

Thermographische Befunde bei lumbalen Bandscheibenprolapsen *

Friedrich Duensing, Peter Becker und Klaus Rittmeyer

Abteilung für Klinische Neurophysiologie (Prof. Duensing),
Neurologische Klinik (Prof. Bauer), Radiologische Klinik (Prof. Poppe),
Neurochirurgische Klinik (Prof. Bushe) der Universität Göttingen

Eingegangen am 28. November 1972

Thermographic Findings in Lumbar Disc Protrusions

Summary. Thermic radiation observed by thermography is diminished in lumbar root compression syndromes and a certain correspondence between the affected radix and the hypothermal area can be demonstrated.

In *S₁-root syndromes* more frequently than in *L₅-syndromes* hypothermy is found on the buttock, the back of the thigh and the calf.

In *5th-lumbar root* lesions the hypothermy mainly affected the outside of the upper thigh and the peroneal region. Hypothermy of the sole of the foot is found in *L₅-* and *S₁-syndromes*.

Monoradicular lesions of the 4th lumbar root were not observed because *L₅* and *S₁* were simultaneously affected. An additional hypothermic area at the extensor side of the thigh was found in *L₄—S₁* lesions.

Three mechanisms are discussed for the pathophysiology of hypothermy: a) Thermic alterations due to segmental paresis of muscles. How far such pathologic vasoconstriction is caused by alteration of local chemical vasodilation and how far by alteration of the reflex dilatation needs further investigation. b) Disturbance in segmental vegetative innervation of greater vessels causing diminution of blood flow in distal parts of extremities. c) Alteration of posterior root vasodilator fibres—which may be identical with sympathetic cholinergic vasodilators.

Disturbances of vasoconstrictor innervation were not observed in our experimental conditions. In some cases, however, hypothermal areas were bordered by collateral hyperthermy.

Thermogram patterns probably result from diminution of circulating blood flow in dermatomes and myotomes in addition to altered segmental innervation of blood vessels.

Key words: Thermography — Lumbar Disc Protrusions — Vasomotor Disturbance.

Zusammenfassung. 1. Mittels der *Thermographie* lassen sich bei lumbalen Wurzelkompressionssyndromen *hypotherme Bezirke* nachweisen, deren Lokalisation in lockerer Abhängigkeit von der befallenen Radix variiert.

Beim *S₁-Syndrom* sind häufiger als bei *L₅* hypotherm Gesäß, Rückseite des Oberschenkels und Wade. Beim *L₅-Syndrom* betrifft die Hypothermie etwas häufiger die Außenseite des Oberschenkels und die Peronealgruppe. Eine Hypothermie der *Planta pedis* wird bei *L₅* und *S₁* gefunden.

* Prof. R. Jung zum 60. Geburtstag gewidmet.

Reine L_4 -Syndrome wurden nicht beobachtet. Bei der kombinierten Affektion der Wurzeln L_4-S_1 fand sich neben den beschriebenen Veränderungen infolge Kompression der Radices L_5 und S_1 eine Hypothermie der Oberschenkelstreckseite.

2. Für die Pathophysiologie der gefundenen Hypothermien werden drei Mechanismen diskutiert: a) Verminderte Infrarotabstrahlung durch segmentale *Muskelparesen*, die ihrerseits pathologische Vasoconstrictionen zur Folge haben. Wieweit Alterationen der lokalen chemischen oder reflektorischen Dilatation der Muskelgefäße mitspielen, bedarf der Untersuchung. b) *Störung der segmentalen vasomotorischen Innervation* der größeren Gefäße mit konsekutiver Durchblutungsminderung der distalen Extremitätenabschnitte. c) *Schädigung der vasodilatatorischen Hinterwurzelfasern*, die vielleicht mit den cholinergen Vasodilatoren identisch sind.

Eine Störung der Vasoconstrictoren wurde nicht erfaßt, doch fand sich bei einigen Fällen eine „Randzonenhyperämie“.

In unseren thermographischen Befunden überlappen sich wahrscheinlich die Minderdurchblutung im Dermatome, im Myotome und die segmentale Innervationsstörung der größeren Gefäße.

Schlüsselwörter: Thermographie — lumbale Bandscheibenvorfälle — Gefäßinnervation.

Einleitung

Die Thermographie (THG), die Abbildung der vom menschlichen Körper ausgehenden Wärmestrahlung (= *Infrarotstrahlung*), konnte bisher das Interesse der Neurologen kaum für sich in Anspruch nehmen. Die Methode wird in erster Linie angewandt zur Früherkennung oberflächlich liegender Carcinome, die sich durch Mehrdurchblutung oder gesteigerten Stoffwechsel als „heiße“ Areale von der in einer Vorperiode abgekühlten Körperhaut abheben (Mamma-Ca), ferner zur Diagnose chirurgisch-entzündlicher Prozesse, die Hyperthermie erzeugen (Osteomyelitis) und peripherer Kreislaufstörungen, die infolge Minderdurchblutung kalte Bezirke hervorrufen (Endangiitis obliterans). Übersicht [13, 19, 30].

Was das Fachgebiet der Neurologie anbelangt, so wird von einigen Autoren über pathologische Thermogramme bei cerebralen Durchblutungsstörungen berichtet. Weiterhin liegen wenige Mitteilungen über die Lokalisation von lumbalen Nucleus-pulposus-Prolapsen im Thermogramm der unteren Rückenpartie vor [8, 18].

Ausgehend von Hauttemperaturmessungen, die der eine von uns (D.) zusammen mit Warnecke früher bei Nervenschußverletzten vorgenommen hat, wurde die Methode zunächst bei peripheren Lähmungen erprobt. Diese Untersuchungen haben dann hingeführt zu der Beobachtung, daß sich bei lumbalen Wurzelreizsyndromen im THG der unteren Extremitäten nahezu regelmäßig Zonen mit herabgesetzter Wärmestrahlung abzeichnen, die eine lockere Korrelation zur affizierten Wurzel aufweisen.

Methodik

Die Untersuchungen wurden mittels eines von Koch & Sterzel¹ dem Direktor der Radiologischen Klinik zur Verfügung gestellten von Sems gebauten Thermographen durchgeführt. Das Prinzip dieses und anderer Thermographen ist in Kürze folgendes: Ein *scanning system* tastet die *Infrarotabstrahlung* des Körpers ab und übermittelt sie einem Stickstoff-gekühlten *Indium-Antimon-Detektor*, dessen Spannungsänderungen nach Verstärkung einem Oscillographen zugeführt werden. Das auf dessen Schirm sich abzeichnende Bild wird beobachtet und photographiert. Neben der Grundhelligkeit („Grautonbild“) sind Linien gleicher Wärmestrahlung, die „Isothermen“, einzustellen. An dem Gerät der Firma Sems ist die Aufnahme der Thermogramme auf Röntgenfilmen im Format 30×40 cm vorgesehen. Da es sich jedoch für unsere Zwecke als notwendig erwiesen hat, von jedem Patienten eine Serie von Bildern anzufertigen, haben wir eine vor dem *Oscillographenschirm* montierte *Kleinbildkamera* und zwar ein Leitz-Balgen-Gerät benutzt. Überdies wurde die Beobachtung der auf dem Schirm des Oscillographen sichtbaren Bilder durch einen Assistenten mittels einer Fernschanlage ermöglicht. Es wurden dadurch Korrekturen der Position des Patienten erleichtert.

Untersuchungsgang: Der entkleidete Patient muß sich *vor* der Thermographie 15–20 min in dem Untersuchungsraum mit einer Temperatur von 18–20°C aufhalten. Diese Vorschrift, die für den thermographischen Nachweis von „Heiß-Areae“ gegeben worden ist, hat sich auch für die Darstellung der Kaltzonen bewährt.

In folgenden *Projektionen* haben wir Thermogramme der unteren Gliedmaßen aufgenommen: *Lendenregion* — einschließlich Gesäß — im Sitzen oder Stehen, *Oberschenkel* von vorn, seitlich und von hinten, *Unterschenkel* von vorn, hinten, in Seitenansicht und — nicht regelmäßig — von medial. Dorsalansicht der *Füße* im Stehen oder Sitzen bei verkürzter Distanz und erhöhter Position der Kamera. Fußsohlen beim knienden Patienten, gelegentlich auch Füße von lateral und medial her. Bei bettlägerigen Patienten sind besondere Lagerungen notwendig. Da die Beurteilung des THG sich weitgehend auf den Seitenvergleich stützt, ist eine streng symmetrische Position des Patienten zu fordern. Die Entfernung vom Patienten zur Kamera betrug teils 5 m, teils 3 m. Unsere Abbildungen sind nahezu ausnahmslos Darstellungen der Isothermen, in denen geringe Differenzen der Wärmestrahlung deutlicher hervortreten als im Grautonbild. Die Isothermenbilder muten allerdings fremdartig an, ihre Deutung erfordert einige Übung. Starke Herabsetzungen der Infrarotabstrahlung können zu Defekten im Bild des entsprechenden Körperteils führen. Man muß dann versuchen, die Umrisse in der optischen Vorstellung zu rekonstruieren.

Ergebnisse

Die Basis unserer Bemühungen um eine Differenzierung der Thermogramme bei der Affektion verschiedener lumbaler Wurzeln bilden 9 S₁-Syndrome mit operativ bestätigtem präasacralen Prolaps, 8 L₅-Syndrome mit Bandscheibenvorfall zwischen LWK 4 und 5, von denen 6 Operationsbefunde vorliegen, und 7 Patienten mit kombinierter Schädigung der Wurzeln L₄, L₅ und S₁, von denen 6 operativ behandelt worden sind (s. Tab.1). Eine weitere Gruppe mit 10 Affektionen von L₅/S₁ wird nur kurz besprochen. Umfangreiche Zusammenstellungen,

¹ Der Firma Koch & Sterzel, Essen, sprechen wir auch an dieser Stelle für ihr Entgegenkommen unseren besten Dank aus.

in denen die Thermogramme (meistens 10 Projektionen) mit den neurologischen Befunden, dem EMG, Myelogramm und — sofern vorhanden — Operationsbefund konfrontiert worden sind, sollen aus Gründen der Platzersparnis hier nicht wiedergegeben werden.

Die thermographischen Lokalbefunde der unteren Rückenpartie bleiben in dieser Arbeit unberücksichtigt.

Bei den lumbalen Wurzelreizsyndromen finden sich hypotherme Gebiete, deren Schwerpunkte — soweit unsere nur kleine Zahl reiner Wurzelreizsyndrome lehrt — voneinander unterschieden sind. Um diese Differenzen herauszustellen, war es notwendig, Intensitätsgrade der

Tabelle 1. Übersicht über das Krankengut

| | Operiert | Konservativ behandelt |
|--|----------|--------------------------|
| S ₁ | 9 | 9 |
| L ₅ | 6 | 2 |
| L ₅ /S ₁ | 8 | 2 |
| L ₄ /L ₅ /S ₁ | 6 | 1 |
| | | <hr/> 34 |

Tabelle 2. Verminderung der Infrarotabstrahlung verschiedener Körperabschnitte beim S₁-, L₅- und L₄-Syndrom unter Berücksichtigung der Intensität

| | | S ₁ | L ₅ | L ₄ -S ₁ |
|--------------------------------|------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| a Oberschenkel- streckseite | negativ | 4 | 4 | 0 |
| | schwach | 2 | 4 | 2 |
| | mittelgr. | 0 | 0 | 3 |
| | stark | 0 | 0 | 2 |
| b Oberschenkel- beugeseite | negativ | 2 | 3 | |
| | schwach | 2 | 2 | |
| | mittelgr. | 4 | 2 | |
| | stark | 1 | 1 | |
| c Oberschenkel- außenseite | hypertherm | 1 | 0 | |
| | negativ | 3 | 2 | |
| | schwach | 3 | 3 | |
| | mittelgr. | 0 | 1 | |
| | stark | 0 | 2 | |
| d Peronealgruppe | negativ | 2 | 0 | |
| | schwach | 5 | 1 | |
| | mittelgr. | 2 | 1 | |
| | stark | 0 | 6 | |
| e Wade | negativ | 0 | 2 | |
| | schwach | 3 | 4 | |
| | mittelgr. | 3 | 1 | |
| | stark | 3 | 1 | |

Hypothermie einzuschätzen (s. Tab.2). Von vornherein sei darauf hingewiesen, daß durch Überlappung verschiedener pathologischer vasomotorischer Mechanismen komplexe Bilder entstehen.

Thermogramme beim S₁- und L₅-Syndrom

Die physiologische Kaltarea über dem Gesäß, die auf dem isolierenden, die Infrarotabstrahlung schwächenden Fettpolster beruht und sich im Isothermenbild als scharf abgegrenzter Bezirk einstellen läßt, war unter 9 S₁-Syndromen 4mal deutlich vergrößert und damit kälter (s. Abb.4a rechts), einmal jedoch etwas verkleinert und 4mal seitengleich. Die in 7 Fällen von L₅-Syndrom abgebildete Glutealarea war 2mal gering vergrößert und bot 5mal seitengleiche Verhältnisse.

Die Oberschenkelstreckseite pflegt beim S₁- und L₅-Syndrom entweder normotherm zu sein, oder es finden sich leichte Hypothermien in der Region der Patella und proximal davon (s. Tab.2a). Mittelgradige und starke Hypothermien wurden bei beiden Syndromen nicht beobachtet.

Die Oberschenkelbeugeseite kann sowohl bei S₁ als auch bei L₅ in verschiedenem Grade hypotherm gefunden werden und zwar vornehmlich lateral (s. Tab.2b, Abb.1a rechts und 2a links).

Bezüglich der Außenseite des Oberschenkels besteht nur folgender Unterschied: Beim L₅-Syndrom haben wir 2mal starke Hypothermien

Tabelle 3. Korrelation zwischen Parese, EMG und THG beim S₁-Syndrom

| Fall | | Peroneal- gruppe | Wade | Fall | | Peroneal- gruppe | Wade |
|------|---|---------------------|------|------|---|---------------------|------|
| 1 | a | + | + | 6 | a | + | |
| | b | + | + | | b | + | ++ |
| | c | + | + | | c | + | ++ |
| 2 | a | Ø | | 7 | a | (+) | |
| | b | Ø | + | | b | (+) | (+) |
| | c | Ø | + | | c | (+) | (+) |
| 3 | a | fragl. | Ø | 8 | a | Ø | (+) |
| | b | Ø | Ø | | b | Ø | (+) |
| | c | Ø | Ø | | c | Ø | + |
| 4 | a | fragl. | Ø | 9 | a | Ø | |
| | b | (+) | (+) | | b | Ø | + |
| | c | + | + | | c | + | + |
| 5 | a | (+) | | | | | |
| | b | + | + | | | | |
| | c | + | + | | | | |

a = Muskelkraft; b = EMG; c = THG. + bedeutet unter a Parese oder Reflexstörung, unter b EMG pathologisch (keine Differenzierung), unter c Hypothermie; Ø = kein pathologischer Befund. Unausgefüllte Stellen: die diesbezügliche Angabe fehlt.

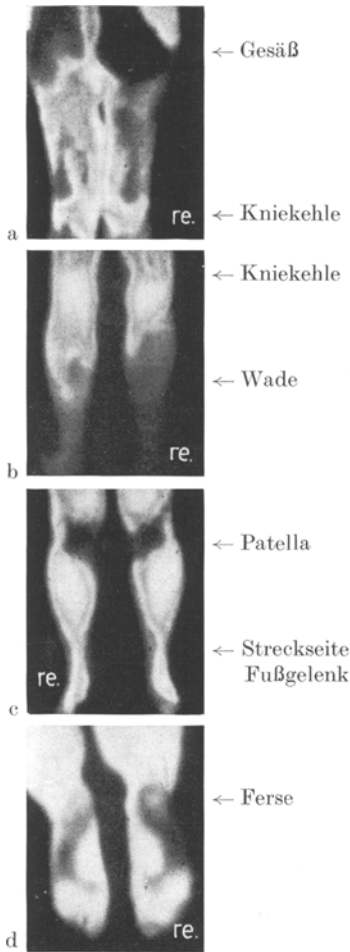


Abb. 1

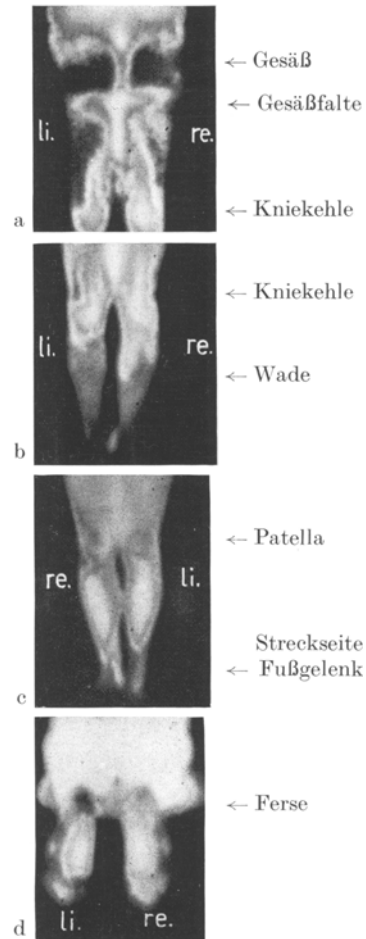


Abb. 2

Abb. 1. a Oberschenkelrückseite von einem S_1 -Syndrom rechts. Rechtes Gesäß kälter, desgleichen Oberschenkelrückseite rechts. b—d Anderer Fall von S_1 -Syndrom rechts, b rechte Wade hypotherm, Füße wegen zu starker Abkühlung nicht sichtbar, c peroneale Warmarea seitengleich, d Ferse und lateraler Fußrand rechts hypotherm

Abb. 2a—d. S_1 -Syndrom links. a Gesäßpartie und Oberschenkel von hinten. Linke Gesäßarea Spur größer, Rückseite des linken Oberschenkels lateral kühler (normal: Region der Gesäßfalte sowie Innenseite der Oberschenkel wärmer = Summation der Strahlung von beiden Seiten her). b Linke Wade kühler; die Isothermengrenze steht höher. c Unterschenkel von vorn: Streckseite des linken Fußgelenks hypotherm. Beide Füße sind wegen zu geringer Wärmeabstrahlung nicht dargestellt. d Ferse, lateraler Fußrand und Ballen links kühler. — Distanz zwischen Kamera und Patient in Abb. 1 = 3 m, in Abb. 2 = 5 m

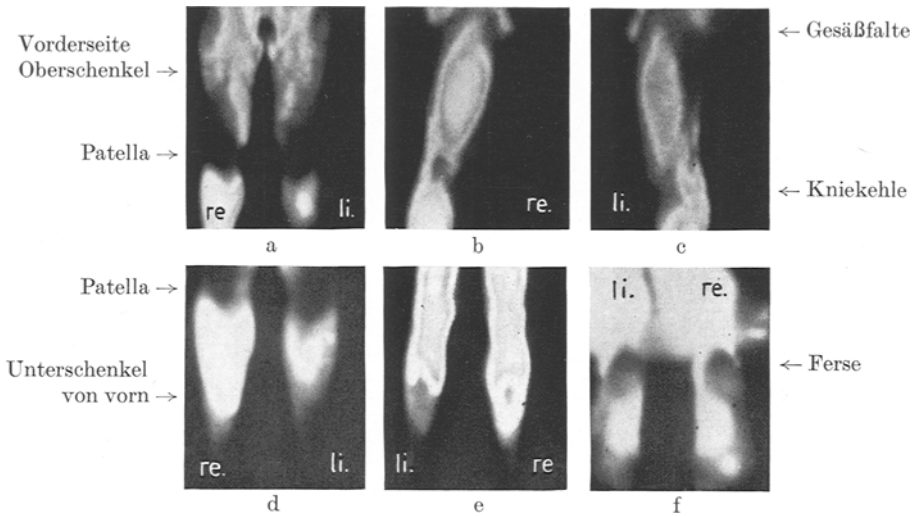


Abb.3a—f. L₅-Syndrom links. Distanz zur Kamera in a und e = 5 m, b, c, d und f = 2 m. a Oberschenkel von vorn: Angedeutete Hypothermie über dem linken M. vastus medialis, b und c Außenseite der Oberschenkel: links (c) herabgesetzte Wärmeabstrahlung, d Unterschenkel von vorn: Hypothermie über der linken Peronealgruppe, e Wadenbild: Hypothermie der linken Wade distal, f Fußsohlen nahezu isotherm, nur ein „Heißfleck“ fehlt links

in der Region des M. gluteus medius und einmal eine mäßige Hypothermie über der ganzen Lateralfäche des Oberschenkels beobachtet (vergleiche in Abb.3c mit b). Schwächere Hypothermien kamen bei L₅ und S₁ vor (s. Tab.2c).

Über der Vorderaußenseite des Unterschenkels zeichnet sich physiologischerweise ein ovales längs gestelltes hyperthermes Gebiet ab, welches der Peronealgruppe entspricht. Diese physiologische „peroneale Warmarea“ zeigte eine starke Verkleinerung bei 6 L₅-Syndromen (Abb.3d, 4b und 5b), bei den S₁-Syndromen dagegen teilweise lediglich geringe oder mittelgradige Hypothermie (Tab.2d). (Man vergleiche auch Abb.1c mit Abb.3d.)

Die Vorderinnenseite des Unterschenkels insbesondere in ihrem distalen Drittel einschließlich der Region des Malleolus internus wird sowohl bei L₅ als auch bei S₁ oft hypotherm gefunden (in den Abbildungen nicht dargestellt).

Differenzen zeichnen sich hingegen auf den Bildern der Wade ab (Tab.2e). Stärkere und mittelgradige Hypothermien sind hier häufiger beim S₁-Syndrom (Abb.1b, 2b) und kommen nur gelegentlich bei L₅ vor. Schwache Hypothermien werden dagegen sowohl bei L₅ als auch bei S₁ beobachtet (Abb.3e).

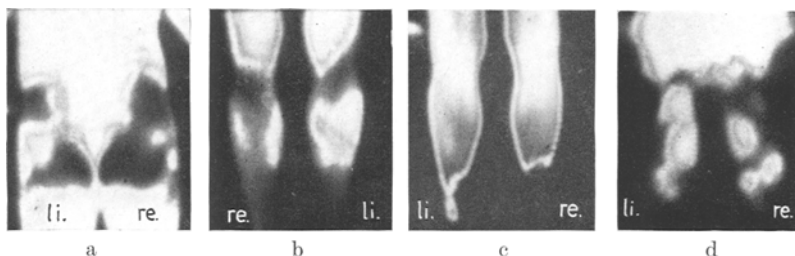


Abb. 4a—d. Kombinierte Schädigung der Wurzeln L_5 und S_1 rechts bei Prolaps der präsaacralen Bandscheibe. a Gesäßkaltarea rechts vergrößert, b Unterschenkel von vorn: Hypothermie über der rechten Peronealgruppe, c rechte Wade distal kühler, d Planta pedis: lateraler Fußrand und Ferse rechts kühler

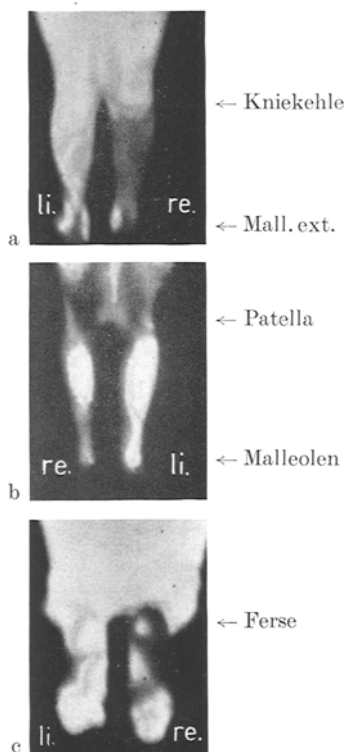


Abb. 5a—c. Kombinierte L_5 — S_1 -Läsion rechts. a Rechte Wade stark hypotherm, b rechte Peronealgruppe kühler, c rechte Planta pedis erheblich kühler

Die — wie erwähnt — in kniender Haltung abgebildete Planta pedis ist bei S_1 durchweg hypotherm, und zwar vornehmlich im Bereich des Ballens, des lateralen Fußrandes und der Ferse (Abb. 1d, 2d, 4d, 5c). Nur einmal wurde eine Hyperthermie beobachtet. Bei L_5 kommen die gleichen Bilder vor, doch sind negative Fälle etwas häufiger als bei S_1 .

Der Fußrücken kann sowohl bei L_5 als auch bei S_1 kälter sein; häufig stellt sich eine Hypothermie über der Streckseite des Fußgelenkes dar (Abb. 2c).

Affektion der Wurzel L_4 bis S_1

Eine isolierte Schädigung der Wurzel L_4 haben wir nicht beobachtet. 2mal waren kombiniert L_4 und L_5 und 5mal zugleich L_4 , L_5 und geringgradig auch S_1 betroffen. Die Bandscheibenprolapse waren zwischen Lendenwirbelkörper L_4 und L_5 , in einem Fall — bei beidseitigen neurologischen Ausfällen — zwischen LWK 3 und 4 lokalisiert. Die Vorderseite des Oberschenkels, von der 7 Thermogramme vorliegen, war bei Beteiligung von L_4 ohne Ausnahme hypotherm (s. Tab. 2). Die verminderte Wärmeabstrahlung betraf 2mal die ganze Vorderseite des Oberschenkels (Abb. 6a), wurde 3mal als mittelgradig eingeschätzt und beschränkte sich in 2 Fällen auf die distalen Abschnitte des M. quadriceps; dabei stellte sich die Kaltarea über der Patella vergrößert dar. Ferner zeigten diese in Tab. 2a angeführten Fälle die aus den Wurzeln L_5 und S_1 resultierenden, bereits beschriebenen Veränderungen des THG (Abb. 6b—h).

Über die Gruppe von 9 nicht operierten S_1 -Syndromen ist in kurzer Zusammenfassung folgendes zu berichten: Das Gesäß war einmal gering hypotherm und einmal eine Spur hypertherm, bot im übrigen aber nichts Pathologisches. Über der Vorderseite des Oberschenkels wurde einmal eine angedeutete Hypothermie verzeichnet. Die Rückseite des Oberschenkels war 2mal gering hypotherm, die Peronealgruppe in allen Fällen normotherm. Pathologische Befunde wurden erhoben im Bereich der Wade und der Planta pedis. Die Wade war einmal mittelgradig hypo- und 2mal hypertherm. Hypothermie in der Region der Achillessehne wurde 3mal verzeichnet. Die Streckseite des Fußgelenks war 4mal hypo- und 2mal hypertherm. Nicht weniger als 7mal ließ sich noch eine Hypothermie der Planta pedis in dem oben gekennzeichneten Bereich nachweisen, 2mal war die Fußsohle hypertherm. Im Durchschnitt waren die Veränderungen des Thermogramms wesentlich geringer bei den nicht operierten Patienten.

Bei weiteren 10 Fällen mit simultaner Schädigung der Wurzeln S_1 und L_5 kombinierten sich die Thermogramme, wie sie bei der Läsion der Wurzel L_5 und S_1 allein beobachtet worden waren. Hier waren also in der Regel Wade, Peronealgruppe und Fuß hypotherm (s. Abb. 4 u. 5).

Auf Tab. 3 und 4 wird in der Besprechung eingegangen.

Besprechung

Unter 34 Patienten mit Bandscheibenprolaps haben wir — abgesehen von wenigen distalen Hyperthermien — nahezu ohne Ausnahme im Thermogramm (THG) Areae mit verminderter Wärmeabstrahlung nachweisen können, und es ist anzunehmen, daß diese Hypothermien auf einer Verminderung der Haut- und Muskeldurchblutung beruhen. Daß lumbale Wurzelreiz- und Kompressionssyndrome mit Störungen der

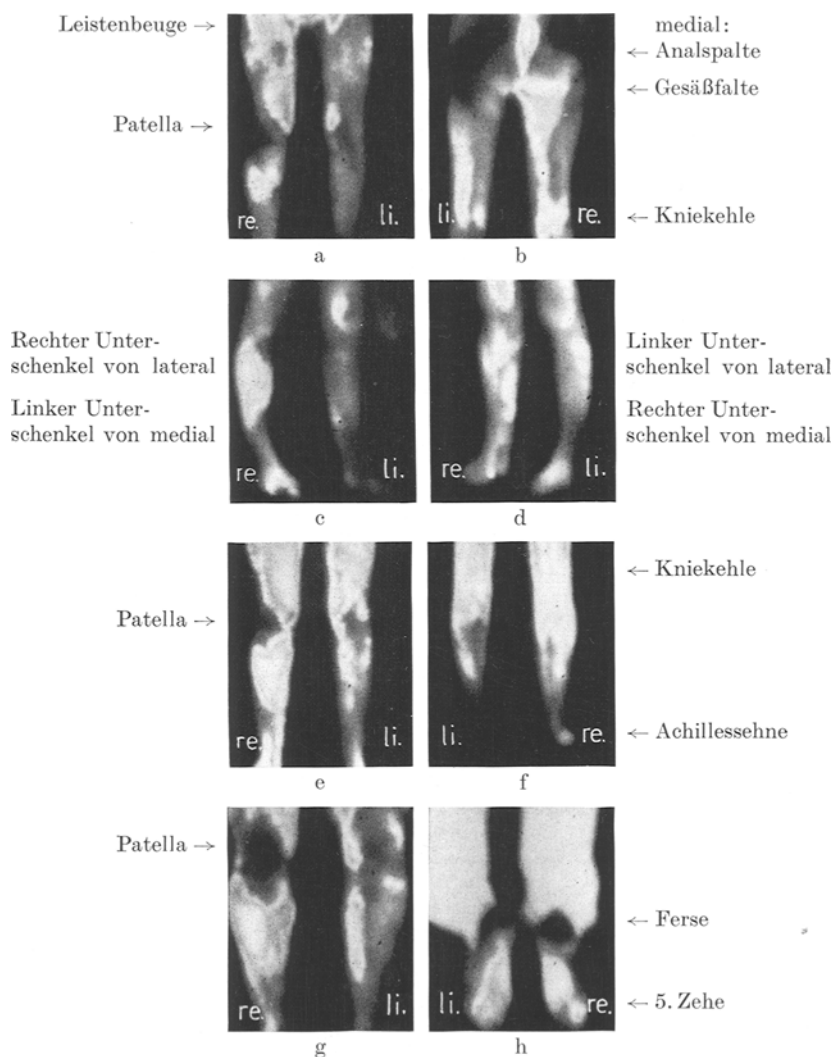


Abb. 6a—h. Läsion der Wurzeln L_4 und L_5 links bei Nucleus prolaps zwischen 4. und 5. Lendenwirbel, a Starke Hypothermie im Bereich der Vorderseite des linken Ober- und Unterschenkels, b Rückseite des Oberschenkels: Gesäßarea links vergrößert. Linke Oberschenkelbeugeseite medial kälter, c und d Unterschenkel in Fechterstellung von der Seite her aufgenommen, c rechter Unterschenkel von lateral, linker Unterschenkel von medial, d linker Unterschenkel von lateral, rechter Unterschenkel von medial. In c Hypothermie über der Innenseite des linken Unterschenkels und Fußes; in d Hypothermie der linken Peronealgruppe, e Unterschenkel von vorn: Hypothermie der linken Peronealmuskulatur distal, f Wadenbild: linke Wade hypotherm, g Unterschenkel von vorn auf 3 m Entfernung: Hypothermie der linken Peronealgruppe. Die Haut über der Tibia ist dagegen normotherm, h linkes Fußgewölbe Spur hypotherm, linker Ballen etwas wärmer

Tabelle 4. Korrelation zwischen Parese, EMG und THG beim L₅-Syndrom, teilweise mit geringer Beteiligung von S₁

| Fall | | Oberschenkel- streckseite | Peronealgruppe | Wade |
|------|---|------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1 | a | + | + | Ø |
| | b | + | + | Ø |
| | c | (+) | + | Ø |
| 2 | a | + | + | |
| | b | Ø | + | + |
| | c | + | + | + |
| 3 | a | | + | Ø |
| | b | (+) | + | Ø |
| | c | (+) | + | Ø |
| 4 | a | Ø | + | ASR < |
| | b | Ø | + | Ø |
| | c | (+) | + | distal hypo |
| 5 | a | Ø | + | ASR < |
| | b | Ø | + | Ø |
| | c | Ø | + | über Ferse hypo |
| 6 | a | Ø | + | ARS neg. |
| | b | Ø | + | Ø |
| | c | Ø | + | dist. lat. Spur hypo |
| 7 | a | Ø | + | ASR neg. |
| | b | Ø | + | Ø |
| | c | Ø | + | distal hypo |
| 8 | a | PSR < | fragl. Parese Ext. dig. long. | ASR < |
| | b | Ø | Ø | Ø |
| | c | Knie kälter | Ø | distal hypo |

Erklärungen: s. Tab. 3. a = Muskelkraft; b = EMG; c = THG.

Hautdurchblutung verknüpft sein können, wird schon im älteren Schrifttum erwähnt. Ausgedehnte Untersuchungen über Herabsetzungen der Hauttemperatur — die allerdings ein schlechtes Maß der Durchblutung ist — hat Stary [26] durchgeführt. Die Verteilung folgte weder dem cutanen Versorgungsgebiet peripherer Nerven noch dem radiculären Schema; die Grenzen waren oft schwer zu fassen und unscharf. Auf Durchblutungsstörungen im Bereich der unteren Extremitäten bei lumbalen Bandscheibenprolapsen haben weiterhin Säker [24], Reischauer [23a, b] und Pässler [22] hingewiesen.

Aus unseren — wenn auch nur bei einer kleinen Zahl von monoradiculären Kompressionssyndromen erhobenen — Befunden ergibt sich,

daß die Thermogramme bei der Affektion einzelner Wurzeln — mögen auch erhebliche Überschneidungen vorkommen — gewisse topische Unterschiede aufweisen.

Hinsichtlich der Ursachen dieser Hypothermien sind 3 Pathomechanismen in Betracht zu ziehen: 1. ist ursächlich an eine Minderdurchblutung paretischer Muskeln zu denken, 2. kommt die Störung einer sympathischen Versorgung der größeren Gefäße mit Vasomotoren und konsekutiver Durchblutungs-drosselung vornehmlich im Bereich der distalen Abschnitte der unteren Extremitäten in Betracht, 3. wäre zu diskutieren, ob korrespondierend mit den sensiblen Dermatomen durch Schädigung einzelner Nervi spinales segmentale vasomotorische Regulationsstörungen der Haut entstehen.

Zu 1. Zunächst wäre zu erörtern, ob eine *Minderdurchblutung paretischer Muskeln* Ursache der Hypothermie sein kann. Dies ist deshalb nicht unwahrscheinlich, weil wir in orientierenden Versuchen feststellen konnten, daß bereits nach relativ geringer Muskularbeit im THG sich hypertherme Bezirke abzeichnen können, die der Projektion der innervierten Muskeln und ihrer Synergisten entsprechen. Umgekehrt haben wir bei der Thermographie von Patienten mit motorischen Ausfallerscheinungen verschiedener Genese gefunden, daß auch bei Paresen, die nicht mit einer Affektion der sensiblen und vermutlich auch nicht der vegetativen Versorgung der Haut einhergehen — wie z.B. Dystrophia musculorum progressiva, Myatrophe Lateralsklerose und Spastiken verschiedener Ätiologie — sich im THG sehr eindrucksvolle Hypothermien darstellen, die nur auf einer Minderdurchblutung der Muskulatur beruhen können.

An der Infrarotabstrahlung des menschlichen Körpers ist die Wärme-produktion der Muskulatur stark beteiligt.

Bei ausgekühltem Körper beträgt der Anteil der Muskulatur an der Wärmestrahlung etwa 80%, beim stark erwärmten Körper dagegen nur 50% [11]. Bei abgekühltem Körper wird durch Vasoconstriction der Hautgefäße der Extremitäten — besonders an den Armen — die Wärmeabstrahlung stark vermindert, ein wichtiger Teilmechanismus der Wärmeregulation [1, 16].

Um zu prüfen, ob unsere pathologischen thermographischen Befunde die Folge von Muskelparesen sind, haben wir bei L₄—S₁-Syndromen die motorischen Ausfälle, das EMG und das THG zueinander in Beziehung gesetzt.

Tab.3 bringt eine entsprechende Zusammenstellung von 9 S₁-Syndromen. Berücksichtigt wurden nur der M. triceps surae und die Peronealgruppe, da die klinischen Daten über die Kraft der anderen Muskeln unvollständig waren. Wie man sieht, besteht ein hoher Grad von Korrelation zwischen den 3 Gegebenheiten. Die Regel ist ein Zusammen-treffen von Parese, pathologischem EMG und Hypothermie oder nur

von pathologischem EMG und verminderter Infrarotabstrahlung. Gelegentlich zeigt jedoch — wie zu beachten wäre — das THG eine leichte Hypothermie bei normaler Muskelkraft und unauffälligem EMG an (Fall 9; Peronealgruppe, lediglich THG leicht pathologisch); bei Fällen ohne Paresen mit normalem EMG bot durchweg das THG keine pathologische Hypothermie (s. Fall 2 Peronealgruppe, Fall 3 Wade und Peronealgruppe, Fall 8 Peronealgruppe).

In Tab. 4 wurde in gleicher Weise bei 8 L₅-Syndromen verfahren. Hier konnten wir uns nicht nur auf die Wadenmuskulatur und die Peronealgruppe, sondern auch auf die Oberschenkelstrecker stützen. Beim L₅-Syndrom korrelieren fast regelmäßig miteinander Parese, pathologisches EMG der *Peronealgruppe* und eine Hypothermie über der Vorderaußenseite des Unterschenkels. Eine mögliche Dissoziation besteht nur bei Fall 8, bei dem eine fragliche Parese des M. extensor digitorum longus vermerkt war, während EMG und THG der Norm entsprachen. Die Wade bietet bei Fall 1 und 3 übereinstimmend in allen 3 Untersuchungsmethoden nichts Pathologisches. Bei Nr. 2 sind EMG und THG gleichläufig pathologisch. Bei den restlichen Fällen besteht bei unauffälligem EMG eine Korrelation zwischen abgeschwächtem oder negativen ASR und einer Hypothermie in der Region der Achillessehne. Zu erwägen wäre, ob hier in dem Hinterwurzelanteil des N. spinalis S₁ die afferenten propriozeptiven Fasern und die efferenten vasodilatatorischen Fasern (s. S. 68) simultan leicht alteriert gewesen sind. — Oberschenkelstreckseite: Parese des M. quadriceps bzw. pathologisches EMG korrelieren mit einer über dem distalen Abschnitt des Muskels lokalisierten Hypothermie bei Fall 1—3. Fall 8 bietet die Kombination: Abschwächung des PSR und Vergrößerung des Kaltflecks über der Patella. Bei Fall 4 ist allein die Region des Quadriceps distal geringfügig kälter. Bei den restlichen 3 Patienten sind die 3 Gegebenheiten gleichläufig negativ.

Auch die durch 7 Fälle vertretene Gruppe mit simultaner Schädigung der Wurzeln L₄, L₅ und S₁ läßt bezüglich der Oberschenkelstreckseite überwiegend Gleichläufigkeiten zwischen Muskelkraft des Quadriceps, Veränderung des EMG und Hypothermie erkennen.

Da in den Zusammenstellungen der Tab. 3 und 4 die Schweregrade der Normabweichung nicht berücksichtigt werden konnten, weil der Grad der Parese meistens nicht bekannt war, entsteht eine stärkere Korrelation zwischen Muskelkraft, EMG und THG, als sie den wirklichen Verhältnissen entspricht. Gleichwohl kann es nach diesen Befunden kaum zweifelhaft sein, daß bei unseren Patienten mit Wurzelschädigung durch lumbale Bandscheibenprolapse zu den *hypothermen Areae Muskel-paresen mit entsprechender Minderdurchblutung* entscheidend beigetragen haben. Ob die hypothermen Areae über paretischen Muskeln allein dadurch bedingt sind, daß die motorische Innervation der quergestreiften Muskelfasern alteriert und konsekutiv auf Grund einer *Störung der*

lokalen chemischen Regulation der Weite der Muskelgefäße [Übersichten bei (12a, b, 1)] eine Constriction derselben eingetreten ist oder ob ursächlich auch eine Rolle spielt eine segmentale Störung der *reflektorischen* vegetativen Innervation der Muskelgefäße, wird sich vorerst nicht entscheiden lassen.

Unter der Voraussetzung, daß es parallel zur segmentalen motorischen Innervation eine segmentale vegetative Innervation der Muskelgefäße gibt, werden Überschneidungen der pathologischen Thermogramme bei der Läsion verschiedener Wurzeln verständlich, da ja jeder der hier in Frage kommenden Muskeln von 2—3 Wurzeln her seine motorische Innervation und dementsprechend vermutlich auch Vasomotoren aus mehreren Segmenten erhält.

Zu 2. Es ist bekannt, daß die großen Gefäße der Extremitäten seitens der peripheren Nerven abschnittsweise mit Vasomotoren versorgt werden. Analog könnte man eine segmentale vasomotorische Innervation der Gefäße postulieren. Diesbezügliche Untersuchungen scheinen jedoch noch zu fehlen. Eine Alteration der segmentalen reflektorischen Dilatation der großen Gefäße der unteren Extremitäten und zwar der A. femoralis, die mit Vasomotoren vornehmlich über den N. femoralis und damit vermutlich von den Segmenten L_2 bis L_4 versorgt wird, sowie der proximalen Anteile der A. tibialis und A. peronea, die vom N. tibialis und vom N. peroneus und dementsprechend vermutlich von S_1 und L_5 vegetativ innerviert werden, könnte sich im Bereich der distalen Abschnitte des Unterschenkels und Fußes, wo die Gefäßweite normalerweise sehr starken Änderungen unterliegt, in Form einer Minderdurchblutung und konsekutiver Herabsetzung der Wärmeabstrahlung auswirken. Auf diesem Wege könnten Verminderungen der Infrarotstrahlung distal am Unterschenkel und Fuß durch Kompression der Wurzeln L_4 , L_5 und S_1 erklärt werden. Dabei sind für die Gestaltung der Thermogramme offensichtlich auch die physiologischen Kaltfelder von Bedeutung. Dies gilt z. B. für die Hypothermie über der Vorderinnen- seite des Unterschenkels, der Streckseite des Fußgelenks, insbesondere aber für die Planta pedis, die auch unter physiologischen Bedingungen — bei allgemeiner Abkühlung — vornehmlich im Bereich des lateralen Fußrandes, der Ferse und des Ballens auskühlt, während das Fußgewölbe warm bleibt.

Zu 3. Es könnte der Eindruck entstehen, daß die gefundenen hypothermen Bezirke teilweise den sensiblen Dermatomen entsprechen. Wenn beim S_1 -Syndrom betont Oberschenkelrückseite und Wade und beim L_5 -Syndrom die Außenseite des Oberschenkels — wenn auch meistens nur proximal, gelegentlich aber auch über dem „Generalstreifen“ — und die Vorderaußenseite des Unterschenkels hypotherm gefunden werden, so sind dies Areale, die weitgehend dem sensiblen Dermatome entsprechen. Wir übersehen dabei keineswegs, daß die gefun-

denen Hypothermien in manchen Punkten von den sensiblen Dermatomen abweichen. So sind bei S_1 -Syndromen nicht selten auch die Region des Malleolus internus sowie die Streckseite des Fußgelenks hypotherm, Gebiete, die sensibel von L_4 und L_5 versorgt werden. Der laterale Fußrand ist nicht nur beim S_1 -Syndrom hypotherm, wodurch der Eindruck einer Störung in diesem Segment entsteht, sondern auch bei L_5 . Durch diese Abweichungen wird die Annahme von segmentalen Hypothermien jedoch nicht unbedingt hinfällig, da auch bei peripheren Lähmungen der unteren Gliedmaßen die Hypothermie ausgebreiteter sein kann als die sensible Störung. So findet man bei Lähmungen des N. ischiadicus auch über der Vorderinnenseite des Unterschenkels, die sensibel bekanntlich vom N. saphenus versorgt wird, eine Kaltzone (3 eigene Thermogramme von Ischiadicuslähmung). Schon Foerster hat darauf hingewiesen, daß die Störungen der Vasomotorik bei peripheren Lähmungen sich nicht an die Grenzen des sensiblen Versorgungsgebietes des affizierten Nerven halten müssen.

Eine Alteration präganglionärer sympathischer Fasern in der vorderen Wurzel wird man nicht gut unterstellen können, da nach der herrschenden Lehre präganglionäre sympathische Fasern nur zwischen C_8 und L_2 vorkommen. Somit liegt die Frage nahe, ob eine Schädigung der von Stricker [28] beim Hund und von Foerster [9b] beim Menschen beschriebenen vasodilatatorischen Hinterwurzelfasern im N. spinalis Durchblutungsstörungen zugrundeliegen könnte. Nach Foerster bringt die langdauernde elektrische Reizung der hinteren Wurzeln eine sehr genau auf das sensible Dermatom begrenzte flammende Hautröte mit sich. Zwar hat Bayliss [2] die Existenz von efferenten vasodilatatorischen Hinterwurzelfasern negiert und die Foersterschen Beobachtungen durch antidrome Leitung in den sensiblen Fasern erklärt, doch sind in neuerer Zeit die — von den Physiologen lange bestrittenen — vasodilatatorischen Fasern in den peripheren Nerven zunächst für die Gefäße der Muskulatur, dann auch der Haut, einwandfrei nachgewiesen worden [4, 10a, b, 12a, b, 29].

Es handelt sich dabei um cholinerg-sympathische Vasodilatoren, durch deren Reizung eine Erhöhung der Muskeldurchblutung bis zum 5fachen Ruhebetrug erzeugt werden konnte, ein Effekt, der durch sehr geringe Atropindosen aufgehoben wird. Der Nachweis dieser sympathischen Vasodilatoren im peripheren Nerven gelingt allerdings nur nach Ausschaltung des Reizeffektes der sympathischen Vasoconstrictoren durch α -Rezeptorblockierer. Neuerdings konnte auch an Gefäßen im subcutanen Fettgewebe des Hundes eine sympathisch-cholinergische Dilatation festgestellt werden [21]. Unklarheit herrschte bis vor kurzem über die Struktur der nach den histologischen Befunden den sympathischen vasoconstrictorischen und vasodilatatorischen Fasern gemeinsamen Endstrecke [4, 27]. Erst neuerdings hat Brettschneider [5]

an der Schilddrüse elektronenmikroskopisch 2 verschiedene vegetative Nervenplexi nachweisen können.

Unter der Voraussetzung, daß unter physiologischen Umständen von cholinerg-sympathischen Fasern ein kontinuierlicher vasodilatatorischer „Tonus“ ausgeht, welcher einer physiologischen tonischen Vasoconstriction entgegenwirkt — wie Verfasser früher zusammen mit Warnecke [7] angenommen hatte — müßte die *Schädigung der vasodilatatorischen Hinterwurzelfasern* oder *sympathischer Dilatoren* in den vorderen Wurzeln der Spinalnerven des unteren Lumbalmarks segmentale *Vasoconstriction* und Hypothermie mit sich bringen. Diese Hypothese bedarf allerdings der empirischen Untermauerung.

Hyperthermien. Bei unseren Nucleus-pulposus-Prolapsen haben wir gelegentlich auch unter den eingehaltenen Bedingungen, also nach Abkühlung, vornehmlich im Bereich des Fußrückens oder auch der Planta hypertherme Zonen gefunden. Möglicherweise handelt es sich hier um eine Entsprechung zu der von Guttmann bei peripheren Lähmungen hinsichtlich der Schweißsekretion beobachteten und von Foerster als Grenzzonenhyperaktivität bezeichneten Erscheinung. Es wäre auch denkbar, daß in einzelnen Fällen mit hyperthermen Arealen, so z. B. im Bereich der Fußsohle, die Therapie mit bestimmten Medikamenten Ursache der Vasodilatation war. — Wahrscheinlich würde man bei Bandscheibenprolapsen häufiger Areale mit pathologisch verstärkter Wärmeabgabe finden, wenn man der Thermographie eine Erwärmung der Extremitäten vorangehen ließe. Wir haben lediglich einen Versuch in dieser Richtung unternommen und bei einem S₁-Syndrom nach direkter Erwärmung der unteren Gliedmaßen und nachfolgender Abkühlung im Seitenvergleich über der Wade und im Bereich der Planta pedis eine Hyperthermie, also eine Schwächung der Vasoconstrictoren, feststellen können.

Ob der Thermographie *klinische Bedeutung* für die topische Diagnose bei den lumbalen Wurzelkompressionssyndromen zukommen kann, bedarf der Überprüfung an Hand eines größeren Materials.

Die Methode könnte geeignet sein, den Nachweis der Paresen zu unterbauen. Allerdings muß man immer auch die Möglichkeit im Auge behalten, daß durch schmerzreflektorische oder psychogene Schonung Hypothermien über bestimmten Muskelgruppen sich ausbilden können. Wir besitzen das Thermogramm eines Patienten mit psychogener Armparese mit starker Verminderung der Infrarotabstrahlung. Daß die Hauttemperatur der Finger infolge willkürlicher Ruhigstellung beim Gesunden erheblich absinken kann, haben Jung und Carmichel [17b] schon vor vielen Jahren gezeigt. Auch Durchblutungsstörungen anderer Ätiologie sind differentialdiagnostisch zu berücksichtigen. Eine Verbesserung der Resultate durch numerische Ausdrücke der Temperatur-

werte mit Hilfe des elektronischen Rechners (Buchmüller *et al.* [6]) wäre anzustreben.

Frau Helga Jeske, meiner EMG-Assistentin, danke ich für ihre umsichtige Hilfe bei der Durchführung der Thermographien.

Literatur

1. Aschoff, J.: Wechselwirkungen zwischen Kern und Schale im Wärmehaushalt. Arch. physik. Ther. 8, 113–133 (1956).
2. Bayliss, W. M.: On the origin from spinal cord of the vasodilator fibres of the hind limb and on the nature of these fibres. J. Physiol. (Lond.) 26, 173 (1901).
3. Boeke, J.: Innervationsstudien IV. Die efferente Gefäßinnervation und der synaptische Plexus im Bindegewebe. Z. mikr.-anat. Forsch. 33, 276–328 (1933).
4. Bolme, P., Ngai, S. H., Rosell, S.: Influence of vasoconstrictor nerve activity on the cholinergic response in skeletal muscle in the dog. Acta physiol. scand. 71, 323–333 (1967).
5. Brettschneider, H.: Elektronenmikroskopische Studien zur vegetativen Gefäßinnervation. Ref. nach Bad Oeynhauser Gespräche VII, S. 37. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1964.
6. Buchmüller, K., Moebes, R., Steindel, H. J., Warzek, W., Wolff, D.: Grundlagen und Darstellungsformen der Thermographie. Rad. biol. ther. 10, 385–402 (1969).
7. Duensing, F., Warnecke, W.: Untersuchungen zur Frage der Vasomotorenregulation bei peripheren Lähmungen. Dtsch. Z. Nervenheilk. 159, 97–131 (1948).
8. Edeiken, J.: The herniated lumbar disc syndrome. Meeting of the Thermographic Society of America, New York, July 13th (1969).
- 9a. Foerster, O.: Die Symptomatologie der Schußverletzungen der peripheren Nerven. Handbuch der Neurologie. Hrsg. O. Bumke u. O. Foerster. Erg.-Bd. 2, S. 1461. Berlin: Springer 1929.
- 9b. Foerster, O.: Die Symptomatologie der Erkrankungen des Rückenmarks und seiner Wurzeln. In: Handbuch der Neurologie, Bd. 5, S. 45, 66, 78 (siehe 9a).
- 10a. Folkow, B.: Nervous control of the blood vessels. Physiol. Rev. 35, 629–663 (1955).
- 10b. Folkow, B., Mellander, S., Öberg, B.: The range of effect of the sympathetic vasodilator fibres with regard to consecutive sections of the muscle vessels. Acta physiol. scand. 53, 7–22 (1961).
11. Gauer, Q. H.: Kreislauf des Blutes. In: Landois-Rosemann: Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 28. Aufl., Bd. I, S. 171, 172. München-Berlin: Urban & Schwarzenberg 1960.
- 12a. Golenhofen, K., Hildebrandt, G.: Normale Funktion des Muskelkreislaufs beim Menschen. Probl. d. Haut- u. Muskeldurchblutung. Bad Oeynhauser Gespräche, S. 70. (Siehe unter 5).
- 12b. Golenhofen, K.: Physiologie des menschlichen Muskelkreislaufs. Marb. S.-B. 83/84, 167–254 (1962).
13. Gros, Ch., Bourjat, P.: Die Anwendungsmöglichkeiten der Thermographie. Fortschr.-Röntgenstr. 106, 561–567 (1967).
14. Guttmann, L.: Die Schweißsekretion des Menschen in ihren Beziehungen zum Nervensystem. Z. ges. Neurol. Psychiat. 135, 1–48 (1931).
15. Hansen, K., Schliack, H.: Segmentale Innervation, ihre Bedeutung für Klinik und Praxis, S. 357. Stuttgart: Thieme 1962.

16. Hensel, H.: Physiologie der menschlichen Hautdurchblutung. Bad Oeynhauser Gespräche, S. 57—69. (Siehe 5).
17. Jung, R.: Neurophysiologische Untersuchungsmethoden. In: Handbuch der inneren Medizin. Hrsg. v. Bergmann *et al.*, Bd. V/1, S. 1411. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
- 17b. Jung, R., Carmichel, E. A.: Über vasomotorische Reaktionen und Wärme-regulation im katatonen Stupor. Arch. Psychiat. Nervenkr. **107**, 300—338 (1937).
18. Karman, H. L., Knebel, A., Semel, C., Cooper, J.: Clinical studies in Thermo-graphy. II. The application of thermography in evaluating musculo-ligamentous injuries of the spine. Meeting of the Thermography-Society of America, New York, N. Y. July 13th (1969).
19. Kröger, W.: Thermographie. Z. ges. inn. Med. **23**, 532—534 (1968).
20. Loew, F.: Klinik und Behandlung der lumbalen Bandscheiben. Handbuch der Neurochirurgie. Hrsg. H. Olivecrona u. W. Tönnis. Bd. VII, S. 164. Berlin-Heidelberg-Göttingen: Springer 1969.
21. Öberg, B., Rosell, S.: Sympathetic control of consecutive vascular sections in canine subcutaneous adipose tissue. Acta physiol. scand. **71**, 47—56 (1967).
22. Pässler, H. W.: Die Chirurgie der Durchblutungsstörungen. Zbl. Chir. **83**, 356—381 (1958).
- 23a. Reischauer, F.: Untersuchungen über den lumbalen und cervicalen Band-scheibenvorfall. Stuttgart: Thieme 1949.
- 23b. Reischauer, F.: Die postischialgische Durchblutungsstörung des Beines. Ein typisches Bandscheibensymptom der Spinalwurzel L₅. Med. Klin. **53**, 579—584 (1958).
24. Säker, G.: Die Periduralanaesthesie als Therapie beim Ischiassyndrom. Nerven-arzt **18**, 323—328 (1947).
25. Schliack, H.: Segmental innervation and the clinical aspects of spinal nerve root. Handbock of clinical neurology. Hrsg. P. J. Vinken and G. W. Bruyn, vol. 2, pp. 157—177. Amsterdam-New York: North-Holland Publ. Co. 1969.
26. Stary, O.: The pathogenesis of discogenic disease. Rev. Czech. Med. **2**, 1—16 (1956); zit. nach Loew (siehe 20).
27. Stöhr, Ph.: Mikroskopische Anatomie des vegetativen Nervensystems. Hand-buch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. Hrsg. v. Möllendorf. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1937.
28. Stricker, S.: Untersuchungen über die Gefäßnervenzurzeln des Ischiadicus. S.-B. Akad. Wiss. Wien (Math.-naturw. Cl.) **74**, 173 (1876).
29. Uvnäs, B.: Sympathetic vasodilatator outflow. Physiol. Rev. **34**, 608—618 (1954).
30. Voss, H. van, Thomas, P.: Medical thermography. Bibl. radiol. (Basel) **5**, 1969.

Prof. Dr. F. Duensing
 Dr. K. Rittmeyer
 Nervenkliniken der Universität
 D-3400 Göttingen
 v. Siebold-Str. 5
 Bundesrepublik Deutschland