

4. Ergebnisse

4.1. Veränderungen durch Hyperventilation vor Testbeginn

Um den Effekt der Hyperventilation vor dem Test darzustellen, werden im folgenden Teil die „Ruhewerte“ mit der Phase „vor Wingate“ verglichen. Dieser Zeitpunkt befindet sich nach Warming up und vor dem Testbeginn. Entsprechend den Erklärungen im Teil Methoden befindet sich der Proband in Ruhe (Test 1) bzw. acht Minuten nach Beginn der Hyperventilation (Test 2).

Bei Vergleich der „Ruhewerte“ zwischen den Testarten (1=Test, 2=Hyperventilationstest) konnten für den pH-Wert, HCO_3 , BE, Laktat, pO_2 , pCO_2 , Ventilation, VO_2 , VCO_2 , pet O_2 und pet CO_2 sowohl kapillär als auch venös keine signifikanten Unterschiede beschrieben werden.

4.1.1. Darstellung von pH, HCO₃, pO₂, pCO₂

Wie in Tabelle 4 dargestellt, ergab sich folgendes Ergebnis: Im Hyperventilationstest konnten sowohl kapillär als auch venös eine signifikante Erhöhung des pH-Wertes gegenüber dem Test festgestellt werden. Die Bikarbonatkonzentration im kapillären Blut wurde signifikant unter die des Testes gesenkt. Im venösen Schenkel verringerte sich die Bikarbonatkonzentration nicht signifikant. Im Hyperventilationsversuch stieg der Sauerstoffdruck im kapillären Blut gegenüber dem Test an, im venösen Bereich war ein signifikanter Abfall zu beobachten. Der CO₂-Druck konnte sowohl kapillär als auch venös durch die Hyperventilation signifikant unter die Werte des Testes gesenkt werden (venös geringer aufgrund der Vasokonstriktion).

Tabelle 4: Darstellung der Phase vor Testbeginn als a) Ruhe und b) vor Wingatestart (vor Win.). 1=Test, 2=Hyperventilationstest. Es werden angegeben: pH-Wert (kapillär und venös), aktuelles HCO₃ (kapillär, venös) in mmol/l, pO₂(kapillär, venös) und pCO₂(kapillär, venös) in mmHg. Mittelwert ± Standardabweichung

	Ruhe 1	Ruhe 2		vor Win. 1	vor Win. 2
pH _{kapillär}	7,422 ±0,018	7,426 ±0,026		7,415 ±0,011	7,596 ^{*/°} ±0,052
pH _{venös}	7,376 ^z ±0,039	7,382 ^z ±0,026		7,357 ^{°/z} ±0,037	7,461 ^{°/*/z} ±0,045
HCO ₃ , kapillär, aktuell	26,5 ±1,5	26,6 ±1,4		25,6 ±1,7	22,9 ^{°/*} ±1,6
HCO ₃ , venös, aktuell	26,5 ±1,9	26,6 ±1,4		26,3 ±1,4	26,6 ^{°/z} ±1,9
pO ₂ , kapillär	88,8 ±4,0	89,7 ±8,3		94,6 [°] ±5,6	101,1 ^{°/*} ±10,8
pO ₂ , venös	47,6 ^z ±13,0	44,6 ^z ±13,3		46,4 ^z ±13,8	34,0 ^{*/z} ±6,8
pCO ₂ , kapillär	41,4 ±2,7	41,3 ±2,5		40,7 ±2,7	23,5 ^{°/*} ±3,7
pCO ₂ , venös	46,4 ^z ±3,0	47,3 ^z ±3,8		49,1 ^{°/z} ±3,6	38,0 ^{°/*/z} ±5,4

[°] = signifikantes Delta zwischen „Ruhe“ und „vor Wingate“ eines Testes

^{*} = signifikanter Unterschied zu diesem Zeitpunkt zwischen Test 1 und Test 2

^z = signifikanter Unterschied zu diesem Zeitpunkt zum kapillären Wert

4.1.2. Ergebnisse von Laktat und BE

Im Test verringerte sich der BE zwischen den Phasen „Ruhe“ und „vor dem Wingatetest“. Hingegen wurde im Hyperventilationstest ein signifikanter Anstieg festgestellt. Diese Aussagen gelten für kapilläres und venöses Blut.

Die Laktatkonzentration in den verschiedenen Kompartimenten stieg nach dem Warming up um etwa 0,5 mmol/l an, zeigte jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Testbedingungen.

Tabelle 5: Darstellung der Phase vor Testbeginn als a) Ruhe und b) vor Wingatestart (vor Win.). 1=Test, 2=Hyperventilationstest. Es werden angegeben: Laktat (kapillär, venös Vollblut, venös Plasma) in mmol/l, aktueller Base Excess -BE- (kapillär, venös) in mmol/l. Mittelwert \pm Standardabweichung.

	Ruhe 1	Ruhe 2		vor Win. 1	vor Win. 2
Laktat, kap.	1,1 $\pm 0,6$	1,0 $\pm 0,3$		1,5 ° $\pm 0,9$	1,5 ° $\pm 0,4$
Laktat, venös, Vollblut	1,2 $\pm 0,4$	1,2 ^z $\pm 0,3$		1,6 ° $\pm 0,6$	1,7 °/ ^z $\pm 0,4$
Laktat, venös, Plasma	1,6 ^z $\pm 0,7$	1,7 ^z $\pm 0,4$		2,2 °/ ^z $\pm 0,9$	2,4 °/ ^z $\pm 0,6$
BE, kapillär, aktuell	2,3 $\pm 1,4$	2,5 $\pm 1,4$		1,5 ° $\pm 1,4$	3,1 °/* $\pm 1,6$
BE, venös, aktuell	1,9 $\pm 1,1$	2,3 $\pm 1,3$		1,3 ° $\pm 1,0$	3,2 °/* $\pm 1,6$

°= signifikantes Delta zwischen „Ruhe“ und „vor Wingate“ eines Testes

*= signifikanter Unterschied zu diesem Zeitpunkt zwischen Test 1 und Test 2

^z = signifikanter Unterschied zu diesem Zeitpunkt zum kapillären Wert

4.1.3. Atmung

In der Phase „Ruhe“ konnten für Ventilation, VO_2 , VCO_2 , $petO_2$ sowie $petCO_2$ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Testbedingungen festgestellt werden. In der Phase „vor Wingate“ wurde die Ventilation im Hyperventilationstest auf mehr als doppelte Werte im Vergleich zum Test gesteigert. Die CO_2 -Abgabe lag signifikant höher als im Test. Für O_2 unterschied es sich nicht. Der $petCO_2$ konnte durch die Hyperventilation signifikant auf etwa die Hälfte gesenkt werden. Der Wert für $pet O_2$ wurde signifikant gesteigert.

Tabelle 6: Darstellung der Phase vor Testbeginn als a) Ruhe und b) vor Wingatestart (vor Win). 1=Test, 2=Hyperventilationstest. Es werden angegeben: Ventilation in l/min, Volumen O_2 in ml/min, Volumen CO_2 in ml/min, $pet O_2$ sowie $pet CO_2$ in mmHg. Mittelwert \pm Standardabweichung.

	Ruhe 1	Ruhe 2		vor Win. 1	vor Win. 2
Ventilation	14,91 $\pm 2,9$	13,66 $\pm 2,9$		20,73 ° $\pm 4,5$	40,77 °/* $\pm 4,9$
VO_2	478 ± 128	443 ± 102		570 ° ± 131	537 ° ± 101
VCO_2	420 ± 120	366 ± 89		578 ° ± 115	713 °/* ± 108
$pet O_2$	107,5 $\pm 3,2$	107,8 $\pm 5,5$		111,3° $\pm 2,8$	134,2 °/* $\pm 2,6$
$pet CO_2$	38,11 $\pm 2,1$	37,74 $\pm 2,2$		39,32 $\pm 1,7$	20,62 °/* $\pm 1,2$

°= signifikantes Delta zwischen „Ruhe“ und „vor Wingate“ eines Testes

*= signifikanter Unterschied zu diesem Zeitpunkt zwischen Test 1 und Test 2

4.1.4. Kohlendioxyd

Die Hyperventilation erfolgte, wie im Methodenteil beschrieben, nach Warming up und vor Start des Wingate. Um die Wirkung auf das CO₂-Volumen der Atemluft festzustellen, wird im folgenden Teil diese Phase "vor Wingate" zwischen den beiden Tests verglichen.

Bei Betrachtung der Ventilation von CO₂ in der Phase "vor Wingate" lässt sich feststellen, dass die Menge an abgeatmetem CO₂ im Hyperventilationstest signifikant höher lag als im Test. Für die Dauer der Hyperventilation von 15 Minuten beträgt die Differenz zwischen den beiden Tests ca. 2l CO₂.

Tabelle 7: Atemvolumen an CO₂ in der Phase „vor Wingate“.1=Test, 2=Hyperventilationstest. Die Differenzen sind ml/min sowie ml/15min angegeben. Die Probandennummer ist durch 1-11 gekennzeichnet.

Nr.	VCO ₂ in ml/min (1)	VCO ₂ in ml/min (2)	Diff.1-2 in ml/min	Diff. 1-2 in ml/15min
1	605	721	116	1740
2	806	900	94	1410
3	562	629	67	1005
4	564	718	154	2310
5	499	690	191	2865
6	399	544	145	2175
7	635	720	85	1275
8	496	639	143	2145
9	455	619	164	2460
10	655	872	217	3255
11	679	788	109	1635
MW ±SD	578* ±115	713* ±108	135 ±46	2025 ±669

(* = signifikanter Unterschied, $p \leq 0,05$)

4.2. Veränderungen während und nach Testende

4.2.1. Leistung

Im folgenden werden zunächst die klassischen Ergebnisgrößen für den Wingatetest angegeben:

Der höchste Wert für Peak Power wurde im Hyperventilationstest gemessen. Hierbei konnte ein tendenziell signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Die Werte für Average power konnten durch die Hyperventilation signifikant gesteigert werden.

Auch für Minimum Power zeigte sich eine signifikante Steigerung.

Die Messwerte für Power drop unterscheiden sich nicht.

Tabelle 8: Peak Power, Average Power, Minimum Power und Power Drop entsprechend der Testart, 1=Test, 2=Hyperventilationstest. Mittelwert \pm Standardabweichung. Weiterhin Angabe der Irrtumswahrscheinlichkeit p und der prozentualen Veränderung.

	Test (1)	Hyperventilationstest (2)	p	%
Peak power (W/kg)	12,28 \pm 0,99	12,58 \pm 0,93	0,099	+ 2,4
Average power (W/kg)	8,53 \pm 0,57	8,94 \pm 0,77	0,006 *	+ 4,8
Minimum power (W/kg)	6,24 \pm 0,67	6,53 \pm 0,78	0,045 *	+ 4,6
Power drop (W/s)	16,14 \pm 2,91	16,12 \pm 2,70	0,957	- 0,1

(* = signifikanter Unterschied zwischen beiden Tests bei $p \leq 0,05$)

Die ausführliche Darstellung der Gleichungen für die Regressionsgeraden befinden sich im Anhang, Tabelle 10.

Die Anzahl der Radumdrehungen/min unterscheiden sich signifikant ($p=0,006$) zwischen den Tests innerhalb der ersten 5s (168 ± 10 /min im Test bzw. 160 ± 9 /min im Hyperventilationstest), danach nicht mehr.

Um diese Unterschiede, welche die Mittelungen der klassischen Daten (Tab.8) erkennen lassen, deutlicher darzustellen, wird im folgenden Teil der Verlauf der Leistungskurve während der 30s des Tests näher betrachtet (Abb.2, Daten der Teilabschnitte im Anhang, Tab. 11).

Hierbei wird deutlich, dass die Leistung über den gesamten Beobachtungszeitraum nach Hyperventilation höher als nach dem Test lag. Besonders deutlich ist dieses im mittleren Bereich bis zum Ende des Tests zu erkennen. Eine Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Einfluss des Faktors Testart ($p=0,004$) auf den Verlauf der Leistungskurve.

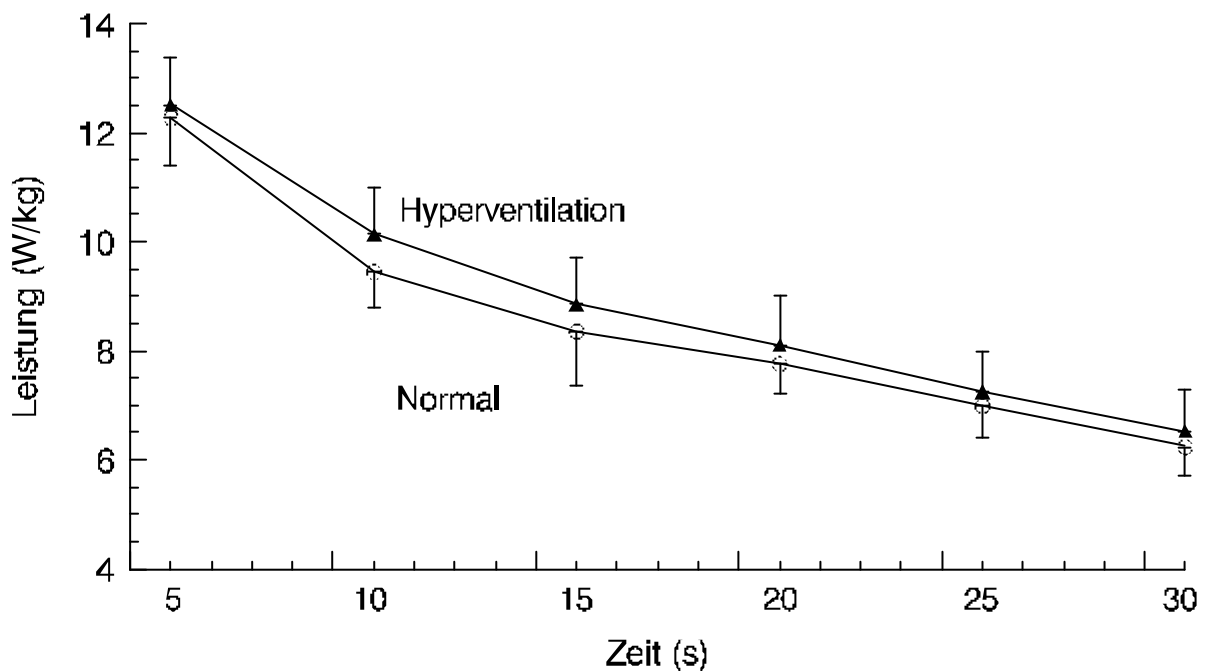


Abb.2: **Leistung in W/kg im Zeitverlauf.** Test 1=Test als (O) und Test 2=Hyperventilationstest als (\blacktriangle), Mittelwert \pm Standardabweichung.

Betrachtet man die dargestellte Abbildung 2 weiter, so ist zu erkennen, dass sich im Hyperventilationstest die signifikant höheren Wert bei 10s zum Ende hin zunehmend den Werten vom Test annähern, d.h. die Kurve des Hyperventilationstestes verläuft zu der Kurve des Tests relativ steiler. Demzufolge müsste auch für diesen Zeitraum (10-30s) ein größerer Power Drop gemessen werden. Die Ergebnisse der Berechnung von 13,37 W/s (Test) gegenüber 14,94 W/s (Hyperventilationstest) bestätigen dies (signifikanter Unterschied).

4.2.2. Laktat

4.2.2.1. Ergebnisse der Messungen

Kapilläres Blut

Von gleichen Ausgangswerten stiegen die Laktatwerte nach Testende steil bis auf ca. 14 mmol/l (Test) bzw. ca. 15 mmol/l (Hyperventilationstest) an. Der Unterschied von ca. 1 mmol/l wurde in der gesamten Nachbelastungsphase dokumentiert (Abb.3 sowie Anhang, Tab. 17). Die Varianzanalyse nach Testende zeigte einen signifikanten Einfluss des Faktors Testart auf die Laktatwerte ($p=0,045$). Betrachtet man die Differenzen gegen den Ausgangswert („vor Testbeginn“), so wird in der Varianzanalyse ein signifikanter Unterschied mit $p=0,014$ errechnet.

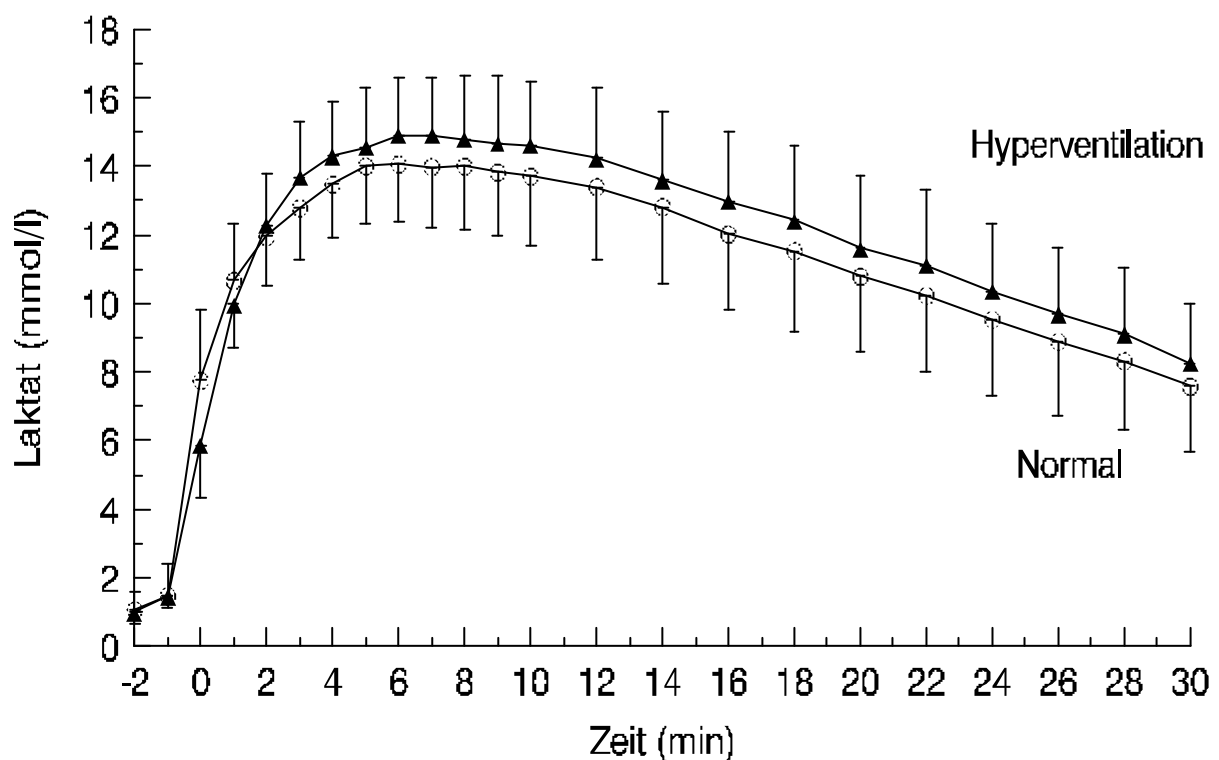


Abb.3: **Laktat (mmol/l) im kapillären Blut** im Zeitverlauf. Zeitpunkt -2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1 = Test (O) und Test 2 = Hyperventilationstest (▲), Mittelwert \pm Standardabweichung.

Venöses Vollblut

Von gleichen Ausgangswerten stiegen auch hier die Laktatwerte nach Testende steil an und erreichten im Hyperventilationstest um etwa 1 mmol/l höhere Werte als im Test. Dieser Trend konnte während der gesamten Nachbelastungsphase, entsprechend den kapillären Werten, festgestellt werden (Anhang, Tab.18). Die Varianzanalyse zeigte auch hier nach Testende einen signifikanten Unterschied ($p=0,022$) zwischen den beiden Testbedingungen (Abb.4). Betrachtet man die Differenzen gegen den Ausgangswert („vor Testbeginn“), so wird in der Varianzanalyse ein signifikanter Unterschied mit $p=0,005$ errechnet.

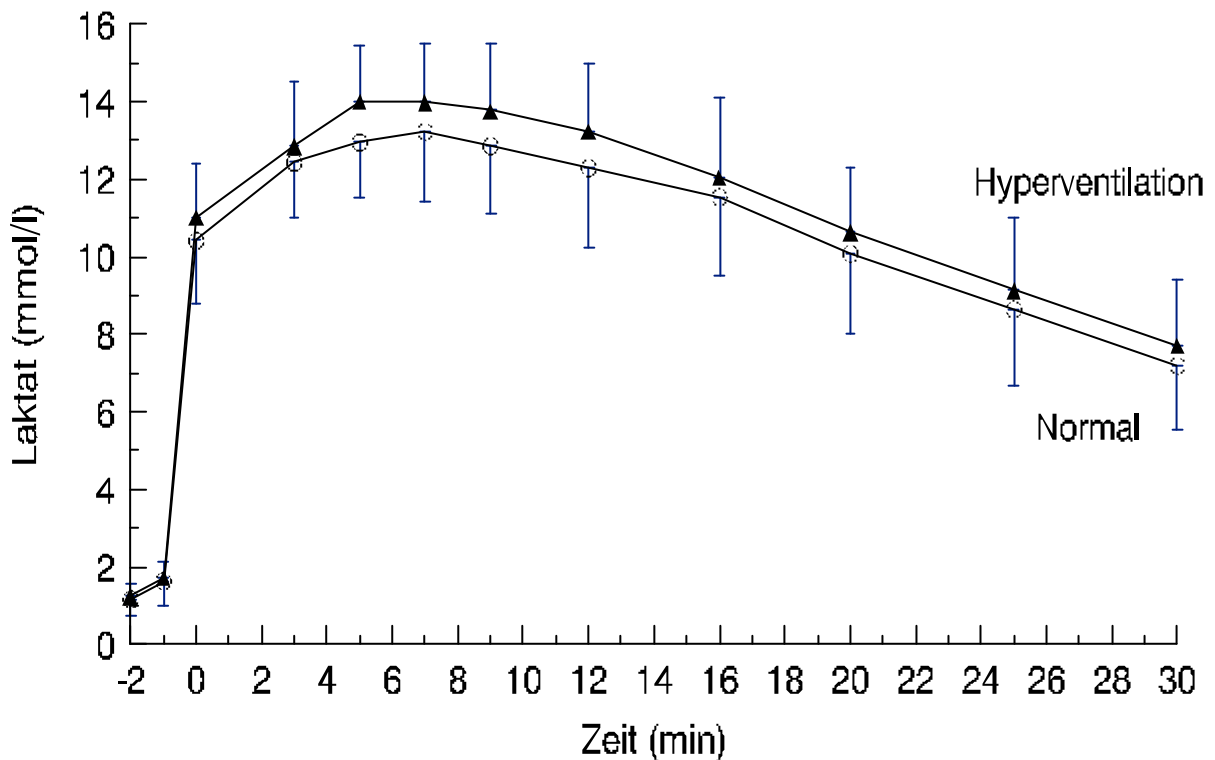


Abb.4: **Laktat (mmol/l) im venösen Vollblut** im Zeitverlauf. Zeitpunkt -2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1 = Test (O) und Test 2 = Hyperventilationstest (\blacktriangle), Mittelwert \pm Standardabweichung.

Venöses Plasma

Von gleichen Ausgangswerten stiegen die Laktate nach Testende steil an und erreichten im Hyperventilationstest höhere Werte als im Test. In der gesamten Nachbelastungsphase blieb dieser Unterschied von ca. 1 mmol/l erhalten (Anhang, Tab.18). Dies entspricht den Ergebnissen der Laktatmessung kapillär und im venösen Vollblut. Die Varianzanalyse zeigte auch hier eine signifikante Differenz ($p=0,046$) zwischen den Tests (Abb.5). Setzt man den Laktatwert vor Testbeginn gleich null und vermindert die weiteren Messwerte um diesen, so wird in der Varianzanalyse ein signifikanter Unterschied mit $p=0,031$ errechnet.

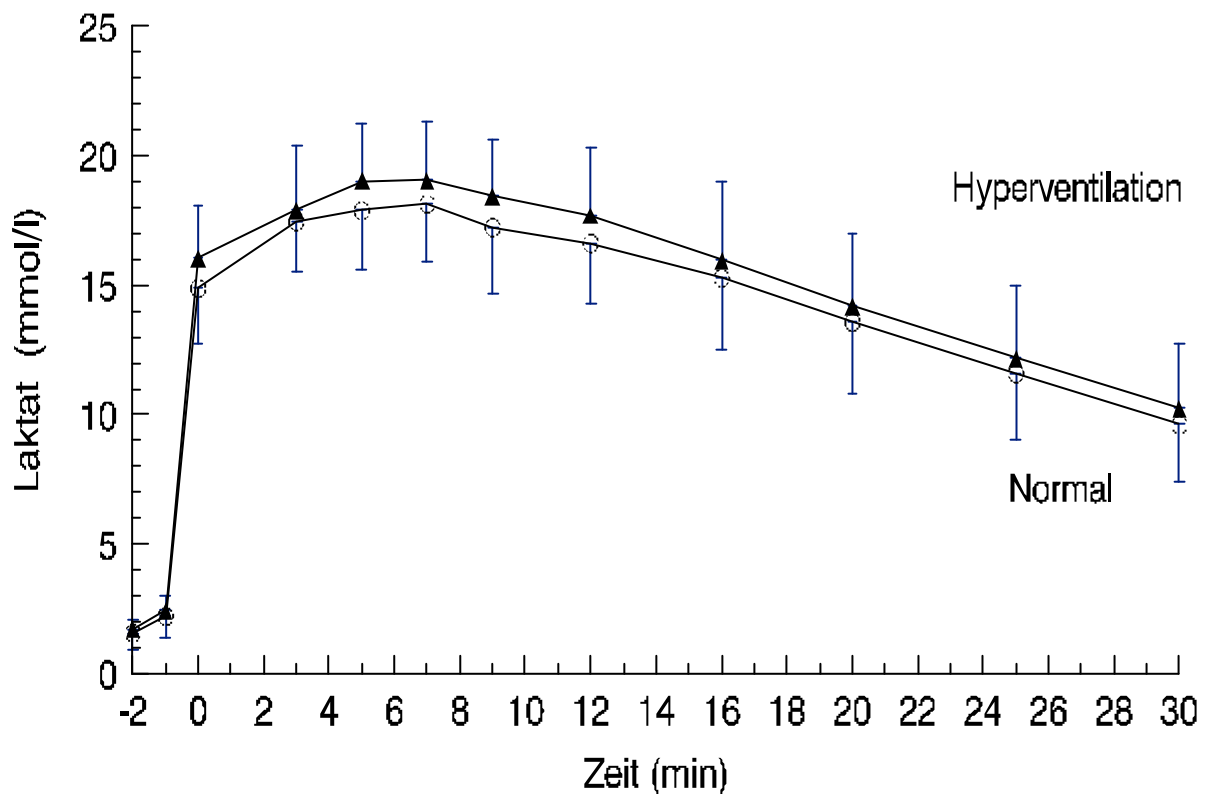


Abb.5: **Laktat (mmol/l) im venösen Plasma** im Zeitverlauf. Zeitpunkt -2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1 = Test als (O) und Test 2 = Hyperventilationstest als (▲), Mittelwert \pm Standardabweichung.

4.2.2.2. Ergebnisse der Berechnungen

Die Bestimmung der Konstanten der Bateman-Funktion zur Beschreibung des Kurvenverlaufes sowie die daraus errechneten Werte (der Laktatbolus a , die Invasions- und Eliminationskonstante k_1 und k_2 als auch der maximalen Blutspiegel an Laktat mit zugehörigem Zeitpunkt) ergaben die in Tabelle 9 dargestellten Werte.

Tabelle 9: Konstanten der Bateman-Funktion für das Laktat (kapillär, venös Vollblut, venös Plasma) entsprechend der Testart: Test1=Test, Test2=Hyperventilationstest. Konstanten sind a (mmol), k_1 (1/min) und k_2 (1/min). Errechnet wurden Höhe des Blutspiegelmaximums y_{\max} in mmol/l sowie die zugehörige Zeit t_{\max} in Minuten. Mittelwert \pm Standardabweichung.

	Laktat, kapillär		venös, Vollblut		venös, Plasma	
	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2
a	15,13 $\pm 2,0$	16,49 * $\pm 2,19$	13,34 $\pm 1,6$	14,25 $\pm 1,9$	18,39 $\pm 1,9$	19,53 * $\pm 2,3$
k_1	0,65 $\pm 0,3$	0,49 * $\pm 0,1$	2,09 $\pm 0,7$	2,19 $\pm 0,4$	2,28 $\pm 0,8$	2,40 $\pm 0,4$
k_2	0,03 $\pm 0,1$	0,03 $\pm 0,1$	0,03 $\pm 0,1$	0,02 $\pm 0,1$	0,03 $\pm 0,1$	0,03 $\pm 0,1$
y_{\max}	12,91 $\pm 1,4$	13,80 * $\pm 1,7$	12,42 $\pm 1,3$	13,51 * $\pm 1,7$	17,22 $\pm 1,8$	18,54 * $\pm 2,1$
t_{\max}	5,55 $\pm 1,6$	6,45 * $\pm 1,1$	2,62 $\pm 1,7$	2,14 $\pm 0,4$	2,39 $\pm 1,5$	1,94 $\pm 0,3$

(* = signifikanter Unterschied zwischen Test 1 und Test 2)

Kapillär:

Der hypothetische Laktatbolus (a in mmol) nimmt beim Hyperventilationstest einen signifikant höheren Wert an als beim Test, ebenso der maximal errechnete kapilläre Laktatwert (y_{\max}). Der Zeitpunkt bei Erreichen des maximalen Laktatwertes (t_{\max}) befindet sich im Hyperventilationstest signifikant später als im Test. Die Invasionskonstante (k_1 in min^{-1}) ist signifikant niedriger als im Test, die Eliminationskonstanten (k_2 in min^{-1}) unterscheiden sich nicht.

Bei Betrachtung der berechneten Werte muss berücksichtigt werden, dass es sich um theoretische Berechnungen handelt, bei denen der Wert „vor Wingate“ als null angenommen wird. Somit liegen die errechneten Maxima (kapillär und venös) um diesen Wert (ca. 1,5-2 mmol/l) unter den Messergebnissen, der daher addiert werden muss. Im Vergleich mit den Messwerten (Tab.17) zeigt sich eine Übereinstimmung im Verlauf, bei den Maximalwerten (ca.14/15mmol/l) sowie den zugehörigen Zeitpunkten (zwischen 5 und 6 / 6 und 7 Minuten) von Test / Hyperventilationstest.

venös, Vollblut

Die Werte für den Laktatbolus (a) unterschieden sich bei einem $p < 0,05$ nicht signifikant zwischen den Testbedingungen. Wertet man hingegen das Ergebnis des t -Tests mit $p=0,10$ als Tendenz, so liegt der Laktatbolus im Hyperventilationstest tendenziell höher als im Test. Der errechnete maximale Laktatspiegel (y_{max}) ist im Hyperventilationstest signifikant höher als im Test, t_{max} sowie k_1 und k_2 unterscheiden sich nicht.

venös, Plasma

Die Werte für den Laktatbolus (a) sowie den maximale Laktatspiegel (y_{max}) liegen im Hyperventilationstest signifikant höher als im Test. Die Zeiten bei Erreichen des Maximalwertes (t_{max}) sowie k_1 und k_2 unterscheiden sich nicht untereinander.

4.2.3. Blutgase

4.2.3.1. pH-Wert

kapillär

Nach gleichen pH-Werten in „Ruhe“ von etwa 7,420 konnte durch die Hyperventilation der pH „vor Wingate“ signifikant auf 7,596 gegenüber dem Test von 7,415 gesteigert werden. Dieser deutliche Abstand verringerte sich innerhalb der ersten Minute nach Testende stark, ab der dritten Minute nach Beendigung des Wingatetests bis zum Beobachtungsende wurden im Hyperventilationstest niedrigere pH-Werte als im Test gemessen (Anhang, Tab.19). Eine Varianzanalyse über die gesamte Nachbelastungsphase zeigte keinen signifikanten Einfluss der Testart auf den pH-Wert. Im Paarvergleich nach Testende konnte der signifikante Unterschied, der vor Testbeginn dargestellt werden wurde, nur noch direkt nach Testende ermittelt werden.

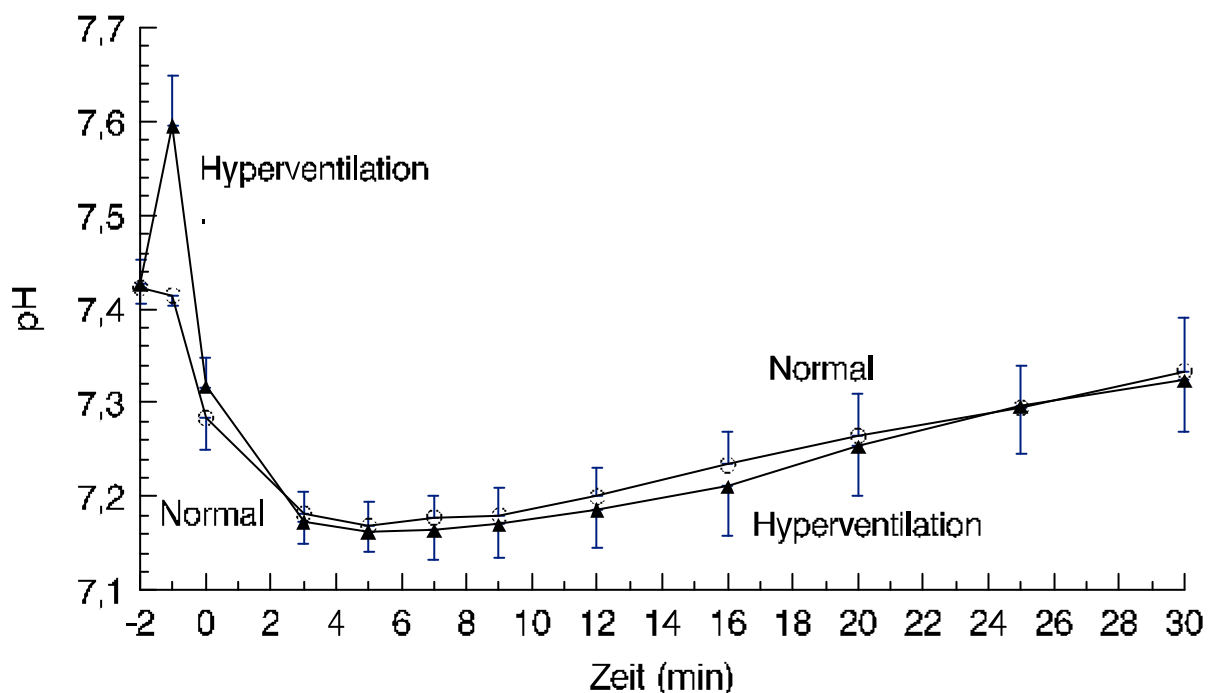


Abb.6: **pH-Wert im kapillären Blut** im Zeitverlauf. Zeitpunkt -2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1 = Test als (O) und Test 2 = Hyperventilationstest als (\blacktriangle), Mittelwert \pm Standardabweichung.

venös

Auch im venösen Blut konnten nach nahezu gleichen Werten „in Ruhe“ von 7,376 und 7,382 die pH-Werte durch Hyperventilation „vor Wingate“ signifikant auf 7,461 gegenüber 7,352 gesteigert werden. Innerhalb der ersten Minute nach Testende erreichten die pH-Werte sowohl mit als auch ohne Hyperventilation wieder annähernd gleiche Werte. Ab Minute 7 nach Belastung lagen die pH-Werte im Hyperventilationstest bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes unter denen des Tests (Anhang, Tab.19). Signifikante Unterschiede für die Nachbelastungsphase konnten weder in einer Varianzanalyse noch im direkten Paarvergleich dargestellt werden.

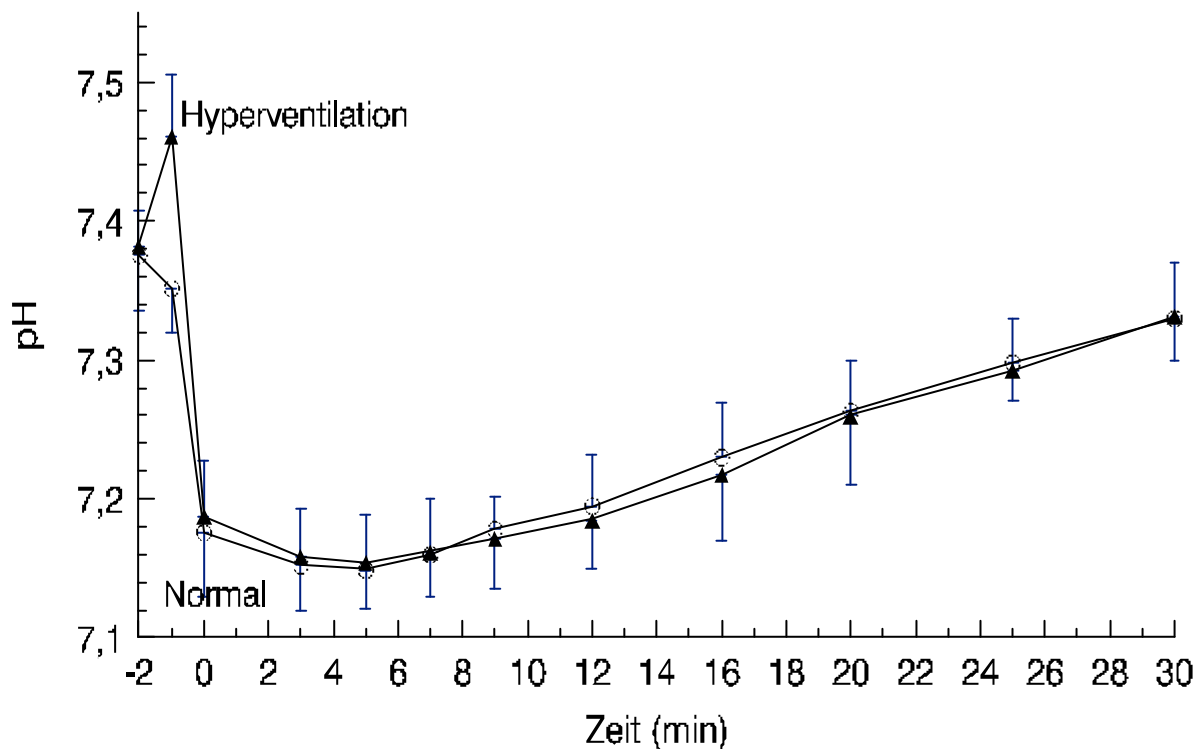


Abb.7: **pH-Wert im venösen Blut** im Zeitverlauf. Zeitpunkt -2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1 = Test als (O) und Test 2 = Hyperventilationstest als (\blacktriangle), Mittelwert \pm Standardabweichung.

Um zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der, im Ergebnisteil beschriebenen, signifikanten Leistungsänderungen und den Veränderungen der Blutgase existieren, wurden die folgenden Berechnungen unternommen. Die Prüfung auf einen linearen Zusammenhang zeigte ein signifikantes Ergebnis beim Vergleich von Delta pH gegenüber Delta Average Power. Es wurde ein $p_{12}=0,028$ ermittelt, der Korrelationskoeffizient betrug $r_{12}=0,65$. Die Geradengleichung lautet:

$$\Delta AP_{12}=5,00*\Delta pH_{12}-0,49 \quad \text{In}$$

der folgenden Abbildung 8 ist dieser Zusammenhang graphisch dargestellt.

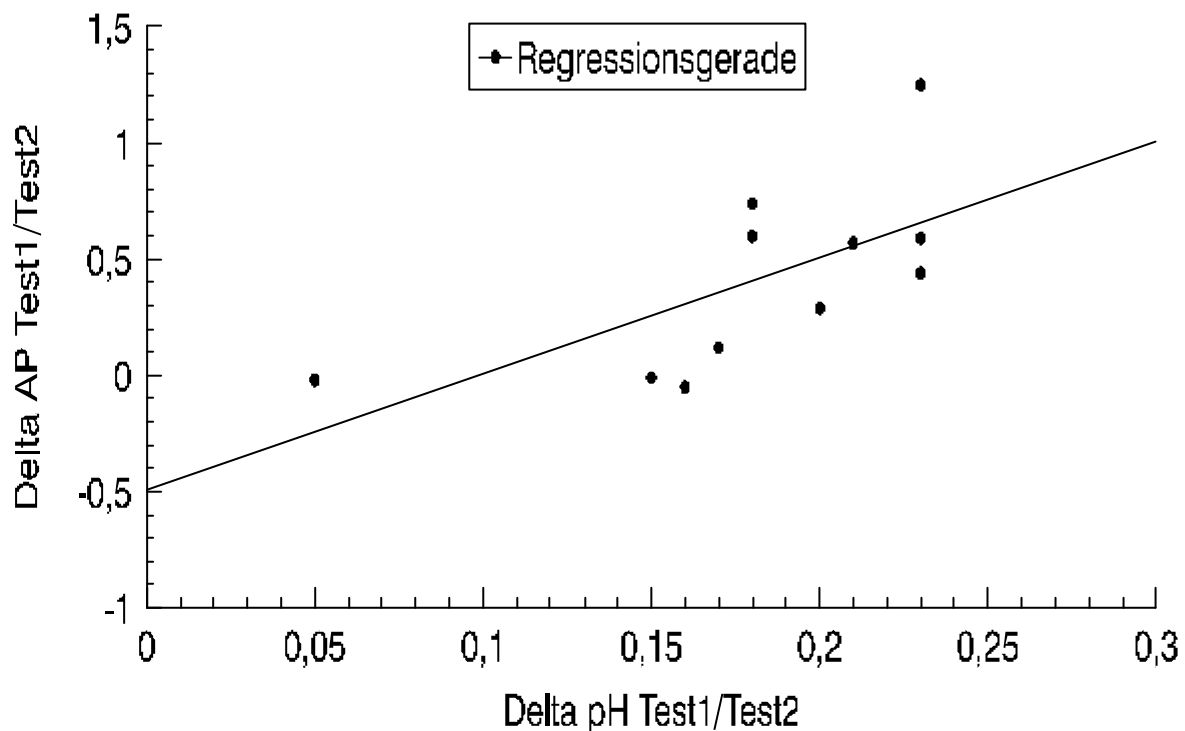


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen den Veränderungen von pH-kap. und Average Power (AP in W/kg) von Test 1 und Test 2.

Die Prüfung auf einen linearen Zusammenhang zwischen der abgeatmeten Menge an CO_2 und der Änderung von Average Power zwischen Test 1 und 2 ergab kein signifikantes Ergebnis. Auch die Änderung von Minimum Power, pH und Bikarbonat zeigen keinen linearen Zusammenhang zur abgeatmeten Menge an CO_2 .

4.2.3.2. pCO₂

kapillär

Der pCO₂ „in Ruhe“ unterschied sich nicht zwischen den Testbedingungen und konnte durch die Hyperventilation „vor Wingate“ auf 23,5 mmHg gesenkt werden. Dieser Wert liegt signifikant unter dem Wert „in Ruhe“ sowie unter dem im Test von 40,7 mmHg. In der ersten Minute nach Testende verringerte sich der deutliche Abstand zwischen den beiden Tests, bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes lagen die Werte jedoch für den pCO₂ im Hyperventilationstest kontinuierlich ca. 2 mmHg unter denen des Tests (Anhang, Tab.20). Eine Varianzanalyse über den gesamten Zeitraum zeigt einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,001$) zwischen beiden Tests.

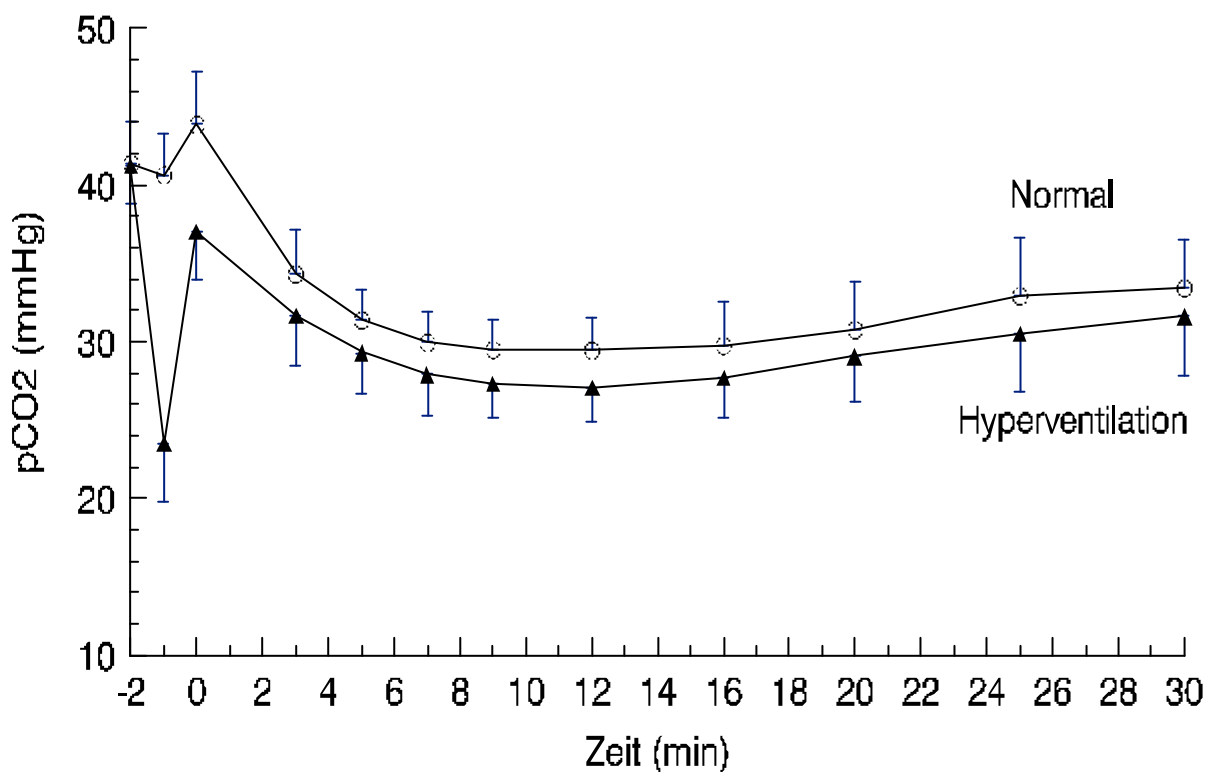


Abb.9: pCO₂ (mmHg) im kapillären Blut im Zeitverlauf. Zeitpunkt -2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1= Test als (O) und Test 2 = Hyperventilationstest als (▲), Mittelwert±Standardabweichung.

venös

Ebenso wie im kapillären Blut lag der $p\text{CO}_2$ auch im venösen Blut nach Hyperventilation bis zum Ende der Beobachtung permanent unter den Vergleichswerten. Der Verlauf ist mit den kapillären Werten vergleichbar. Eine Varianzanalyse zeigte auch hier einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,001$). Die ausführliche Darstellung erfolgt im Anhang, Abb. 12 sowie Tab. 20.

4.2.3.3. HCO_3 aktuell

kapillär

Die „Ruhewerte“ unterschieden sich nicht voneinander, im Hyperventilationstest wurde dieser in der Phase „vor Wingate“ auf 22,9 mmol/l gesenkt. Dieses entspricht einer signifikanten Senkung gegenüber dem „Ruhewert“ sowie gegenüber dem des Tests von 25,6 mmol/l. Auch nach dem Testende lagen die Bikarbonatkonzentrationen im Hyperventilationstest weiterhin stets etwa 1 mmol/l unter den Werten des Tests (Abb.10 sowie Anhang, Tab.21). Eine Varianzanalyse über den gesamten Zeitraum zeigte auch hier einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,001$).

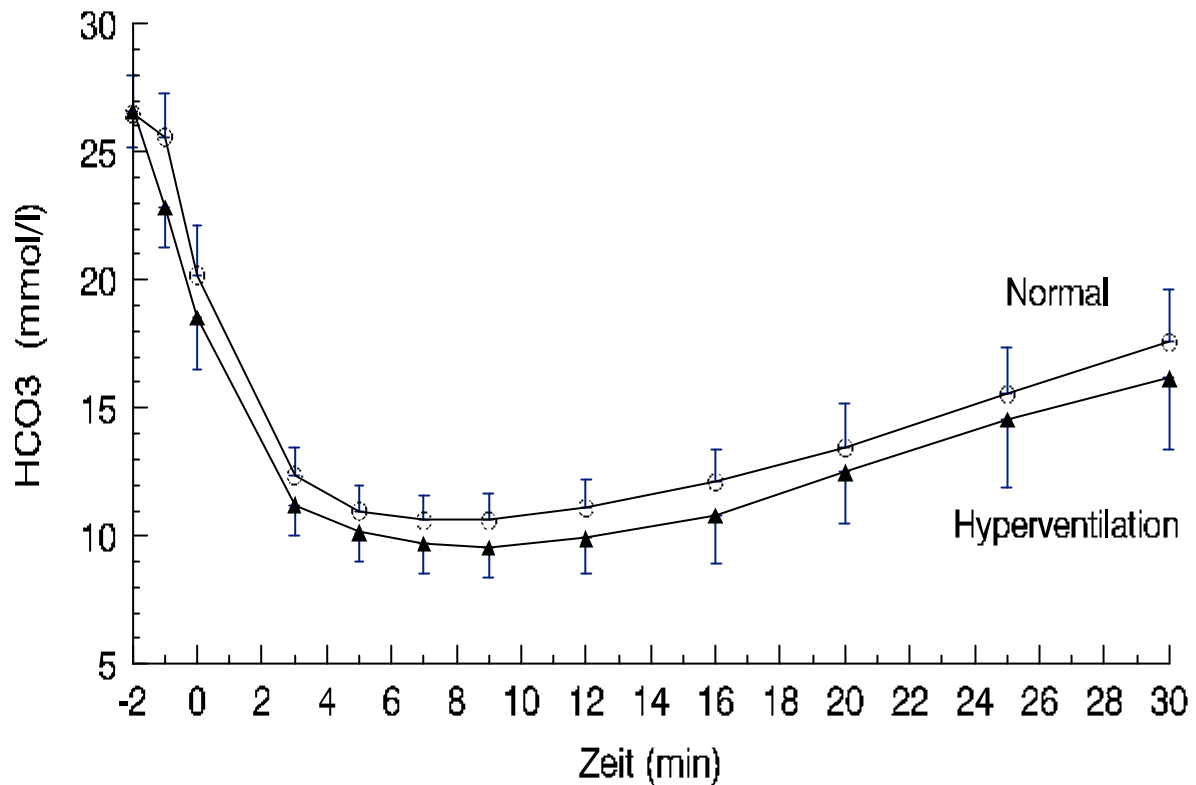


Abb.10: HCO_3 -Konzentration (mmol/l) im kapillären Blut im Zeitverlauf. Zeitpunkt - 2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1 = Test als (O) und Test 2 = Hyperventilationstest als (\blacktriangle), Mittelwert \pm Standardabweichung.

Venös

Die venösen Werte für HCO_3 entsprachen in Tendenz und Verlauf den kapillären Werten. Ebenso konnte in der Varianzanalyse über den gesamten Zeitraum ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,001$) dargestellt werden. Die ausführliche Darstellung erfolgt im Anhang, Abb.13 sowie Tab. 21.

4.2.3.4. BE aktuell

kapillär

Die „Ruhewerte“ von ca. 2,4 mmol/l unterschieden sich zwischen den Tests nicht. Im Hyperventilationstest konnte eine signifikante Zunahme „vor Wingate“ auf 3,1 mmol/l gegenüber dem „Ruhewert“ sowie gegenüber dem Test von 1,5 mmol/l zu diesem Zeitpunkt festgestellt werden. Nach Testende sanken die Werte stark ab und lagen im Hyperventilationstest über den gesamten Beobachtungszeitraum ca. 1-1,5 mmol/l niedriger als im Test (Tab.22). Eine Varianzanalyse über diesen Zeitraum ergab auch hier einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,001$).

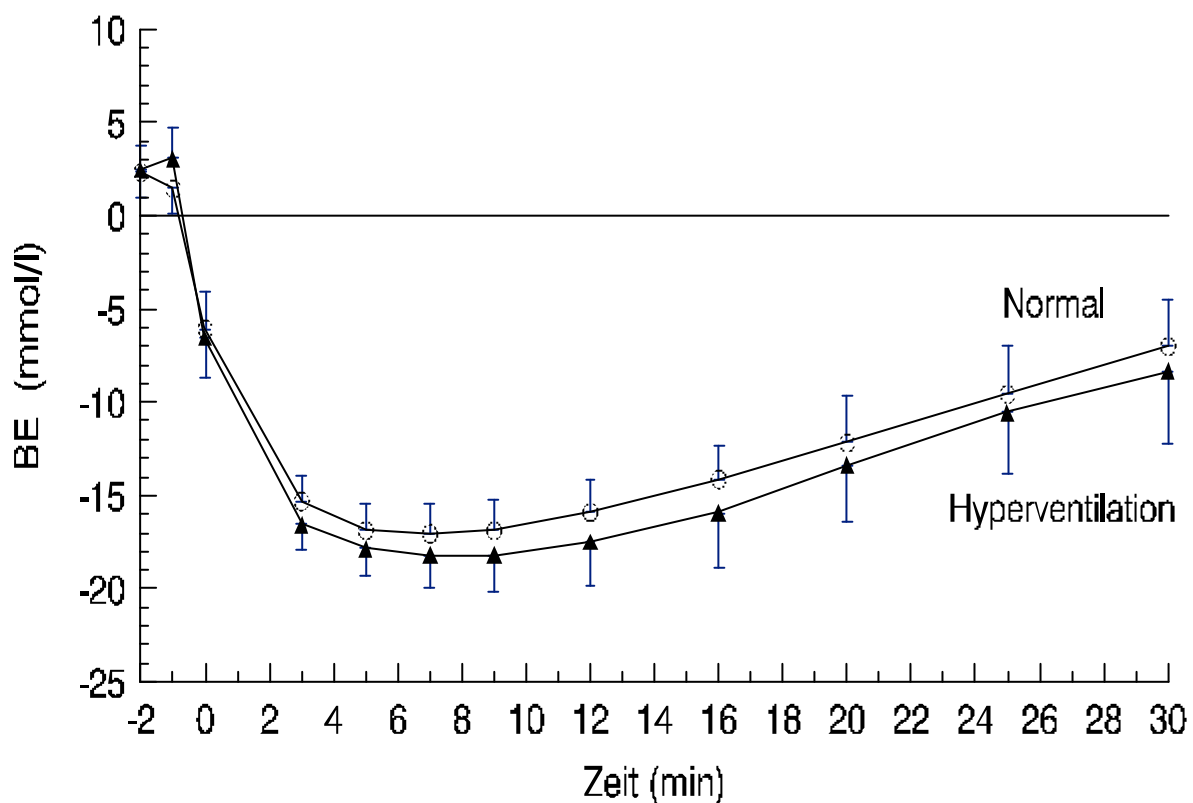


Abb.11: **Base Excess (mmol/l) im kapillären Blut** im Zeitverlauf. Zeitpunkt - 2=„Ruhewert“, -1=„Wert vor Wingate“, danach in Minuten nach Testende. Dargestellt werden Test 1 = Test als (O) und Test 2 = Hyperventilationstest als (\blacktriangle), Mittelwert \pm Standardabweichung.

venös

Die venösen Werte für den BE entsprachen in Tendenz und Verlauf den kapillären Werten, d.h. lagen nach Testende im Hyperventilationstest deutlich unter denen des Tests (Anhang, Abb.14 sowie Tab. 22). Signifikante Unterschiede zwischen den Testbedingungen wurden auch hier durch eine Varianzanalyse ermittelt ($p \leq 0,001$).