

Die Medizinische Welt

Begründet von Franz Volhard

Schriftleitung: Prof. Dr. E. Volhard
Prof. Dr. P. Matis · Dr. F. Knüchel

F. K. Schattauer Verlag,
Stuttgart/New York



Stuttgart, 2. Februar 1973 Nr. 5

Sonderdruck

Änderungen der Partialdrucke von O₂, CO₂ und der Ph-Werte bei arteriellen Durchblutungsstörungen der unteren Extremitäten*

E. Krause, Z. Varady, K. Zilles, F. Tschirkov

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Frankfurt a. M.
(geschäftsf. Direktor: Prof. Dr. W. Weber)

* Herrn Prof. Dr. med. R. Geißendörfer zum 70. Geburtstag.

Arbeit bewirkt eine Steigerung der Durchblutung des Skelettmuskels (1). Ein Muskelschmerz tritt bei inadäquater Zufuhr von Sauerstoff infolge von Stenosen oder Verschlüssen zuführender Arterien auf (2). Der Muskelschmerz beim Laufen ist das führende Symptom des Stadium II nach Fontaine bei der arteriellen Verschlusskrankheit der unteren Extremitäten (3). Er ist bedingt durch eine Milchsäureanhäufung im Muskel, die ihre Ursache im unvollständigen Abbau und in mangelnder Resynthese des Glykogens beim anäroben Stoffwechsel hat, wobei die Milchsäureanhäufung den Schmerz verursacht und die mangelnde Resynthese die energieliefernden Prozesse hemmt.

Durch Erweiterung von Kapillaren könnte die Stoffwechselfläche vergrößert und der O_2 -Gehalt des arteriellen Blutes mehr als normal ausgeschöpft werden. Dies müsste sich in einer PO_2 -Verminderung im Venenblut des betreffenden Gebietes zeigen (4).

Da auch bei der verminderten Durchblutung der Abtransport von Stoffwechselprodukten wie CO_2 und der vollständige Abbau von Milchsäure behindert ist, sollte auch der PCO_2 vermehrt und das Ph zur sauren Seite hin verschoben sein (5).

Die Durchblutung ist in dem Gebiet am meisten eingeschränkt, welches sich am entferntesten vom Verschluss oder der Stenose befindet. Hier sind auch erhebliche Stoffwechselstörungen zu erwarten. Unsere Untersuchungen bezogen sich auf den peripheren Teil des Gefäßnetzes der unteren Extremitäten, der weitgehendst Hautdurchblutung aufweist; sie können jedoch gut als Parameter für die vorgeschalteten Gefäßabschnitte dienen, wenn man die obengenannte Tatsache akzeptiert, daß bei peripherer Minderdurchblutung auch proximal weniger Fluß vorhanden sein muß und umgekehrt.

Methodik

Bei 11 Patienten wurde in Ruhe vor und in den ersten Tagen nach Desobliteration, bei 9 Patienten vor und nach lumbaler Sympathektomie Venenblut am Fußrücken bei kurzzeitig herabhängendem Unterschenkel entnommen und in ihm PO_2 , PCO_2 , Standard-Bikarbonat und der PH-Wert nach dem Astrupverfahren bestimmt.

Als weitere Größe wurde die Amplitudenzunahme bei Verstärkeroszillographie in Ruhe verwendet, die Ableitungen erfolgten an Unterschenkel und Großzehe (6). Die Zunahme drückten wir in einem Quotienten

$$Q = \frac{\text{Höhe der Amplitude der erkrankten Seite}}{\text{Höhe der Amplitude der „gesunden“ Seite}}$$

aus.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit der elektronischen Rechenanlage IBM 7094 am Deutschen Rechenzentrum in Darmstadt. Es wurden die Programme DIFF, PAMV und REV verwendet.**

Ergebnisse

Rekonstruktive Eingriffe: Thrombendarteriektomie (TEA)

Die Mittelwerte des PO_2 der nicht operierten Extremitäten betragen vor TEA $52,0 \pm 5,6\%$ und nach Operation $53,2 \pm 5,8\%$. Ein signifikanter Unterschied zwischen diesen prä- und postoperativen Werten kann somit am „gesunden“, unbehandelten Bein nicht festgestellt werden.

Am erkrankten Bein läßt sich eine deutliche Steigerung des PO_2 von ursprünglich $44,8 \pm 2,5\%$ auf $62,3 \pm 4,3\%$ postoperativ feststellen. Nimmt man die Differenz zwischen dem PO_2 des operierten und nicht operierten Beines vor Operation und vergleicht sie mit den gleichen Werten nach Operation, so kann man eine Verschiebung der PO_2 -Werte um im Mittel $16,4 \pm 3,4\%$ zugunsten des operierten Beines feststellen. Dies Ergebnis ist durch den t-Test auf dem 99,9 %-Niveau gesichert. Der PO_2 -Wert des kranken Beines lag vor TEA im Mittel um $7,2 \pm 4,5\%$ unter dem des „gesunden“ Beines und nach TEA im Mittel um $9,1 \pm 2,9\%$ über dem des „gesunden“ Beines. Die letzte Differenz läßt sich mit dem t-Test auf dem 99 %-Niveau statistisch sichern.

Die Mittelwerte des PCO_2 der nicht operierten Extremitäten betragen vor Operation $46,1 \pm 1,4\%$ und nach TEA $47,2 \pm 1,5\%$. Analog zu den entsprechenden PO_2 -Befunden ist die

** Autor: Dr. F. Gebhardt, DRZ Darmstadt, die Programme sind in der Bibliothek des DRZ erhältlich.

Differenz nicht signifikant. Am erkrankten Bein kommt es jedoch nach Operation zu einer deutlichen Abnahme des PCO_2 von $50,1 \pm 0,6\%$ auf $44,4 \pm 1,0\%$.

Nimmt man die Differenz zwischen dem PCO_2 des gesunden und nicht operierten Beines vor TEA und vergleicht sie mit dem gleichen Wert nach Operation, so kann man eine Verschiebung der PCO_2 -Werte um im Mittel $6,8 \pm 1,4\%$ feststellen. Der PCO_2 -Gehalt des operierten Beines ist also deutlich im Vergleich zur jeweils nicht operierten Seite abgesunken, Signifikanzniveau des t-Testes $99,9\%$.

Der PCO_2 -Wert des kranken Beines lag vor TEA im Mittel um $4,0 \pm 1,6\%$ ($2 p < 95\%$) über dem des gesunden Beines und nach TEA im Mittel um $2,8 \pm 1,5\%$ unter dem der gesunden Seite. Da die Werte für Ph und Standard-Bikarbonat die analogen Tendenzen aufweisen, sei auf die Tab. 1 verwiesen.

Ergebnisse nach lumbaler Sympathektomie (LS)

Die Ergebnisse dieser Gruppe zeigen ähnliche Tendenzen wie die der TEA-Gruppe und sind in der Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mittelwerte der TEA-Gruppe (n = 11 Patienten)

	Mittelwert vor Op.	Mittelwert nach Op.
1. PO_2 erkranktes Bein	$44,8 \pm 2,5$	$62,3 \pm 4,3$
2. PO_2 „gesundes“ Bein	$52,0 \pm 5,6$	$53,2 \pm 5,8$
3. PCO_2 erkranktes Bein	$50,1 \pm 0,6$	$44,4 \pm 1,0$
4. PCO_2 „gesundes“ Bein	$46,1 \pm 1,4$	$47,2 \pm 1,5$
5. Ph erkranktes Bein	$7,338 \pm 0,010$	$7,384 \pm 0,010$
6. Ph „gesundes“ Bein	$7,365 \pm 0,011$	$7,369 \pm 0,013$
7. Standard-Bi-Karb. erkranktes Bein	$23,9 \pm 0,5$	$24,8 \pm 0,6$
8. Standard-Bi-Karb. „gesundes“ Bein	$24,0 \pm 0,4$	$24,9 \pm 0,5$
Differenz zwischen 1 und 2	$- 7,2 \pm 4,5$	$+ 9,1 \pm 2,9^{***}$
Differenz zwischen 3 und 4	$4,0 \pm 1,6^{**}$	$- 2,8 \pm 1,5^*$
Differenz zwischen 5 und 6	$- 0,026 \pm 0,014^*$	$0,015 \pm 0,008$
Differenz zwischen 7 und 8	$- 0,2 \pm 0,4$	$- 0,1 \pm 0,3$

* nach dem t-Test auf dem 90% -Niveau signifikant,

** nach dem t-Test auf dem 95% -Niveau signifikant,

*** nach dem t-Test auf dem 99% -Niveau signifikant.

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mittelwerte der LS-Gruppe (n = 9 Patienten)

	vor Op.	nach Op.
1. PO ₂ erkranktes Bein	41,8 ± 4,0	47,4 ± 4,0
2. PO ₂ „gesundes“ Bein	47,0 ± 2,3	43,0 ± 3,0
3. PCO ₂ erkranktes Bein	51,8 ± 2,2	48,9 ± 2,1
4. PCO ₂ „gesundes“ Bein	47,7 ± 2,0	49,0 ± 2,0
5. Ph erkranktes Bein	7,324 ± 0,009	7,364 ± 0,013
6. Ph „gesundes“ Bein	7,351 ± 0,007	7,371 ± 0,012
7. Stand.-Bi-Karb. erkranktes Bein	23,4 ± 0,4	25,5 ± 0,5
8. Stand.-Bi-Karb. „gesundes“ Bein	23,6 ± 0,5	25,5 ± 0,4
Differenz zwischen 1 und 2	- 5,2 ± 4,2	4,4 ± 2,8
Differenz zwischen 3 und 4	4,1 ± 1,7**	- 0,1 ± 1,2
Differenz zwischen 5 und 6	- 0,027 ± 0,009**	0,007 ± 0,009
Differenz zwischen 7 und 8	- 0,2 ± 0,4	- 0,5 ± 0,4

** nach dem t-Test auf dem 95%-Niveau signifikant.

Bildet man einen Quotienten zwischen der Höhe des Oszillogrammausschlages der gesunden und erkrankten Seite, so gewinnt man 2 Werte bei der Ableitung am Unterschenkel und der Großzehe.

TEA-Gruppe

Der Quotient betrug am Unterschenkel vor Operation $0,73 \pm 0,32$ und nach Operation $2,48 \pm 1,02$. An der Großzehe vor TEA $0,41 \pm 0,19$, nach TEA $2,44 \pm 0,87$.

Die Differenz zwischen dem Unterschenkel-Quotienten vor und nach Operation zeigte eine Zunahme um $1,75 \pm 0,91$, für die Großzehe $2,03 \pm 0,78$. Die Werte lassen sich mit dem t-Test auf dem 90%- bzw. 95%-Niveau sichern.

LS-Gruppe

Die Differenzen der Quotienten der Großzehenoszillogramme zeigten eine postoperative Zunahme um $0,30 \mp 0,10$, die beim t-Test auf dem 95%-Niveau signifikant ist. Die Quotientenzunahme für das Unterschenkeloszillogramm beträgt $0,12 \mp 0,08$ und lässt sich statistisch nicht verifizieren.

Korrelationsstatistische Untersuchungen

Es wurden korrelationsstatistische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen den Blutgaswerten und dem Quotienten der Amplitudenhöhen der Unterschenkel und Großzehenoszillogramme durchgeführt; dabei ergab sich für das Verhältnis zwischen dem Quotienten der Amplitudenhöhe des Großzehenoszillogramms nach Operation bei der TEA-Gruppe und der Differenz des PO_2 zwischen operiertem und krankem Bein nach Operation ein Regressionskoeffizient $A = 2,0 \pm 0,9$, eine absolute Konstante $B = 0$ und ein Korrelationskoeffizient $R = 0,60$.

Dies bedeutet, daß der Anstieg des PO_2 proportional zum Anstieg des Oszillogramm-Quotienten ist.

In allen anderen untersuchten Fällen der TEA-Gruppe lagen die ermittelten Werte für die Zusammenhänge vom Oszillogramm-Quotienten an Unterschenkel und Großzehe und den Blutgaswerten jedoch nur knapp unter der Signifikanzschranke. Die geringe Anzahl der Patienten läßt den Schluß zu, daß diese negativen Ergebnisse nicht als endgültig anzusehen sind. Um einen quantitativen Unterschied zwischen den Erfolgen der TEA-Gruppe und der LS-Gruppe festzustellen, wurde eine Varianzanalyse der Mittelwerte beider Gruppen durchgeführt. Es konnte für den PO_2 nach Operation am erkrankten Bein ein signifikanter Unterschied zugunsten der TEA-Gruppe gefunden werden; die Fälle waren jedoch pathologisch-anatomisch nicht gleich.

Zusammenfassung

Nach erfolgter Rekonstruktion von arteriellen Gefäßverschlüssen der unteren Extremität stiegen im venösen Fußrückenblut die PO_2 -Werte an und der PCO_2 -Wert fiel ab. Gleichzeitig wies der Anstieg der Ph-Werte eine Abnahme der sauren Valenzen nach. Die gleiche Tendenz, wenn auch kleiner in ihrer Quantität, ließ sich nach lumbaler Sympathektomie erkennen. Das Verstärkeroszillogramm der Großzehe zeigte gleiche Tendenz mit den obengenannten Blutgaswerten im Sinne einer Verbesserung, nachweisbar in einer Zunahme der Amplitudenhöhe.

Bisher ist mit der Methodik der Venenverschußpletysmographie (7) und der Xenon-clearance (8) an unteren Extremitäten mit chronischer arterieller Verschußkrankheit im Stadium II nach Fontaine in Ruhe kein großer Unterschied in der Durchblutung gegenüber Gesunden oder dem gesunden kontralateralen Bein sicher festgestellt worden. Bei unseren Un-

tersuchungen jedoch ließ sich ein deutlicher Unterschied des „kranken“ gegenüber dem anderen „gesunden“ Bein im Sinne einer vermehrten O₂-Ausschöpfung, einer Anhäufung von CO₂ und eines Abfalls des Ph präoperativ nachweisen. Die Untersuchungsergebnisse wurden in Ruhe gewonnen; somit muß gefolgert werden, daß auch in Ruhe in der erkrankten Extremität eine Minderdurchblutung vorhanden sein muß. Das Großzehenoszillogramm scheint ebenfalls ein empfindlicher Parameter dafür zu sein.

Literatur

- (1) Landois-Rosemann: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Urban und Schwarzenberg, München-Berlin 1962. — (2) Hild R., Th. Brecht: Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. **72**: 371 (1967). — (3) Fontaine, R., P. Branzu: Lyon cir. **36**: 652 (1930). — (4) Becattini, U., S. Citi: The significance of the measurements of oxygen and CO₂-content of peripheral venous blood. Medical and surgical angiological therapy. C. E. P. I. Rome, **1968**: 343. — (5) Horsley, B. L., R. M. Nelson: Ann. Thorac. Surg. **4**: 474 (1967). — (6) Kappert, A.: Lehrbuch und Atlas der Angiologie. Hans Huber, Bern-Stuttgart-Wien, 1969. — (7) Bollinger, A.: Durchblutungsmessungen in der klinischen Angiologie unter besonderer Berücksichtigung der Venenschlußplethysmographie. H. Huber, Bern-Stuttgart, 1969. — (8) Lassen, N. A.: J. clin. Invest. **43**: 1805 (1969).

(Anschrift f. d. Verf.: Dr. E. Krause, Chir. Universitäts-Klinik, Frankfurt/M. 70, Ludwig-Rehn-Straße 14.)

Copyright by F. K. Schattauer Verlag, Stuttgart. — Der Verlag behält sich alle Rechte, besonders die des Nachdruckes, der Vervielfältigung und der Übersetzung, vor.