

D Ergebnisse

1 Belastungs- und Beanspruchungsmeßgrößen

1.1 Mehrstufen-Maximaltest

Die in dieser Ergometrie erreichte mittlere P_{\max} der Probanden betrug 294.2 ± 43.5 W. Dies entsprach einer Leistung von 3.65 ± 0.77 W pro kg Körpergewicht. Die $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ lag bei 4099.9 ± 502.2 ml min^{-1} entsprechend 50.5 ± 7.3 ml min^{-1} pro kg Körpergewicht. Zum Belastungsabbruch lag der respiratorische Quotient (RQ) der Probanden im Mittel bei 1.12 ± 0.05 , die Herzfrequenz bei 189 ± 6 min^{-1} und die BLK bei 10.6 ± 1.5 mmol l^{-1} . Die Einzelwerte von P_{\max} , $\dot{V}O_{2\text{peak}}$, RQ, BLK und Herzfrequenz zum Zeitpunkt des Belastungsabbruchs sind in Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

1.2 Wingate Anaerobic Test

Die Peak-Power lag beim WAnT bei 980.9 ± 123.4 W und die Lowest-Power bei 514.9 ± 42.6 W (Abbildung 3). Es berechnete sich eine Mean-Power von 700.5 ± 60.8 W und ein Fatigue-Index von $46.8 \pm 7.7\%$. Bezogen aufs Körpergewicht betragen die Leistungen 11.9 ± 1.2 W kg^{-1} (Peak-Power), 6.3 ± 0.7 W kg^{-1} (Lowest-Power) und 8.5 ± 0.7 W kg^{-1} (Mean-Power). In Tabelle A2 im Anhang sind die Einzelwerte der Leistungsgrößen des WAnT aufgeführt.

Die Peak-Power war 3.4 ± 0.7 und die Mean-Power 2.4 ± 0.4 mal so hoch wie die P_{\max} des Mehrstufentestes.

Die BLK zu Testende des WAnT lag bei 6.5 ± 2.2 mmol l^{-1} . Der Verlauf der BLK von T0 bis T30 ist in Abbildung 4 dargestellt. Der venöse pH-Wert lag in Ruhe bei 7.39 ± 0.02 und fiel während des WAnT um 0.21 ± 0.05 ($p < 0.001$) auf 7.18 ± 0.05 und blieb während der 30-minütigen Ruhephase im Vergleich zum Ausgangswert

signifikant vermindert (T1 und T9: $p < 0.001$; T30: $p < 0.01$). Die Werte zu T1 und T9 unterschieden sich nicht. Bei dem T30-Wert (7.32 ± 0.03) konnte bereits wieder ein Anstieg verzeichnet werden, der bezogen auf die beiden ersten Nachbelastungswerte auch statistisch signifikant ist ($p < 0.01$). Die Einzelwerte der BLK zu den Zeitpunkten T0, T1, T9 und T30 sind in Tabelle A3 und die der pH-Werte in Tabelle A4 im Anhang aufgeführt.

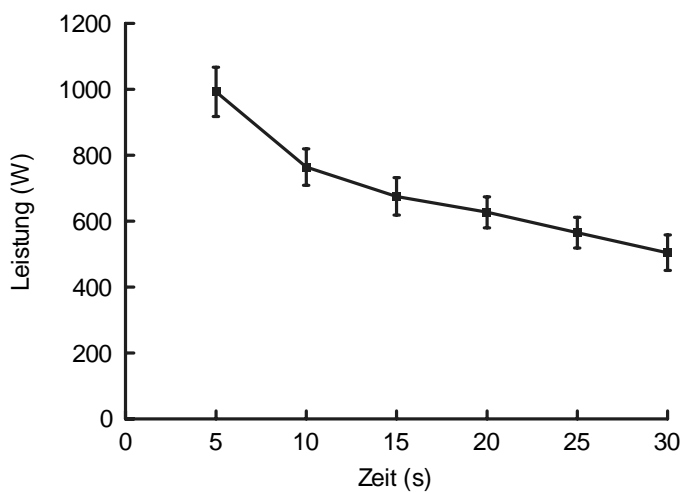


Abbildung 3: Mittlere Leistung im Verlauf des WAnT

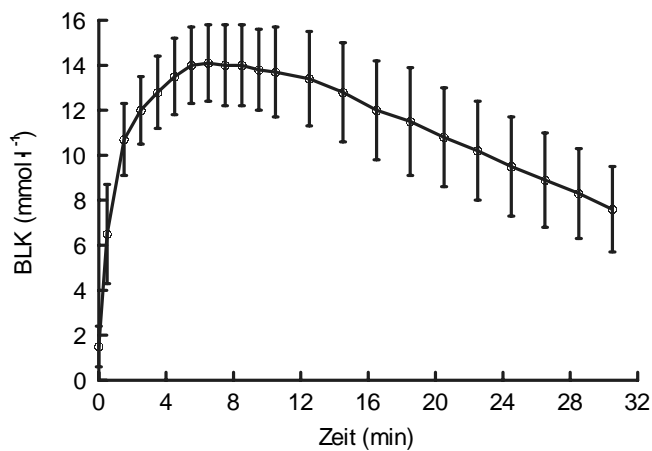


Abbildung 4: Mittlere BLK während und nach dem WAnT

2 Gerinnungsmeßgrößen

2.1 Globaltests des plasmatischen Gerinnungssystems

2.1.1 aktivierte partielle Thromboplastinzeit (aPTT)

Die aPTT verkürzt sich bei allen Studienteilnehmern während des WANt signifikant. Auch während der 30-minütigen Nachbelastungsphase blieb die aPTT verglichen mit dem Ausgangswert signifikant verkürzt (Tabelle 2). Die mittleren Werte der Nachbelastungszeit unterschieden sich nicht.

Proband	T0 aPTT (s)	T1 aPTT (s)	T9 aPTT (s)	T30 aPTT (s)
1	28.5	24.4	23.3	22.0
2	28.0	20.3	19.3	20.1
3	28.0	24.1	25.3	-
4	27.2	19.9	19.3	22.9
5	30.8	24.1	21.5	22.5
6	26.3	19.9	-	-
7	29.3	25.3	25.0	24.4
8	29.2	20.6	21.8	24.3
9	29.3	19.2	18.0	18.5
10	29.2	24.3	20.9	22.1
11	32.9	28.0	29.0	31.4
12	30.2	24.6	23.6	22.5
13	25.8	20.5	19.4	19.0
14	31.7	23.3	22.7	24.3
15	34.0	26.2	26.6	26.1
MW ± SD	29.36 ± 2.29	22.98 ± 2.70 ***	22.55 ± 3.15 ***	23.08 ± 3.32 **

Tabelle 2: Einzelwerte der aPTT zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede im Vergleich zum Ruhewert; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Probe nicht durchgeführt werden konnte

2.1.2 Thromboplastinzeit / Prothrombinzeit nach Quick (TPZ)

Die TPZ verkürzt sich während des WAnT signifikant. Auch während der ersten Nachbelastungsphase bleibt die TPZ verglichen mit dem Ausgangswert vermindert, nach 30 Minuten stieg der Wert jedoch wieder an und es konnte statistisch kein Unterschied zum Ruhewert nachgewiesen werden (Tabelle 3). Die Nachbelastungswerte unterschieden sich nicht.

Proband	T0 TPZ (s)	T1 TPZ (s)	T9 TPZ (s)	T30 TPZ (s)
1	10.23	9.89	9.98	10.19
2	9.39	9.38	9.20	9.39
3	10.0	9.87	9.89	-
4	8.76	8.40	8.46	8.73
5	8.87	8.68	8.51	8.55
6	8.53	8.56	-	-
7	9.37	9.26	9.15	9.03
8	9.27	9.34	9.17	9.38
9	9.71	9.46	9.54	9.39
10	10.06	9.97	9.88	9.86
11	9.19	8.89	8.87	8.91
12	9.37	9.01	8.86	8.91
13	7.89	7.69	7.99	8.56
14	9.58	9.44	9.57	9.21
15	9.84	9.43	9.33	9.31
MW ± SD	9.34 ± 0.63	9.15 ± 0.62 **	9.17 ± 0.59 **	9.19 ± 0.48

Tabelle 3: Einzelwerte der TPZ zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede im Vergleich zum Ruhewert; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Probe nicht durchgeführt werden konnte

2.2 Gerinnungsfaktor VIII- Aktivität (FaVIII)

Bei allen Probanden stieg FaVIII infolge des WAnT an, im Mittel um 100% ($p < 0.001$). Vom Zeitpunkt T1 bis zur neunten Nachbelastungsminute konnte noch ein weiterer marginaler mittlerer Anstieg um ca. 15% ($p < 0.05$) nachgewiesen werden. Im weiteren Verlauf der Erholungsphase änderte sich der FaVIII nicht mehr. Die absoluten Werte zu allen Meßzeitpunkten sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Proband	T0 FaVIII (%)	T1 FaVIII (%)	T9 FaVIII (%)	T30 FaVIII (%)
1	132.7	219.4	273.0	325.8
2	143.4	344.4	480.8	425.2
3	180.0	300.3	287.9	-
4	129.1	320.6	357.0	226.8
5	99.0	149.4	231.5	187.8
6	139.8	307.8	-	-
7	110.4	148.8	168.7	179.6
8	121.5	339.2	352.8	247.7
9	101.4	302.7	393.2	373.8
10	113.5	167.3	306.2	280.5
11	128.9	199.3	199.6	152.5
12	120.0	179.8	221.9	239.2
13	161.0	335.8	219.8	423.4
14	131.3	327.2	386.4	311.8
15	106.5	183.3	219.5	203.2
MW \pm SD	127.9 \pm 22.1	255.0 \pm 77.2 ***	292.7 \pm 90.3 ***	275.2 \pm 91.1 **

Tabelle 4: Einzelwerte des FaVIII zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede im Vergleich zum Ruhewert; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Probe nicht durchgeführt werden konnte

2.3 Fibrinogen

Die Fibrinogenkonzentration zeigt einen vergleichbaren Verlauf wie FaVIII wobei die Änderungen jedoch nicht so ein hohes Ausmaß annehmen. Der Wert stieg nach der Belastung signifikant um ca. 12% ($p < 0.001$) an und auch hier konnte noch ein weiterer Anstieg (ca. 5%) zur neunten Nachbelastungsminute ($p < 0.01$) statistisch gesichert werden. Von der neunten zur 30. Minute nach Belastungsabbruch fiel das Fibrinogen dann jedoch wieder ab ($p < 0.01$). Auch für das Fibrinogen sind die Absolutwerte zu den vier Meßzeitpunkten dargestellt (Tabelle 5).

Proband	T0 Fibrinogen (mg dl ⁻¹)	T1 Fibrinogen (mg dl ⁻¹)	T9 Fibrinogen (mg dl ⁻¹)	T30 Fibrinogen (mg dl ⁻¹)
1	203.4	241.9	229.2	194.3
2	217.6	225.8	228.4	228.2
3	183.6	196.9	212.0	-
4	251.9	296.9	307.7	281.7
5	268.1	295.1	306.6	291.7
6	258.2	280.3	-	-
7	261.2	310.5	334.5	305.2
8	232.9	231.3	262.6	245.6
9	267.8	313.6	328.9	300.1
10	219.3	221.9	249.8	231.1
11	268.6	322.6	365.5	332.1
12	227.7	252.5	271.9	237.0
13	195.0	222.9	221.6	182.8
14	222.2	250.3	249.9	254.4
15	212.8	253.5	267.3	232.7
MW ± SD	232.7 ± 28.3	261.1 ± 39.3 ***	274.0 ± 47.5 ***	255.2 ± 44.4 **

Tabelle 5: Einzelwerte des Fibrinogen zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede im Vergleich zum Ruhewert; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Probe nicht durchgeführt werden konnte

2.4 Fibrinmonomere (FM)

Die Ruhewerte der FM weisen eine hohe interindividuelle Variabilität auf (Tabelle 6). Alle Probanden zeigten infolge des WAnT einen Anstieg der FM, jedoch war auch das Ausmaß dieses Anstiegs interindividuell sehr unterschiedlich und reichte von 2.68 bis 25.55 $\mu\text{g ml}^{-1}$.

Proband	T0 FM ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	T1 FM ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	T9 FM ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	T30 FM ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
1	0.70	8.61	7.40	38.65
2	0.25	9.76	18.21	3.99
3	6.14	15.4	5.88	-
4	2.51	28.06	14.98	2.89
5	0.22	6.67	9.62	4.44
6	3.47	19.63	-	-
7	0.40	3.08	1.75	0.40
8	< 0.05	20.28	6.08	0.88
9	1.50	19.21	23.74	27.06
10	1.01	7.74	7.80	1.88
11	0.40	20.92	3.41	0.22
12	< 0.05	6.87	6.01	4.96
13	5.55	9.35	47.51	156.22
14	0.64	20.06	28.36	3.34
15	< 0.05	5.88	1.44	< 0.05
MW \pm SD	1.52 \pm 2.01 n = 12	13.43 \pm 7.44 *** n = 15	13.01 \pm 12.84 ** n = 14	18.84 \pm 42.91 ** n = 12

Tabelle 6: Einzelwerte der FM zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede im Vergleich zum Ruhewert; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Probe nicht durchgeführt werden konnte

Bei den 12 Probanden mit Vorbelastungswerten im Meßbereich kam es im Mittel zu einem prozentualen Anstieg von über 1600% des Ausgangswertes ($p < 0.001$) und im weiteren Verlauf der Nachbelastungsphase blieb der Wert über dem

Ausgangswert. Bei zwei Probanden (Nr. 1 und 13) konnte zu T30 noch ein weiterer deutlicher Anstieg beobachtet werden (Tabelle 6).

3 Fibrinolysemeßgrößen

3.1 Gewebetyp Plasminogen Aktivator (t-PA)

Auch das t-PA zeigt interindividuell sehr große Unterschiede. So liegt der niedrigste Vorbelastungswert bei 0.70 ng ml^{-1} und der Maximalwert bei 10.00 ng ml^{-1} .

Proband	T0 t-PA (ng ml^{-1})	T1 t-PA (ng ml^{-1})	T9 t-PA (ng ml^{-1})	T30 t-PA (ng ml^{-1})
1	1.05	4.23	4.26	0.51
2	5.17	20.88	7.86	12.74
3	3.96	3.81	4.76	-
4	0.79	14.21	3.54	2.36
5	1.83	5.60	4.99	2.45
6	4.17	21.83	-	-
7	2.84	5.66	5.17	6.78
8	1.74	9.78	6.50	2.66
9	0.70	18.25	16.59	3.81
10	8.36	13.24	27.73	26.18
11	2.39	4.14	5.34	3.69
12	4.23	5.89	5.89	4.28
13	10.00	31.82	38.54	27.32
14	1.99	18.83	11.98	5.98
15	1.89	6.47	9.22	3.42
MW \pm SD	3.41 ± 2.72	12.31 ± 8.46 ***	10.88 ± 10.27 ***	7.86 ± 8.90 **

Tabelle 7: Einzelwerte des t-PA zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede im Vergleich zum Ruhewert; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Probe nicht durchgeführt werden konnte

Nach dem WAnT kam es im Mittel zu einer Zunahme des t-PA um nahezu 500% ($p < 0.001$). Bis zu T30 blieb die t-PA-Konzentration über dem Ausgangswert. Der 30-Minuten-Wert fiel jedoch verglichen mit dem Wert zu T1 ($p < 0.05$) und dem Wert der neunten Nachbelastungsminute ($p < 0.05$) bereits wieder ab. Die Einzeldaten und die mittleren Werte zu den verschiedenen Meßzeitpunkten sind in Tabelle 7 aufgeführt.

3.2 Fibrinolytische Produkte D-Dimere

Die D-Dimere zeigen interindividuell ebenfalls sehr große Unterschiede sowohl bei den Ruhewerten als auch bei den Nachbelastungswerten (Tabelle 8). Die D-Dimer-Konzentration von acht Probanden lag in Ruhe unter der Nachweisgrenze der Methode. Der mittlere Ruhewert der anderen sieben Sportler liegt bei $349.0 \pm 106.9 \mu\text{g l}^{-1}$. Dreizehn der 15 Probanden reagierten mit einem Anstieg der D-Dimere zu T1 infolge des WAnT. Unmittelbar nach der Belastung war die D-Dimer-Konzentration der sieben Probanden mit Ruhewerten im Meßbereich mit $1055.9 \pm 791.4 \mu\text{g l}^{-1}$ höher als der Ausgangswert ($p < 0.05$). Von den beiden Probanden, die unmittelbar nach der Belastung weiterhin Werte unterhalb der Nachweisgrenze der Methode aufwiesen, reagierte einer in der gesamten Nachbelastungsphase nicht (Nr.7) und der andere zeigte einen sehr deutlichen Anstieg der D-Dimere zur neunten und 30. Nachbelastungsminute (Nr. 13).

Bei sechs Probanden (Nr. 1, 2, 4, 5, 9, 11) liegen die Werte aller Beobachtungszeitpunkte im Meßbereich. Für diese läßt sich ein signifikanter Anstieg ($p < 0.05$) der D-Dimere durch den WAnT nachweisen. Weiterhin bleiben die Werte im gesamten Verlauf der Nachbelastungsphase verglichen mit dem Ausgangswert erhöht ($p < 0.05$). Die Werte zu T1 und T9 unterscheiden sich nicht. Der 30-Minuten-Wert fiel jedoch bezogen auf den ersten Wert nach Belastungsabbruch ($p < 0.05$) bzw. auf den Wert der neunten Nachbelastungsminute ($p < 0.05$) wieder ab.

Proband	T0	T1	T9	T30
	D-Dimere ($\mu\text{g l}^{-1}$)	D-Dimere ($\mu\text{g l}^{-1}$)	D-Dimere ($\mu\text{g l}^{-1}$)	D-Dimere ($\mu\text{g l}^{-1}$)
1	224	349	335	229
2	298	1330	2580	341
3	244	565	360	-
4	424	1390	1160	461
5	446	777	877	457
6	< 200	728	-	-
7	< 200	< 200	< 200	< 200
8	< 200	878	422	214
9	500	2580	3560	2550
10	< 200	264	245	215
11	311	400	280	326
12	< 200	271	297	329
13	< 200	< 200	1730	1940
14	< 200	799	987	< 200
15	< 200	224	< 200	< 200

Tabelle 8: Einzelwerte der D-Dimer-Konzentrationen zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden; „-“ bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Blutprobe nicht durchgeführt werden konnte

3.2.1 Einfluß von Milchsäure auf die D-Dimer-Bestimmung

Fünf bereits einmal vorab analysierte Proben von Patienten mit Verdacht auf einen thrombo-embolischen Prozeß mit einer D-Dimer-Konzentration von $<200 \mu\text{g l}^{-1}$ bis $585 \mu\text{g l}^{-1}$ wurden mit $500 \mu\text{l}$ 80%iger-Milchsäure versetzt und anschließend noch einmal gemessen. Bei keiner dieser Proben kam es zu einem Anstieg der Extinktion und somit zu keiner höher gemessenen D-Dimer-Konzentration. Vielmehr lagen die Werte aufgrund des Verdünnungseffektes nach Milchsäuresubstitution niedriger.

4 Thrombozyten

Infolge des WAnT kam es zu einem Anstieg der Thrombozyten. Dieser Anstieg von im Mittel ca. 20% war jedoch nicht zum ersten Nachbelastungszeitpunkt sondern erst zu T9 nachweisbar ($p < 0.01$). Die Thrombozytenzahlen nach neun und 30 Minuten unterschieden sich nicht. Die Einzelwerte sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Proband	T0 Thrombozyten ($\cdot 10^9 \text{ l}^{-1}$)	T1 Thrombozyten ($\cdot 10^9 \text{ l}^{-1}$)	T9 Thrombozyten ($\cdot 10^9 \text{ l}^{-1}$)	T30 Thrombozyten ($\cdot 10^9 \text{ l}^{-1}$)
1	221	206	273	220
2	249	242	342	264
3	310	298	277	-
4	326	317	363	353
5	294	316	320	308
6	214	234	-	-
7	206	214	177	246
8	137	145	160	176
9	310	327	360	300
10	267	220	270	320
11	222	212	286	246
12	248	271	298	283
13	266	268	339	259
14	288	316	401	363
15	263	334	441	324
MW \pm SD	255 \pm 50	261 \pm 56	308 \pm 77 **	282 \pm 53 **

Tabelle 9: Einzelwerte der Thrombozyten zu allen Meßzeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede im Vergleich zum Ruhewert; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Analyse dieser Blutprobe nicht durchgeführt werden konnte

5 Plasmavolumenveränderungen

Auch der mittlere Hkt-Ruhewert von $0.45 \pm 0.02 \text{ l l}^{-1}$ verändert sich infolge des WAnT. So kam es unmittelbar nach der Belastung zu einem signifikanten Anstieg auf $0.49 \pm 0.02 \text{ l l}^{-1}$ ($p < 0.001$) und auch die weiteren Nachbelastungswerte blieben verglichen mit dem Ausgangswert erhöht (T9: $0.49 \pm 0.02 \text{ l l}^{-1}$, $p = 0.001$; T30: $0.46 \pm 0.02 \text{ l l}^{-1}$, $p < 0.05$). Verglichen mit dem direkten Nachbelastungswert stieg der Wert zu T9 noch einmal signifikant an ($p < 0.01$). Der Meßwert nach 30 Minuten nahm jedoch bezogen auf den Wert unmittelbar nach der Belastung ($p < 0.01$) und den Wert nach neun Minuten ($p < 0.01$) bereits wieder ab.

Das Hb stieg durch den WAnT von im Mittel $15.33 \pm 0.85 \text{ g dl}^{-1}$ auf $16.54 \pm 0.69 \text{ g dl}^{-1}$ zu T1 an ($p < 0.001$) und blieb auch nach neun Minuten mit $16.10 \pm 0.92 \text{ g dl}^{-1}$ noch erhöht ($p < 0.05$). Verglichen mit dem T1-Wert waren sowohl der T9-Wert ($p < 0.01$) als auch der T30-Wert ($p < 0.01$) bereits wieder signifikant rückläufig. Zusätzlich war der letzte Nachbelastungswert niedriger als der Wert nach neun Minuten ($p < 0.01$) und unterschied sich nicht mehr vom Ausgangswert. Die Einzelwerte für Hb und Hkt sind in Tabelle A5 im Anhang aufgeführt.

Aus den Hb- und Hkt-Werten berechnet sich entsprechend der Formel nach Strauss et al. (1951) die prozentuale Änderung des PV ($\Delta\text{-PV}\%$). Infolge des WAnT hat das PV abgenommen. Während sich die Werte nach Belastungsabbruch und nach neun Minuten nicht unterschieden, nahm das PV nach 30 Minuten wieder zu ($p < 0.01$). Die berechneten $\Delta\text{-PV}\%$ sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Der Vorbelastungswert des Eiweiß lag bei $6.22 \pm 0.27 \text{ g dl}^{-1}$. Infolge des WAnT kam es zu einer signifikanten Konzentrationszunahme auf $6.79 \pm 0.23 \text{ g dl}^{-1}$ zu T1 ($p < 0.001$) und $6.85 \pm 0.26 \text{ g dl}^{-1}$ zu T9 ($p < 0.001$), die auch zu T30 ($6.44 \pm 0.29 \text{ g dl}^{-1}$, $p < 0.01$) noch anhielt. Während sich die beiden ersten Nachbelastungswerte nicht unterschieden, nahm der T30-Wert bezogen auf diese bereits wieder ab ($p < 0.01$). Die prozentualen Veränderungen zu den drei Nachbelastungszeitpunkten sind in

Tabelle 10 aufgeführt während die Einzelwerte der Gesamteiweiß-Konzentrationen in Tabelle A6 im Anhang einzusehen sind.

Die mittleren Beträge der prozentualen Veränderungen von Eiweiß und der PV-Veränderung nach der Hb/Hkt-Methode unterscheiden sich zum Zeitpunkt T9 und T30 nicht (Tabelle 10). Unmittelbar nach dem WAnT ist der Betrag der Veränderung nach der Hb/Hkt-Methode jedoch signifikant größer ($p < 0.05$).

Proband	T1		T9		T30	
	Δ -PV%	Δ -Eiw.%	Δ -PV%	Δ -Eiw.%	Δ -PV%	Δ -Eiw.%
1	- 7.10	14.16	- 6.84	13.27	1.76	6.19
2	- 3.68	8.66	9.99	10.24	15.82	3.94
3	- 16.86	6.25	- 15.94	7.81	-	-
4	- 12.02	9.84	- 10.93	9.84	- 3.95	3.28
5	- 8.88	8.26	- 10.82	9.09	- 3.10	2.48
6	- 13.96	7.94	-	-	-	-
7	- 11.70	7.32	- 14.80	10.57	- 3.39	4.88
8	- 12.32	7.46	- 10.01	5.97	2.26	0.00
9	- 16.79	10.77	- 15.81	10.77	- 6.24	4.62
10	- 13.00	6.25	- 11.30	6.25	- 3.62	3.13
11	-18.26	10.57	- 16.88	13.82	- 8.45	6.50
12	- 13.97	7.09	- 13.58	8.66	- 5.01	3.94
13	- 15.96	12.17	- 15.36	10.43	- 0.05	0.87
14	- 14.92	7.94	- 14.72	9.52	- 3.65	3.97
15	- 18.84	12.90	- 16.65	16.13	- 6.72	6.45
MW \pm SD	- 13.22 \pm 4.20	9.17 \pm 2.46 *	- 11.69 \pm 6.91	10.17 \pm 2.80	- 1.87 \pm 6.17	3.86 \pm 1.99

Tabelle 10: Einzelwerte der aus Hb und Hkt berechneten prozentualen PV-Veränderungen (Δ -PV%) sowie die prozentualen Veränderungen des Eiweißes (Δ -Eiw.%) zu den drei Nachbelastungszeitpunkten für alle Probanden, Mittelwert und Standardabweichung sowie signifikante Unterschiede der Beträge der beiden Methoden; „-“, bedeutet, daß aus unterschiedlichen Gründen die Bestimmung des Wertes nicht durchgeführt werden konnte

6 Vergleich der Plasmavolumenveränderungen mit den hämostatischen Ergebnissen

Die prozentualen Veränderungen der FM sowie der Meßgrößen der Fibrinolyse sind um ein Vielfaches höher als die prozentuale Abnahme des PV (Tabelle 11). Somit kann die Hämokonzentration nicht alleinige Ursache dieser Anstiege sein. Hingegen liegt das Ausmaß des Fibrinogenanstiegs unmittelbar nach dem WANt im Bereich der PV-Veränderung. Während das PV aber nach neun Minuten unverändert war, stieg das Fibrinogen weiter an und nach 30 Minuten nahm das PV bereits wieder zu, das Fibrinogen war jedoch weiterhin erhöht nachweisbar.

Eine Korrektur der Werte entsprechend der PV-Veränderungen erfolgte für keinen dieser Parameter, da im weiteren Verlauf im Rahmen einer multiplen Regressionsanalyse der Einfluß der Hämokonzentration auf die Varianz der hämostatischen Meßgrößen nach der Belastung mit getestet werden soll.

Die übrigen hämostatischen Meßgrößen sind in der Gegenüberstellung nicht aufgeführt, da bei den Globaltests der Gerinnung, aPTT und TPZ, Zeiten gemessen werden und bei FaVIII die Aktivität, und somit für diese Meßgrößen eine Korrektur bzgl. der Hämokonzentration nicht durchgeführt werden kann.

	Δ -PV%	Δ -Eiw%	Δ -Fibri. %	Δ -FM %	Δ -t-PA %	Δ -D-Dimer %
Δ T1%	- 13 \pm 4	9 \pm 2	12 \pm 7	1688 \pm 1631**	498 \pm 702 ***	183 \pm 151 * ¹
Δ T9%	- 12 \pm 7	10 \pm 3	18 \pm 8 **	1931 \pm 2295**	364 \pm 567**	248 \pm 310 * ¹
Δ T30%	- 2 \pm 6	4 \pm 2	8 \pm 8 *	1373 \pm 1729 *	130 \pm 126**	74 \pm 165 ²

Tabelle 11: Mittlere prozentuale Veränderung des Plasmavolumens auf Grundlage der Hb/Hkt- (Δ -PV%) und der Eiweißmethode (Δ -Eiw%), prozentuale Veränderungen von Fibrinogen, Fibrinmonomeren (FM), des Gewebe-Plasminogen-Aktivator (t-PA) und der D-Dimere. Prozentuale Änderung der Differenzen in Bezug auf den Ausgangswert: nach Test (Δ T1%), nach neun Minuten (Δ T9%), nach 30 Minuten (Δ T30%). Signifikante Unterschiede der prozentualen Veränderungen der Hämostasemeßgrößen im Vergleich zu den Beträgen der PV-Veränderungen beider Methoden. ¹ n = 7; ² n = 6

7 Korrelationsanalysen

7.1 Leistungsmeßgrößen

Es konnte statistisch kein Zusammenhang zwischen der im Mehrstufentest erreichten P_{\max} und den Leistungsmeßgrößen des WAnT, der Peak-Power, Mean-Power, Lowest-Power und dem Fatigue-Index, nachgewiesen werden.

7.2 Zusammenhang der Vorbelastungswerte von Gerinnung und Fibrinolyse mit der Leistungsfähigkeit

Es bestand kein Zusammenhang zwischen den Vorbelastungswerten von aPTT, TPZ, Fibrinogen, FaVIII, FM und D-Dimeren und den Meßgrößen der Leistungsfähigkeit. Lediglich t-PA korrelierte negativ mit der P_{\max} ($r = -0.63$; $p < 0.05$; $y = -0.03 x + 12.20$), der P_{\max} bezogen aufs Körpergewicht ($r = -0.67$; $p < 0.05$; $y = -1.88 x + 9.87$) und der $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$ bezogen aufs Körpergewicht ($r = -0.58$; $p < 0.05$; $y = -0.17 x + 11.65$).

7.3 Zusammenhang der Nachbelastungswerte von Gerinnung und Fibrinolyse mit der Leistungsfähigkeit und Leistungsmeßgrößen des Wingate Anaerobic Test

Diese Analyse wurde mit den absoluten Meßgrößen zu T1 und T9 und den entsprechenden prozentualen Veränderungen durchgeführt, weil zu diesen beiden Zeitpunkten das Ausmaß der Veränderungen am stärksten war.

Es konnte kein Zusammenhang der absoluten Nachbelastungswerte von Gerinnung und Fibrinolyse bzw. ihres prozentualen Anstiegs zu T1 und T9 mit der P_{\max} des Mehrstufentests bzw. Peak-Power und Mean-Power des WAnT nachgewiesen werden.

7.4 Zusammenhang zwischen den hämostatischen Meßgrößen

Es konnte ein negativer Zusammenhang zwischen FaVIII und der aPTT sowohl unter Ruhebedingungen als auch zu allen Zeitpunkten nach der Belastung nachgewiesen werden (Tabelle 12). Mit ansteigendem FaVIII verkürzt sich die aPTT.

Weiterhin wurde für die Vorbelastungswerte ein negativer Zusammenhang der aPTT mit den FM und des FaVIII mit dem Fibrinogen und zusätzlich ein positiver Zusammenhang des FaVIII mit den FM gefunden (Tabelle 12). Dabei geht eine kürzere aPTT mit höheren FM-Werten einher, wohingegen bei einem höheren FaVIII auch die FM höher liegen. Hingegen verhalten sich FaVIII und Fibrinogen gegensinnig.

Bei den Nachbelastungswerten ist der negative Zusammenhang zwischen FaVIII und Fibrinogen nur für die Bestimmung nach 30 Minuten nachweisbar, bei FaVIII und FM hingegen unmittelbar nach der Belastung und ebenfalls nach 30 Minuten. Für die aPTT war zu allen Nachbelastungszeitpunkten ein negativer Zusammenhang mit den D-Dimeren sowie zum Zeitpunkt direkt nach der Belastung mit dem t-PA und zu T9 mit den FM nachweisbar (Tabelle 12).

Der FaVIII zeigte zu T9 und T30 einen positiven Zusammenhang mit den D-Dimeren und zusätzlich zu T1 mit dem t-PA. Weiterhin konnte in der gesamten Nachbelastungszeit ein positiver Zusammenhang der FM mit den D-Dimeren und zu T9 und T30 zusätzlich mit dem t-PA nachgewiesen werden (Tabelle 12).

Zeit		FaVIII	Fibrinogen	FM	D-Dimere	t-PA
T0	aPTT	r = -0.54 p < 0.05 y=-0.02x +36.52		r = -0.65 p < 0.01 y=-0.74x +30.49		
	FaVIII		r = -0.64 p < 0.01 y=-0.50x +244.90	r = 0.79 p < 0.001 y=8.62x +114.79		
T1	aPTT	r = -0.78 p < 0.001 y=-0.03x +29.93			r = -0.64 p < 0.05 y=-x +24.79	r = -0.73 p < 0.01 y=-0.23x +25.85
	FaVIII			r = 0.64 p < 0.05 y=6.64x +165.77		r = 0.67 p < 0.01 y=6.09x +180.06
	FM				r = 0.64 p < 0.05 y=0.01x +9.13	
T9	aPTT	r = -0.63 p < 0.05 y=-0.02x +29.01		r = -0.62 p < 0.05 y=-0.15x +24.55		r = -0.74 p < 0.01 y=-x +24.60
	FaVIII				r = 0.65 p < 0.05 y=0.06x +241.24	
	FM				r = 0.64 p < 0.05 y=0.01x +5.81	r = 0.71 p < 0.01 y=0.89x +3.36
T30	aPTT	r = -0.78 p < 0.01 y=-0.03x +30.93			r = -0.60 p < 0.05 y=-x +24.47	
	FaVIII		r = -0.61 p < 0.05 y=-1.26x +595.96	r = 0.59 p < 0.05 y=1.25x +251.55	r = 0.57 p < 0.05 y=0.07x +239.36	
	FM				r = 0.63 p < 0.05 y=0.03x-0.06	r = 0.57 p < 0.05 y=2.77x -2.93

Tabelle 12: Zusammenhänge zwischen den hämostatischen Meßgrößen in Ruhe sowie zu den drei Meßzeitpunkten nach Belastungsabbruch. Angegeben sind jeweils der Korrelationskoeffizient (r), Signifikanzniveau (p) und die Gleichung der Regressionsgeraden

8 Zusammenhang der hämostatischen Meßgrößen mit den metabolischen Variablen Blutlaktatkonzentration, pH-Wert sowie den Plasmavolumenveränderungen im Verlauf des Wingate Anaerobic Testes

8.1 Meßgrößen der Gerinnung

Die Ergebnisse einer multiplen Regressionsanalyse, die stufenweise mit den unabhängigen Variablen BLK, pH und PV-Veränderung auf Grundlage der Δ -Eiw.% durchgeführt wurde, sind in Tabelle 13 aufgeführt.

Es konnte gezeigt werden, daß zu T1 allein der pH als Erklärungsgröße der Gesamtvarianz von aPTT und FaVIII beiträgt. Die Gesamtvarianz von TPZ, Fibrinogen und FM konnte zu diesem Zeitpunkt durch keinen der Einzelfaktoren erklärt werden.

Zu T9 trägt erstmalig die BLK zur Erklärung der Varianz einer Meßgröße (FM) bei. Die Varianz von TPZ, FaVIII und Fibrinogen konnte durch keine der metabolischen Größen erklärt werden.

Am Ende des Beobachtungszeitraums (T30) konnte weiterhin die Varianz der FM durch die BLK erklärt werden. Die PV-Verschiebung auf Grundlage der Δ -Eiw.% trug zu keinem Meßzeitpunkt nach der Belastung zur Erklärung der Varianz der Gerinnungsmeßgrößen bei.

	T1			T9			T30		
	pH	BLK	Δ -Eiw.%	pH	BLK	Δ -Eiw.%	pH	BLK	Δ -Eiw.%
aPTT	66 % $p < 0.001$	-	-	37 % $p < 0.05$	-	-	-	-	-
TPZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FaVIII	46 % $p < 0.01$	-	-	-	-	-	-	-	-
Fibri.	-	-	-	-	-	-	33 % $p < 0.05$	-	-
FM	-	-	-	-	52 % $p < 0.01$	-	-	46 % $p < 0.05$	-

Tabelle 13: Erklärung der Gesamtvarianz der Meßgrößen der Gerinnung zu den drei Meßzeitpunkten nach Belastungsabbruch durch die Einzelfaktoren pH, BLK, und PV-Verschiebung und Signifikanzniveau

8.2 Meßgrößen der Fibrinolyse

Die Ergebnisse einer multiplen Regressionsanalyse, die stufenweise mit den unabhängigen Variablen BLK, pH und PV-Veränderung auf Grundlage der Δ -Eiw.% durchgeführt wurde, sind in Tabelle 14 aufgeführt.

Zu allen Meßzeitpunkten nach Belastungsabbruch trägt als einzige metabolische Größe der pH zur Erklärung der Varianz des t-PA bei. Die PV-Veränderung trug ebenso wie die BLK zu keinem Zeitpunkt nach der Belastung zur Erklärung der Varianz der Fibrinolysemeßgrößen bei.

	T1			T9			T30		
	pH	BLK	Δ -Eiw.%	pH	BLK	Δ -Eiw.%	pH	BLK	Δ -Eiw.%
t-PA	43 % $p < 0.01$	-	-	32 % $p < 0.05$	-	-	33 % $p < 0.05$	-	-
D-Dim.	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 14: Erklärung der Gesamtvarianz der Meßgrößen der Fibrinolyse zu den drei Meßzeitpunkten nach Belastungsabbruch durch die Einzelfaktoren pH, BLK, und PV-Verschiebung und Signifikanzniveau

9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der 30-s WAnT, in dem eine mittlere Mean-Power von ca. 700 W erreicht wurde (entsprechend einer Intensität von 2.4 mal der P_{\max} des Mehrstufentestes), führte zu einem deutlichen Anstieg der BLK. Dabei wurde die höchste BLK von ca. 14 mmol l⁻¹ ungefähr 6 Minuten nach Testende erreicht. Der WAnT führte zu einer Abnahme des venösen pH-Wertes auf 7.18 ± 0.05 und hatte eine Hämokonzentration von ca. 10% direkt nach Belastungsabbruch zur Folge.

Die signifikanten Verkürzungen der Globaltests aPTT und TPZ infolge des WAnT zeigen eine Aktivierung des plasmatischen Gerinnungssystems an. Die deutliche Reaktion der aPTT sowie der deutliche Anstieg des FaVIII auf ca. das Doppelte, scheint dabei für eine stärkere Aktivierung des intrinsischen Systems zu sprechen. Das Fibrinogen steigt ebenfalls infolge der Belastung an, wobei dem ersten Anstieg von ca. 12% noch ein weiterer Anstieg (ca. 5%) zu T9 folgte. Der deutliche ca. neunfache Anstieg der FM unterstreicht die Aktivierung der Gerinnung und spricht für eine Thrombingenerierung und Fibrinbildung.

Auch die Fibrinolyse ist aktiviert. Das t-PA steigt nach dem WAnT signifikant im Mittel auf das Vierfache des Ausgangswertes an. Die D-Dimere, als spezifisches Fibrinspaltprodukt, steigen ebenfalls bei 14 der 15 Probanden infolge des WAnT an.

Eine multiple Regressionsanalyse, die schrittweise mit den unabhängigen Variablen BLK, pH und der PV-Veränderung auf Grundlage der Δ -Eiw.% durchgeführt wurde, konnte zeigen, daß bei der aPTT und dem FaVIII zum Zeitpunkt T1 66% bzw. 46% sowie bei der aPTT nach neun Minuten 37% der Varianz der Meßgröße durch den pH erklärt werden können. Die BLK erklärt nach neun und 30 Minuten zu 52% bzw. 46% die Varianz der FM. Zum Zeitpunkt T30 trägt der pH zu 33% zur Erklärung der Varianz des Fibrinogens bei.

Auf Seite der Fibrinolyse erklärte zu den drei Nachbelastungszeiten allein der pH zu 43, 32 und 33% die Varianz des t-PA. Die Varianz der Nachbelastungswerte der D-Dimere konnte zu keinem Zeitpunkt durch die gewählten metabolischen Meßgrößen erklärt werden.