

¹Nicole Weber, ¹Eva Wirthlin, ²Walter Frey, ¹Urs Boutellier

¹Sportphysiologie ETH und Uni Zürich, Zürich, und ²move>med, Swiss Sports Medical Center an der Klinik Hirslanden, Zürich

Alters- und Geschlechtsabhängigkeit der aeroben Leistungsfähigkeit bei Besuchern eines städtischen Sportmedizinentrums

Zusammenfassung

Es werden Leistungsdaten von einem grossen Kollektiv (N = 1202), aufgeschlüsselt nach Alter, Geschlecht und Trainingsaufwand, präsentiert. Damit können untersuchte Personen nach einem Leistungstest grob kategorisiert werden. Die Korrelation der Leistung bei 2 und 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration mit der Maximalleistung ist so hochsignifikant, dass letztere nicht unbedingt erhoben werden muss, sondern berechnet werden kann.

Summary

Performance data from a big cohort (N = 1202) are presented. Age, sex, and training time are the base of subgroups. The presented tables allow a rough classification of persons after a maximal performance test. As the performance corresponding to a blood lactate concentration of 2 and 4 mmol/l highly significantly correlates with maximal performance, it is not always necessary to measure the later. Maximal performance can also be calculated from the performance corresponding to a blood lactate concentration of 2 or 4 mmol/l.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 50 (4), 155–160, 2002

Einleitung

Immer mehr setzt sich die Erkenntnis durch, dass Bewegungsmangel der grösste Gesundheitsrisikofaktor ist (Hoffmann et al., 1995). Dies vor allem deshalb, weil Bewegungsmangel oft mit Übergewicht, Fettstoffwechselstörungen und Diabetes einhergeht. Deshalb wird zur Verhinderung oder Reduktion dieser «Krankheiten» bzw. zur Erhaltung der Gesundheit empfohlen, sich zu bewegen (Martin und Marti, 1998). Bereits ist ein weiterer Schritt erfolgt: Training der Ausdauer wird nicht nur nach Herzkreislaufkrankheiten zum Therapeutikum (Billman, 2002).

Personen, die sich dazu entschliessen, sportlich wieder aktiv oder aktiver zu werden, lassen sich oft zuerst ärztlich untersuchen oder leistungsdiagnostisch beraten. Das geht – wenn immer möglich – mit einer Maximalbelastung einher. Nachdem sich jemand maximal angestrengt hat, möchte er anschliessend auch wissen, wo er leistungsmässig steht. Wenn die Fachpersonen nun erklären, dass eine solche Einteilung unwichtig sei, wird diese Auskunft weder auf Verständnis noch Gegenliebe stossen. Da es in der Schweiz zwar Standards zur Beurteilung der Ausdauer gibt (Marti et al., 1999), effektive Erhebungen aber fehlen, haben wir die Eintrittstests am Zürcher Swiss Olympic Medical Center ausgewertet, um die Leistungsfähigkeit der aktiven «Durchschnittsbevölkerung» grob abschätzen zu können.

Weiter haben wir uns gefragt, ob es unbedingt nötig sei, die Trainingswilligen bereits zu Beginn maximal auszubelasten, denn es ist denkbar, dass die Leistungen bei Blutlaktatkonzentrationen von 2 und 4 mmol/l signifikant mit den Maximalleistungen korrelieren.

Zuletzt wollten wir noch wissen, wie sich zunehmender Trainingsumfang auf die Leistungsfähigkeit auswirkt. Üblicherweise

ist der Trainingsgewinn bei Untrainierten am grössten und flacht dann mit zunehmender Trainiertheit ab. Etwas Vergleichbares könnte auch auftreten, wenn man den wöchentlichen Trainingsaufwand in Stunden mit dem Ertrag in Form von Leistung vergleicht.

Methoden

Probanden. In die Untersuchung wurden 1202 Personen beiderlei Geschlechts miteinbezogen. Es handelt sich bei allen Personen um den Eintrittstest, der zwischen dem 3.2.2000 und 30.6.2001 im Swiss Olympic Medical Center Zürich durchgeführt worden ist. Das Alter der erfassten Personen betrug 9–80 Jahre. Das Durchschnittsalter der Frauen betrug 34 ± 12 Jahre (N = 426), dasjenige der Männer 39 ± 12 Jahre (N = 776). Das Personenkollektiv umfasste von Inaktiven bis zu Weltklasseathleten alle Leistungskategorien. Der Trainingsaufwand schwankte zwischen 0 und 52 h/Woche (von den Probanden erfragt). Frauen trainierten im Durchschnitt 10.3 ± 8.4 h/Woche, Männer 7.5 ± 5.8 h/Woche. Wir haben die Probanden in folgende Alterskategorien unterteilt: < 20, 20–39, 40–59 und > 60 Jahre.

Testprotokoll. Verwendet wurde ein von Conconi et al. (1982) publiziertes Protokoll mit Blutlaktatmessungen. 794 Personen wurden auf einem drehzahlunabhängigen Fahrradergometer (Ergoline, Bitz, Deutschland) und 408 auf einem Laufband (HP Cosmos, Traunstein, Deutschland) getestet. Je nach Trainingszustand wurden unterschiedliche Anfangsbelastungen gewählt (50, 75 oder 100 W bzw. 8 oder 9 km/h). Entsprechend der Anfangsbelastung wurde auf dem Fahrradergometer pro Stufe mehr oder weniger gesteigert (10, 15 oder 20 W), während die Steigerung auf dem Laufband einheitlich 0.5 km/h betrug.

Blutlaktatmessung. Vor dem Test, am Ende jeder Belastungsstufe und nach dem Abbruch wurde an einer Fingerspitze Mikroproben Blut zur Bestimmung des Laktates entnommen. Beim Laufbandtest mussten die Probanden zur Blutentnahme kurz anhalten, indem sie auf die seitliche Umrandung standen. Das Blut wurde automatisch analysiert (Yellowsprings Instruments, Ohio, USA).

Statistische Auswertung. Die Resultate werden als Mittelwert \pm Standardabweichung oder als Median und entsprechende Percentile angegeben. Bei den *Abbildungen 9* und *10* wurden polynomische Kurven durch die Einzeldaten bis und mit 20 Trainingsstunden/Woche gefittet. Zur Überprüfung von Abhängigkeiten wurden die üblichen Korrelationsverfahren verwendet. Dabei wurde ein $p < 0.05$ als signifikant angenommen. Falls eine Alterskategorie weniger als 6 Personen aufwies, wurde auf eine Resultatdarstellung verzichtet. Ebenso wurde bei den Vergleichen zwischen Trainingsstunden/Woche und Leistung auf eine Darstellung verzichtet, wenn in der entsprechenden Gruppe weniger als 30 Personen vertreten waren. Weggelassen wurden auch Ausreisserresultate (Abweichung von $>$ Mittelwert ± 3 Standardabweichungen).

Resultate

Die Leistungen bei 2 bzw. 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration und beim Abbruch sind in *Tabelle 1* (Frauen) und *2* (Männer) zusammengefasst. 50% entspricht dem Median und ist das Hauptresultat für die entsprechende Leistungsstufe, das entsprechende Testgerät, das entsprechende Alter bzw. das entsprechende Geschlecht. Insbesondere bei der Leistung, die der Blutlaktatkonzentration von 4 mmol/l entspricht, fällt auf, dass das n etwas kleiner ist als bei den anderen beiden Stufen. Das kommt daher, dass nicht alle Versuchspersonen diese Leistungsstufe erreicht haben.

Die *Abbildungen 1–8* zeigen den Leistungsvergleich bei 2 bzw. 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration mit der Maximalleistung in Abhängigkeit von Geschlecht und Testgerät. Alle Korrelationen sind hochsignifikant.

Die Abhängigkeit der Leistung bei 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration vom Trainingsaufwand ist in *Abbildung 9* (Fahrradergometer) und *10* (Laufband) dargestellt. Die Kurvenverläufe sind bei 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration und bei der maximalen Leistung praktisch identisch, allerdings auf einem höheren Niveau (Resultate werden nicht gezeigt).

Diskussion

Die in den beiden *Tabellen 1* und *2* dargestellten Resultate geben einen Überblick über die Leistungsfähigkeit eines Kollektivs von 20 bis über 60 Jahren. Den Mittelwert des Kollektivs von Interesse entnimmt man der 50%-Zeile (entspricht dem Median). Zusätzlich haben wir die 25 und die 50%-Abweichungen nach oben und unten angegeben. Damit hat man ein Instrument, um die Leistungsfähigkeit von getesteten Personen im Vergleich zu unserem Kollektiv abschätzen zu können. Dabei sind aber zwei Dinge zu berücksichtigen: 1) Es handelt sich zwar um ein grosses, heterogenes Kollektiv, das eine grosse Bandbreite aufweist, das aber nicht als repräsentative Stichprobe gelten kann. Trotzdem sind wir der Meinung, dass sich interessante Leistungsvergleiche ziehen lassen, sofern man das machen möchte. 2) Im Gegensatz zu den üblicherweise verwendeten Stufenprotokollen, bei denen die Zeit pro Stufe konstant gehalten wird, wird beim sog. Conconi-Protokoll die Arbeit pro Stufe konstant gehalten. Das heisst, dass bei steigender Leistung die Zeit auf jeder Stufe dementsprechend abnimmt. Deshalb ist die Gesamtarbeit, wenn man von einem identischen Leistungsmaximum ausgeht, beim Conconi-Protokoll kleiner als bei einem herkömmlichen Stufentest. Eine kleinere Gesamtarbeit ergibt ein grösseres Leistungsmaximum (Schibli und Schumacher, 1989; Stuber und Stupan, 1988), was bedeutet, dass man mit einem Conconi-Protokoll ein höheres Leistungsmaximum erreicht als mit einem Stufenprotokoll. Dies wird auch aus folgenden Berechnungen ersichtlich: Wenn man die Mittelwerte der Maximalleistungen auf dem Fahrradergometer gemäss einer Formel von Hawley and Noakes (1992) auf $\dot{V}O_{2max}$ umrechnet

und durch das Körpergewicht teilt (Männer: 78 kg; Frauen: 58 kg), erhält man folgende Resultate: 58, 49 und 43 bzw. 49, 41 und 23 ml/min/kg für 20 bis 39-jährige, 40 bis 59-jährige und über 60-jährige Männer bzw. Frauen. Diese relativen $\dot{V}O_{2max}$ -Werte fallen gemäss Standards des BASPO (Marti et al., 1999) in die Kategorie «sehr gut». Neben dem verwendeten Conconi-Protokoll dürfte auch die Tatsache, dass es sich bei den Untersuchten um eher aktive Personen handelte, zu der guten Einteilung geführt haben.

Aufgrund der sehr guten Korrelationen bei 2 und 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration mit der maximalen Leistung sind wir der Meinung, dass man nicht unbedingt alle Personen maximal belasten muss, um eine erste Leistungsbeurteilung vornehmen zu können. Obwohl die Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration etwas besser mit der Maximalleistung korreliert als bei 2 mmol/l, schlagen wir dennoch vor, einen allfälligen Submaximaltest nach dem Erreichen von 2 mmol/l abzurechnen und nicht bis zu 4 mmol/l fortzuführen. Den Grund für unseren Vorschlag erkennt man in den etwas kleineren Probandenzahlen (n) bei 4 mmol/l im Vergleich zu 2 mmol/l. Mit anderen Worten: Etliche, vor allem schlecht trainierte Personen, erreichen die Leistung, die 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration entsprechen würde, gar nicht. Aufgrund der Geradengleichung kann man dann die zu erwartende Maximalleistung recht präzise aus der Leistung bei 2 bzw. 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration errechnen. Auch hier weisen wir noch einmal darauf hin, dass sich ein Stufenprotokoll von einem Conconi-Protokoll unterscheidet. Da bei beiden Protokollen nie ein Laktat steady state erreicht wird, was ungefähr 8 min pro Stufe dauern würde, ist die Blutlaktatkonzentration vom verwendeten Protokoll abhängig. In der Regel wird die Blutlaktatkonzentration bei einem Conconi-Protokoll auf jeder Stufe tiefer sein als bei einem Stufenprotokoll. Mit anderen Worten: Die von uns angegebenen Leistungen bei 2 und 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration dürften höher sein als diejenigen bei einem klassischen Stufenprotokoll.

Weiter hat uns interessiert, wieweit die Leistung linear mit der Trainingsdauer pro Woche steigt. Wir gingen davon aus, dass ab einer gewissen Stundenzahl der Leistungsgewinn unterproportional ausfallen würde. Da wir gerade vorgeschlagen haben, Maximaltests durch Submaximaltests zu ersetzen, zeigen wir die entsprechenden Kurven bei einer Leistung, die 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration entspricht (*Abb. 9* und *10*). Die Kurven bei 4 mmol/l und bei der maximalen Leistung sind andernorts einsehbar (Weber und Wirthlin, 2001). Man sieht aus den Kurven, dass die Leistung bei den Männern bis 60 Jahre mit zunehmenden Trainingsstunden/Woche mehr oder weniger ansteigen, während sich bei den Frauen und den älteren Männern ein Maximum zwischen 10 und 15 Trainingsstunden/Woche ergibt. Allerdings sind in einzelnen Gruppen Personen mit mehr als 10 Trainingsstunden/Woche rar, das heisst, dass einzelne Personen den Kurvenverlauf überproportional beeinflussen können. Die durch die Punkte gelegten polynomischen Kurven erreichten selten das Signifikanzniveau. Weiter berücksichtigen muss man, dass die Angaben der Trainingsstunden/Woche von den Testpersonen erfragt worden sind und es sich nicht ausschliesslich um Ausdauertraining handelte; jede sportliche Aktivität war miteinzubeziehen. Wir gehen davon aus, dass die wöchentliche Trainingszeit wahrscheinlich eher etwas überschätzt wurde. Trotzdem ist es – bei aller Zurückhaltung gegenüber der Härte der Daten – interessant zu sehen, dass sich die effiziente Trainingszeit, vor allem mit zunehmendem Alter, nicht beliebig ausdehnen lässt.

Verdankungen

Wir danken Herrn Dr. med. R. Zenhäusern für die zur Verfügungstellung der Datenbank und seine Unterstützung bei der Datenanalyse. Herrn Prof. Dr. med. B. Marti danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die hilfreichen Ergänzungen.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. Urs Boutellier, Sportphysiologie ETH und Uni Zürich, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich.

Literaturverzeichnis

Billman G.E.: Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological anti-arrhythmic intervention. *J. Appl. Physiol.* 92: 446-454, 2002.
 Conconi F., Ferrari M., Ziglio P.G., Droghetti P., Codeca L.: Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J. Appl. Physiol.* 52: 869-873, 1982.
 Hawley J.A., Noakes T.D.: Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65: 79-83, 1992.
 Hoffmann A., Rabaeus M., Saner H.: Impuls – Bewegungskampagne der Schweizerischen Herzstiftung 1995. *Schweiz. Ärztezeitung* 76: 711-714, 1995.
 Marti B., Laukkanen R., Held T.: Beurteilung der Ausdauer aufgrund der VO₂max: Standards des BASPO. *Schweiz. Z. Sportmed. Sporttraumatol.* 47: 173-174, 1999.

Martin B.W., Marti B.: Bewegung und Sport: eine unterschätzte Gesundheitsressource. *Therap. Umschau* 55: 221-228, 1998.
 Schibli D., Schumacher U.: Die Bedeutung des Protokolls beim Conconi-Test auf dem Fahrradergometer. Diplomarbeit zur Erlangung des Eidg. Turn- und Sportlehrerdiploms II, ETH Zürich, 1989.
 Stuber P., Stupan A.: Die Bedeutung des Protokolls beim Conconi-Test. Diplomarbeit zur Erlangung des Eidg. Turn- und Sportlehrerdiploms II, ETH Zürich, 1988.
 Weber N., Wirthlin E.: Ausdauerleistungsfähigkeit in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Stunden Sport pro Woche und Laktatkonzentration anhand der im Swiss Olympic Medical Center Zürich getesteten Probanden. Diplomarbeit zur Erlangung des Eidg. Turn- und Sportlehrerdiploms II, ETH Zürich, 2001.

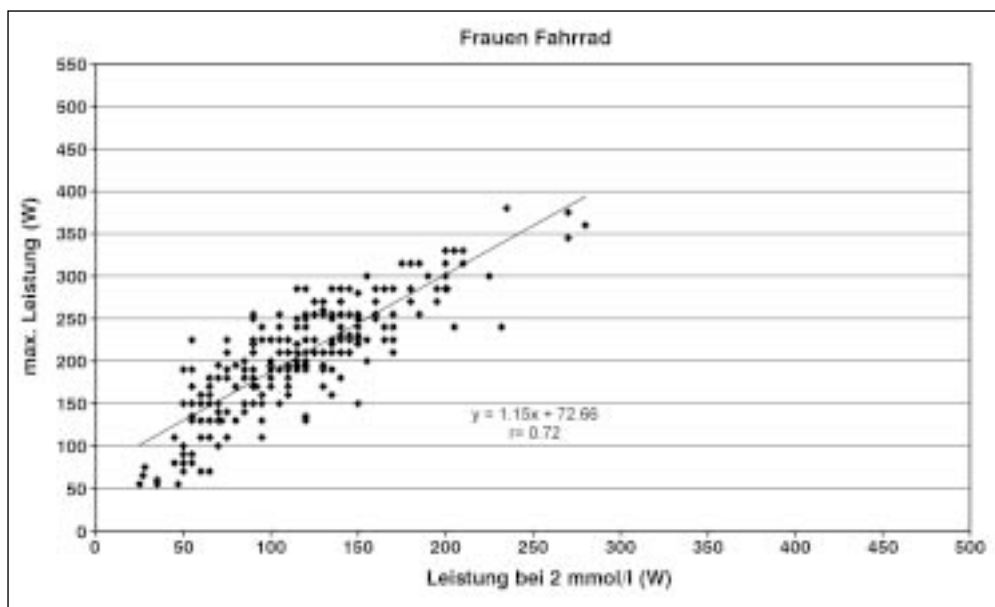
Frauen	20-39 Jahre		40-59 Jahre		> 60 Jahre	
	%	Fahrrad W	Laufband km/h	Fahrrad W	Laufband km/h	Fahrrad W
Leistung bei 2 mmol/l	0	35	6.2	28	7	25
	25	103	9.7	65	9.1	48
	50	135	11	85	10	55
	75	160	12.6	120	12	85
	100	280	18.8	232	15.5	135
n		139	96	63	38	14
Leistung bei 4 mmol/l	0	75	8	60	7.5	50
	25	160	11.9	110	11.4	77
	50	170	13.3	140	12.5	93
	75	220	14.7	175	13.8	140
	100	355	20.8	232	17.5	175
n		136	90	61	29	6
Maximale Leistung	0	55	8	45	8	55
	25	190	13	130	12	70
	50	210	14	170	13.5	80
	75	255	16	200	14.5	110
	100	380	21.5	255	18	190
n		141	100	67	40	15

Table 1: Die Leistungsfähigkeit (Median = 50%) von total 363 Frauen in Abhängigkeit vom Alter auf dem Fahrradergometer oder auf dem Laufband bei 2 und 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration sowie bei Leistungsabbruch (maximale Leistung). Neben dem Median sind auch noch die Perzentilen 0, 25, 75 und 100% angegeben und die Anzahl (n) jeder Gruppe.

Männer	20-39 Jahre		40-59 Jahre		> 60 Jahre	
	%	Fahrrad W	Laufband km/h	Fahrrad W	Laufband km/h	Fahrrad W
Leistung bei 2 mmol/l	0	58	7	50	5.5	75
	25	155	12	135	11	115
	50	215	14	170	12	165
	75	252	16	205	13	185
	100	350	21	330	16	270
n		214	150	253	52	41
Leistung bei 4 mmol/l	0	110	10.2	100	8.6	95
	25	244	15	210	14	170
	50	295	17	250	15	225
	75	331	18	290	16	253
	100	445	22.5	400	19.2	290
n		212	145	249	52	35
Maximale Leistung	0	135	12	105	9	110
	25	315	16	255	15	195
	50	360	18	300	16	255
	75	400	20	340	17	280
	100	500	24.5	440	21	320
n		217	156	260	55	42

Table 2: Die Leistungsfähigkeit (Median = 50%) von total 730 Männern in Abhängigkeit vom Alter auf dem Fahrradergometer oder auf dem Laufband bei 2 und 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration sowie bei Leistungsabbruch (maximale Leistung). Neben dem Median sind auch noch die Perzentilen 0, 25, 75 und 100% angegeben und die Anzahl (n) jeder Gruppe.

Abbildung 1: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Fahrrad bei den Frauen (n = 253; p < 0.001).



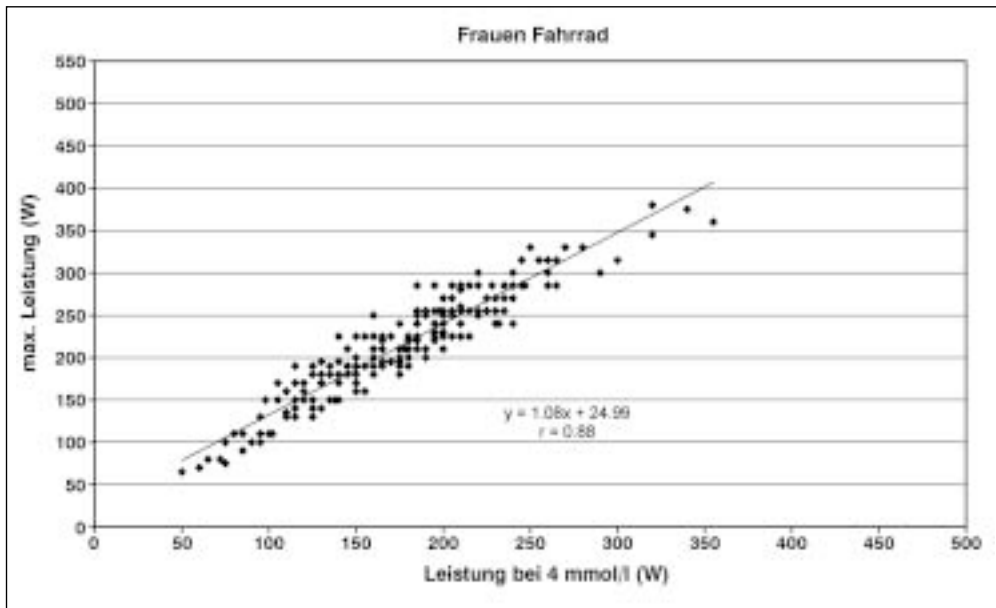


Abbildung 2: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Fahrrad bei den Frauen (n = 238; p < 0.001).

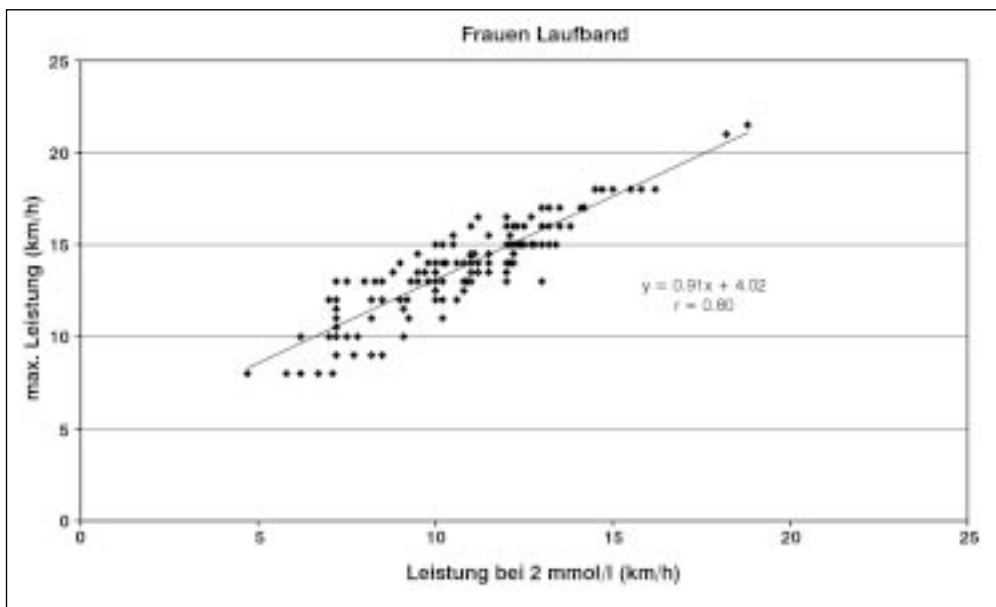


Abbildung 3: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Laufband bei den Frauen (n = 159; p < 0.001).

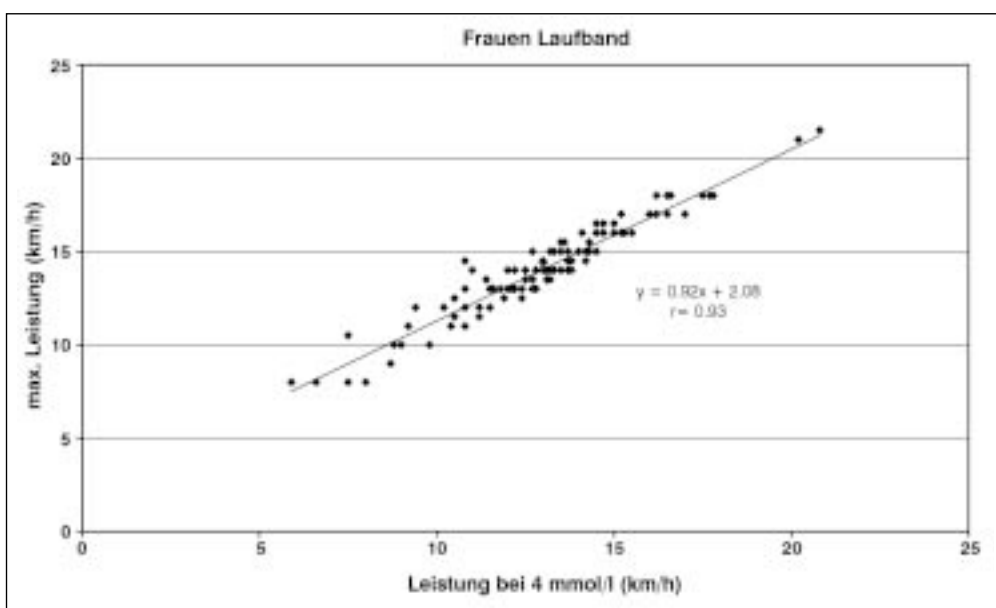


Abbildung 4: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Laufband bei den Frauen (n = 135; p < 0.001).

Abbildung 5: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Fahrrad bei den Männern (n = 526; p < 0.001).

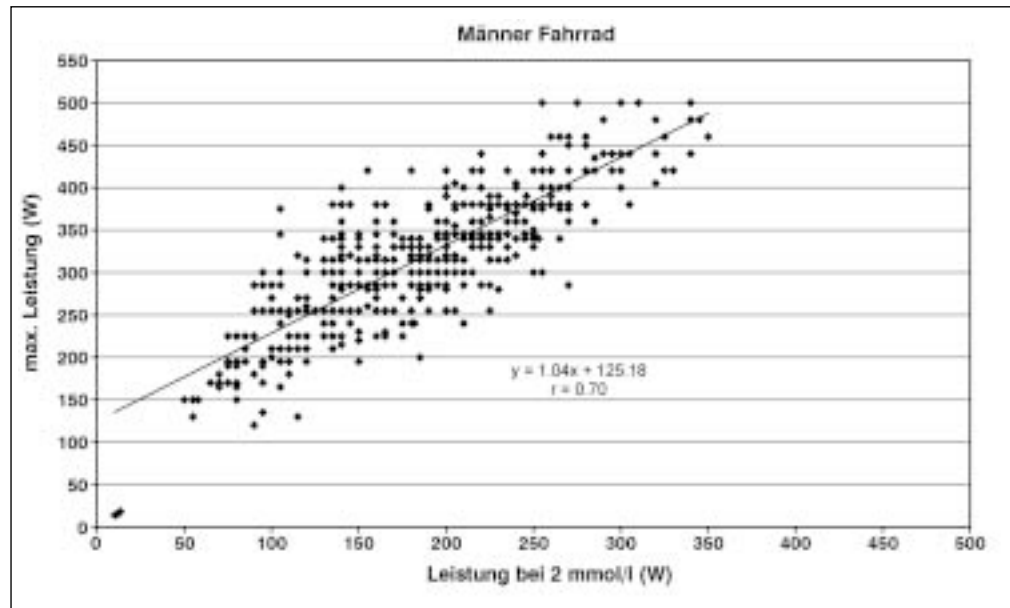


Abbildung 6: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Fahrrad bei den Männern (n = 513; p < 0.001).

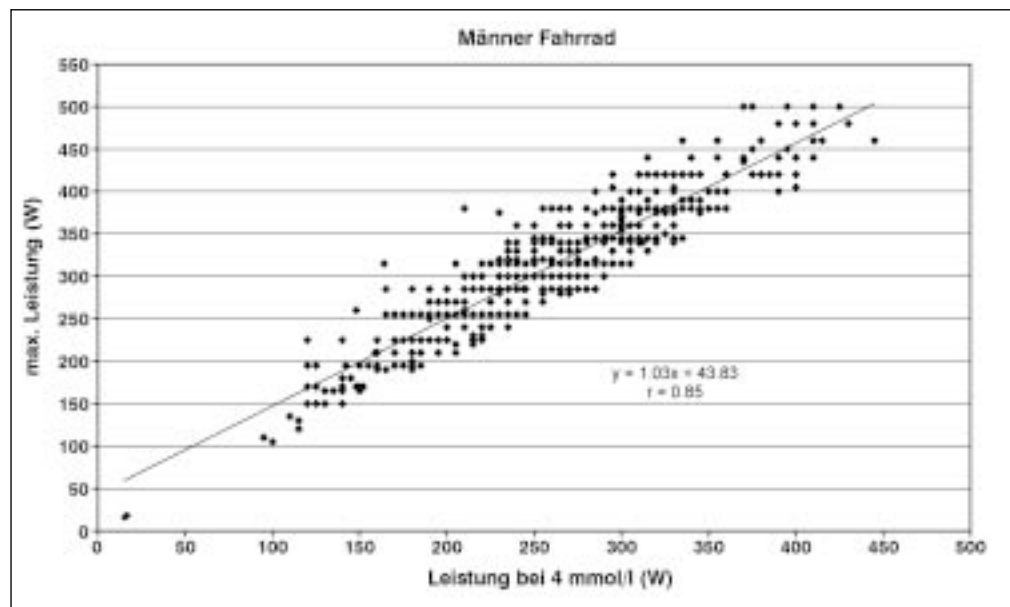
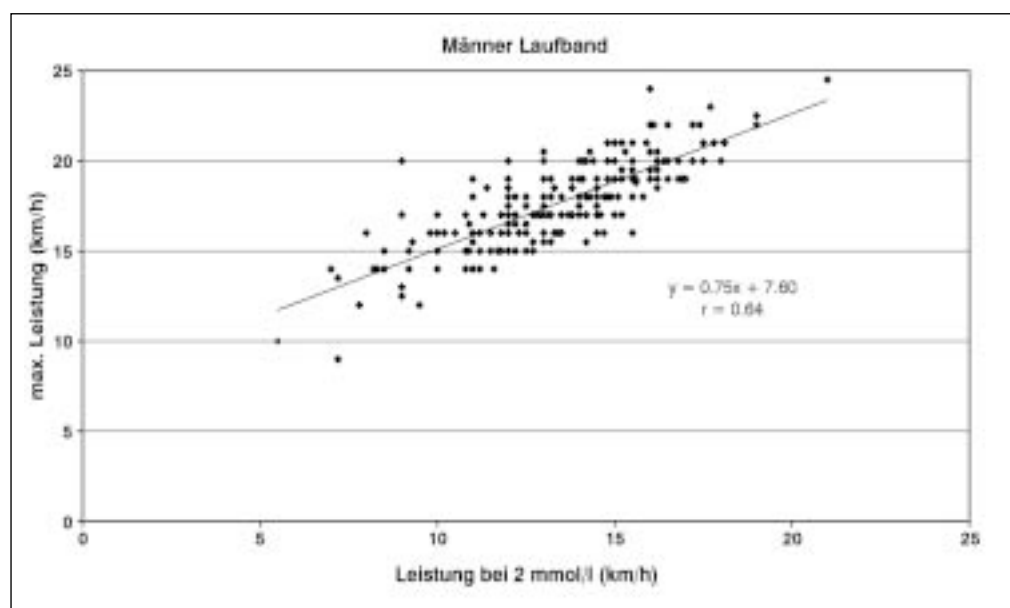


Abbildung 7: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Laufband bei den Männern (n = 229; p < 0.001).



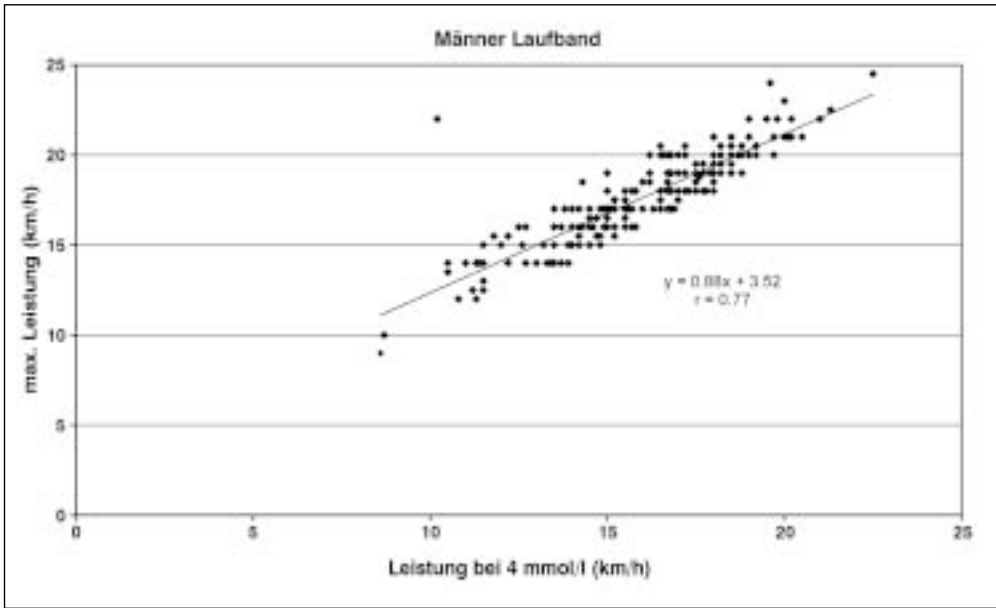


Abbildung 8: Der Vergleich zwischen der Leistung bei 4 mmol/l Blutlaktatkonzentration und der maximalen Leistung auf dem Laufband bei den Männern (n = 223; p < 0.001).

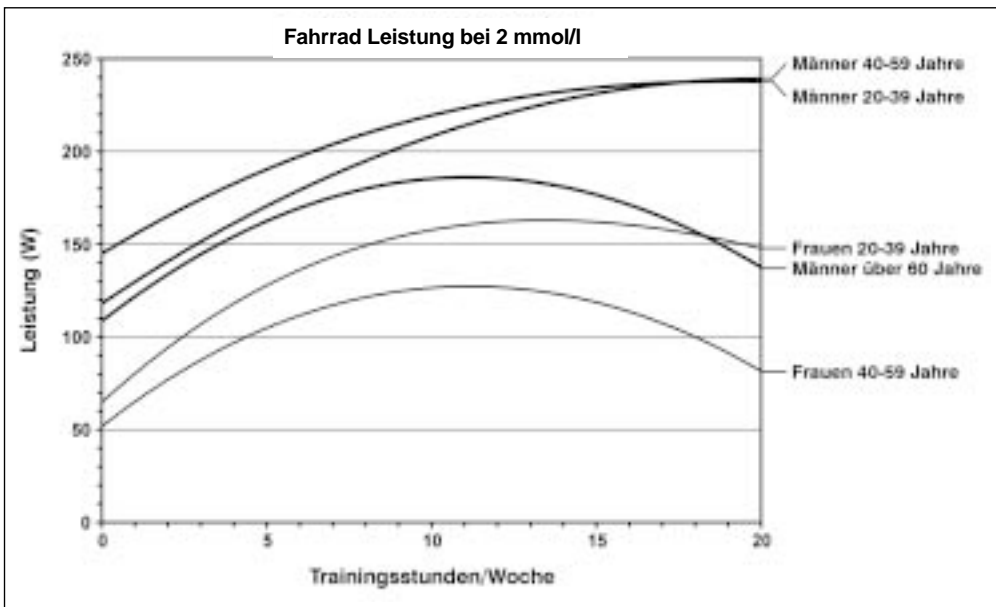


Abbildung 9: Der Vergleich zwischen den Trainingsstunden/Woche und der Leistung bei 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration auf dem Fahrrad bei beiden Geschlechtern (Frauen 20–39 Jahre: n = 120; Frauen 40–59 Jahre: n = 63; Männer 20–39 Jahre: n = 196; Männer 40–59 Jahre: n = 252; Männer über 60 Jahre: n = 40).

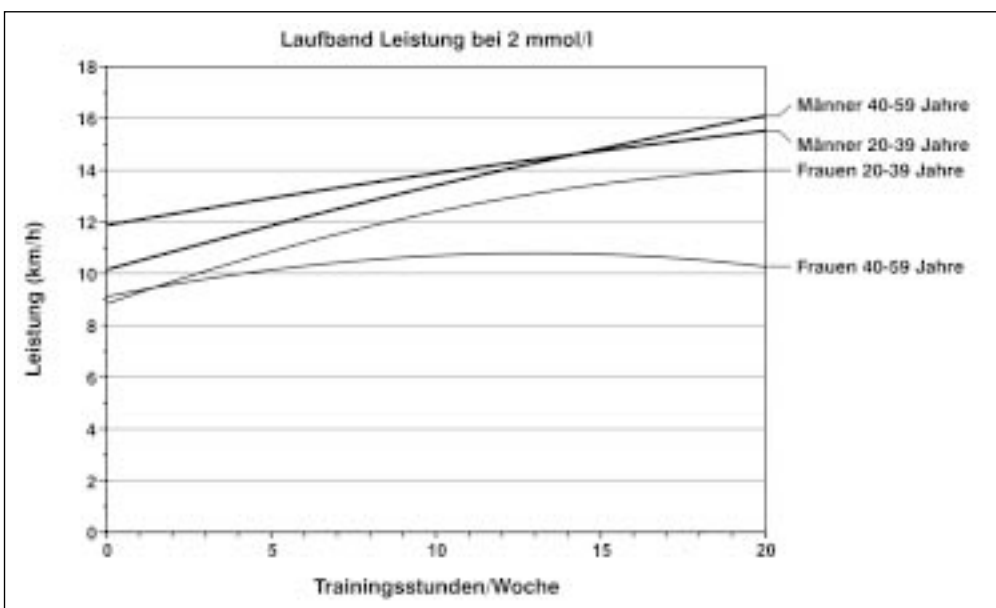


Abbildung 10: Der Vergleich zwischen den Trainingsstunden/Woche und der Leistung bei 2 mmol/l Blutlaktatkonzentration auf dem Laufband bei beiden Geschlechtern (Frauen 20–39 Jahre: n = 94; Frauen 40–59 Jahre: n = 38; Männer 20–39 Jahre: n = 137; Männer 40–59 Jahre: n = 51).