | 1,36 | 0,21 | 1,41 | 0,24 | 12 | | 1,35 | 0,21 | 1,31 | 0,15 | 9 | |
| 1' NP | 1,33 | 0,25 | 1,39 | 0,24 | 12 | | 1,33 | 0,19 | 1,30 | 0,21 | 9 | |
| 5' NP | 1,26 | 0,21 | 1,29 | 0,24 | 12 | | 1,26 | 0,21 | 1,23 | 0,15 | 9 | |
| 10' NP | 1,21 | 0,22 | 1,20 | 0,22 | 11 | | 1,21 | 0,19 | 1,18 | 0,16 | 9 | |

Tabelle 16-9 PO₄ [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,34 | 0,40 | 1,32 | 0,47 | 12 | | 1,26 | 0,50 | 1,30 | 0,39 | 10 | |
| 6' 30 % | 1,33 | 0,39 | 1,41 | 0,49 | 12 | | 1,32 | 0,52 | 1,29 | 0,45 | 10 | |
| 3' 80 % | 1,34 | 0,44 | 1,48 | 0,54 | 12 | | 1,33 | 0,61 | 1,30 | 0,47 | 10 | |
| 10' 80 % | 1,45 | 0,60 | 1,71 | 0,56 | 9 | | 1,59 | 0,61 | 1,50 | 0,50 | 8 | |
| Vergl Abbr | 1,46 | 0,52 | 1,59 | 0,51 | 9 | | 1,63 | 0,56 | 1,62 | 0,64 | 7 | |
| Abbr80 % | 1,46 | 0,49 | 1,70 | 0,60 | 12 | | 1,48 | 0,56 | 1,44 | 0,58 | 10 | |
| 1' NP | 1,49 | 0,48 | 1,64 | 0,57 | 12 | | 1,45 | 0,58 | 1,50 | 0,54 | 10 | |
| 5' NP | 1,42 | 0,46 | 1,59 | 0,61 | 12 | | 1,40 | 0,54 | 1,42 | 0,54 | 10 | |
| 10' NP | 1,43 | 0,46 | 1,53 | 0,57 | 11 | | 1,34 | 0,48 | 1,43 | 0,48 | 10 | |

Tabelle 16-10 Ggly [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 3' 80 % | 0,01 | 0,11 | 0,07 | 0,15 | 12 | | 0,01 | 0,12 | 0,01 | 0,10 | 10 | |
| 10' 80 % | 0,13 | 0,21 | 0,25 | 0,12 | 9 | | 0,19 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 8 | |
| Vergl Abbr | 0,11 | 0,17 | 0,25 | 0,19 | 9 | | 0,23 | 0,13 | 0,18 | 0,23 | 7 | |
| Abbr80 % | 0,13 | 0,17 | 0,29 | 0,20 | 12 | | 0,16 | 0,17 | 0,16 | 0,19 | 10 | |
| 1' NP | 0,17 | 0,17 | 0,23 | 0,20 | 12 | | 0,13 | 0,16 | 0,21 | 0,14 | 10 | |
| 5' NP | 0,09 | 0,11 | 0,18 | 0,24 | 12 | | 0,08 | 0,22 | 0,13 | 0,12 | 10 | |
| 10' NP | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,20 | 11 | | 0,02 | 0,33 | 0,15 | 0,19 | 10 | |

Tabelle 16-11 Δ Ggly [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 % W_{max}) berechnet.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,28 | 0,40 | 1,26 | 0,46 | 12 | | 1,21 | 0,50 | 1,24 | 0,39 | 10 | |
| 6' 30 % | 1,26 | 0,40 | 1,35 | 0,49 | 12 | | 1,26 | 0,51 | 1,23 | 0,45 | 10 | |
| 3' 80 % | 1,26 | 0,44 | 1,41 | 0,53 | 12 | | 1,26 | 0,59 | 1,22 | 0,47 | 10 | |
| 10' 80 % | 1,34 | 0,63 | 1,60 | 0,56 | 9 | | 1,47 | 0,57 | 1,38 | 0,51 | 8 | |
| Vergl Abbr | 1,30 | 0,53 | 1,45 | 0,51 | 9 | | 1,51 | 0,54 | 1,49 | 0,64 | 7 | |
| Abbr80 % | 1,29 | 0,51 | 1,51 | 0,61 | 12 | | 1,35 | 0,54 | 1,28 | 0,60 | 10 | |
| 1' NP | 1,32 | 0,51 | 1,44 | 0,59 | 12 | | 1,31 | 0,57 | 1,33 | 0,57 | 10 | |
| 5' NP | 1,23 | 0,48 | 1,39 | 0,61 | 12 | | 1,24 | 0,53 | 1,24 | 0,57 | 10 | |
| 10' NP | 1,23 | 0,47 | 1,33 | 0,55 | 11 | | 1,18 | 0,46 | 1,25 | 0,49 | 10 | |

Tabelle 16-12 Tri [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 3' 80 % | -0,01 | 0,13 | 0,07 | 0,16 | 12 | | 0,00 | 0,13 | -0,01 | 0,11 | 10 | |
| 10' 80 % | 0,08 | 0,23 | 0,05 | 0,18 | 9 | | 0,14 | 0,10 | -0,04 | 0,23 | 8 | |
| Vergl Abbr | 0,01 | 0,17 | 0,17 | 0,20 | 9 | | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,25 | 7 | |
| Abbr80 % | 0,03 | 0,20 | 0,18 | 0,22 | 12 | | 0,08 | 0,19 | 0,07 | 0,23 | 10 | |
| 1' NP | 0,05 | 0,22 | 0,10 | 0,22 | 12 | | 0,05 | 0,19 | 0,11 | 0,19 | 10 | |
| 5' NP | -0,03 | 0,14 | 0,05 | 0,26 | 12 | | -0,03 | 0,24 | 0,02 | 0,16 | 10 | |
| 10' NP | -0,05 | 0,14 | -0,03 | 0,22 | 11 | | -0,10 | 0,34 | 0,03 | 0,18 | 10 | |

Tabelle 16-13 Δ Tri [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 %W_{max}) berechnet.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 4,08 | 0,67 | 4,44 | 0,87 | 12 | | 4,51 | 1,05 | 4,10 | 0,43 | 10 | |
| 6' 30 % | 3,80 | 0,46 | 4,30 | 0,88 | 12 | | 4,10 | 0,59 | 4,00 | 0,44 | 10 | |
| 3' 80 % | 3,77 | 0,53 | 4,32 | 0,74 | 12 | | 4,06 | 0,40 | 3,92 | 0,42 | 10 | |
| 10' 80 % | 3,98 | 0,63 | 4,32 | 0,65 | 9 | | 3,99 | 0,44 | 4,00 | 0,52 | 8 | |
| Vergl Abbr | 4,27 | 0,89 | 4,09 | 0,74 | 9 | | 4,11 | 0,40 | 4,24 | 0,40 | 7 | |
| Abbr80 % | 4,34 | 0,88 | 4,64 | 1,12 | 12 | | 4,21 | 0,41 | 4,45 | 0,58 | 10 | |
| 1' NP | 4,64 | 0,82 | 5,13 | 1,35 | 12 | | 4,65 | 0,38 | 4,79 | 0,53 | 10 | |
| 5' NP | 5,34 | 0,94 | 5,61 | 1,34 | 12 | | 5,25 | 0,53 | 5,56 | 0,88 | 10 | |
| 10' NP | 4,82 | 0,77 | 5,51 | 1,25 | 11 | | 4,86 | 0,80 | 5,13 | 0,89 | 10 | |

Tabelle 16-14 Glu_v [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 3' 80 % | -0,03 | 0,28 | 0,02 | 0,54 | 12 | | -0,04 | 0,28 | -0,08 | 0,18 | 10 | |
| 10' 80 % | 0,16 | 0,43 | -0,02 | 0,96 | 9 | | -0,04 | 0,73 | 0,10 | 0,50 | 8 | |
| Vergl Abbr | 0,41 | 0,67 | 0,11 | 0,84 | 9 | | 0,23 | 0,43 | 0,19 | 0,37 | 7 | |
| Abbr80 % | 0,53 | 0,85 | 0,34 | 1,30 | 12 | | 0,12 | 0,59 | 0,45 | 0,48 | 10 | |
| 1' NP | 0,84 | 0,75 | 0,84 | 1,60 | 12 | | 0,56 | 0,63 | 0,80 | 0,43 | 10 | |
| 5' NP | 1,53 | 0,98 | 1,31 | 1,48 | 12 | | 1,16 | 0,65 | 1,56 | 0,86 | 10 | |
| 10' NP | 1,01 | 0,71 | 1,16 | 1,54 | 11 | | 0,77 | 0,88 | 1,14 | 0,89 | 10 | |

Tabelle 16-15 Δ Glu_v [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 % W_{max}) berechnet.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----|------------|-----|----|------|-------------|-----|------------|-----|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 5,1 | 0,5 | 5,3 | 0,6 | 12 | | 5,3 | 1,4 | 5,0 | 0,4 | 10 | |
| 6' 30 % | 4,3 | 0,5 | 4,9 | 0,8 | 12 | | 4,5 | 0,8 | 4,5 | 0,4 | 10 | |
| 3' 80 % | 4,3 | 0,6 | 4,6 | 0,8 | 12 | | 4,4 | 0,5 | 4,4 | 0,5 | 10 | |
| 10' 80 % | 4,2 | 0,5 | 4,3 | 0,9 | 9 | | 4,1 | 0,6 | 4,2 | 0,6 | 7 | |
| Vergl Abbr | 4,4 | 0,8 | 4,3 | 0,8 | 9 | | 4,3 | 0,4 | 4,4 | 0,6 | 6 | |
| Abbr80 % | 4,5 | 0,8 | 4,8 | 1,1 | 12 | | 4,4 | 0,5 | 4,6 | 0,6 | 10 | |
| 1' NP | 5,4 | 1,0 | 5,4 | 1,1 | 12 | | 5,1 | 0,6 | 5,4 | 0,8 | 10 | |
| 5' NP | 5,5 | 1,0 | 5,8 | 1,1 | 12 | | 5,3 | 0,6 | 5,6 | 0,9 | 10 | |
| 10' NP | 5,1 | 1,1 | 5,3 | 1,0 | 12 | | 4,9 | 0,7 | 5,1 | 1,0 | 10 | |

Tabelle 16-16 Glu_a [mmol·l⁻¹].

ANHANG

Hämoglobin, Hämatokrit und Gesamteiweiß

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 15,31 | 0,83 | 15,42 | 1,13 | 12 | | 15,37 | 1,01 | 15,21 | 1,22 | 10 | |
| 6' 30 % | 15,59 | 0,78 | 15,63 | 1,14 | 12 | | 15,46 | 0,99 | 15,35 | 0,96 | 10 | |
| 3' 80 % | 15,95 | 0,79 | 15,93 | 1,22 | 12 | | 15,77 | 0,98 | 15,49 | 0,97 | 10 | |
| 10' 80 % | 16,21 | 0,68 | 16,35 | 1,08 | 9 | | 16,37 | 0,88 | 16,05 | 0,91 | 8 | |
| Vergl Abbr | 16,50 | 0,89 | 16,46 | 1,25 | 9 | | 16,55 | 0,91 | 16,24 | 0,86 | 7 | |
| Abbr80 % | 16,39 | 0,83 | 16,43 | 1,19 | 12 | | 16,41 | 1,01 | 16,21 | 0,93 | 10 | |
| 1' NP | 16,22 | 1,11 | 16,27 | 1,18 | 12 | | 16,23 | 1,00 | 15,95 | 1,18 | 10 | |
| 5' NP | 16,18 | 0,89 | 16,11 | 1,20 | 12 | | 16,14 | 0,92 | 15,94 | 0,96 | 10 | |
| 10' NP | 15,90 | 0,87 | 15,82 | 1,02 | 11 | | 15,94 | 0,90 | 15,76 | 1,00 | 10 | |

Tabelle 16-17 Hb [g·dl⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 44,86 | 2,10 | 45,05 | 2,74 | 12 | | 45,02 | 2,03 | 44,52 | 2,22 | 10 | |
| 6' 30 % | 45,51 | 2,23 | 45,77 | 2,66 | 12 | | 45,16 | 1,77 | 45,18 | 1,95 | 10 | |
| 3' 80 % | 46,34 | 2,07 | 46,57 | 2,94 | 12 | | 45,88 | 1,98 | 45,65 | 2,18 | 10 | |
| 10' 80 % | 47,07 | 2,02 | 47,56 | 2,84 | 9 | | 47,27 | 1,59 | 46,52 | 2,18 | 8 | |
| Vergl Abbr | 47,80 | 2,03 | 48,15 | 3,02 | 9 | | 47,82 | 1,85 | 47,50 | 2,03 | 7 | |
| Abbr80 % | 47,60 | 1,93 | 47,87 | 3,03 | 12 | | 47,73 | 1,72 | 47,43 | 1,99 | 10 | |
| 1' NP | 48,02 | 2,12 | 47,94 | 3,09 | 12 | | 47,43 | 1,96 | 47,38 | 1,88 | 10 | |
| 5' NP | 47,78 | 2,10 | 47,93 | 2,98 | 12 | | 47,45 | 1,99 | 47,53 | 2,03 | 10 | |
| 10' NP | 47,13 | 2,38 | 46,77 | 2,72 | 11 | | 47,09 | 1,87 | 46,79 | 2,26 | 10 | |

Tabelle 16-18 Hkt (%).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 7,55 | 0,35 | 7,42 | 0,37 | 12 | | 7,56 | 0,25 | 7,63 | 0,35 | 10 | |
| 6' 30 % | 7,70 | 0,35 | 7,55 | 0,37 | 12 | | 7,61 | 0,24 | 7,71 | 0,33 | 10 | |
| 3' 80 % | 7,81 | 0,41 | 7,68 | 0,45 | 12 | | 7,79 | 0,24 | 7,83 | 0,36 | 10 | |
| 10' 80 % | 8,13 | 0,47 | 8,02 | 0,44 | 9 | | 8,22 | 0,27 | 8,30 | 0,44 | 8 | |
| Vergl Abbr | 8,40 | 0,50 | 8,17 | 0,41 | 9 | | 8,41 | 0,27 | 8,47 | 0,36 | 7 | |
| Abbr80 % | 8,29 | 0,48 | 8,21 | 0,40 | 12 | | 8,33 | 0,26 | 8,38 | 0,41 | 10 | |
| 1' NP | 8,29 | 0,46 | 8,15 | 0,42 | 12 | | 8,26 | 0,41 | 8,34 | 0,44 | 10 | |
| 5' NP | 8,17 | 0,46 | 8,09 | 0,36 | 12 | | 8,20 | 0,36 | 8,30 | 0,40 | 10 | |
| 10' NP | 8,04 | 0,41 | 7,89 | 0,32 | 11 | | 8,13 | 0,34 | 8,16 | 0,36 | 10 | |

Tabelle 16-19 GE [g·100 ml⁻¹].

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-------------------|-----------------|------|-------------|------|--------|-------------|------|-------------|------|--------|
| | ET | SD | AT | SD | n Sign | ET | SD | AT | SD | n Sign |
| 6' 30 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 |
| 3' 80 % | 0,12 | 0,19 | 0,13 | 0,23 | 12 | 0,19 | 0,12 | 0,11 | 0,07 | 10 |
| 10' 80 % | 0,50 | 0,14 | 0,37 | 0,16 | 9 | 0,65 | 0,13 | 0,57 | 0,16 | 8 |
| Vergl Abbr | 0,63 | 0,25 | 0,61 | 0,25 | 9 | 0,73 | 0,09 | 0,63 | 0,17 | 7 |
| Abbr80 % | 0,59 | 0,22 | 0,65 | 0,30 | 12 | 0,73 | 0,10 | 0,67 | 0,17 | 10 |
| 1' NP | 0,59 | 0,23 | 0,60 | 0,22 | 12 | 0,66 | 0,33 | 0,63 | 0,20 | 10 |
| 5' NP | 0,48 | 0,21 | 0,54 | 0,19 | 12 | 0,59 | 0,27 | 0,59 | 0,18 | 10 |
| 10' NP | 0,37 | 0,24 | 0,40 | 0,23 | 11 | 0,52 | 0,25 | 0,44 | 0,14 | 10 |

Tabelle 16-20 Δ GE [g·100 ml⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (6'30 % W_{max}) berechnet.

16.3 Flüssigkeitsverschiebung

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 12 | | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 10 | |
| 6' 30 % | 98,23 | 1,90 | 98,67 | 1,17 | 12 | | 99,32 | 1,60 | 99,02 | 2,46 | 10 | |
| 3' 80 % | 95,98 | 2,03 | 96,82 | 1,08 | 12 | | 97,39 | 2,15 | 98,09 | 2,74 | 10 | |
| 10' 80 % | 95,00 | 1,97 | 95,47 | 1,65 | 9 | | 94,08 | 1,72 | 94,61 | 3,88 | 8 | |
| Vergl Abbr | 92,64 | 1,94 | 94,61 | 1,25 | 9 | | 93,13 | 2,12 | 93,16 | 1,55 | 7 | |
| Abbr80 % | 93,45 | 2,34 | 93,88 | 1,93 | 12 | | 93,61 | 2,05 | 93,73 | 3,19 | 10 | |
| 1' NP | 94,55 | 4,03 | 94,79 | 1,94 | 12 | | 94,65 | 3,19 | 95,43 | 4,48 | 10 | |
| 5' NP | 94,69 | 2,55 | 95,77 | 1,88 | 12 | | 95,12 | 2,17 | 95,36 | 3,30 | 10 | |
| 10' NP | 95,91 | 2,15 | 96,38 | 1,74 | 11 | | 96,30 | 2,43 | 96,48 | 3,26 | 10 | |

Tabelle 16-21 Dauertest - Gesamtflüssigkeitsverschiebung in % bezogen auf Ruhe [Hb].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 12 | | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 10 | |
| 6' 30 % | 98,07 | 2,44 | 98,22 | 1,98 | 12 | | 99,40 | 2,91 | 98,92 | 2,17 | 10 | |
| 3' 80 % | 96,65 | 3,07 | 96,69 | 4,18 | 12 | | 97,02 | 2,98 | 97,50 | 2,63 | 10 | |
| 10' 80 % | 92,36 | 3,13 | 93,63 | 3,20 | 9 | | 92,04 | 3,60 | 92,26 | 3,29 | 8 | |
| Vergl Abbr | 90,05 | 3,01 | 90,66 | 3,53 | 9 | | 90,40 | 2,53 | 90,91 | 2,47 | 7 | |
| Abbr80 % | 91,15 | 3,50 | 90,46 | 4,04 | 12 | | 90,76 | 3,03 | 91,13 | 3,54 | 10 | |
| 1' NP | 91,13 | 3,71 | 91,10 | 3,44 | 12 | | 91,62 | 3,87 | 91,56 | 3,26 | 10 | |
| 5' NP | 92,45 | 3,49 | 91,68 | 3,08 | 12 | | 92,29 | 3,41 | 91,95 | 3,55 | 10 | |
| 10' NP | 93,74 | 3,98 | 93,28 | 3,92 | 11 | | 93,07 | 3,08 | 93,55 | 2,95 | 10 | |

Tabelle 16-22 Dauertest - Plasmavolumenveränderung bezogen auf Ruhe [GE] in %.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 12 | | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 10 | |
| 6' 30 % | 99,74 | 0,72 | 100,09 | 0,70 | 12 | | 99,67 | 0,62 | 99,90 | 0,44 | 10 | |
| 3' 80 % | 98,99 | 1,05 | 99,11 | 0,69 | 12 | | 98,70 | 0,72 | 99,11 | 0,66 | 10 | |
| 10' 80 % | 97,31 | 0,99 | 97,83 | 0,99 | 9 | | 96,87 | 0,94 | 97,28 | 0,64 | 8 | |
| Vergl Abbr | 96,52 | 0,90 | 97,19 | 1,15 | 9 | | 96,40 | 0,87 | 97,29 | 0,71 | 7 | |
| Abbr80 % | 96,91 | 1,10 | 97,16 | 1,27 | 12 | | 96,71 | 0,95 | 97,11 | 0,75 | 10 | |
| 1' NP | 97,87 | 1,25 | 98,08 | 1,41 | 12 | | 97,38 | 1,28 | 97,74 | 1,05 | 10 | |
| 5' NP | 99,61 | 0,74 | 99,42 | 0,86 | 12 | | 99,25 | 0,91 | 99,50 | 0,40 | 10 | |
| 10' NP | 100,37 | 0,82 | 99,70 | 0,75 | 11 | | 99,97 | 0,70 | 100,16 | 0,43 | 10 | |

Tabelle 16-23 Dauertest - Osmotische Flüssigkeitsverschiebung in %.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 12 | | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 10 | |
| 10' 50 % | 96,36 | 2,15 | 97,03 | 1,22 | 12 | | 96,25 | 2,65 | 96,40 | 1,23 | 10 | |
| 1. WT | 95,11 | 1,99 | 94,75 | 1,63 | 11 | | 96,09 | 3,36 | 95,29 | 2,07 | 10 | |
| 2. WT | 92,95 | 1,97 | 92,20 | 1,85 | 11 | | 93,48 | 2,80 | 93,11 | 2,21 | 10 | |
| 3' NP | 94,27 | 2,13 | 93,32 | 1,66 | 12 | | 93,86 | 2,54 | 94,03 | 2,32 | 10 | |
| 5' NP | 94,33 | 2,15 | 94,50 | 2,04 | 12 | | 95,03 | 2,53 | 94,43 | 1,42 | 10 | |
| 8' NP | 95,41 | 1,91 | 96,14 | 2,53 | 12 | | 96,38 | 3,61 | 96,15 | 1,68 | 9 | |
| 12' NP | 96,65 | 1,65 | 97,58 | 2,19 | 11 | | 97,30 | 2,91 | 97,66 | 1,47 | 10 | |
| 18' NP | 98,55 | 1,62 | 99,41 | 1,57 | 11 | | 99,26 | 2,77 | 98,68 | 1,73 | 9 | |
| 24' NP | 100,17 | 1,68 | 100,85 | 1,60 | 11 | | 101,31 | 3,38 | 100,67 | 2,13 | 10 | |
| 30' NP | 101,47 | 2,04 | 102,39 | 1,68 | 11 | | 102,56 | 3,57 | 102,21 | 2,34 | 10 | |

Tabelle 16-24 Wingate-Test - Gesamtflüssigkeitsverschiebung in % bezogen auf Ruhe [Hb].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 12 | | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 10 | |
| 10' 50 % | 98,98 | 0,86 | 99,31 | 0,74 | 12 | | 99,38 | 0,66 | 99,34 | 0,60 | 10 | |
| 1. WT | 96,13 | 0,95 | 95,79 | 2,35 | 11 | | 97,67 | 1,65 | 97,04 | 1,00 | 10 | |
| 2. WT | 94,46 | 1,49 | 93,96 | 2,68 | 11 | | 95,39 | 1,77 | 95,86 | 2,13 | 10 | |
| 3' NP | 96,97 | 0,88 | 96,56 | 1,23 | 12 | | 97,69 | 1,47 | 97,29 | 1,01 | 10 | |
| 5' NP | 97,81 | 0,47 | 97,68 | 0,86 | 12 | | 98,29 | 1,17 | 98,02 | 0,82 | 10 | |
| 8' NP | 98,53 | 0,56 | 98,62 | 1,04 | 12 | | 98,96 | 0,98 | 98,66 | 0,66 | 9 | |
| 12' NP | 99,39 | 0,82 | 99,45 | 0,74 | 11 | | 99,72 | 0,88 | 99,57 | 0,70 | 10 | |
| 18' NP | 99,90 | 0,63 | 99,95 | 0,62 | 11 | | 100,33 | 0,78 | 100,01 | 0,82 | 10 | |
| 24' NP | 100,31 | 0,69 | 100,14 | 0,53 | 11 | | 100,56 | 0,79 | 100,35 | 0,82 | 10 | |
| 30' NP | 100,38 | 0,68 | 100,36 | 0,56 | 11 | | 100,65 | 0,79 | 100,65 | 0,86 | 10 | |

Tabelle 16-25 Wingate-Test - Osmotische Flüssigkeitsverschiebung in %.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 12 | | 100,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 10 | |
| 10' 50 % | 95,59 | 3,03 | 96,39 | 1,18 | 12 | | 94,74 | 4,62 | 95,61 | 1,47 | 10 | |
| 1. WT | 93,29 | 3,11 | 94,33 | 6,23 | 11 | | 94,09 | 3,40 | 93,46 | 3,64 | 9 | |
| 2. WT | 90,63 | 4,62 | 88,89 | 2,96 | 11 | | 89,40 | 4,58 | 89,93 | 4,19 | 10 | |
| 3' NP | 90,78 | 3,00 | 89,88 | 2,45 | 12 | | 89,46 | 3,98 | 90,66 | 4,61 | 10 | |
| 5' NP | 91,23 | 3,45 | 90,37 | 2,69 | 12 | | 90,65 | 3,85 | 91,75 | 2,87 | 10 | |
| 8' NP | 92,37 | 3,78 | 91,34 | 2,13 | 12 | | 91,40 | 4,45 | 93,41 | 4,01 | 9 | |
| 12' NP | 93,93 | 4,32 | 93,76 | 2,40 | 11 | | 94,22 | 4,04 | 94,72 | 3,57 | 10 | |
| 18' NP | 96,91 | 3,55 | 97,10 | 2,65 | 11 | | 97,20 | 4,69 | 97,94 | 4,02 | 10 | |
| 24' NP | 99,74 | 4,48 | 99,60 | 2,77 | 11 | | 99,15 | 4,14 | 100,40 | 3,99 | 10 | |
| 30' NP | 102,15 | 4,24 | 101,49 | 2,43 | 11 | | 101,29 | 3,59 | 102,64 | 4,49 | 10 | |

Tabelle 16-26 Wingate-Test - Plasmavolumenveränderung in % bezogen auf Ruhe [GE].

ANHANG

16.4 Korrelationen

| y(Arbeitszeit (s)) | IG | DG | Gesamt |
|--|--|---|--|
| x(VO _{2max} % bei 5'80 % ET) | y = -23,741x + 2898,5 R ² = 0,3994 p=0,05 | y = 15,559x - 589,32 R ² = 0,0775 n.s. | y = -13,781x + 2042,1 R ² = 0,1116 n.s. |
| x(VO _{2max} % bei 5'80 % AT) | y = -30,582x + 3907,2 R ² = 0,3407 n.s. | y = 88,243x - 6959,7 R ² = 0,4399 p<0,05 | y = -17,91x + 2703,1 R ² = 0,0642 n.s. |
| x(VO _{2max} % bei 10'80 % ET) | y = -18,865x + 2653,6 R ² = 0,4784 p=0,06 | y = 6,5725x + 219,57 R ² = 0,0282 n.s. | y = -9,5526x + 1779 R ² = 0,0898 n.s. |
| x(VO _{2max} % bei 10'80 % AT) | y = -24,565x + 3591,8 R ² = 0,5466 p<0,05 | y = 76,046x - 5876,9 R ² = 0,7266 p<0,01 | y = -8,1284x + 1972,3 R ² = 0,0243 n.s. |
| x(VO _{2max} % bei Vergl Abbr) | y = -23,387x + 3365,1 R ² = 0,1902 n.s. | y = 41,146x - 2825,3 R ² = 0,2363 n.s. | y = -5,3801x + 1596 R ² = 0,0065 n.s. |
| x(VO _{2max} % bei Abbr ET) | y = -9,0596x + 1648,4 R ² = 0,0529 n.s. | y = 19,424x - 1023,4 R ² = 0,1754 n.s. | y = -0,0791x + 827,92 R ² = 4E-06 n.s. |
| x(VO _{2max} % bei Abbr AT) | y = -26,75x + 3569,8 R ² = 0,2005 n.s. | y = 37,518x - 2384,2 R ² = 0,3454 n.s. | y = 0,149x + 1100,6 R ² = 6E-06 n.s. |

Tabelle 16-27 Korrelation der Arbeitszeit (s) mit der VO_{2max} (%). IG n:9-12; DG n:7-10.

17 Ergebnisse zur Sprint- und Erholungsfähigkeit

17.1 Typ1 und Typ2 - Erreichte maximale Leistung in Sekunden

| | Typ1 | | | Typ2 | | | |
|-------------|------|------|---|------|------|----|---------------|
| | MW | SD | n | MW | SD | n | Sign (t-Test) |
| 1.EWT | 4,75 | 1,16 | 8 | 4,5 | 0,9 | 12 | 0,6 |
| 2.EWT | 6,22 | 3,19 | 9 | 5,17 | 0,58 | 12 | 0,27 |
| 1.AWT | 4,88 | 1,64 | 8 | 4,17 | 0,94 | 12 | 0,23 |
| 2.AWT | 5,78 | 2,59 | 9 | 5,08 | 1,31 | 12 | 0,43 |
| 1.EWT/2.EWT | 0,83 | 0,22 | 8 | 0,87 | 0,14 | 12 | 0,37 |
| 1.AWT/1.EWT | 1,06 | 0,35 | 8 | 0,93 | 0,15 | 12 | 0,45 |
| 2.AWT/2.EWT | 0,97 | 0,21 | 9 | 0,98 | 0,21 | 12 | 0,13 |

Tabelle 17-1 Wingate-Test Unterschiede zwischen Typ1 und Typ2 in absoluten Zahlen und prozentualen Verhältnissen bei Geschwindigkeit (s), in der die maximalen Leistung erreicht wurde. Es sind keine signifikanten Unterschiede zwischen Typ1 und Typ2 vorhanden.

17.2 Erreichte maximale Leistung in Sekunden

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 1. WT | 4,4 | 0,7 | 4,2 | 1,03 | 10 | | 4,8 | 1,23 | 4,7 | 1,49 | 10 | |
| 2. WT | 5,27 | 0,48 | 4,91 | 1,29 | 11 | | 6,0 | 3,09 | 5,9 | 2,47 | 10 | |

Tabelle 17-2 Erreichte maximale Leistung in Sekunden.

17.3 Maximalwillkürliche Kontraktion (MVC)

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 10 | | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 9 | |
| 3' NP | 84,6 | 14,5 | 91,3 | 7,0 | 8 | | 91,6 | 12,1 | 88,6 | 13,1 | 9 | |
| 5' NP | 86,5 | 11,2 | 93,7 | 15,8 | 10 | | 94,9 | 10,9 | 93,0 | 19,4 | 9 | |
| 8' NP | 83,6 | 10,5 | 90,0 | 10,8 | 10 | | 88,5 | 12,7 | 97,1 | 31,7 | 9 | |
| 12' NP | 81,3 | 13,5 | 92,2 | 17,8 | 10 | | 84,7 | 13,0 | 97,0 | 39,3 | 9 | |
| 18' NP | 84,6 | 16,3 | 89,9 | 18,4 | 10 | | 87,6 | 15,3 | 97,1 | 34,1 | 9 | |
| 24' NP | 85,7 | 16,3 | 94,1 | 13,8 | 10 | | 88,6 | 17,3 | 95,8 | 25,9 | 9 | |
| 30' NP | 87,9 | 16,4 | 91,9 | 13,9 | 10 | | 88,5 | 13,8 | 99,3 | 34,1 | 9 | |

Tabelle 17-3 Amplitude (%) Veränderung zu 10'50 % W_{max} .

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 10 | | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 9 | |
| 3' NP | 92,0 | 24,5 | 94,2 | 30,1 | 8 | | 95,6 | 28,3 | 91,4 | 29,1 | 9 | |
| 5' NP | 86,4 | 18,3 | 85,4 | 26,4 | 10 | | 87,9 | 11,9 | 94,4 | 22,3 | 9 | |
| 8' NP | 79,5 | 21,6 | 82,0 | 20,9 | 10 | | 83,7 | 21,6 | 100,9 | 44,4 | 9 | |
| 12' NP | 78,2 | 18,1 | 85,4 | 24,5 | 10 | | 87,3 | 22,6 | 92,3 | 41,6 | 9 | |
| 18' NP | 81,9 | 18,4 | 88,6 | 29,9 | 10 | | 107,5 | 48,6 | 86,7 | 31,0 | 9 | |
| 24' NP | 90,5 | 25,5 | 87,9 | 22,4 | 10 | | 88,5 | 23,3 | 91,3 | 31,1 | 9 | |
| 30' NP | 85,8 | 18,8 | 71,3 | 30,4 | 10 | | 96,3 | 37,4 | 98,5 | 33,1 | 9 | |

Tabelle 17-4 Minimale Steigung (%) Veränderung zu 10'50 % W_{max} .

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 10 | | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 9 | |
| 3' NP | 72,2 | 20,6 | 79,0 | 16,0 | 8 | | 61,5 | 18,8 | 65,4 | 16,4 | 9 | |
| 5' NP | 82,2 | 26,5 | 94,5 | 27,0 | 10 | | 76,4 | 17,1 | 75,9 | 19,2 | 9 | |
| 8' NP | 74,0 | 20,3 | 87,1 | 20,6 | 10 | | 73,6 | 20,5 | 77,4 | 38,0 | 9 | |
| 12' NP | 78,4 | 22,8 | 93,3 | 24,2 | 10 | | 65,7 | 21,4 | 82,6 | 42,0 | 9 | |
| 18' NP | 81,8 | 22,1 | 83,9 | 18,6 | 10 | | 67,6 | 17,6 | 77,7 | 28,8 | 9 | |
| 24' NP | 79,5 | 18,6 | 87,3 | 22,0 | 10 | | 66,3 | 15,6 | 74,9 | 30,3 | 9 | |
| 30' NP | 81,6 | 21,6 | 85,9 | 25,0 | 10 | | 64,8 | 13,5 | 82,5 | 38,8 | 9 | |

Tabelle 17-5 Maximale Steigung (%) Veränderung zu 10'50 % W_{max} .

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|------|----|-------------|--------------|------|--------------|------|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | Sign |
| 10' 50 % | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 10 | | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 9 |
| 3' NP | 88,6 | 37,0 | 87,9 | 24,3 | 8 | | 104,4 | 51,6 | 76,8 | 28,6 | 9 |
| 5' NP | 93,1 | 35,1 | 117,9 | 39,6 | 10 | | 118,2 | 72,3 | 78,9 | 40,8 | 9 |
| 8' NP | 85,9 | 29,3 | 108,6 | 29,7 | 10 | | 91,6 | 39,9 | 92,3 | 48,5 | 9 |
| 12' NP | 93,0 | 32,1 | 107,6 | 46,6 | 10 | | 83,5 | 35,4 | 87,0 | 47,9 | 9 |
| 18' NP | 99,4 | 50,1 | 88,3 | 22,2 | 10 | | 110,6 | 47,6 | 85,2 | 39,2 | 9 |
| 24' NP | 110,8 | 100,5 | 87,3 | 24,2 | 10 | | 114,4 | 59,3 | 79,9 | 31,3 | 9 |
| 30' NP | 91,2 | 30,1 | 87,2 | 35,3 | 10 | | 94,8 | 42,7 | 86,1 | 40,3 | 9 |

Tabelle 17-6 Kontraktionsgeschwindigkeit (%) Veränderung zu 10'50 % W_{max} .

17.4 EMG während der Wingate-Tests

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|----|------------|-----|---|------|-------------|-----|------------|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100 | 0 | 100 | 0 | 7 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | |
| A | 196 | 47 | 197 | 63 | 6 | | 195 | 88 | 211 | 64 | 8 | |
| 1 | 246 | 49 | 250 | 83 | 6 | | 226 | 72 | 258 | 50 | 8 | |
| 2 | 245 | 49 | 259 | 104 | 6 | | 249 | 95 | 272 | 57 | 8 | |
| 3 | 238 | 64 | 260 | 101 | 6 | | 256 | 113 | 277 | 61 | 8 | |
| 4 | 244 | 70 | 265 | 104 | 6 | | 287 | 159 | 296 | 87 | 8 | |
| V | 232 | 69 | 239 | 97 | 6 | | 261 | 93 | 252 | 54 | 8 | |
| L | 229 | 64 | 235 | 85 | 6 | | 258 | 85 | 229 | 43 | 8 | |

Tabelle 17-7 Normierter RMS des 1. Wingate-Tests im 1. Kanal (%). Veränderung zu 10'50 % W_{max}.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|----|------------|-----|---|------|-------------|----|------------|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100 | 0 | 100 | 0 | 7 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | |
| A | 172 | 39 | 178 | 78 | 5 | | 191 | 76 | 209 | 57 | 8 | |
| 1 | 210 | 46 | 218 | 82 | 5 | | 236 | 77 | 242 | 65 | 8 | |
| 2 | 217 | 58 | 231 | 87 | 5 | | 242 | 80 | 244 | 54 | 8 | |
| 3 | 209 | 46 | 244 | 108 | 5 | | 244 | 87 | 247 | 45 | 8 | |
| 4 | 210 | 68 | 226 | 98 | 5 | | 251 | 71 | 246 | 52 | 8 | |
| V | 202 | 69 | 215 | 96 | 5 | | 240 | 71 | 242 | 52 | 8 | |
| L | 204 | 76 | 197 | 96 | 5 | | 240 | 75 | 236 | 55 | 8 | |

Tabelle 17-8 Normierter RMS des 2. Wingate-Tests im 1. Kanal (%). Veränderung zu 10'50 % W_{max}.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----|------------|----|---|------|-------------|-----|------------|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100 | 0 | 100 | 0 | 6 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | |
| A | 176 | 42 | 147 | 61 | 6 | | 161 | 51 | 167 | 24 | 8 | |
| 1 | 228 | 43 | 185 | 66 | 6 | | 211 | 50 | 216 | 14 | 8 | |
| 2 | 226 | 51 | 194 | 65 | 6 | | 217 | 52 | 239 | 30 | 8 | |
| 3 | 290 | 94 | 200 | 69 | 6 | 0,01 | 230 | 79 | 246 | 53 | 8 | |
| 4 | 237 | 59 | 210 | 57 | 6 | | 263 | 117 | 249 | 56 | 8 | |
| V | 240 | 66 | 190 | 60 | 6 | | 258 | 120 | 237 | 66 | 8 | |
| L | 246 | 103 | 173 | 53 | 6 | | 234 | 76 | 220 | 58 | 8 | |

Tabelle 17-9 Normierter RMS des 1. Wingate-Tests im 2. Kanal (%). Veränderung zu 10'50 % W_{max}.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|----|------------|----|---|------|-------------|----|------------|----|---|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 100 | 0 | 100 | 0 | 6 | | 100 | 0 | 100 | 0 | 8 | |
| A | 144 | 33 | 133 | 58 | 5 | | 165 | 48 | 161 | 34 | 8 | |
| 1 | 178 | 31 | 170 | 67 | 5 | | 208 | 56 | 197 | 26 | 8 | |
| 2 | 189 | 32 | 163 | 52 | 5 | | 204 | 51 | 205 | 23 | 8 | |
| 3 | 191 | 28 | 177 | 57 | 5 | | 219 | 69 | 209 | 19 | 8 | |
| 4 | 187 | 35 | 167 | 56 | 5 | | 218 | 64 | 218 | 38 | 8 | |
| V | 184 | 46 | 159 | 57 | 5 | | 206 | 57 | 205 | 32 | 8 | |
| L | 184 | 66 | 148 | 55 | 5 | | 202 | 47 | 203 | 46 | 8 | |

Tabelle 17-10 Normierter RMS des 2. Wingate-Tests im 2. Kanal (%). Veränderung zu 10'50 % W_{\max} .

ANHANG

17.5 Anteil der zentralen Aktivierung

| 1.Kanal | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|-------|---|------|--------------|-------|--------------|-------|---------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | Sign |
| 10' 50 % | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 8 | | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 9 |
| 1. WT | 501,1 | 221,0 | 468,6 | 233,5 | 4 | | 373,4 | 120,2 | 468,5 | 167,8 | 8 |
| 2. WT | 351,2 | 182,5 | 310,6 | 155,4 | 5 | | 276,5 | 96,2 | 458,4 | 150,4 | 8 0,005 |
| 3' NP | 92,2 | 12,3 | 104,4 | 13,4 | 5 | | 88,7 | 24,1 | 103,2 | 20,9 | 9 |
| 5' NP | 90,1 | 15,2 | 87,1 | 11,8 | 8 | | 86,4 | 19,8 | 99,5 | 13,3 | 9 |
| 8' NP | 85,6 | 12,6 | 95,3 | 19,6 | 8 | | 90,4 | 18,8 | 98,7 | 25,1 | 9 |
| 12' NP | 96,1 | 5,3 | 105,7 | 24,2 | 8 | | 114,1 | 39,2 | 106,5 | 28,3 | 9 |
| 18' NP | 116,4 | 42,4 | 111,1 | 33,1 | 7 | | 116,3 | 15,3 | 114,7 | 35,9 | 9 |
| 24' NP | 117,7 | 29,7 | 104,0 | 27,8 | 8 | | 112,2 | 17,1 | 120,4 | 35,4 | 8 |
| 30' NP | 110,3 | 26,3 | 102,3 | 27,1 | 8 | | 118,5 | 23,3 | 121,3 | 33,3 | 9 |

Tabelle 17-11 1. Kanal. Anteil der zentralen Aktivierung (%). Veränderung zu 10'50 % W_{max} . Dauergruppe gesamter Wingate-Test $p < 0,01$.

| 2.Kanal | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|------|---|------|--------------|-------|--------------|-------|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | Sign |
| 10' 50 % | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 8 | | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 9 |
| 1. WT | 531,1 | 285,1 | 241,3 | 84,4 | 4 | | 408,8 | 140,2 | 371,0 | 139,4 | 8 |
| 2. WT | 324,7 | 213,9 | 167,3 | 85,8 | 5 | | 278,1 | 53,6 | 393,1 | 176,4 | 8 |
| 3' NP | 79,8 | 34,4 | 81,5 | 16,5 | 5 | | 83,4 | 26,3 | 98,4 | 23,7 | 9 |
| 5' NP | 85,0 | 28,9 | 96,5 | 40,5 | 8 | | 92,5 | 22,3 | 94,1 | 33,9 | 9 |
| 8' NP | 84,5 | 30,5 | 98,3 | 42,3 | 8 | | 97,2 | 30,0 | 98,7 | 39,9 | 9 |
| 12' NP | 93,8 | 24,3 | 110,6 | 53,1 | 8 | | 125,0 | 27,1 | 96,5 | 33,3 | 9 |
| 18' NP | 98,8 | 45,9 | 141,8 | 99,7 | 7 | | 135,7 | 41,5 | 115,9 | 47,4 | 9 |
| 24' NP | 100,1 | 39,3 | 140,8 | 93,7 | 8 | | 127,7 | 30,2 | 132,6 | 59,4 | 9 |
| 30' NP | 97,6 | 38,4 | 123,7 | 76,4 | 8 | | 127,0 | 22,9 | 190,3 | 166,4 | 9 |

Tabelle 17-12 2. Kanal. Anteil der zentralen Aktivierung (%). Veränderung zu 10'50 % W_{max} .

ANHANG

Anteil der Leistung im Verhältnis zur zentralen Aktivierung

| 1. Kanal | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | |
|------------------------|-----------------|--------|---------------|--------|---|------|---------------|--------|---------------|--------|---------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | Sign |
| 1. Pow _{mL} | 0,0074 | 0,0042 | 0,0067 | 0,0033 | 4 | | 0,0054 | 0,0016 | 0,0066 | 0,0022 | 8 |
| 2. Pow _{mL} | 0,0068 | 0,0044 | 0,0055 | 0,0028 | 5 | | 0,0054 | 0,0017 | 0,0085 | 0,0030 | 8 0,005 |
| 1. Pow _{maxL} | 0,0053 | 0,0028 | 0,0049 | 0,0027 | 4 | | 0,0035 | 0,0009 | 0,0043 | 0,0010 | 8 |
| 2. Pow _{maxL} | 0,0047 | 0,0030 | 0,0041 | 0,0023 | 5 | | 0,0036 | 0,0010 | 0,0057 | 0,0022 | 8 0,005 |

Tabelle 17-13 1. Kanal Anteil der erbrachten Leistung im Verhältnis zur zentralen Aktivierung. Dauergruppe beide Wingate-Tests zusammen p<0,01.

| 2. Kanal | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | |
|------------------------|-----------------|--------|---------------|--------|---|------|---------------|--------|---------------|--------|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | Sign |
| 1. Pow _{mL} | 0,0079 | 0,0052 | 0,0035 | 0,0015 | 4 | | 0,0059 | 0,0020 | 0,0052 | 0,0019 | 8 |
| 2. Pow _{mL} | 0,0063 | 0,0049 | 0,0031 | 0,0019 | 5 | | 0,0055 | 0,0013 | 0,0073 | 0,0035 | 8 |
| 1. Pow _{maxL} | 0,0056 | 0,0035 | 0,0025 | 0,0010 | 4 | | 0,0039 | 0,0014 | 0,0034 | 0,0009 | 8 |
| 2. Pow _{maxL} | 0,0044 | 0,0034 | 0,0023 | 0,0015 | 5 | | 0,0037 | 0,0009 | 0,0048 | 0,0020 | 8 |

Tabelle 17-14 2. Kanal Anteil der erbrachten Leistung im Verhältnis zur zentralen Aktivierung.

17.6 Blutchemische Größen

Blutgase

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|-------|----|------|--------------|-------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 57,46 | 15,01 | 54,57 | 16,41 | 12 | | 52,09 | 20,15 | 50,08 | 10,17 | 10 | |
| 10' 50 % | 67,98 | 14,08 | 75,34 | 14,52 | 12 | | 66,81 | 19,92 | 72,52 | 12,68 | 10 | |
| 1. WT | 24,79 | 11,08 | 29,43 | 13,25 | 11 | | 34,34 | 14,37 | 33,32 | 12,56 | 10 | |
| 2. WT | 20,01 | 9,29 | 22,69 | 11,09 | 11 | | 21,05 | 7,64 | 32,81 | 25,86 | 10 | |
| 3' NP | 62,81 | 17,76 | 69,90 | 16,32 | 12 | | 71,57 | 12,54 | 66,46 | 13,90 | 10 | |
| 5' NP | 68,86 | 13,79 | 71,42 | 15,62 | 12 | | 72,77 | 12,05 | 73,26 | 14,42 | 10 | |
| 8' NP | 74,32 | 12,59 | 81,06 | 7,94 | 12 | | 77,57 | 13,15 | 83,36 | 6,95 | 9 | |
| 12' NP | 73,57 | 11,64 | 81,34 | 7,83 | 11 | | 80,28 | 7,81 | 83,59 | 4,94 | 10 | |
| 18' NP | 75,25 | 12,60 | 79,34 | 7,38 | 11 | | 76,24 | 11,58 | 79,51 | 7,52 | 10 | |
| 24' NP | 75,23 | 8,53 | 79,93 | 6,68 | 11 | | 77,54 | 8,02 | 80,33 | 7,40 | 10 | |
| 30' NP | 77,37 | 11,64 | 82,83 | 6,21 | 11 | | 79,25 | 9,20 | 83,73 | 7,07 | 10 | |

Tabelle 17-15 HbO₂ [%].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|---------------|-------|----|------|---------------|-------|---------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | -43,37 | 12,31 | -44,62 | 14,23 | 11 | | -32,47 | 13,75 | -39,20 | 15,04 | 10 | |
| 2. WT | -48,15 | 13,67 | -51,36 | 16,86 | 11 | | -45,76 | 18,20 | -39,71 | 26,66 | 10 | |
| 3' NP | -5,17 | 16,85 | -5,44 | 16,30 | 12 | | 4,76 | 18,19 | -6,06 | 17,33 | 10 | |
| 5' NP | 0,88 | 13,05 | -3,93 | 19,07 | 12 | | 5,96 | 13,48 | 0,73 | 9,82 | 10 | |
| 8' NP | 6,33 | 14,38 | 5,72 | 13,98 | 12 | | 12,37 | 19,25 | 10,75 | 12,00 | 9 | |
| 12' NP | 6,12 | 14,29 | 6,27 | 15,70 | 11 | | 13,47 | 17,82 | 11,07 | 12,50 | 10 | |
| 18' NP | 7,81 | 13,07 | 4,27 | 15,39 | 11 | | 9,43 | 20,50 | 6,99 | 10,78 | 10 | |
| 24' NP | 7,78 | 11,23 | 4,86 | 15,14 | 11 | | 10,73 | 16,18 | 7,80 | 9,10 | 10 | |
| 30' NP | 9,93 | 11,06 | 7,76 | 13,63 | 11 | | 12,44 | 16,01 | 11,20 | 9,83 | 10 | |

Tabelle 17-16 Δ HbO₂ [%]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10'50 % W_{max}) berechnet.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|-------|----|------|--------------|-------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 58,65 | 15,31 | 55,76 | 16,74 | 12 | | 53,06 | 20,64 | 51,28 | 10,64 | 10 | |
| 10' 50 % | 69,37 | 14,44 | 77,21 | 14,87 | 12 | | 68,15 | 20,43 | 74,10 | 12,83 | 10 | |
| 1. WT | 25,34 | 11,32 | 30,04 | 13,50 | 11 | | 35,02 | 14,64 | 34,14 | 12,87 | 10 | |
| 2. WT | 20,35 | 9,39 | 23,13 | 11,40 | 11 | | 21,34 | 7,72 | 33,45 | 26,32 | 10 | |
| 3' NP | 64,19 | 18,23 | 71,23 | 16,59 | 12 | | 72,80 | 12,66 | 67,74 | 14,36 | 10 | |
| 5' NP | 70,66 | 14,20 | 73,38 | 16,12 | 12 | | 74,86 | 12,57 | 75,47 | 14,96 | 10 | |
| 8' NP | 75,86 | 13,20 | 82,63 | 8,22 | 12 | | 78,74 | 13,37 | 85,19 | 7,35 | 9 | |
| 12' NP | 75,38 | 11,86 | 83,32 | 8,08 | 11 | | 82,61 | 7,84 | 86,23 | 5,17 | 10 | |
| 18' NP | 77,42 | 13,09 | 82,58 | 8,59 | 11 | | 78,27 | 11,89 | 81,81 | 8,18 | 10 | |
| 24' NP | 77,16 | 8,95 | 82,34 | 7,07 | 11 | | 79,65 | 8,27 | 82,59 | 7,98 | 10 | |
| 30' NP | 79,42 | 11,94 | 85,35 | 6,42 | 11 | | 81,13 | 9,25 | 85,71 | 6,98 | 10 | |

Tabelle 17-17 SO₂ [%].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|---------------|-------|----|------|---------------|-------|---------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | -44,17 | 12,81 | -45,78 | 14,33 | 11 | | -33,12 | 14,22 | -39,96 | 15,41 | 10 | |
| 2. WT | -49,16 | 14,11 | -52,70 | 17,16 | 11 | | -46,81 | 18,65 | -40,65 | 27,21 | 10 | |
| 3' NP | -5,18 | 17,30 | -5,97 | 16,29 | 12 | | 4,66 | 18,49 | -6,35 | 17,75 | 10 | |
| 5' NP | 1,29 | 13,25 | -3,82 | 19,36 | 12 | | 6,71 | 13,71 | 1,38 | 9,88 | 10 | |
| 8' NP | 6,49 | 14,69 | 5,42 | 14,13 | 12 | | 12,31 | 19,69 | 11,08 | 12,41 | 9 | |
| 12' NP | 6,53 | 14,38 | 6,46 | 16,22 | 11 | | 14,47 | 18,28 | 12,13 | 12,56 | 10 | |
| 18' NP | 8,57 | 13,25 | 5,72 | 15,25 | 11 | | 10,13 | 21,14 | 7,71 | 10,92 | 10 | |
| 24' NP | 8,31 | 11,38 | 5,48 | 15,48 | 11 | | 11,50 | 16,77 | 8,49 | 8,91 | 10 | |
| 30' NP | 10,57 | 10,94 | 8,49 | 13,95 | 11 | | 12,98 | 16,73 | 11,62 | 9,94 | 10 | |

Tabelle 17-18 Δ SO₂ [%]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10'50 % W_{max}) berechnet.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|-------|----|------|--------------|-------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 32,06 | 7,61 | 30,98 | 8,22 | 12 | | 30,20 | 10,25 | 28,62 | 4,71 | 10 | |
| 10' 50 % | 40,73 | 12,15 | 46,15 | 12,40 | 12 | | 41,12 | 13,87 | 43,86 | 9,51 | 10 | |
| 1. WT | 20,26 | 6,20 | 22,35 | 5,73 | 11 | | 23,20 | 6,04 | 23,17 | 5,05 | 10 | |
| 2. WT | 19,77 | 6,03 | 21,60 | 5,71 | 11 | | 20,01 | 4,07 | 27,26 | 16,69 | 10 | |
| 3' NP | 49,83 | 17,28 | 54,83 | 16,86 | 12 | | 53,43 | 13,13 | 48,42 | 11,28 | 10 | |
| 5' NP | 51,32 | 13,50 | 55,73 | 15,66 | 12 | | 56,36 | 14,68 | 56,95 | 13,81 | 10 | |
| 8' NP | 58,78 | 15,65 | 65,43 | 13,64 | 12 | | 61,81 | 14,98 | 68,01 | 10,48 | 9 | |
| 12' NP | 57,47 | 16,44 | 63,78 | 12,41 | 11 | | 62,89 | 14,67 | 67,37 | 11,61 | 10 | |
| 18' NP | 55,23 | 19,44 | 56,72 | 9,89 | 11 | | 54,34 | 13,14 | 57,74 | 11,61 | 10 | |
| 24' NP | 49,55 | 12,21 | 53,42 | 8,90 | 11 | | 51,41 | 10,23 | 55,20 | 8,78 | 10 | |
| 30' NP | 52,90 | 19,06 | 55,39 | 9,35 | 11 | | 50,95 | 10,00 | 56,90 | 9,60 | 10 | |

Tabelle 17-19 PO₂ (mmHG).

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|---------------|-------|----|------|---------------|-------|---------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | -20,61 | 8,93 | -21,98 | 8,96 | 11 | | -17,92 | 10,48 | -20,69 | 8,38 | 10 | |
| 2. WT | -21,10 | 9,87 | -22,74 | 11,36 | 11 | | -21,11 | 12,21 | -16,60 | 18,23 | 10 | |
| 3' NP | 9,10 | 14,14 | 8,68 | 14,79 | 12 | | 12,31 | 11,58 | 4,56 | 13,25 | 10 | |
| 5' NP | 10,59 | 11,83 | 9,58 | 14,61 | 12 | | 15,24 | 9,25 | 13,09 | 9,37 | 10 | |
| 8' NP | 18,06 | 16,43 | 19,28 | 11,50 | 12 | | 21,90 | 14,07 | 23,90 | 10,16 | 9 | |
| 12' NP | 16,78 | 17,72 | 17,63 | 14,92 | 11 | | 21,77 | 13,64 | 23,51 | 11,70 | 10 | |
| 18' NP | 14,54 | 13,34 | 10,56 | 14,37 | 11 | | 13,22 | 15,67 | 13,88 | 12,16 | 10 | |
| 24' NP | 8,86 | 11,30 | 7,26 | 13,30 | 11 | | 10,29 | 12,27 | 11,34 | 8,60 | 10 | |
| 30' NP | 12,21 | 12,15 | 9,24 | 11,40 | 11 | | 9,83 | 12,24 | 13,04 | 10,15 | 10 | |

Tabelle 17-20 Δ PO₂ (mmHG). Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10'50 % W_{max}) berechnet.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|-------|----|------|--------------|-------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 53,14 | 6,47 | 55,11 | 4,63 | 12 | | 57,02 | 8,38 | 55,51 | 4,93 | 10 | |
| 10' 50 % | 53,72 | 6,14 | 51,47 | 4,21 | 12 | | 55,55 | 6,99 | 51,12 | 3,90 | 10 | 0,05 |
| 1. WT | 70,85 | 7,97 | 73,16 | 10,29 | 11 | | 68,58 | 13,00 | 65,31 | 11,39 | 10 | |
| 2. WT | 82,03 | 10,36 | 83,96 | 12,86 | 11 | | 82,14 | 16,23 | 72,80 | 20,26 | 10 | |
| 3' NP | 54,93 | 11,15 | 53,36 | 11,36 | 12 | | 54,12 | 14,18 | 53,10 | 4,50 | 10 | |
| 5' NP | 48,62 | 8,76 | 47,86 | 8,99 | 12 | | 50,01 | 9,85 | 46,95 | 6,18 | 10 | |
| 8' NP | 44,41 | 7,14 | 42,03 | 5,73 | 12 | | 45,12 | 8,38 | 40,61 | 3,78 | 9 | |
| 12' NP | 43,55 | 5,87 | 40,13 | 4,41 | 11 | | 42,43 | 6,32 | 38,44 | 2,78 | 10 | |
| 18' NP | 41,09 | 6,62 | 39,81 | 4,43 | 11 | | 42,64 | 6,08 | 39,37 | 3,01 | 10 | |
| 24' NP | 40,55 | 4,32 | 35,55 | 10,84 | 11 | | 41,66 | 4,40 | 39,32 | 3,18 | 10 | |
| 30' NP | 40,25 | 5,41 | 39,64 | 3,70 | 11 | | 41,74 | 4,80 | 38,45 | 3,20 | 10 | |

Tabelle 17-21 PCO₂ (mmHG). Dauergruppe gesamte NP p<0,05.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|---------------|-------|----|------|---------------|-------|---------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 17,67 | 6,27 | 21,48 | 9,08 | 11 | | 13,03 | 9,35 | 14,19 | 10,67 | 10 | |
| 2. WT | 28,85 | 11,65 | 32,28 | 12,44 | 11 | | 26,59 | 13,68 | 21,68 | 19,21 | 10 | |
| 3' NP | 1,22 | 10,34 | 1,89 | 10,51 | 12 | | -1,43 | 10,67 | 1,98 | 6,57 | 10 | |
| 5' NP | -5,10 | 7,53 | -3,61 | 9,68 | 12 | | -5,54 | 6,20 | -4,17 | 4,03 | 10 | |
| 8' NP | -9,31 | 6,42 | -9,43 | 7,16 | 12 | | -10,97 | 6,97 | -10,50 | 4,02 | 9 | |
| 12' NP | -10,55 | 5,79 | -11,65 | 5,87 | 11 | | -13,12 | 5,41 | -12,68 | 4,27 | 10 | |
| 18' NP | -13,02 | 5,07 | -11,97 | 6,30 | 11 | | -12,91 | 5,57 | -11,75 | 4,34 | 10 | |
| 24' NP | -13,56 | 3,60 | -16,23 | 13,17 | 11 | | -13,89 | 5,54 | -11,80 | 3,36 | 10 | |
| 30' NP | -13,86 | 3,55 | -12,15 | 5,08 | 11 | | -13,81 | 5,07 | -12,67 | 4,12 | 10 | |

Tabelle 17-22 Δ PCO₂ (mmHG). Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10'50 % W_{max}) berechnet.

ANHANG

Elektrolyte

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 4,05 | 0,35 | 4,09 | 0,20 | 12 | | 4,14 | 0,16 | 4,14 | 0,11 | 10 | |
| 10' 50 % | 4,63 | 0,22 | 4,60 | 0,14 | 12 | | 4,95 | 0,75 | 4,60 | 0,16 | 10 | |
| 1. WT | 5,86 | 0,38 | 5,95 | 0,81 | 11 | | 5,73 | 0,59 | 5,47 | 0,51 | 10 | |
| 2. WT | 5,45 | 0,66 | 5,56 | 0,65 | 11 | | 5,40 | 0,36 | 5,15 | 0,51 | 10 | |
| 3' NP | 3,82 | 0,24 | 3,75 | 0,47 | 12 | | 3,89 | 0,17 | 3,98 | 0,37 | 10 | |
| 5' NP | 3,62 | 0,29 | 3,53 | 0,26 | 12 | | 3,68 | 0,18 | 3,77 | 0,30 | 10 | |
| 8' NP | 3,63 | 0,23 | 3,54 | 0,17 | 12 | | 3,66 | 0,28 | 3,67 | 0,20 | 9 | |
| 12' NP | 3,64 | 0,31 | 3,61 | 0,19 | 11 | | 3,66 | 0,22 | 3,67 | 0,17 | 10 | |
| 18' NP | 3,81 | 0,25 | 3,70 | 0,19 | 11 | | 3,77 | 0,20 | 3,82 | 0,18 | 10 | |
| 24' NP | 3,85 | 0,20 | 3,78 | 0,20 | 11 | | 3,83 | 0,20 | 3,84 | 0,10 | 10 | |
| 30' NP | 3,94 | 0,23 | 3,83 | 0,20 | 11 | | 3,90 | 0,18 | 3,90 | 0,11 | 10 | |

Tabelle 17-23 K^+ [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 1,22 | 0,46 | 1,37 | 0,84 | 11 | | 0,78 | 0,84 | 0,87 | 0,42 | 10 | |
| 2. WT | 0,81 | 0,70 | 0,98 | 0,66 | 11 | | 0,45 | 0,73 | 0,55 | 0,52 | 10 | |
| 3' NP | -0,81 | 0,31 | -0,85 | 0,42 | 12 | | -1,06 | 0,81 | -0,62 | 0,40 | 10 | |
| 5' NP | -1,01 | 0,29 | -1,06 | 0,24 | 12 | | -1,27 | 0,81 | -0,83 | 0,35 | 10 | |
| 8' NP | -1,00 | 0,24 | -1,05 | 0,17 | 12 | | -1,32 | 0,95 | -0,92 | 0,23 | 9 | |
| 12' NP | -0,97 | 0,25 | -0,97 | 0,19 | 11 | | -1,29 | 0,84 | -0,93 | 0,18 | 10 | |
| 18' NP | -0,80 | 0,22 | -0,88 | 0,16 | 11 | | -1,18 | 0,81 | -0,78 | 0,20 | 10 | |
| 24' NP | -0,75 | 0,21 | -0,79 | 0,17 | 11 | | -1,12 | 0,81 | -0,76 | 0,18 | 10 | |
| 30' NP | -0,67 | 0,22 | -0,75 | 0,17 | 11 | | -1,05 | 0,78 | -0,70 | 0,18 | 10 | |

Tabelle 17-24 ΔK^+ [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des ET (10'50 % W_{max}) berechnet.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|---------------|-------|----|------|---------------|------|---------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 293,92 | 2,94 | 294,38 | 3,44 | 12 | | 295,62 | 2,90 | 294,12 | 2,48 | 10 | |
| 10' 50 % | 298,42 | 2,32 | 298,41 | 3,00 | 11 | | 299,45 | 2,41 | 297,37 | 2,73 | 10 | |
| 1. WT | 310,94 | 6,37 | 311,06 | 9,79 | 10 | | 307,80 | 5,98 | 307,00 | 5,78 | 9 | |
| 2. WT | 319,81 | 10,27 | 320,85 | 11,80 | 10 | | 318,07 | 8,49 | 315,01 | 10,41 | 10 | |
| 3' NP | 309,75 | 5,12 | 312,96 | 4,78 | 12 | | 310,95 | 6,81 | 309,32 | 7,13 | 10 | |
| 5' NP | 307,90 | 5,25 | 309,35 | 4,66 | 12 | | 308,15 | 6,46 | 306,87 | 6,35 | 10 | |
| 8' NP | 306,14 | 4,32 | 306,83 | 4,18 | 12 | | 306,74 | 5,04 | 305,56 | 5,74 | 9 | |
| 12' NP | 302,68 | 3,91 | 303,41 | 3,55 | 11 | | 303,28 | 4,57 | 302,77 | 5,78 | 10 | |
| 18' NP | 300,12 | 2,57 | 299,60 | 4,52 | 10 | | 300,72 | 3,74 | 299,73 | 4,17 | 10 | |
| 24' NP | 297,83 | 3,24 | 297,33 | 3,67 | 11 | | 298,80 | 3,48 | 297,85 | 3,82 | 10 | |
| 30' NP | 296,61 | 2,69 | 295,88 | 3,48 | 11 | | 298,03 | 2,99 | 296,63 | 3,00 | 10 | |

Tabelle 17-25 Osm [mmol·kg⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|-------|----|------|--------------|------|--------------|-------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 12,88 | 4,98 | 12,91 | 7,99 | 10 | | 7,85 | 5,37 | 9,30 | 4,95 | 9 | |
| 2. WT | 21,74 | 9,68 | 22,70 | 10,74 | 10 | | 18,62 | 7,48 | 17,64 | 10,42 | 10 | |
| 3' NP | 11,52 | 5,09 | 14,09 | 4,12 | 11 | | 11,50 | 5,46 | 11,95 | 6,40 | 10 | |
| 5' NP | 9,92 | 5,07 | 10,47 | 3,39 | 11 | | 8,70 | 4,88 | 9,50 | 5,28 | 10 | |
| 8' NP | 8,06 | 3,96 | 8,17 | 3,19 | 11 | | 7,41 | 3,48 | 8,37 | 3,99 | 9 | |
| 12' NP | 4,35 | 3,54 | 4,63 | 2,56 | 10 | | 3,83 | 3,32 | 5,40 | 4,62 | 10 | |
| 18' NP | 1,42 | 2,65 | 0,98 | 2,77 | 10 | | 1,27 | 2,14 | 2,36 | 3,52 | 10 | |
| 24' NP | -0,49 | 2,59 | -1,35 | 2,15 | 10 | | -0,65 | 2,00 | 0,48 | 3,19 | 10 | |
| 30' NP | -1,77 | 1,82 | -2,70 | 2,21 | 10 | | -1,43 | 1,54 | -0,73 | 2,76 | 10 | |

Tabelle 17-26 Δ Osm [mmol·kg⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10' 50 % W_{max}) berechnet.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|---------------|------|----|------|---------------|------|---------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 3,78 | 2,02 | 2,47 | 5,07 | 12 | | 4,02 | 1,72 | 3,69 | 1,08 | 10 | |
| 10' 50 % | 2,20 | 1,78 | 2,60 | 1,23 | 12 | | 2,21 | 2,32 | 2,29 | 0,91 | 10 | |
| 1. WT | 0,24 | 1,68 | -0,03 | 2,41 | 11 | | 0,63 | 1,97 | 0,22 | 1,33 | 10 | |
| 2. WT | -7,65 | 2,41 | -8,57 | 3,17 | 11 | | -7,32 | 3,18 | -7,84 | 3,72 | 10 | |
| 3' NP | -12,11 | 3,13 | -13,95 | 3,26 | 12 | | -12,45 | 3,15 | -12,05 | 4,25 | 10 | |
| 5' NP | -13,18 | 3,14 | -14,73 | 3,13 | 12 | | -13,43 | 3,49 | -13,79 | 3,90 | 10 | |
| 8' NP | -14,02 | 2,74 | -15,66 | 2,59 | 12 | | -14,63 | 3,81 | -15,20 | 4,04 | 9 | |
| 12' NP | -12,59 | 2,95 | -14,23 | 2,85 | 11 | | -13,25 | 4,10 | -14,36 | 3,96 | 10 | |
| 18' NP | -9,86 | 3,43 | -10,85 | 2,86 | 11 | | -10,22 | 4,09 | -11,24 | 4,13 | 10 | |
| 24' NP | -6,65 | 2,96 | -7,27 | 3,10 | 11 | | -7,16 | 3,57 | -8,26 | 3,69 | 10 | |
| 30' NP | -4,15 | 3,19 | -4,51 | 2,99 | 11 | | -4,43 | 3,05 | -5,49 | 2,74 | 10 | |

Tabelle 17-27 aBE [mmol·l⁻¹]. Intervallgruppe: die ersten 12 Min der NP p<0,05.

ANHANG

Metabolite

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,29 | 0,45 | 1,43 | 0,71 | 12 | | 1,27 | 0,45 | 1,27 | 0,52 | 10 | |
| 10' 50 % | 1,32 | 0,51 | 1,58 | 0,70 | 12 | | 1,37 | 0,44 | 1,33 | 0,57 | 10 | |
| 1. WT | 1,45 | 0,57 | 1,58 | 0,82 | 11 | | 1,24 | 0,26 | 1,29 | 0,54 | 9 | |
| 2. WT | 1,57 | 0,57 | 1,76 | 0,93 | 11 | | 1,47 | 0,49 | 1,46 | 0,59 | 10 | |
| 3' NP | 1,47 | 0,55 | 1,74 | 0,78 | 12 | | 1,51 | 0,46 | 1,48 | 0,64 | 10 | |
| 5' NP | 1,55 | 0,62 | 1,84 | 0,80 | 12 | | 1,49 | 0,51 | 1,48 | 0,60 | 10 | |
| 8' NP | 1,50 | 0,57 | 1,83 | 0,84 | 12 | | 1,55 | 0,50 | 1,57 | 0,57 | 9 | |
| 12' NP | 1,45 | 0,61 | 1,75 | 0,83 | 11 | | 1,52 | 0,54 | 1,45 | 0,56 | 10 | |
| 18' NP | 1,38 | 0,60 | 1,70 | 0,82 | 11 | | 1,41 | 0,45 | 1,40 | 0,61 | 10 | |
| 24' NP | 1,36 | 0,59 | 1,56 | 0,93 | 11 | | 1,36 | 0,45 | 1,39 | 0,62 | 10 | |
| 30' NP | 1,29 | 0,62 | 1,51 | 0,82 | 11 | | 1,31 | 0,46 | 1,31 | 0,53 | 10 | |

Tabelle 17-28 Ggly [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 0,08 | 0,12 | 0,02 | 0,13 | 11 | | -0,01 | 0,10 | 0,05 | 0,13 | 9 | |
| 2. WT | 0,20 | 0,12 | 0,20 | 0,23 | 11 | | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,09 | 10 | |
| 3' NP | 0,15 | 0,10 | 0,16 | 0,14 | 12 | | 0,14 | 0,11 | 0,15 | 0,13 | 10 | |
| 5' NP | 0,23 | 0,20 | 0,25 | 0,16 | 12 | | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 10 | |
| 8' NP | 0,18 | 0,16 | 0,25 | 0,19 | 12 | | 0,15 | 0,13 | 0,19 | 0,13 | 9 | |
| 12' NP | 0,14 | 0,13 | 0,18 | 0,18 | 11 | | 0,15 | 0,17 | 0,12 | 0,14 | 10 | |
| 18' NP | 0,07 | 0,18 | 0,13 | 0,17 | 11 | | 0,03 | 0,17 | 0,07 | 0,13 | 10 | |
| 24' NP | 0,05 | 0,17 | -0,01 | 0,32 | 11 | | -0,01 | 0,25 | 0,05 | 0,25 | 10 | |
| 30' NP | -0,02 | 0,18 | -0,06 | 0,18 | 11 | | -0,06 | 0,23 | -0,03 | 0,16 | 10 | |

Tabelle 17-29 Δ Ggly [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10'50 % W_{max}) berechnet.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 1,23 | 0,45 | 1,38 | 0,71 | 12 | | 1,21 | 0,46 | 1,21 | 0,53 | 10 | |
| 10' 50 % | 1,24 | 0,52 | 1,50 | 0,71 | 12 | | 1,31 | 0,45 | 1,26 | 0,57 | 10 | |
| 1. WT | 1,36 | 0,57 | 1,48 | 0,82 | 11 | | 1,15 | 0,27 | 1,20 | 0,55 | 9 | |
| 2. WT | 1,46 | 0,56 | 1,65 | 0,93 | 11 | | 1,39 | 0,50 | 1,35 | 0,59 | 10 | |
| 3' NP | 1,34 | 0,55 | 1,60 | 0,78 | 12 | | 1,39 | 0,46 | 1,34 | 0,64 | 10 | |
| 5' NP | 1,39 | 0,62 | 1,66 | 0,80 | 12 | | 1,35 | 0,51 | 1,32 | 0,60 | 10 | |
| 8' NP | 1,31 | 0,56 | 1,62 | 0,84 | 12 | | 1,37 | 0,50 | 1,37 | 0,57 | 9 | |
| 12' NP | 1,24 | 0,60 | 1,51 | 0,82 | 11 | | 1,32 | 0,53 | 1,23 | 0,55 | 10 | |
| 18' NP | 1,17 | 0,57 | 1,44 | 0,81 | 11 | | 1,18 | 0,43 | 1,19 | 0,59 | 10 | |
| 24' NP | 1,16 | 0,57 | 1,32 | 0,91 | 11 | | 1,13 | 0,43 | 1,19 | 0,60 | 10 | |
| 30' NP | 1,11 | 0,58 | 1,29 | 0,81 | 11 | | 1,12 | 0,44 | 1,12 | 0,50 | 10 | |

Tabelle 17-30 Tri [mmol·l⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 0,07 | 0,11 | 0,01 | 0,14 | 11 | | -0,04 | 0,10 | 0,04 | 0,14 | 9 | 0,05 |
| 2. WT | 0,17 | 0,11 | 0,18 | 0,23 | 11 | | 0,08 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 10 | |
| 3' NP | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,13 | 12 | | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,13 | 10 | |
| 5' NP | 0,15 | 0,20 | 0,15 | 0,14 | 12 | | 0,05 | 0,13 | 0,06 | 0,14 | 10 | |
| 8' NP | 0,07 | 0,15 | 0,11 | 0,17 | 12 | | 0,04 | 0,12 | 0,07 | 0,12 | 9 | |
| 12' NP | 0,01 | 0,12 | 0,02 | 0,16 | 11 | | 0,01 | 0,16 | -0,03 | 0,11 | 10 | |
| 18' NP | -0,06 | 0,16 | -0,05 | 0,15 | 11 | | -0,13 | 0,11 | -0,07 | 0,11 | 10 | |
| 24' NP | -0,07 | 0,16 | -0,17 | 0,32 | 11 | | -0,18 | 0,20 | -0,07 | 0,22 | 10 | |
| 30' NP | -0,12 | 0,14 | -0,20 | 0,17 | 11 | | -0,19 | 0,17 | -0,13 | 0,17 | 10 | |

Tabelle 17-31 Δ Tri [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10'50 % W_{max}) berechnet.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 4,61 | 0,59 | 4,42 | 0,69 | 12 | | 4,20 | 0,50 | 4,37 | 0,57 | 10 | |
| 10' 50 % | 4,17 | 0,52 | 4,32 | 0,56 | 12 | | 3,87 | 0,52 | 4,00 | 0,41 | 10 | |
| 1. WT | 4,22 | 0,46 | 4,50 | 0,62 | 11 | | 4,07 | 0,59 | 4,21 | 0,36 | 9 | |
| 2. WT | 4,19 | 0,49 | 4,62 | 0,67 | 11 | | 4,03 | 0,63 | 4,27 | 0,48 | 10 | |
| 3' NP | 4,75 | 0,55 | 5,12 | 0,76 | 12 | | 4,48 | 0,64 | 4,91 | 0,55 | 10 | |
| 5' NP | 5,00 | 0,53 | 5,29 | 0,70 | 12 | | 4,73 | 0,53 | 5,10 | 0,60 | 10 | |
| 8' NP | 5,01 | 0,59 | 5,25 | 0,69 | 12 | | 4,73 | 0,62 | 5,13 | 0,78 | 9 | |
| 12' NP | 4,80 | 0,62 | 4,97 | 0,74 | 11 | | 4,50 | 0,77 | 4,96 | 0,76 | 10 | |
| 18' NP | 4,67 | 0,62 | 5,19 | 1,47 | 11 | | 4,36 | 0,71 | 4,80 | 0,70 | 10 | |
| 24' NP | 4,59 | 0,63 | 4,56 | 0,71 | 11 | | 4,43 | 0,75 | 4,65 | 0,63 | 10 | |
| 30' NP | 4,49 | 0,55 | 4,53 | 0,67 | 11 | | 4,37 | 0,70 | 4,55 | 0,59 | 10 | |

Tabelle 17-32 Glu_v [mmol·l⁻¹].

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 0,12 | 0,39 | 0,14 | 0,22 | 11 | | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,25 | 9 | |
| 2. WT | 0,09 | 0,44 | 0,26 | 0,34 | 11 | | 0,16 | 0,22 | 0,27 | 0,29 | 10 | |
| 3' NP | 0,58 | 0,43 | 0,80 | 0,75 | 12 | | 0,61 | 0,26 | 0,91 | 0,45 | 10 | |
| 5' NP | 0,83 | 0,50 | 0,98 | 0,56 | 12 | | 0,86 | 0,35 | 1,10 | 0,47 | 10 | |
| 8' NP | 0,84 | 0,53 | 0,93 | 0,57 | 12 | | 0,94 | 0,24 | 1,19 | 0,58 | 9 | |
| 12' NP | 0,70 | 0,47 | 0,66 | 0,60 | 11 | | 0,63 | 0,35 | 0,96 | 0,54 | 10 | |
| 18' NP | 0,57 | 0,50 | 0,88 | 1,28 | 11 | | 0,49 | 0,24 | 0,80 | 0,45 | 10 | |
| 24' NP | 0,49 | 0,44 | 0,25 | 0,59 | 11 | | 0,56 | 0,36 | 0,65 | 0,37 | 10 | |
| 30' NP | 0,39 | 0,43 | 0,23 | 0,58 | 11 | | 0,50 | 0,50 | 0,55 | 0,35 | 10 | |

Tabelle 17-33 ΔGlu_v [mmol·l⁻¹]. Das Delta wurde zur Aufwärmphase des Eingangstests (10'50 % W_{\max}) berechnet.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 5,26 | 0,59 | 5,22 | 0,45 | 12 | | 5,03 | 0,36 | 4,92 | 0,52 | 10 | |
| 10' 50 % | 4,33 | 0,53 | 4,41 | 0,48 | 12 | | 4,20 | 0,44 | 4,13 | 0,49 | 10 | |
| 1. WT | 4,45 | 0,50 | 4,59 | 0,43 | 11 | | 4,51 | 0,39 | 4,32 | 0,42 | 10 | |
| 2. WT | 4,52 | 0,53 | 4,71 | 0,51 | 12 | | 4,47 | 0,44 | 4,55 | 0,28 | 9 | |
| 3' NP | 5,21 | 0,61 | 5,25 | 0,64 | 12 | | 5,11 | 0,51 | 4,96 | 0,42 | 10 | |
| 5' NP | 5,31 | 0,63 | 5,38 | 0,64 | 12 | | 5,22 | 0,55 | 5,24 | 0,52 | 10 | |
| 8' NP | 5,16 | 0,71 | 5,26 | 0,70 | 12 | | 5,22 | 0,58 | 5,09 | 0,65 | 9 | |
| 12' NP | 4,94 | 0,64 | 4,96 | 0,62 | 12 | | 4,84 | 0,61 | 5,12 | 0,87 | 10 | |
| 18' NP | 4,78 | 0,67 | 4,86 | 0,65 | 12 | | 4,77 | 0,54 | 4,91 | 0,74 | 10 | |
| 24' NP | 4,61 | 0,63 | 4,67 | 0,70 | 12 | | 4,76 | 0,46 | 4,79 | 0,71 | 10 | |
| 30' NP | 4,43 | 0,68 | 4,68 | 0,53 | 11 | | 4,85 | 0,75 | 4,37 | 0,61 | 9 | |

Tabelle 17-34 Glu_a [mmol·l⁻¹].

ANHANG

Hämatokrit, Hämoglobin und Gesamteiweiß

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 45,47 | 2,35 | 45,70 | 2,07 | 12 | | 46,53 | 2,08 | 45,30 | 2,35 | 10 | |
| 10' 50 % | 46,76 | 2,05 | 46,83 | 2,04 | 12 | | 47,75 | 1,68 | 46,75 | 1,89 | 10 | |
| 1. WT | 47,41 | 2,41 | 47,59 | 1,89 | 11 | | 47,67 | 1,48 | 47,18 | 2,21 | 10 | |
| 2. WT | 48,64 | 2,51 | 48,98 | 2,16 | 11 | | 48,81 | 2,31 | 48,66 | 2,34 | 10 | |
| 3' NP | 48,55 | 2,33 | 49,28 | 1,88 | 12 | | 49,24 | 1,92 | 48,70 | 2,25 | 10 | |
| 5' NP | 48,81 | 2,48 | 49,10 | 2,00 | 12 | | 48,78 | 2,02 | 48,43 | 2,08 | 10 | |
| 8' NP | 48,42 | 2,47 | 48,41 | 2,17 | 12 | | 48,62 | 1,71 | 47,90 | 2,04 | 9 | |
| 12' NP | 47,66 | 2,52 | 47,55 | 2,56 | 11 | | 48,15 | 1,81 | 47,29 | 2,18 | 10 | |
| 18' NP | 46,51 | 2,58 | 46,49 | 2,02 | 11 | | 46,65 | 1,41 | 45,96 | 2,17 | 9 | |
| 24' NP | 45,58 | 2,55 | 45,66 | 2,13 | 11 | | 45,71 | 1,43 | 45,38 | 2,22 | 10 | |
| 30' NP | 44,72 | 2,51 | 44,78 | 2,02 | 11 | | 45,15 | 1,45 | 44,68 | 2,01 | 10 | |

Tabelle 17-35 Hkt (%).

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 0,62 | 0,88 | 0,70 | 0,50 | 11 | | -0,08 | 0,78 | 0,43 | 0,64 | 10 | |
| 2. WT | 1,85 | 1,08 | 2,09 | 0,82 | 11 | | 1,06 | 1,69 | 1,91 | 0,80 | 10 | 0,05 |
| 3' NP | 1,79 | 1,02 | 2,45 | 0,76 | 12 | 0,05 | 1,49 | 1,47 | 1,95 | 0,96 | 10 | |
| 5' NP | 2,05 | 1,01 | 2,26 | 0,78 | 12 | | 1,03 | 1,62 | 1,68 | 0,94 | 10 | |
| 8' NP | 1,66 | 1,06 | 1,58 | 1,07 | 12 | | 0,77 | 0,96 | 1,11 | 1,03 | 9 | |
| 12' NP | 0,77 | 0,99 | 0,63 | 1,17 | 11 | | 0,40 | 0,94 | 0,54 | 1,10 | 10 | |
| 18' NP | -0,38 | 1,06 | -0,43 | 1,14 | 11 | | -0,78 | 1,07 | -0,48 | 1,32 | 9 | |
| 24' NP | -1,31 | 0,94 | -1,26 | 1,00 | 11 | | -2,04 | 1,24 | -1,37 | 1,06 | 10 | |
| 30' NP | -2,17 | 0,98 | -2,14 | 0,89 | 11 | | -2,60 | 0,91 | -2,08 | 0,97 | 10 | |

Tabelle 17-36 Δ Hkt (%). Das Delta wurde zum Ende der Aufwärmphase (10' 50 % W_{max}) berechnet. Dauergruppe beide Wingate-Test $p < 0,05$.

ANHANG

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 15,43 | 0,88 | 15,50 | 0,87 | 12 | | 15,72 | 1,06 | 15,35 | 1,10 | 10 | |
| 10' 50 % | 16,01 | 0,71 | 15,98 | 0,83 | 12 | | 16,33 | 0,93 | 15,92 | 0,99 | 10 | |
| 1. WT | 16,30 | 0,96 | 16,35 | 0,89 | 11 | | 16,36 | 0,93 | 16,11 | 0,95 | 10 | |
| 2. WT | 16,68 | 0,97 | 16,81 | 0,96 | 11 | | 16,82 | 1,06 | 16,48 | 0,93 | 10 | |
| 3' NP | 16,37 | 0,93 | 16,61 | 0,85 | 12 | | 16,74 | 0,94 | 16,34 | 1,18 | 10 | |
| 5' NP | 16,36 | 0,85 | 16,40 | 0,81 | 12 | | 16,54 | 1,00 | 16,26 | 1,07 | 10 | |
| 8' NP | 16,18 | 0,90 | 16,13 | 0,96 | 12 | | 16,37 | 0,92 | 16,01 | 1,03 | 9 | |
| 12' NP | 15,89 | 0,89 | 15,88 | 0,92 | 11 | | 16,16 | 0,98 | 15,72 | 0,98 | 10 | |
| 18' NP | 15,58 | 0,87 | 15,59 | 0,91 | 11 | | 15,59 | 0,75 | 15,35 | 0,91 | 9 | |
| 24' NP | 15,33 | 0,87 | 15,36 | 0,85 | 11 | | 15,51 | 0,77 | 15,25 | 0,93 | 10 | |
| 30' NP | 15,13 | 0,81 | 15,13 | 0,88 | 11 | | 15,32 | 0,80 | 15,02 | 0,89 | 10 | |

Tabelle 17-37 Hb [g·dl⁻¹].

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|--------------|------|----|------|--------------|------|--------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| 10' 50 % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10 | |
| 1. WT | 0,27 | 0,29 | 0,37 | 0,30 | 11 | | 0,03 | 0,26 | 0,19 | 0,23 | 10 | |
| 2. WT | 0,65 | 0,31 | 0,82 | 0,35 | 11 | | 0,49 | 0,25 | 0,56 | 0,22 | 10 | |
| 3' NP | 0,36 | 0,30 | 0,64 | 0,27 | 12 | 0,05 | 0,41 | 0,29 | 0,42 | 0,38 | 10 | |
| 5' NP | 0,35 | 0,24 | 0,43 | 0,28 | 12 | | 0,21 | 0,37 | 0,34 | 0,19 | 10 | |
| 8' NP | 0,17 | 0,30 | 0,16 | 0,32 | 12 | | -0,02 | 0,26 | 0,04 | 0,19 | 9 | |
| 12' NP | -0,10 | 0,23 | -0,07 | 0,28 | 11 | | -0,17 | 0,20 | -0,20 | 0,16 | 10 | |
| 18' NP | -0,41 | 0,27 | -0,36 | 0,23 | 11 | | -0,56 | 0,29 | -0,41 | 0,28 | 9 | |
| 24' NP | -0,66 | 0,27 | -0,59 | 0,24 | 11 | | -0,82 | 0,33 | -0,67 | 0,23 | 10 | |
| 30' NP | -0,86 | 0,26 | -0,82 | 0,22 | 11 | | -1,00 | 0,38 | -0,90 | 0,26 | 10 | |

Tabelle 17-38 Δ Hb [g·dl⁻¹]. Das Delta wurde zum Ende der Aufwärmphase (10'50 % W_{max}) berechnet.

| | Intervallgruppe | | | | | | Dauergruppe | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----|------|-------------|------|-------------|------|----|------|
| | ET | SD | AT | SD | n | Sign | ET | SD | AT | SD | n | Sign |
| Ruhe0 | 7,48 | 0,41 | 7,44 | 0,28 | 12 | | 7,34 | 0,58 | 7,51 | 0,36 | 10 | |
| 10' 50 % | 7,83 | 0,37 | 7,72 | 0,29 | 12 | | 7,76 | 0,72 | 7,85 | 0,39 | 10 | |
| 1. WT | 8,09 | 0,38 | 7,88 | 0,59 | 11 | | 7,77 | 0,64 | 8,01 | 0,48 | 9 | |
| 2. WT | 8,34 | 0,53 | 8,34 | 0,40 | 11 | | 8,22 | 0,71 | 8,36 | 0,53 | 10 | |
| 3' NP | 8,24 | 0,47 | 8,28 | 0,27 | 12 | | 8,21 | 0,70 | 8,30 | 0,59 | 10 | |
| 5' NP | 8,20 | 0,45 | 8,23 | 0,32 | 12 | | 8,10 | 0,66 | 8,19 | 0,46 | 10 | |
| 8' NP | 8,11 | 0,50 | 8,14 | 0,33 | 12 | | 8,02 | 0,71 | 8,06 | 0,56 | 9 | |
| 12' NP | 7,95 | 0,49 | 7,96 | 0,31 | 11 | | 7,80 | 0,67 | 7,93 | 0,45 | 10 | |
| 18' NP | 7,70 | 0,38 | 7,68 | 0,27 | 11 | | 7,56 | 0,63 | 7,67 | 0,46 | 10 | |
| 24' NP | 7,48 | 0,38 | 7,49 | 0,29 | 11 | | 7,40 | 0,56 | 7,49 | 0,42 | 10 | |
| 30' NP | 7,30 | 0,31 | 7,35 | 0,24 | 11 | | 7,25 | 0,56 | 7,32 | 0,42 | 10 | |

Tabelle 17-39 GE [g·100 ml⁻¹].

17.7 Korrelationen

Zusammenhang zwischen der Leistung des Stufen- und Wingate-Tests

| | IG | DG | Gesamt |
|--|---|---|--|
| $y(\mathbf{1. EWT Pow_{maxL}})$ $x(\mathbf{VO_{2max}})$ | $y = -31,877x + 1220,5$ $R^2 = 0,0154$ n.s. | $y = 232,8x + 15,688$ $R^2 = 0,4274$ $p < 0,05$ | $y = 98,002x + 625,68$ $R^2 = 0,0959$ n.s. |

Tabelle 17-40 Korrelation der Pow_{maxL} mit der VO_{2max} . IG n:10; DG n:10.

| | IG | DG | Gesamt |
|--|--|--|--|
| $y(\mathbf{1. EWT Pow_{maxL}})$ $x(\mathbf{W_{max}})$ | $y = -0,0222x + 1090,7$ $R^2 = 4E-05$ n.s. | $y = 1,672x + 458,88$ $R^2 = 0,133$ n.s. | $y = 0,8781x + 757,54$ $R^2 = 0,0417$ n.s. |

Tabelle 17-41 Korrelation der Pow_{maxL} mit der W_{max} . IG n:10; DG n:10.

| | IG | DG | Gesamt |
|--|--|--|--|
| $y(\mathbf{1. EWT Pow_{maxL} \cdot kg^{-1}})$ $x(\mathbf{VO_{2max} \cdot kg^{-1}})$ | $y = -0,0222x + 1090,7$ $R^2 = 4E-05$ n.s. | $y = 1,672x + 458,88$ $R^2 = 0,133$ n.s. | $y = 0,8781x + 757,54$ $R^2 = 0,0417$ n.s. |

Tabelle 17-42 Korrelation der der Pow_{maxL} pro Kilogramm Körpergewicht ($Pow_{maxL} \cdot kg^{-1}$) des 1. EWTs mit der $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$. IG n:10; DG n:10.

Zusammenhang zwischen Erholungs- und Sprintfähigkeit

| | IG | DG | Gesamt |
|--|---|---|--|
| $y(\mathbf{Ef_{EWT} Pow_{maxL}})$ $x(\mathbf{1. EWT Pow_{maxL} \cdot kg^{-1}})$ | $y = -0,0057x + 0,8143$ $R^2 = 0,0197$ n.s. | $y = -0,0122x + 0,9006$ $R^2 = 0,0439$ n.s. | $y = -0,009x + 0,8599$ $R^2 = 0,0354$ n.s. |

Tabelle 17-43 Korrelation der Erholungsfähigkeit im EWT und der Pow_{maxL} pro Kilogramm Körpergewicht ($Pow_{maxL} \cdot kg^{-1}$) des 1.EWT. IG n:10; DG n:10.

ANHANG

Zusammenhang zwischen Ausdauerkapazität und Sprintleistung

| x(Arbeitszeit (s) 80 % W_{max}) | IG | DG | Gesamt |
|--|---|---|--|
| y(Ef_{EWT} Pow_{maxL}) | y = 0,0001x + 0,6314 R ² = 0,1795 n.s. | y = -1E-05x + 0,7587 R ² = 0,0007 n.s. | y = 7E-05x + 0,6859 R ² = 0,0295 n.s. |
| y(Ef_{AWT} Pow_{maxL}) | y = 8E-05x + 0,6902 R ² = 0,3126 n.s. | y = -5E-05x + 0,7931 R ² = 0,0313 n.s. | y = 2E-05x + 0,7403 R ² = 0,0104 n.s. |
| y(Ef_{EWT} Pow_{mL}) | y = 7E-05x + 0,6819 R ² = 0,0773 n.s. | y = 5E-06x + 0,7486 R ² = 0,0003 n.s. | y = 4E-05x + 0,7101 R ² = 0,0279 n.s. |
| y(Ef_{AWT} Pow_{mL}) | y = 4E-05x + 0,718 R ² = 0,1182 n.s. | y = 2E-05x + 0,7476 R ² = 0,0179 n.s. | y = 3E-05x + 0,7375 R ² = 0,037 n.s. |

Tabelle 17-44 Korrelation Erholungsfähigkeit vom 1. zum 2. Wingate-Test bei der maximalen und der mittleren Leistung mit der Arbeitszeit bei 80 % W_{max} in Sekunden. IG n:10; DG n:10.

| x(Ausdauerkapazität %) | IG | DG | Gesamt |
|--------------------------------------|--|---|---|
| y(1. WT Pow_{maxL} %) | y = -0,0007x + 1,0771 R ² = 0,0157 n.s. | y = 0,0009x + 1,021 R ² = 0,2831 n.s. | y = 0,0002x + 1,0317 R ² = 0,006 n.s. |
| y(2. WT Pow_{maxL} %) | y = 0,0011x + 1,0514 R ² = 0,0473 n.s. | y = 0,0009x + 1,0179 R ² = 0,0845 n.s. | y = 0,0014x + 1,0229 R ² = 0,1584 n.s. |
| y(1. WT Pow_{mL} %) | y = 0,0003x + 1,0058 R ² = 0,0191 n.s. | y = 9E-05x + 1,0198 R ² = 0,0032 n.s. | y = 0,0001x + 1,0173 R ² = 0,0074 n.s. |
| y(2. WT Pow_{mL} %) | y = 0,0004x + 1,0388 R ² = 0,0197 n.s. | y = 0,0002x + 1,0413 R ² = 0,0176 n.s. | y = 0,0003x + 1,0406 R ² = 0,0344 n.s. |

Tabelle 17-45 Korrelation Ausdauerkapazität % und Pow_{maxL} % bzw. Ausdauerkapazität % und Pow_{mL} % bei dem 1. und 2. Wingate-Test (% = AT/ET) zu. IG n:10; DG n:10.

ANHANG

Zusammenhang zwischen der $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$ und der Sprintleistung

| $x(\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1} \%)$ | IG | DG | Gesamt |
|--|---|--|---|
| $y(1. \text{WT Pow}_{\text{maxL}} \%)$ | $y = -0,0003x + 1,0423$ $R^2 = 0,0001$ n.s. | $y = 0,003x + 1,0325$ $R^2 = 0,0842$ n.s. | $y = 0,0013x + 1,0361$ $R^2 = 0,0046$ n.s. |
| $y(2. \text{WT Pow}_{\text{maxL}} \%)$ | $y = -0,0019x + 1,1156$ $R^2 = 0,0064$ n.s. | $y = 0,0079x + 1,0183$ $R^2 = 0,1906$ n.s. | $y = 0,0045x + 1,0598$ $R^2 = 0,0397$ n.s. |
| $y(1. \text{WT Pow}_{\text{mL}} \%)$ | $y = 0,0021x + 1,0147$ $R^2 = 0,0358$ n.s. | $y = -0,0022x + 1,0261$ $R^2 = 0,054$ n.s. | $y = 4\text{E-}05x + 1,022$ $R^2 = 2\text{E-}05$ n.s. |
| $y(2. \text{WT Pow}_{\text{mL}} \%)$ | $y = 0,0021x + 1,0147$ $R^2 = 0,0358$ n.s. | $y = -0,0022x + 1,0261$ $R^2 = 0,054$ n.s. | $y = 4\text{E-}05x + 1,022$ $R^2 = 2\text{E-}05$ n.s. |

Tabelle 17-46 Korrelation $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1} \%$ und $\text{Pow}_{\text{maxL}} \%$ bzw. $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1} \%$ und $\text{Pow}_{\text{mL}} \%$ bei dem 1. und 2. Wingate-Test (% = AT/ET). IG n:10; DG n:10.

| $x(\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1})$ | IG | DG | Gesamt |
|--|--|---|--|
| $y(\text{Ef}_{\text{EWT}} \text{Pow}_{\text{maxL}})$ | $y = 0,0421x + 0,2164$ $R^2 = 0,5511$ $p < 0,01$ | $y = 0,0653x - 0,0258$ $R^2 = 0,1739$ n.s. | $y = 0,0432x + 0,2201$ $R^2 = 0,2564$ $p < 0,05$ |
| $y(\text{Ef}_{\text{AWT}} \text{Pow}_{\text{maxL}})$ | $y = 0,0201x + 0,5285$ $R^2 = 0,2472$ n.s. | $y = 0,0014x + 0,727$ $R^2 = 9\text{E-}05$ n.s. | $y = 0,0197x + 0,5199$ $R^2 = 0,0635$ n.s. |
| $y(\text{Ef}_{\text{EWT}} \text{Pow}_{\text{mL}})$ | $y = 0,0367x + 0,2956$ $R^2 = 0,4968$ $p < 0,05$ | $y = 0,051x + 0,1511$ $R^2 = 0,3578$ n.s. | $y = 0,0369x + 0,3059$ $R^2 = 0,392$ $p < 0,05$ |
| $y(\text{Ef}_{\text{AWT}} \text{Pow}_{\text{mL}})$ | $y = 0,0152x + 0,5827$ $R^2 = 0,1237$ n.s. | $y = 0,0084x + 0,6722$ $R^2 = 0,0086$ n.s. | $y = 0,0127x + 0,6168$ $R^2 = 0,053$ n.s. |

Tabelle 17-47 Korrelation von Erholungsfähigkeit bei der maximalen und der mittleren Leistung und $\text{gHb}\cdot\text{kg}^{-1}$. IG n:10; DG n:10.

ANHANG

Zusammenhang zwischen der $[K^+]$ und dem RMS

| y(RMS) x(K^+) | 1. Kanal | | |
|----------------------|---|--|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = -0,2763x + 2,155$ $R^2 = 0,1067$ n.s. | $y = -0,007x + 0,4171$ $R^2 = 0,0008$ n.s. | $y = -0,0732x + 0,8738$ $R^2 = 0,0137$ n.s. |
| 2. EWT | $y = 0,0147x + 0,2358$ $R^2 = 0,0219$ n.s. | $y = -0,0612x + 0,684$ $R^2 = 0,0554$ n.s. | $y = -0,0002x + 0,3343$ $R^2 = 2E-06$ n.s. |
| 1. AWT | $y = 0,0398x + 0,0912$ $R^2 = 0,0857$ n.s. | $y = 0,0701x + 0,0469$ $R^2 = 0,1668$ n.s. | $y = 0,0072x + 0,3474$ $R^2 = 0,0025$ n.s. |
| 2. AWT | $y = -0,0137x + 0,3361$ $R^2 = 0,0336$ n.s. | $y = 0,054x + 0,1108$ $R^2 = 0,1655$ n.s. | $y = -0,0118x + 0,397$ $R^2 = 0,0064$ n.s. |

Tabelle 17-48 Korrelation von RMS (Hz) und K^+ [mmol l^{-1}] bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:7-8; DG n:8.

| y(RMS) x(K^+) | 2. Kanal | | |
|----------------------|--|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = 0,0847x - 0,2158$ $R^2 = 0,0796$ n.s. | $y = -0,0889x + 0,7881$ $R^2 = 0,2059$ n.s. | $y = -0,0005x + 0,2882$ $R^2 = 5E-06$ n.s. |
| 2. EWT | $y = 0,0421x - 0,031$ $R^2 = 0,1955$ n.s. | $y = 0,014x + 0,1766$ $R^2 = 0,0047$ n.s. | $y = 0,0314x + 0,0568$ $R^2 = 0,0463$ n.s. |
| 1. AWT | $y = 0,0457x - 0,0757$ $R^2 = 0,4462$ n.s. | $y = 0,0273x + 0,1161$ $R^2 = 0,0541$ n.s. | $y = 0,0121x + 0,1692$ $R^2 = 0,0198$ n.s. |
| 2. AWT | $y = 0,0188x + 0,0593$ $R^2 = 0,1389$ n.s. | $y = 0,0477x - 0,0166$ $R^2 = 0,2985$ n.s. | $y = 0,015x + 0,1216$ $R^2 = 0,0296$ n.s. |

Tabelle 17-49 Korrelation von RMS (Hz) und K^+ [mmol l^{-1}] bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 2. Kanal. IG n:7-8; DG n:8.

ANHANG

Zusammenhang zwischen der $[Na^+]$ und dem RMS

| y(RMS) x(Na^+) | 1. Kanal | | |
|-----------------------|--|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = 0,0161x - 1,9172$ $R^2 = 0,1918$ n.s. | $y = 0,0026x + 0,0075$ $R^2 = 0,005$ n.s. | $y = 0,0089x - 0,8886$ $R^2 = 0,0608$ n.s. |
| 2. EWT | $y = 0,0028x - 0,0939$ $R^2 = 0,015$ n.s. | $y = -0,0012x + 0,5262$ $R^2 = 0,0016$ n.s. | $y = 0,0002x + 0,2978$ $R^2 = 8E-05$ n.s. |
| 1. AWT | $y = 0,0148x - 1,8007$ $R^2 = 0,272$ n.s. | $y = -0,0182x + 3,0369$ $R^2 = 0,2889$ n.s. | $y = 0,0006x + 0,3047$ $R^2 = 0,0003$ n.s. |
| 2. AWT | $y = 0,0009x + 0,1331$ $R^2 = 0,0068$ n.s. | $y = -0,0071x + 1,4308$ $R^2 = 0,1844$ n.s. | $y = -0,0059x + 1,201$ $R^2 = 0,0881$ n.s. |

Tabelle 17-50 Korrelation von RMS (Hz) und Na^+ [$mmol l^{-1}$] bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:7-8; DG n:8.

| y(RMS) x(Na^+) | 2. Kanal | | |
|-----------------------|--|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = 0,0179x - 2,2933$ $R^2 = 0,1113$ n.s. | $y = -0,0118x + 1,9734$ $R^2 = 0,165$ n.s. | $y = 0,0006x + 0,1962$ $R^2 = 0,0002$ n.s. |
| 2. EWT | $y = 0,0118x - 1,5435$ $R^2 = 0,3823$ n.s. | $y = -0,0089x + 1,5677$ $R^2 = 0,1461$ n.s. | $y = -0,0004x + 0,2881$ $R^2 = 0,0003$ n.s. |
| 1. AWT | $y = 0,0097x - 1,1963$ $R^2 = 0,4617$ n.s. | $y = -0,0106x + 1,7862$ $R^2 = 0,211$ n.s. | $y = 0,001x + 0,0999$ $R^2 = 0,0024$ n.s. |
| 2. AWT | $y = 0,0049x - 0,5643$ $R^2 = 0,4929$ n.s. | $y = -0,0049x + 0,9479$ $R^2 = 0,203$ n.s. | $y = -0,0018x + 0,4584$ $R^2 = 0,0223$ n.s. |

Tabelle 17-51 Korrelation von RMS (Hz) und Na^+ [$mmol l^{-1}$] bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 2. Kanal. IG n:7-8; DG n:8.

ANHANG

Zusammenhang zwischen Sprintleistung und dem EMG

| y(RMS) x(Pow _{maxL}) | 1. Kanal | | |
|-----------------------------------|--|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = 0,0005x - 0,1384 R ² = 0,8416 p < 0,005 | y = 0,0002x + 0,1462 R ² = 0,1705 n.s. | y = 0,0003x + 0,0301 R ² = 0,4013 p < 0,01 |
| 2. EWT | y = 0,0004x + 0,0386 R ² = 0,2671 n.s. | y = 0,0002x + 0,1781 R ² = 0,0689 n.s. | y = 0,0003x + 0,1081 R ² = 0,1302 n.s. |
| 1. AWT | y = 8E-05x + 0,2417 R ² = 0,0507 n.s. | y = 0,0003x + 0,1621 R ² = 0,2866 n.s. | y = 9E-05x + 0,2913 R ² = 0,0399 n.s. |
| 2. AWT | y = 9E-05x + 0,1782 R ² = 0,1532 n.s. | y = 0,0001x + 0,3001 R ² = 0,04 n.s. | y = 4E-05x + 0,2963 R ² = 0,0068 n.s. |

Tabelle 17-52 Korrelation von RMS (Hz) und Pow_{maxL} bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:7; DG n:8.

| y(RMS) x(Pow _{maxL}) | 2. Kanal | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = 0,0006x - 0,3858 R ² = 0,5801 p < 0,05 | y = 0,0002x + 0,0885 R ² = 0,2003 n.s. | y = 0,0003x - 0,0836 R ² = 0,3345 p < 0,05 |
| 2. EWT | y = 0,0003x - 0,0411 R ² = 0,2931 n.s. | y = 0,0004x - 0,0567 R ² = 0,3535 n.s. | y = 0,0004x - 0,067 R ² = 0,3161 p < 0,05 |
| 1. AWT | y = 0,0001x + 0,071 R ² = 0,4033 n.s. | y = 1E-04x + 0,1655 R ² = 0,0852 n.s. | y = 8E-05x + 0,1499 R ² = 0,0955 n.s. |
| 2. AWT | y = 0,0001x + 0,0571 R ² = 0,563 n.s. | y = -2E-05x + 0,2446 R ² = 0,0026 n.s. | y = 4E-05x + 0,1673 R ² = 0,0155 n.s. |

Tabelle 17-53 Korrelation von RMS (Hz) und Pow_{maxL} bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 2. Kanal. IG n:7; DG n:8.

ANHANG

| y(RMS) x(Pow _{mL}) | 1. Kanal | | |
|---------------------------------|--|--|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = 0,0006x + 0,0124 R ² = 0,1162 n.s. | y = -0,0002x + 0,5018 R ² = 0,0188 n.s. | y = 5E-05x + 0,3523 R ² = 0,0014 n.s. |
| 2. EWT | y = -0,0003x + 0,4475 R ² = 0,0277 n.s. | y = -8E-05x + 0,3934 R ² = 0,003 n.s. | y = -7E-05x + 0,3674 R ² = 0,002 n.s. |
| 1. AWT | y = -0,0006x + 0,7584 R ² = 0,1551 n.s. | y = 0,0003x + 0,2413 R ² = 0,0577 n.s. | y = -9E-05x + 0,4509 R ² = 0,0035 n.s. |
| 2. AWT | y = -0,0005x + 0,5175 R ² = 0,0228 n.s. | y = 0,0001x + 0,33 R ² = 0,008 n.s. | y = 0,0003x + 0,1685 R ² = 0,0253 n.s. |

Tabelle 17-54 Korrelation von RMS (Hz) und Pow_{mL} bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:7; DG n:8.

| y(RMS) x(Pow _{mL}) | 2. Kanal | | |
|---------------------------------|---|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = 0,0013x - 0,617 R ² = 0,2796 n.s. | y = 0,0007x - 0,1835 R ² = 0,4312 n.s. | y = 0,0009x - 0,3175 R ² = 0,2909 p<0,05 |
| 2. EWT | y = 1E-05x + 0,1948 R ² = 4E-05 n.s. | y = 0,0004x + 0,0275 R ² = 0,1396 n.s. | y = 0,0004x - 0,0026 R ² = 0,1172 n.s. |
| 1. AWT | y = 0,0006x - 0,2341 R ² = 0,6809 p<0,05 | y = 0,0003x + 0,0193 R ² = 0,2033 n.s. | y = 0,0005x - 0,098 R ² = 0,3059 p<0,05 |
| 2. AWT | y = 0,0007x - 0,2135 R ² = 0,1074 n.s. | y = 0,0002x + 0,1212 R ² = 0,0611 n.s. | y = 0,0003x + 0,0223 R ² = 0,0844 n.s. |

Tabelle 17-55 Korrelation von RMS (Hz) und Pow_{mL} bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 2. Kanal. IG n:7; DG n:8.

ANHANG

| y(RMS %) x(Pow _{maxL} %) | 1. Kanal | | |
|--------------------------------------|---|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | y = -3,4063x + 4,2779 R ² = 0,649 p < 0,05 | y = 4,4954x - 3,4707 R ² = 0,1335 n.s. | y = -1,1168x + 2,1122 R ² = 0,0229 n.s. |
| 2. AWT/EWT | y = -0,7576x + 1,6574 R ² = 0,4379 n.s. | y = 1,6627x - 0,6063 R ² = 0,037 n.s. | y = 0,0493x + 0,9945 R ² = 0,0001 n.s. |

Tabelle 17-56. Korrelation der Veränderung in % von der Pow_{maxL} pro kg Körpergewicht und der RMS im 1. Kanal (% = AT/ET). IG n:7; DG n:7.

| y(RMS %) x(Pow _{maxL} %) | 2. Kanal | | |
|--------------------------------------|---|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | y = -3,2892x + 4,1109 R ² = 0,8552 p < 0,005 | y = 1,6956x - 0,718 R ² = 0,0403 n.s. | y = -1,7282x + 2,6563 R ² = 0,0986 n.s. |
| 2. AWT/EWT | y = -0,4145x + 1,2847 R ² = 0,0368 n.s. | y = 1,6156x - 0,7813 R ² = 0,0862 n.s. | y = 0,0791x + 0,8287 R ² = 0,0007 n.s. |

Tabelle 17-57 Korrelation der Veränderung in % von der Pow_{maxL} pro kg Körpergewicht und der RMS im 2. Kanal (% = AT/ET). IG n:7; DG n:7.

| y(RMS %) x(Pow _{mL} %) | 1. Kanal | | |
|------------------------------------|--|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | y = 1,1729x - 0,3434 R ² = 0,0419 n.s. | y = 1,1061x - 0,0296 R ² = 0,0198 n.s. | y = 1,2337x - 0,2832 R ² = 0,0263 n.s. |
| 2. AWT/EWT | y = -1,6003x + 2,5488 R ² = 0,3159 n.s. | y = 3,5166x - 2,4875 R ² = 0,4644 n.s. | y = 2,2324x - 1,2952 R ² = 0,1683 n.s. |

Tabelle 17-58. Korrelation der Veränderung in % von der Pow_{mL} pro kg Körpergewicht und der RMS im 1. Kanal (% = AT/ET). IG n:7; DG n:7.

| y(RMS %) x(Pow _{mL} %) | 2. Kanal | | |
|------------------------------------|--|--|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | y = 0,6967x + 0,0951 R ² = 0,0209 n.s. | y = -4,4487x + 5,5809 R ² = 0,6813 p < 0,05 | y = -2,117x + 3,0818 R ² = 0,1394 n.s. |
| 2. AWT/EWT | y = -4,2877x + 5,3721 R ² = 0,6374 p = 0,06 | y = -0,4661x + 1,4484 R ² = 0,0201 n.s. | y = -1,319x + 2,297 R ² = 0,1141 n.s. |

Tabelle 17-59 Korrelation der Veränderung in % von der Pow_{mL} pro kg Körpergewicht und der RMS im 2. Kanal (% = AT/ET). IG n:7; DG n:7.

ANHANG

| y(MF %) x(Pow _{maxL}) | 1. Kanal | | |
|------------------------------------|--|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = -5E-05x + 0,8355$ $R^2 = 0,004$ n.s. | $y = 0,0001x + 0,6577$ $R^2 = 0,0194$ n.s. | $y = 5E-05x + 0,7348$ $R^2 = 0,0035$ n.s. |
| 2. EWT | $y = 0,0004x + 0,0386$ $R^2 = 0,2671$ n.s. | $y = 0,0002x + 0,1781$ $R^2 = 0,0689$ n.s. | $y = 0,0003x + 0,1081$ $R^2 = 0,1302$ n.s. |
| 1. AWT | $y = -4E-05x + 0,797$ $R^2 = 0,0409$ n.s. | $y = -0,0004x + 1,1556$ $R^2 = 0,1012$ n.s. | $y = -0,0001x + 0,9302$ $R^2 = 0,0558$ n.s. |
| 2. AWT | $y = 9E-05x + 0,1782$ $R^2 = 0,1532$ n.s. | $y = 0,0001x + 0,3001$ $R^2 = 0,04$ n.s. | $y = 4E-05x + 0,2963$ $R^2 = 0,0068$ n.s. |

Tabelle 17-60 Korrelation von MF ((%) normiert auf 10'50 %) und Pow_{maxL} beim 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:7; DG n:8.

| y(MF %) x(Pow _{maxL}) | 2. Kanal | | |
|------------------------------------|---|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = -0,0004x + 1,1265$ $R^2 = 0,1108$ n.s. | $y = -0,0003x + 1,0296$ $R^2 = 0,2399$ n.s. | $y = -0,0003x + 1,0753$ $R^2 = 0,1504$ n.s. |
| 2. EWT | $y = 9E-05x + 0,6801$ $R^2 = 0,0034$ n.s. | $y = -0,0001x + 0,857$ $R^2 = 0,0188$ n.s. | $y = -2E-05x + 0,7749$ $R^2 = 0,0003$ n.s. |
| 1. AWT | $y = -0,0002x + 1,002$ $R^2 = 0,1167$ n.s. | $y = -6E-05x + 0,8468$ $R^2 = 0,0104$ n.s. | $y = -0,0001x + 0,9218$ $R^2 = 0,0494$ n.s. |
| 2. AWT | $y = -0,0003x + 1,0521$ $R^2 = 0,1327$ n.s. | $y = -0,0002x + 0,9965$ $R^2 = 0,0972$ n.s. | $y = -0,0002x + 1,0086$ $R^2 = 0,1027$ n.s. |

Tabelle 17-61 Korrelation von MF ((%) normiert auf 10'50 %) und Pow_{maxL} beim 1. und 2. Wingate-Test im 2. Kanal. IG n:7; DG n:8.

ANHANG

| y(MF %) x(Pow _{mL}) | 1. Kanal | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = -0,0002x + 0,8975 R ² = 0,0051 n.s. | y = -0,0003x + 0,9693 R ² = 0,0142 n.s. | y = -0,0002x + 0,947 R ² = 0,0109 n.s. |
| 2. EWT | y = 0,0003x + 0,6225 R ² = 0,0065 n.s. | y = -0,0005x + 1,0279 R ² = 0,0429 n.s. | y = -0,0002x + 0,8888 R ² = 0,0084 n.s. |
| 1. AWT | y = -0,0002x + 0,868 R ² = 0,0376 n.s. | y = 0,0002x + 0,6511 R ² = 0,0049 n.s. | y = 4E-05x + 0,7395 R ² = 0,0003 n.s. |
| 2. AWT | y = 0,0035x - 1,1506 R ² = 0,3732 n.s. | y = -0,0003x + 0,9394 R ² = 0,0076 n.s. | y = 5E-06x + 0,7494 R ² = 2E-06 n.s. |

Tabelle 17-62 Korrelation von MF ((%) normiert auf 10'50 %) und Pow_{mL} beim 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:7; DG n:8.

| y(MF %) x(Pow _{mL}) | 2. Kanal | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = -0,002x + 2,1311 R ² = 0,3505 n.s. | y = -0,0004x + 1,0416 R ² = 0,0998 n.s. | y = -0,0009x + 1,3757 R ² = 0,1729 n.s. |
| 2. EWT | y = 0,0007x + 0,4015 R ² = 0,039 n.s. | y = 0,0001x + 0,7106 R ² = 0,0064 n.s. | y = 0,0003x + 0,6002 R ² = 0,0197 n.s. |
| 1. AWT | y = -0,0012x + 1,6335 R ² = 0,3486 n.s. | y = -0,001x + 1,4919 R ² = 0,4797 n.s. | y = -0,0011x + 1,5566 R ² = 0,3985 p<0,01 |
| 2. AWT | y = 0,0014x + 0,0982 R ² = 0,0212 n.s. | y = -0,0012x + 1,4857 R ² = 0,5256 p<0,05 | y = -0,0012x + 1,4388 R ² = 0,2012 n.s. |

Tabelle 17-63 Korrelation von MF ((%) normiert auf 10'50 %) und Pow_{mL} beim 1. und 2. Wingate-Test im 2. Kanal. IG n:7; DG n:8.

ANHANG

| y(Mf %) x(Pow _{maxL} %) | 2. Kanal | | |
|-------------------------------------|--|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | $y = 0,0822x + 1,0699$ $R^2 = 0,0047$ n.s. | $y = -1,3377x + 2,4445$ $R^2 = 0,1061$ n.s. | $y = -0,0202x + 1,1374$ $R^2 = 0,0001$ n.s. |
| 2. AWT/EWT | $y = -0,0009x + 1,1449$ $R^2 = 6E-07$ n.s. | $y = -0,6296x + 1,7149$ $R^2 = 0,1008$ n.s. | $y = 0,004x + 1,0969$ $R^2 = 9E-06$ n.s. |

Tabelle 17-64. Korrelation der Veränderung in % von der Pow_{maxL} und der MF im 2. Kanal (% = AT/ET). IG n:7; DG n:7.

| y(Mf %) x(Pow _{mL} %) | 2. Kanal | | |
|-----------------------------------|---|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | $y = 2,0018x - 0,8625$ $R^2 = 0,4373$ n.s. | $y = -1,6901x + 2,8025$ $R^2 = 0,1386$ n.s. | $y = 0,5041x + 0,6053$ $R^2 = 0,0183$ n.s. |
| 2. AWT/EWT | $y = -0,0893x + 1,2346$ $R^2 = 0,0017$ n.s. | $y = -0,9671x + 2,0671$ $R^2 = 0,0416$ n.s. | $y = -0,0002x + 1,0962$ $R^2 = 5E-09$ n.s. |

Tabelle 17-65. Korrelation der Veränderung in % von der Pow_{mL} und der MF im 2. Kanal (% = AT/ET). IG n:7; DG n:7.

| y(RMS'Mf %) x(Pow _{maxL} %) | 1. Kanal | | |
|---|---|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | $y = -1,1771x + 2,2387$ $R^2 = 0,1169$ n.s. | $y = -4,1691x + 5,3781$ $R^2 = 0,6497$ $p < 0,01$ | $y = -1,5309x + 2,641$ $R^2 = 0,1719$ n.s. |
| 2. AWT/EWT | $y = -0,4012x + 1,4213$ $R^2 = 0,0222$ n.s. | $y = -1,0731x + 2,1981$ $R^2 = 0,1524$ n.s. | $y = -0,726x + 1,8178$ $R^2 = 0,0855$ n.s. |

Tabelle 17-66. Korrelation der Veränderung in % von der maximalen Leistung und der RMS'MF im 1. Kanal (% = AT/ET). IG n:6-7; DG n:8.

| y(RMS'Mf %) x(Pow _{maxL} %) | 2. Kanal | | |
|---|---|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | $y = -0,8312x + 1,8239$ $R^2 = 0,2381$ n.s. | $y = -6,1182x + 7,4199$ $R^2 = 0,4723$ n.s. | $y = -1,4618x + 2,571$ $R^2 = 0,1809$ n.s. |
| 2. AWT/EWT | $y = -0,2708x + 1,3254$ $R^2 = 0,0224$ n.s. | $y = -2,0587x + 3,2889$ $R^2 = 0,2174$ n.s. | $y = -0,924x + 2,0943$ $R^2 = 0,125$ n.s. |

Tabelle 17-67. Korrelation der Veränderung in % von der maximalen Leistung und der RMS'MF im 2. Kanal (% = AT/ET). IG n:6-7; DG n:7-8.

ANHANG

| y(RMS _{Mf} %) x(Pow _{mL} %) | 1. Kanal | | |
|--|---|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | $y = -3,5767x + 4,6207$ $R^2 = 0,1706$ n.s. | $y = -3,526x + 4,6897$ $R^2 = 0,3617$ n.s. | $y = -3,3921x + 4,498$ $R^2 = 0,1921$ n.s. |
| 2. AWT/EWT | $y = 0,2323x + 0,7171$ $R^2 = 0,0021$ n.s. | $y = -2,1357x + 3,3039$ $R^2 = 0,1057$ n.s. | $y = -0,613x + 1,6812$ $R^2 = 0,0138$ n.s. |

Tabelle 17-68. Korrelation der Veränderung in % von der mittleren Leistung und der RMS_{MF} im 1. Kanal (% = AT/ET). IG n:6-7; DG n:8.

| y(RMS _{Mf} %) x(Pow _{mL} %) | 2. Kanal | | |
|--|---|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. AWT/EWT | $y = -0,6561x + 1,6215$ $R^2 = 0,0234$ n.s. | $y = -1,4971x + 2,715$ $R^2 = 0,0234$ n.s. | $y = -0,6423x + 1,7341$ $R^2 = 0,0076$ n.s. |
| 2. AWT/EWT | $y = -1,1676x + 2,2709$ $R^2 = 0,1181$ n.s. | $y = -1,7849x + 3,0116$ $R^2 = 0,0286$ n.s. | $y = -1,5995x + 2,7827$ $R^2 = 0,0846$ n.s. |

Tabelle 17-69. Korrelation der Veränderung in % von der mittleren Leistung und der RMS_{MF} im 2. Kanal (% = AT/ET). IG n:6-7; DG n:8.

| y(RMS _{max}) x(Pow _{maxL}) | 1. Kanal | | |
|---|--|--|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = 0,001x - 0,54$ $R^2 = 0,5522$ p=0,05 | $y = 0,0002x + 0,2253$ $R^2 = 0,1066$ n.s. | $y = 0,0005x - 0,1077$ $R^2 = 0,3187$ p<0,05 |
| 2. EWT | $y = 0,0004x + 0,0894$ $R^2 = 0,3946$ n.s. | $y = 0,0002x + 0,2295$ $R^2 = 0,0542$ n.s. | $y = 0,0003x + 0,1632$ $R^2 = 0,1277$ n.s. |
| 1. AWT | $y = 8E-05x + 0,2954$ $R^2 = 0,0463$ n.s. | $y = 0,0002x + 0,2631$ $R^2 = 0,3605$ n.s. | $y = 7E-05x + 0,3692$ $R^2 = 0,0285$ n.s. |
| 2. AWT | $y = 0,0001x + 0,2094$ $R^2 = 0,2388$ n.s. | $y = -4E-06x + 0,4466$ $R^2 = 5E-05$ n.s. | $y = 1E-05x + 0,3759$ $R^2 = 0,0004$ n.s. |

Tabelle 17-70 Korrelation von RMS_{max} und Pow_{maxL} bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:7; DG n:8.

ANHANG

| y(RMS _{max}) x(Pow _{maxL}) | 2. Kanal | | |
|---|---|---|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = 0,0013x - 0,9539 R ² = 0,4119 n.s. | y = 0,0003x + 0,0424 R ² = 0,2547 n.s. | y = 0,0007x - 0,3875 R ² = 0,2913 n.s. |
| 2. EWT | y = 0,0004x - 0,1045 R ² = 0,3229 n.s. | y = 0,0005x - 0,097 R ² = 0,478 n.s. | y = 0,0005x - 0,115 R ² = 0,3976 p<0,01 |
| 1. AWT | y = 0,0002x + 0,0413 R ² = 0,2996 n.s. | y = 0,0001x + 0,1738 R ² = 0,1406 n.s. | y = 0,0001x + 0,1208 R ² = 0,1855 n.s. |
| 2. AWT | y = 0,0002x + 0,0587 R ² = 0,5491 n.s. | y = -2E-06x + 0,2766 R ² = 3E-05 n.s. | y = 7E-05x + 0,1867 R ² = 0,0293 n.s. |

Tabelle 17-71 Korrelation von RMS_{max} und Pow_{maxL} bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 2. Kanal. IG n:6-7; DG n:8.

Zusammenhang zwischen Sprintleistung, EMG und M-Welle

| y(RMS/MinFl) x(Pow _{maxL}) | 1. Kanal | | |
|---|---|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | y = 0,007x - 2,7136 R ² = 0,2428 n.s. | y = -0,0005x + 5,03 R ² = 0,0027 n.s. | y = 0,0022x + 2,332 R ² = 0,0355 n.s. |
| 2. EWT | y = 0,0003x + 3,2062 R ² = 0,0002 n.s. | y = 0,0005x + 2,8006 R ² = 0,0099 n.s. | y = 0,0003x + 3,0467 R ² = 0,0007 n.s. |
| 1. AWT | y = 0,0006x + 2,0349 R ² = 0,0471 n.s. | y = 0,0034x + 0,5597 R ² = 0,1918 n.s. | y = 0,0008x + 2,7246 R ² = 0,0195 n.s. |
| 2. AWT | y = 0,0019x + 0,3057 R ² = 0,1839 n.s. | y = 0,0026x + 2,5317 R ² = 0,0366 n.s. | y = 0,001x + 2,6707 R ² = 0,0068 n.s. |

Tabelle 17-72 Korrelation von RMS/MinFl und Pow_{maxL} bei dem 1. und 2. Wingate-Test im 1. Kanal. IG n:5-7; DG n:8.

ANHANG

| $y(T_{\max} \%)$ $x(\text{Pow}_{\max L} \%)$ | 1. Kanal | | |
|---|---|--|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 2. AWT/EWT | $y = 0,2216x + 0,8919$ $R^2 = 0,0096$ n.s. | $y = 0,4301x + 0,6258$ $R^2 = 0,21$ n.s. | $y = 0,5762x + 0,5023$ $R^2 = 0,2062$ n.s. |
| $y(T_{\max} \%)$ $x(\text{Pow}_{\max L} \%)$ | 2. Kanal | | |
| | IG | DG | Gesamt |
| 2. AWT/EWT | $y = -0,5097x + 1,6373$ $R^2 = 0,0907$ n.s. | $y = 0,0419x + 0,9922$ $R^2 = 0,0037$ n.s. | $y = 0,078x + 1,003$ $R^2 = 0,0045$ n.s. |

Tabelle 17-73. Korrelation der Veränderung in % von der $\text{Pow}_{\max L}$ und der T_{\max} im 1. Kanal und im 2. Kanal (% = AT/ET). IG n:7-8; DG n:8.

| $y(T_{\max} \%)$ $x(\text{Pow}_{\text{mL}} \%)$ | 1. Kanal | | |
|--|---|---|---|
| | IG | DG | Gesamt |
| 2. AWT/EWT | $y = 0,2726x + 0,7786$ $R^2 = 0,049$ n.s. | $y = -0,0587x + 1,0937$ $R^2 = 0,0207$ n.s. | $y = 0,1356x + 0,9162$ $R^2 = 0,0492$ n.s. |
| $y(T_{\max} \%)$ $x(\text{Pow}_{\text{mL}} \%)$ | 2. Kanal | | |
| | IG | DG | Gesamt |
| 2. AWT/EWT | $y = 0,0133x + 1,052$ $R^2 = 0,0002$ n.s. | $y = -0,1165x + 1,1478$ $R^2 = 0,1506$ n.s. | $y = -0,0097x + 1,0613$ $R^2 = 0,0003$ n.s. |

Tabelle 17-74. Korrelation der Veränderung in % von der Pow_{mL} und der T_{\max} im 1. Kanal und im 2. Kanal. IG n:7-8; DG n:8.

| $y(\text{RMS}/\text{MinFl})$ $x(\text{Pow}_{\max L})$ | 2. Kanal | | |
|--|---|--|--|
| | IG | DG | Gesamt |
| 1. EWT | $y = 0,0096x - 5,3408$ $R^2 = 0,4344$ n.s. | $y = 0,0019x + 2,1219$ $R^2 = 0,0637$ n.s. | $y = 0,0048x - 0,6099$ $R^2 = 0,1988$ n.s. |
| 2. EWT | $y = 0,0025x + 1,0953$ $R^2 = 0,0215$ n.s. | $y = 0,0027x + 0,6436$ $R^2 = 0,3585$ n.s. | $y = 0,0025x + 0,9603$ $R^2 = 0,0464$ n.s. |
| 1. AWT | $y = 0,0023x - 0,0132$ $R^2 = 0,3684$ n.s. | $y = 0,0041x - 0,6657$ $R^2 = 0,3205$ n.s. | $y = 0,0023x + 0,7434$ $R^2 = 0,1817$ n.s. |
| 2. AWT | $y = 0,003x - 0,8692$ $R^2 = 0,6803$ $p < 0,05$ | $y = 0,0023x + 2,0267$ $R^2 = 0,0348$ n.s. | $y = 0,0018x + 1,4967$ $R^2 = 0,0282$ n.s. |

Tabelle 17-75 Korrelation von RMS/MinFl und $\text{Pow}_{\max L}$ bei dem 1. und 2. Wingate-Test vom 2. Kanal. IG n:5-7; DG n:8.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Dissertation mit dem Titel „Die Wirkung eines hochintensiven, intervallartigen Trainings auf die Leistungs- und Regenerationsfähigkeit“ nicht als Diplomarbeit oder andere Prüfungsarbeit verwendet wurde.

Ich versichere, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Schwarmstedt, den 07.03.2010

Maja Frische

Veröffentlichungen

Frische M and Maassen N. Die Auswirkungen von hochintensivem, intervallartigem Training auf die Leistungs- und Regenerationsfähigkeit. *DVS-Symposium der Sektion Trainingswissenschaft Trainingswissenschaft im Freizeitsport*, Fakultät für Sportwissenschaft der Ruhr-Universität Bochum, 52, 2005.

Frische M and Maassen N. Highly intensive interval like training and its impact on endurance and recovery capacity. *European College of Sport Science*, 10th Annual Congress, Belgrad, 168, 2005.

Frische M and Maassen N. Die Auswirkungen von hochintensivem, intervallartigem Training auf die Ausdauer-, die Regenerationsfähigkeit und den Fettstoffwechsel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 56: (7/8), 265, 2005.

Frische M and Maassen N. Die Wirkung eines hochintensiven, intervallartigen Trainings auf die Leistungsfähigkeit bei Sprint-Dauerbelastung und auf die Regenerationsfähigkeit. *Bundesinstitut für Sportwissenschaft. BISP Jahrbuch 2004*, Abgeschlossene Forschungsvorhaben-Kurzberichte aus dem Bereich Medizin und Naturwissenschaften, 141-148. 2005. Bonn, Medienhaus Plump GmbH, Rheinbreitbach, 2005.

Frische M and Maassen N. Die Auswirkungen von hochintensivem, intervallartigem Training auf die Leistungs- und Regenerationsfähigkeit. Ferrauti A and Remmert H Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. *Trainingswissenschaft im Freizeitsport* 157: Ausdauertraining, 105-108, 2006. Hamburg, Czwalina Verlag.

Maassen N, Frische M, Becker D, Wittke T, Dreißigacker U and Wendt M. Relation between endurance capacity, total hemoglobin mass and aerobic capacity. *Deutsche Physiologische Gesellschaft*, 87th Annual Meeting, Cologne, 2008.

Maassen N, Vardaxoglou K and Frische M. The impact of highly intensive interval like training on respiration. *European College of Sport Science*, 11th Annual Congress, Lausanne, 78, 2006.

ANHANG

Vardaxoglou K, Frische M, Stuke N and Maassen N. Significance of the respiratory kinetics during recovery in relation to endurance performance. *European College of Sport Science*, 11th Annual Congress, Lausanne, 49, 2006.

Vardaxoglou K, Stuke N, Frische M and Maassen N. Relation between VE, VCO₂ and lactate concentration during exercise of high intensity. *Acta Physiologica* 186: Supplement 1, 157, 2006.

Wendt M, Dreißigacker U, Wittke T, Frische M, Maassen M, Becker D and Maassen N. Der Zusammenhang zwischen Ausdauerleistungsfähigkeit und Sprintfähigkeit. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 60: (7-8) 185, 2009.

Danksagung

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, mich bei all denjenigen herzlich zu bedanken, die mir im Verlauf dieser Arbeit mit Rat, Tat und Verständnis zur Seite standen:

bei Herrn Prof. Dr. Norbert Maassen für die ständige Unterstützung und Förderung dieser Arbeit, für den fachkundigen Rat und für die Geduld, die er in all unseren Diskussionen gezeigt hat;

bei Frau Hannelore Konrad für ihre Hilfsbereitschaft, ihre fachliche und freundliche Unterstützung während der Experimente und bei der Auswertung;

bei meinen engagierten Probanden, von denen manche einige unangenehme Momente während der Versuche erlebten, die sich aber dennoch immer wieder zur Verfügung stellten und sehr, sehr viel Zeit investierten;

bei meinem Mann, meinen Eltern, Schwiegereltern und Freunden, die mich jahrelang insbesondere durch die Betreuung unserer Kinder bei dieser Arbeit unterstützt haben. Ohne ihre Hilfe wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen;

und vor allem bei dem evangelischen Studienwerk Villigst e.V., das mich während dieser Zeit finanziell unterstützt und mir die Gelegenheit gegeben hat, viele Einblicke über mein Thema hinaus und nette Kontakte zu anderen Promovierenden zu bekommen.

Weiterhin möchte ich mich herzlich bei Michael Hilbert, Dr. Nadine Schomburg, Dr. Vladimir Shushakov, Kyriakos Vardaxoglou und allen Studierenden für die Hilfe bei den Versuchen und Auswertungen sowie für die kritischen Anregungen zu dieser Arbeit bedanken.

Vielen Dank auch an alle Korrekturleserinnen (Karin Mestwerdt, Dr. Britta Leineweber und Katrin Religa), die so viel Zeit investiert haben.

ANHANG

Lebenslauf

Maja Frische, geb. Herden,
geboren am 06.07.1976 in Goslar,
verheiratet und zwei Kinder (geb. 27.04.05 und 22.01.07)
Konfession: evangelisch

Seit 01.08.2009 Sportlehrkraft und Koordinatorin im Projekt *Ganztagsschule und Verein* beim Kreissportbund Soltau-Fallingbostal

Studium

01.2004-07.2010 Promotion an der Philosophischen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

01.2005-01.2009 Promotionsstipendium des Evangelischen Studienwerks Villigst e.V.

02.2002-05.2003 Studium der Gesundheitswissenschaften an der Queensland University of Technology (QUT) in Brisbane, Australien, Abschluss: Master of Health Science

10.1996-02.2002 Studium für das Lehramt an Gymnasien mit den Fächern Biologie und Sport an der Leibniz Universität Hannover, Abschluss: 1. Staatsexamen

Schulausbildung

1993-1996 Wirtschaftsgymnasium, Lehrte

1987-1993 Orientierungsstufe und Realschule, Uetze

1983-1987 Grundschule, Hänigsen

Schwarmstedt, 06.03.2010

Maja Frische