

745-4 Zeitschrift für

Physikalische Medizin Balneologie Med. Klimatologie

Prävention · Diagnostik · Therapie · Rehabilitation

Herausgeber:

Deutsche Gesellschaft für Physikalische Medizin
und Rehabilitation
Verband Deutscher Badeärzte

Organ der Vereinigungen:

Österreichische Gesellschaft für Physikalische Medizin,
Rehabilitation und Grenzgebiete
Verband Österreichischer Kurärzte
Österreichische Gesellschaft für Balneologie

8000 MÜNCHEN 22

BAYER-STAATSBIBLIOTHEK
STELLE F. PFLICHTSTÜCKE
POSTFACH 340 150

09A09 300601 **44

ie
Gesellschaft für Physiotherapie
für Physikalische Medizin
für Balneologie und

16. Jahrgang April 1987

2



DEMETER VERLAG

D-8032 Grafelfing Postfach 1660

Physikalische Medizin Balneologie Med. Klimatologie

INHALT

Prävention · Diagnostik · Therapie · Rehabilitation

VI		Kongreßkalender
XII		Weiterbildungs- und Grundkurse zur Erlangung der Zusatzbezeichnung „BADEARZT“ oder „KURARZT“
XII		Weiterbildungskurse zum Erwerb der Zusatzbezeichnung „PHYSIKALISCHE THERAPIE“

ORIGINALARBEITEN

65	C. Mucha	Effizienz und Gestaltung ambulanter physikalisch-medizinischer Gruppentherapie bei Patienten mit ankylosierender Spondylitis Effectiveness and organization of physicomedical group therapy with ankylosing spondilitis patients
79	Chr. Gutenbrunner H. J. Grämer G. Hildebrandt	Der Einfluß einer antihypertensiven Pharmakotherapie auf das Blutdruckverhalten während vierwöchiger Bädertkuren The influence of a antihypertensive drug treatment on blood pressure changes during a four week balneotherapeutic cure treatment
85	G. Trnavsky	Physikalische Therapie des Parkinson-Syndroms Physical therapy of Parkinson-syndrome
89	H. Grünberg A. Wecker	Therapiestudie an Kurpatienten mit entzündlichen Atemwegskrankheiten: UDV-Inhalation (Ultraschall-Aerosol mit Druckstoß und Vibration) im Vergleich zu konventioneller Inhalation mit Düsenverneblern UDV aerosol therapy in comparisation with the conventional aerosol therapy
94	R. Erdl W. Schnizer R. Grötsch Y. Agishi A. Schuh J. Magyarosy	Kältevasokonstriktion, Kälte dilatation und reaktive Hyperämie der Haut, dargestellt anhand der Laser-Doppler-Flußmessung Cold vasoconstriction, cold vasodilatation and reactive hyperemia of the skin shown with the laser Doppler flowmeter
99	A. Jüttner H. Kristen A. Stehlik W. Marktl	Orientierende Untersuchungen über die Möglichkeit der Anwendung von Mais-Schlempe für thermostherapeutische Zwecke A first investigation about the suitability of maize-swill for thermostherapeutic purposes

- 103 A. Schuh **Ansätze zu einer aktiven Klimakur**
K. Dirnagl **Studies of an active climate-therapy**
W. Schnizer
M. Borgs
- 109 H. Breithaupt **Änderungen der autonomen Wärmeregulation unter ther-**
F. Demuth **mischer Reizbelastung im Kurverlauf**
B. Feunko **Changes in the autonomous thermoregulation under**
thermal stimuli during a cure
- 117 C. Mucha **Zur ambulanten physikalischen Therapie bei Patienten**
W. Auch **mit chronischer Polyarthritis und Spondylitis ankylopoe-**
P. Kiehl **tica am Beispiel Hannovers, Teil II**
Ambulant physical therapy of chronic polyarthritis and
spondylitis ankylopoietica based on a sample of patients
from Hannover
- 130 W. Schmidt-Kessen **Buchbesprechungen**
- 132 W. Lent **Buchbesprechung**
- VERBANDSNACHRICHTEN**
- XVII **Verband Deutscher Badeärzte – Protokoll**
Sonstiges

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. med. E. Senn)

Kältevasokonstriktion, Kälte-dilatation und reaktive Hyperämie der Haut, dargestellt anhand der Laser-Doppler-Flußmessung

R. ERDL, W. SCHNIZER, R. GRÖTSCH, Y. AGISHI*, A. SCHUH, J. MAGYAROSY

Anschr. d. Verf.: Dr. med. Reinhard Erdl, Kinderpoliklinik der Universität München, Pettenkofenstr. 8a, 8000 München 2

Eingang der Arbeit: 25. 6. 86

Zusammenfassung

Der Einsatz der Laser-Doppler-Flußmessung hat sich auch in der hydrotherapeutischen Forschung zur Frage der Objektivierung von thermisch ausgelösten Effekten im kutanen Gefäßsystem bewährt. Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Versuchsergebnisse beruhen auf kleinflächigen lokalen Abkühlungen mittels einer mit verschieden temperiertem Wasser perfundierten Thermode. Dabei wurden an definierten Meßstellen periphere gefäß-regulatorische Vorgänge, wie Kältevasokonstriktion, -dilatation und reaktive Hyperämie, sowie Durchblutungsgrad und Vasomotion an 10 gesunden Versuchspersonen untersucht.

Summary

Cold vasoconstriction, cold vasodilatation and reactive hyperemia of the skin shown with the laser Doppler flowmeter

In order to investigate the effects of cold stimuli on skin circulation we used the laser Doppler flowmeter PERIFLUX. Cooling procedures were carried out by means of a water perfused thermode. Experiments were done with healthy volunteers on different areas of the body surface. Results showed that there was a different vascular reaction in dependence of intensity and duration of local cooling concerning to vasomotion, vasoconstriction, cold vasodilatation and reactive hyperemia.

Einleitung

Die Objektivierung der Auswirkung von Kältereizen am Gefäßsystem ist seit jeher Gegenstand hydrotherapeutischer Grundlagenforschung und mit unterschiedlichen Meßverfahren vorgenommen worden. So stehen denn auch die bisherigen Berichte über kutane vaskuläre Reaktionen miteinander nicht immer in Übereinstimmung. Überhaupt sind die meßmethodischen Möglichkeiten zur quantitativen und störungsfreien Registrierung an der Haut eher limitiert, und die meist auf thermischen Meßprinzipien beruhenden Verfahren sind für Fragestellungen, wo implizite Temperaturänderungen auftreten, mit Vorsicht zu beurteilen. So stellte sich die Frage, ob von dem Verfahren der Laser-Doppler-Flußmessung hier Vorteile ausgehen, um so mehr, als sich diese Methode gerade zur Bestimmung der Hautdurchblutung bewährt hat (9, 10, 11, 12). Sie erlaubt fortlaufende und berührungsfreie Messungen und kann zur Bestimmung thermisch induzierter Gefäßreaktionen an fast allen Hautbezirken eingesetzt werden.

Methodik

Durchblutungsänderungen am Gefäßsystem der Haut als Folge eines Kältereizes erfaßten wir mit dem Laser-Doppler-Flowmeter PERIFLUX (Perimed KB, Stockholm). Das Gerät

* Balneotherapeutic Research Institute, Hokkaido University School of Medicine, Japan.

arbeitet mit einem Helium-Neon-Laser von 2 mW Leistung. Eine Faseroptik sorgt für Zu- und Rückleitung des Lichtes, das aufgrund des Dopplereffektes an den sich im Gefäßsystem bewegenden Erythrozyten in Abhängigkeit von deren Geschwindigkeit eine Frequenzänderung erfährt. Die reflektierten Lichtanteile werden meßtechnisch umgesetzt und als Analogsignal (V) auf einem Linienschreiber registriert. Der Vorteil der Laser-Doppler-Technik besteht in relativ hoher Empfindlichkeit und quantifizierender, kontinuierlicher, nicht invasiver und berührungsfreier Registrierungsmöglichkeit sowie rascher Ansprechbarkeit. Um sowohl definierte lokale Temperaturänderungen als auch gleichzeitig Durchblutungsregistrierungen vornehmen zu können, war eine spezielle Meßanordnung einzusetzen: Eine kleine, thermostatisierbare Metallkammer ($d = 4,4 \text{ cm}$, $h = 0,7 \text{ cm}$), welche die Funktion einer Thermode übernehmen kann, enthält zentral die Lasersonde und ergibt an der Haut einen Meßbereich von wenigen mm^2 mit der Tiefenerfassung von etwa 1 mm. Mittels doppeladhäsiver Kleberringe kann die Kammer bei einer Kühlfläche von ca. 15 cm^2 an dem gewählten Hautareal fixiert werden. Durch Perfusion unterschiedlich temperierten Wassers anhand eines herkömmlichen Wasserthermostaten können so verschiedene Kühlstufen und plötzliche Temperaturveränderungen durch Umschalten auf einen zweiten Thermostaten eingestellt werden. An den Versuchen nahmen 10 gesunde männliche und weibliche Probanden im Alter von 24 bis 26 Jahren teil. Sämtliche Messungen fanden bei einer Raumtemperatur von 23 bis 24 °C statt.

Ergebnisse und Diskussion

Anhand dieser Meßanordnung untersuchten wir die kutane Gefäßreaktion an verschiedenen topographischen Bezirken gegenüber lokalen Temperaturveränderungen. *Abb. 1* zeigt die Mittelwertverläufe der Durchblutung ausgehend von 38 °C während fortlaufender Abkühlung um 1 °C pro min an Rücken, Hand- und Fußrücken von 10 Probanden. Die durch die Vasokonstriktion bedingte Flußabnahme verläuft ungefähr exponentiell, wobei von der Warmseite her der steilste Abfall zwischen 38 und 35 °C erfolgt, bis schließlich unterhalb von ca. 16–18 °C vasokonstriktorische Effekte nur noch gering zu steigern sind. Die Originalregistrierung einer stufenförmigen Abkühlung an der Stirn nach Vorwärmung auf 40 °C ist in *Abb. 2* dargestellt. Die Abkühlung am Rücken führt prompt zu der erwarteten Durchblutungsminde rung im Sinne der Vasokonstriktion und zeigt zudem mit der Beeinflussung der sogenannten Vasomotion eine weitere interessante Erscheinung. Man versteht darunter spontan-rhythmische Schwankungen des Blutflusses der Mikrozirkulation, d. h.

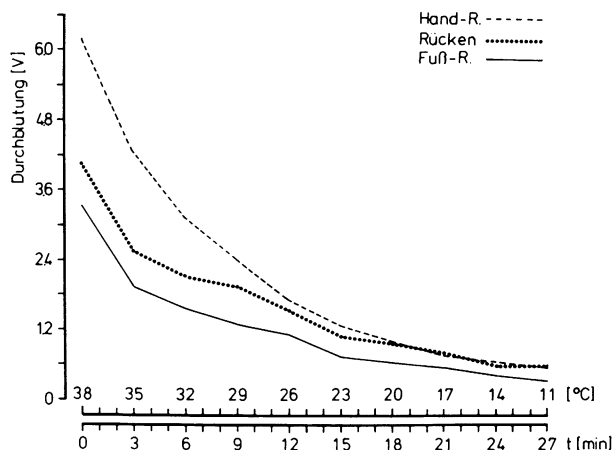


Abb. 1:
Mittelwertverläufe der kutanen Durchblutung an Rücken, Hand- und Fußrücken während kontinuierlicher lokaler Abkühlung (1°C/min; \bar{x} , $n = 10$).

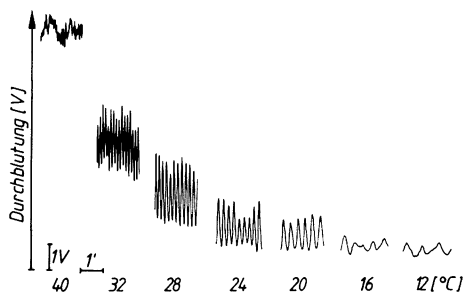


Abb. 2:
Originalregistrierung mittels Laser-Doppler-Flußmessung von Durchblutungsgrad und Vasomotion sowie deren thermische Abhängigkeit bei stufenförmiger lokaler Abkühlung an der Stirn.

der Gewebesperfusion kleiner Arterien und Arteriolen mit einem mittleren Durchmesser zwischen 100 μm und 10 μm , die nach Frequenz und Amplitude beurteilbar sind. Dabei erfolgt der ständige Wechsel von Konstriktion und Dilatation bei einer Frequenz von ca. 1 bis 10/min. Gerade in der letzten Zeit ist diese physiologische Gefäßreaktion auch mit der Laser-Doppler-Flowmetrie beschrieben und objektiviert worden (3, 5, 12). Hohe Hauttemperaturen (s. Abb. 2), wie z. B. 40 °C, führen zwar zu einem hohen Blutfluß, weisen jedoch häufig kein regelmäßiges Vasomotionsmuster mehr auf. Der thermische Einfluß auf die beiden Vasomotionsparameter, Frequenz und Amplitude, kommt in der Abbildung deutlich zum Ausdruck. Mit steigender Temperatur erhöht sich die Vasomotionsfrequenz. Die Vasomotionsamplituden haben in einem Temperaturbereich von 28–32°C ihre höchste Ausprägung. Der deutliche Temperatureinfluß auf die Vasomotionseigenschaften in der Mikrozirkulation läßt eine wesentliche Beteiligung metabolischer Vorgänge am Zustandekommen der Vasomotion vermuten.

Eine weitere Meßreihe, die wir ebenfalls mit standardisierten, lokalen Kaltreizen durchgeführt haben, galt der Frage nach den kältebedingten Vasodilatationen und der sogenannten reaktiven Hyperämie. *Abbildung 3* zeigt einen Versuch an der Stirn, wo die Thermode für zehn Minuten auf 3°C abgekühlt wurde. Grundsätzlich ist die Primärreaktion auf eine lokale Abkühlung immer die Vasokonstriktion. Andererseits ist bekannt, daß bei fortgesetzter intensiver Temperatureniedrigung (ab ca. 15°C) auch eine Gefäßerweiterung auftreten kann. Das ist in der Abbildung veranschaulicht, wo der starke lokale Kältereiz initial zu einer Durchblutungs-drosselung führt, wobei die Vasomotion verschwindet, dann aber trotz unhaltender Kälteeinwirkung ein dilatatorischer Vorgang einsetzt, der den Ausgangswert überschreitet. Eine weitere und länger anhaltende Durchblutungszunahme – die eigentliche reaktive Hyperämie – folgt der Wiedererwärmung unverzüglich und mit längerem Anhalten.

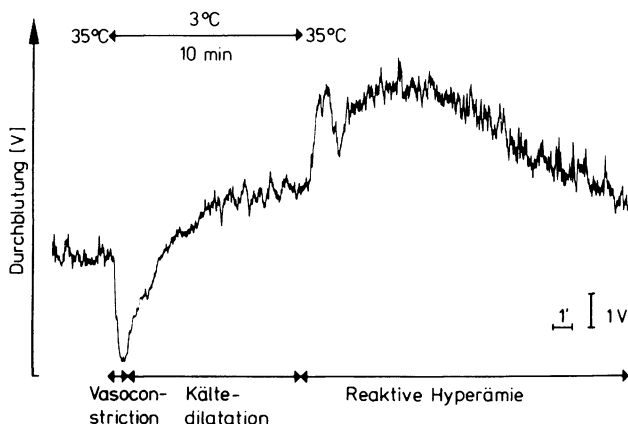


Abb. 3:
Originalregistrierung einer lokalen, intensiven, zehnmütigen Abkühlung an der Stirn mit Auftreten einer Kältevasokonstriktion, -dilatation und reaktiver Hyperämie.

Es scheint gerechtfertigt, die Mehrdurchblutung in einen kälte-dilatatorischen (Gefäßerweiterung während Kälteeinwirkung) und einen reaktiven (Durchblutungszunahme nach Kälteeinwirkung) Vorgang zu differenzieren.

Das Zustandekommen solcher Kälte-dilatationen scheint mit der Beteiligung mehrerer Vorgänge, nämlich Reduzierung des myogenen Tonus, verminderte Gefäßreaktionen auf vasokonstriktorische Impulse, Axonreflexe sowie Bildung dilatatorischer Stoffe komplexer Natur zu sein (4). Ähnliche Kältereaktionen treten auch, besonders an der Innenseite der Finger, in Form der LEWIS-Reaktion auf, d. h. periodische Vasokonstriktionen und -dilatationen, jedoch mit Frequenzen unter jenen der Vasomotion, und werden als Schutzmechanismus vor Kälteschäden betrachtet (8).

Weiterhin sind wir der Frage nach der Beziehung zwischen Intensität bzw. Dauer der lokalen Abkühlung und dem Ausmaß der reaktiven Kältehyperämie nachgegangen. In *Abb. 4* sind die Mittelwertverläufe der Durchblutungsreaktion aus einer Versuchsreihe mit Applikation von drei verschiedenen Abkühlungsgraden, nämlich 8, 15 und 22 °C und fünf verschiedenen Einwirkungszeiten von 0,5, 1, 2, 5 und 10 min am Rücken von 10 Versuchspersonen zusammengefaßt. Es läßt sich erkennen, daß in der Genese der Hyperämie sowohl Kühlintensität als auch Kühldauer eine Rolle spielen. Eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung existiert jedoch nicht. Ansatzweise ist bereits nach 30 sec Kühldauer eine reaktive Hyperämie festzustellen. Sie verstärkt sich mit Zunahme der Kühlzeit in den 22- und 15 °C-Versuchen nur wenig, im Gegensatz zu der 8 °C-Serie, wo die maximale Hyperämie nach der zweiminütigen Exposition erreicht wird. Ab zwei Minuten treten dann auch schon bei dieser Temperatur Kälte-dilatationen während der Abkühlung auf.

Im hydrotherapeutischen Sprachgebrauch bedeutet reaktive Hyperämie eine während oder nach Kaltanwendungen auftretende Durchblutungssteigerung der Haut. Als Indiz ist vor allem die farbliche Änderung der Haut herangezogen worden, während eine objektive Erfassung bis heute nicht sicher gelungen ist. Man darf dabei nicht übersehen, daß Hautfarbe und Blutdurchströmung nicht in jedem Falle korrelieren (7). Vielmehr ist die

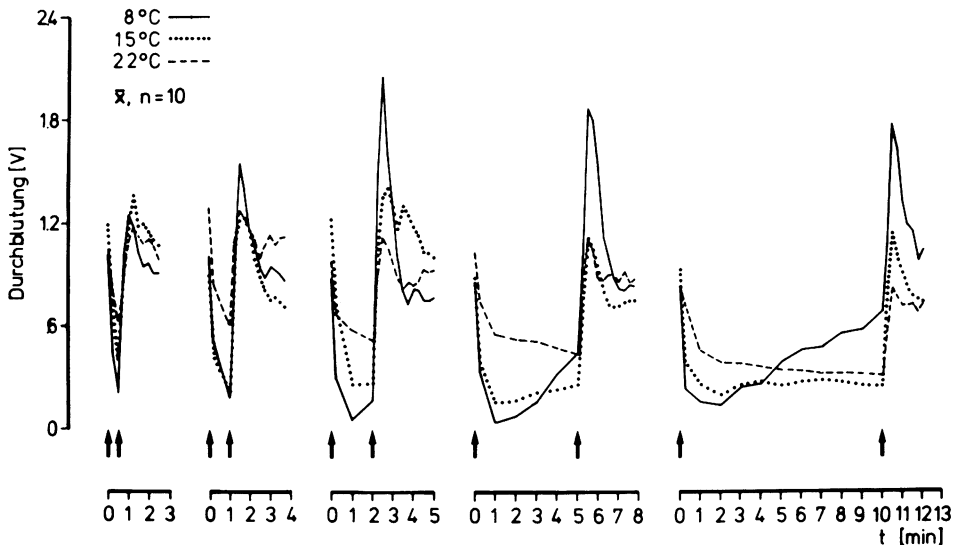


Abb. 4:

Mittelwertverläufe aus Befunden an 10 Probanden zur Demonstration von Vasokonstriktion und reaktiver Hyperämie (Rücken) durch lokalen Kaltreiz unterschiedlicher Intensität und Dauer.

Intensität der Hautfarbe Folge der Pigmente in der Haut und der in ihr enthaltenen Blutmenge, wobei Blutfluß und Blutgehalt keineswegs Parallelität zeigen müssen (1). Die Verteilung des Hämoglobins in den einzelnen Gefäßbezirken sowie dessen Oberflächen-nähe sind wesentliche modifizierende Größen für den Farbeindruck. Die Tatsache, daß der kapilläre Blutgehalt nur eine Fraktion von ca. 3 % ausmacht (2), mag auf die Bedeutung des subpapillären Venenplexus für die Hautfarbe hinweisen. Hinzu kommt das unterschiedliche spektrale Absorptionsvermögen vom Oxygenierungszustand des Hämoglobins. Gegenüber der Unzulänglichkeit, die somit von einer optischen Bewertung ausgeht, erlaubt es das Verfahren der Laser-Doppler-Flußmessung, wie an Beispielen dargestellt worden ist, den Verlauf der kutanen Gefäßreaktionen auf Kältereize objektiv zu erfassen.

Literatur

1. Coles, D. R., Patterson, G. C.: The capacity and distensibility of the blood vessels of the human hand. *J. Physiol.*, London 135, 163, 1957
2. Conrad, M. C.: *Functional Anatomy of the Circulation of the Lower Extremities*. Year Book Medical Publishers, Chicago, 1971
3. Erdl, R., Schnizer, W., Schöps, P.: Untersuchungen zur Wirkungsweise von CO₂-Bädern. Messungen an der Mikrozirkulation der Haut mittels eines Laser-Doppler-Flowmeters. *Herz/Kreislauf* 18, 387–391, 8/86
4. Folkow, B., Fox, R. H., Krog, J., Odelram, H., Thoren, O.: Studies on the reactions of the cutaneous vessels to cold exposure. *Acta. physiol. Scand.* 58, 342, 1963
5. Funk, W., Endrich, B., Messmer, K., Intaglietta, M.: Spontaneous arteriolar vasomotion as a determinant of peripheral vascular resistance. *Int. J. Microcirc.: Clin. Exp.* 2, 11–25, 1983
6. Golenhofen, K.: In: *Physiologie des Kreislaufs*, Band I: Arteriensystem, Capillarbett, Organkreisläufe, Fetal- und Placentar-Kreislauf. Springer-Verlag, 1971
7. Lewis, T.: *The Blood Vessels of the Human Skin and their Responses*. Shaw, London, 1927
8. Lewis, T., Haynal, J., Kerr, W., Stern, E., Landis, E. M.: Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, 15, 177, 1930
9. Nilsson, G. E., Tenland, T., Öberg, P. Å.: A new instrument for continuous measurement of tissue blood flow by light beating spectroscopy. *IEEE Trans. Biomed. Eng. BME -27*, 12–19, 1980 a
10. Nilsson, G. E., Tenland, T., Öberg, P. Å.: Evaluation of a laser Doppler flowmeter for measurement of tissue blood flow. *IEEE Trans. Biomed. Eng. BME -27*, 597–604, 1980 b
11. Schnizer, W., Erdl, R., Schöps, P., Seichert, N.: The effects of external CO₂ application on human skin microcirculation investigated by laser Doppler flowmetry. *Int. J. Microcirc.: Clin. Exp.* 4, 343–350, 1985
12. Tenland, T., Sælerud, E. G., Nilsson, G. E., Öberg, P. Å.: Spatial and temporal variations on human skin blood flow. *Int. J. Microcirc.: Clin. Exp.* 2, 81–90, 1983