

## 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  $S_1$ -root syndromes more frequently than in  $L_5$ -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  $L_5$ - and  $S_1$ -syndromes.

Monoradicular lesions of the 4th lumbar root were not observed because  $L_5$  and  $S_1$  were simultaneously affected. An additional hypothermic area at the extensor side of the thigh was found in  $L_4-S_1$  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  $S_1$ -Syndrom sind häufiger als bei  $L_5$  hypotherm Gesäß, Rückseite des Oberschenkels und Wade. Beim  $L_5$ -Syndrom betrifft die Hypothermie etwas häufiger die Außenseite des Oberschenkels und die Peronealgruppe. Eine Hypothermie der Planta pedis wird bei  $L_5$  und  $S_1$  gefunden.

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

Reine L<sub>4</sub>-Syndrome wurden nicht beobachtet. Bei der kombinierten Affektion der Wurzeln L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub> fand sich neben den beschriebenen Veränderungen infolge Kompression der Radices L<sub>5</sub> und S<sub>1</sub> 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. Wie weit Alterationen der lokalen chemischen oder reflektorischen Dilatation der Muskelgefäß mitspielen, bedarf der Untersuchung. b) *Störung der segmentalen vasomotorischen Innervation* der größeren Gefäße mit konsekutiver Durchblutungs-minderung der distalen Extremitätenabschnitte. c) *Schädigung der vasodilatatorischen Hinterwurzelfasern*, die vielleicht mit den cholinergen Vasodilatatoren 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 Dermatom, im Myotom und die segmentale Innervations-störung der größeren Gefäße.

**Schlüsselwörter:** Thermographie — lumbale Bandscheibenvorfälle — Gefäß-innervation.

### 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“ Areæ 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 Durch-blutungsstörungen berichtet. Weiterhin liegen wenige Mitteilungen über die Lokalisation von lumbalen Nucleus-pulposus-Prolapsen im Thermo-gramm der unteren Rückenpartie vor [8, 18].

Ausgehend von Hauttemperaturmessungen, die der eine von uns (D.) zusammen mit Warnecke früher bei Nervenschußverletzten vor-genommen hat, wurde die Methode zunächst bei peripheren Lähmungen erprobt. Diese Untersuchungen haben dann hingeführt zu der Beob-achtung, 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 & Sterzel<sup>1</sup> 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  $30 \times 40$  cm vorgenommen. 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 Fernsehanlage 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-Areæ“ 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 Isothermendarsteller 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  $S_1$ -Syndrome mit operativ bestätigtem präsacralen Prolaps, 8  $L_5$ -Syndrome mit Bandscheibenvorfall zwischen LWK 4 und 5, von denen 6 Operationsbefunde vorliegen, und 7 Patienten mit kombinierter Schädigung der Wurzeln  $L_4$ ,  $L_5$  und  $S_1$ , von denen 6 operativ behandelt worden sind (s. Tab. 1). Eine weitere Gruppe mit 10 Affektionen von  $L_5/S_1$  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 <sub>1</sub>	9		9
L <sub>5</sub>	6	2	8
L <sub>5</sub> /S <sub>1</sub>	8	2	10
L <sub>4</sub> /L <sub>5</sub> /S <sub>1</sub>	6	1	7
			34

Tabelle 2. Verminderung der Infrarotabstrahlung verschiedener Körperabschnitte beim S<sub>1</sub>-, L<sub>5</sub>- und L<sub>4</sub>-Syndrom unter Berücksichtigung der Intensität

		S <sub>1</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>4</sub> —S <sub>1</sub>
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 S<sub>1</sub>- und L<sub>5</sub>-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 S<sub>1</sub>-Syndromen 4 mal deutlich vergrößert und damit kälter (s. Abb. 4a rechts), einmal jedoch etwas verkleinert und 4 mal seitengleich. Die in 7 Fällen von L<sub>5</sub>-Syndrom abgebildete Glutealarea war 2 mal gering vergrößert und bot 5 mal seitengleiche Verhältnisse.

Die Oberschenkelstreckseite pflegt beim S<sub>1</sub>- und L<sub>5</sub>-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 S<sub>1</sub> als auch bei L<sub>5</sub> 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 L<sub>5</sub>-Syndrom haben wir 2 mal starke Hypothermien

Tabelle 3. Korrelation zwischen Parese, EMG und THG beim S<sub>1</sub>-Syndrom

Fall		Peroneal-	Wade	Fall		Peroneal-	Wade
		gruppe				gruppe	
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.

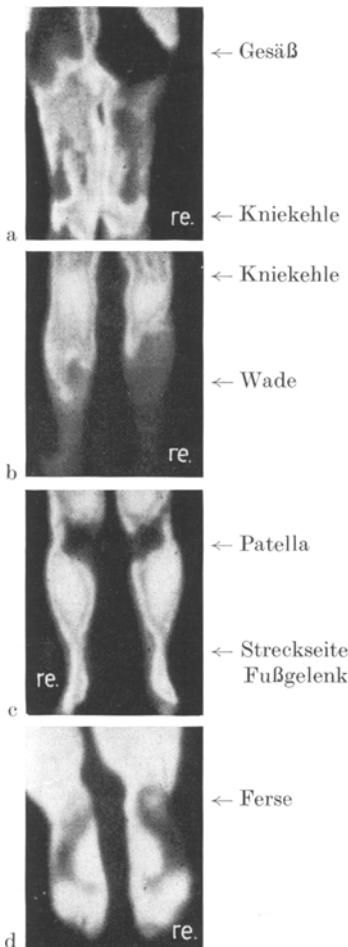


Abb. 1

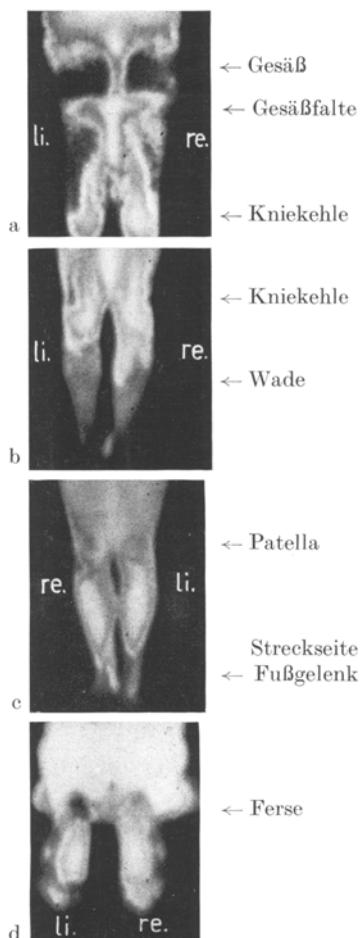


Abb. 2

Abb. 1. a Oberschenkelrückseite von einem S<sub>1</sub>-Syndrom rechts. Rechtes Gesäß kälter, desgleichen Oberschenkelrückseite rechts. b-d Anderer Fall von S<sub>1</sub>-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<sub>1</sub>-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

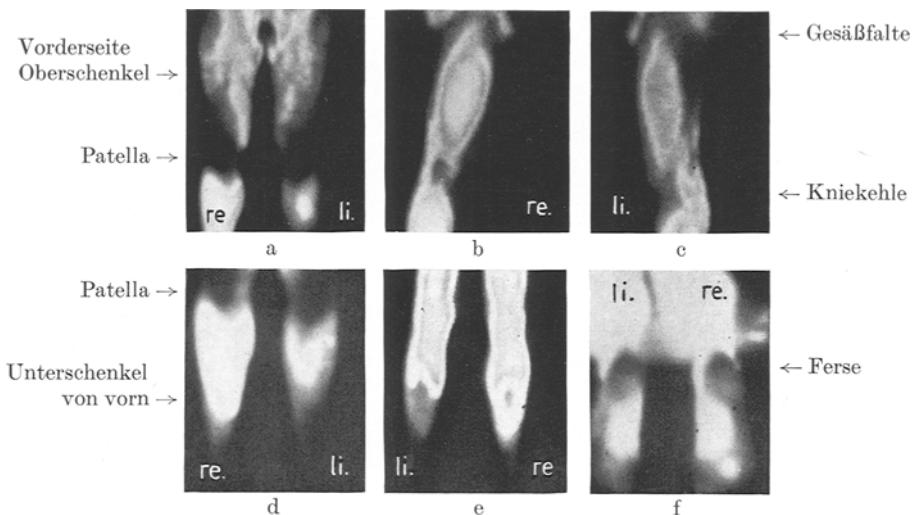


Abb. 3a–f. L<sub>5</sub>-Syndrom links. Distanz zur Kamera in a und e = 5 m, b, c, d und f = 2 m. a Oberschenkel von vorn: Angedeutete Hypothermie über dem linken M. vastus medialis, b und c Außenseite der Oberschenkel; links (c) herabgesetzte Wärmeabstrahlung, d Unterschenkel von vorn: Hypothermie über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

in der Region des M. glutaeus medius und einmal eine mäßige Hypothermie über der ganzen Lateralfläche des Oberschenkels beobachtet (vergleiche in Abb. 3c mit b). Schwächere Hypothermien kamen bei L<sub>5</sub> und S<sub>1</sub> 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 L<sub>5</sub>-Syndromen (Abb. 3d, 4b und 5b), bei den S<sub>1</sub>-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 L<sub>5</sub> als auch bei S<sub>1</sub> 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 S<sub>1</sub>-Syndrom (Abb. 1b, 2b) und kommen nur gelegentlich bei L<sub>5</sub> vor. Schwache Hypothermien werden dagegen sowohl bei L<sub>5</sub> als auch bei S<sub>1</sub> beobachtet (Abb. 3e).

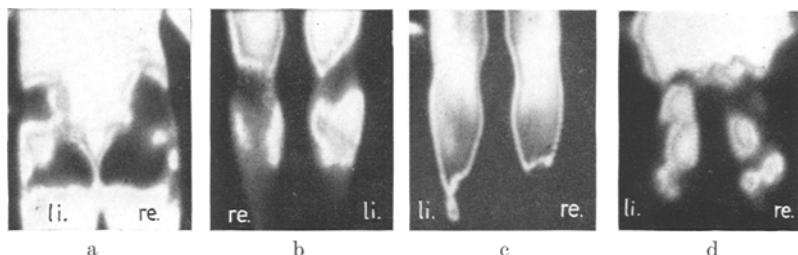


Abb. 4a—d. Kombinierte Schädigung der Wurzeln L<sub>5</sub> und S<sub>1</sub> rechts bei Prolaps der prässacralen Bandscheibe. a Gesäßkaltarea rechts vergrößert, b Unterschenkel von vorn: Hypothermie über der rechten Peronealgruppe, c rechte Wade distal kühler, d Planta pedis: lateraler Fußrand und Ferse rechts kühler

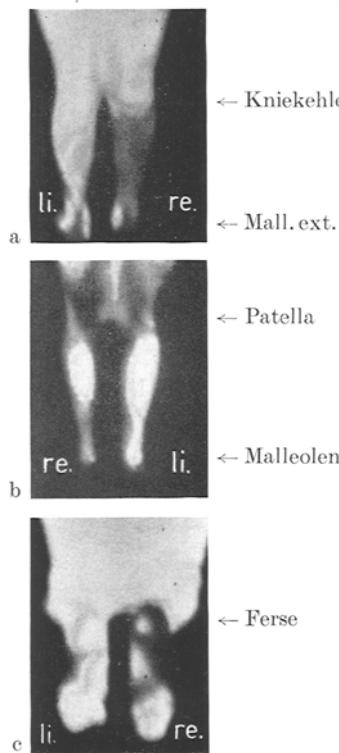


Abb. 5a—c. Kombinierte L<sub>5</sub>—S<sub>1</sub>-Läsion rechts. a Rechte Wade stark hypotherm, b rechte Peronealgruppe kühler, c rechte Planta pedis erheblich kühler

Die — wie erwähnt — in kniender Haltung abgebildete Planta pedis ist bei S<sub>1</sub> 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<sub>5</sub> kommen die gleichen Bilder vor, doch sind negative Fälle etwas häufiger als bei S<sub>1</sub>.

Der Fußrücken kann sowohl bei L<sub>5</sub> als auch bei S<sub>1</sub> kälter sein; häufig stellt sich eine Hypothermie über der Streckseite des Fußgelenkes dar (Abb. 2c).

#### *Affektion der Wurzel L<sub>4</sub> bis S<sub>1</sub>*

Eine isolierte Schädigung der Wurzel L<sub>4</sub> haben wir nicht beobachtet. 2 mal waren kombiniert L<sub>4</sub> und L<sub>5</sub> und 5 mal zugleich L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> und geringgradig auch S<sub>1</sub> betroffen. Die Bandscheibenprolapse waren zwischen Lendenwirbelkörper L<sub>4</sub> und L<sub>5</sub>, 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<sub>4</sub> ohne Ausnahme hypotherm (s. Tab. 2). Die verminderte Wärmeabstrahlung betraf 2 mal die ganze Vorderseite des Oberschenkels (Abb. 6a), wurde 3 mal 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<sub>5</sub> und S<sub>1</sub> resultierenden, bereits beschriebenen Veränderungen des THG (Abb. 6b—h).

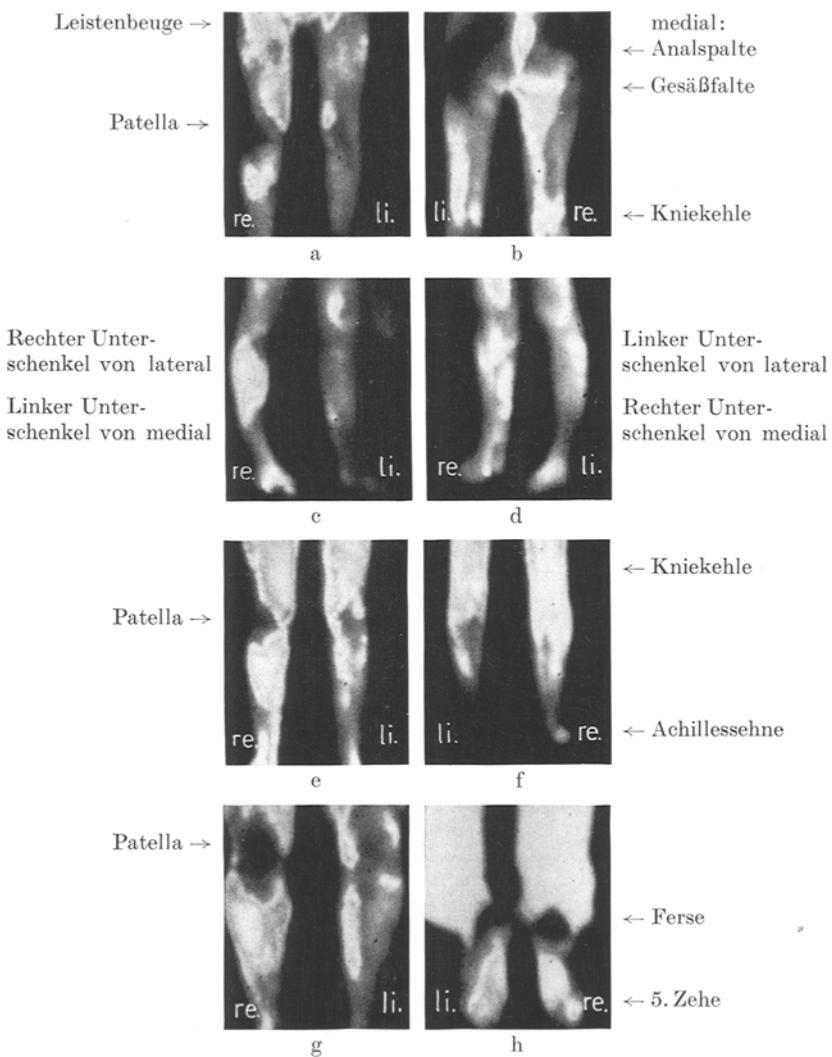
Über die Gruppe von 9 nicht operierten S<sub>1</sub>-Syndromen ist in kurzer Zusammenfassung folgendes zu berichten: Das Gesäß war einmal gering hypotherm und einmal eine Spur hypertherm, bot im übrigen aber nichts Pathologisches. Über der Vorderseite des Oberschenkels wurde einmal eine angedeutete Hypothermie verzeichnet. Die Rückseite des Oberschenkels war 2 mal 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 2 mal hypertherm. Hypothermie in der Region der Achillessehne wurde 3 mal verzeichnet. Die Streckseite des Fußgelenks war 4 mal hypo- und 2 mal hypertherm. Nicht weniger als 7 mal ließ sich noch eine Hypothermie der Planta pedis in dem oben gekennzeichneten Bereich nachweisen, 2 mal 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<sub>1</sub> und L<sub>5</sub> kombinierten sich die Thermogramme, wie sie bei der Läsion der Wurzel L<sub>5</sub> und S<sub>1</sub> 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<sub>4</sub> und L<sub>5</sub> 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 Peronealmuskulatur distal, e Unterschenkel von vorn: Hypothermie der linken Peronealmuskulatur distal, f Wadebild: 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 L<sub>5</sub>-Syndrom, teilweise mit geringer Beteiligung von S<sub>1</sub>

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 radikulären 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 [23 a, 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 Durchblutungsdrosselung 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 Muskelarbeit 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 Ausfallserscheinungen 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 Wärmeproduktion 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 Hautgefäß 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 L<sub>4</sub>—S<sub>1</sub>-Syndromen die motorischen Ausfälle, das EMG und das THG zueinander in Beziehung gesetzt.

Tab.3 bringt eine entsprechende Zusammenstellung von 9 S<sub>1</sub>-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 Zusammentreffen 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 L<sub>5</sub>-Syndromen verfahren. Hier konnten wir uns nicht nur auf die Wadenmuskulatur und die Peronealgruppe, sondern auch auf die Oberschenkelstrecker stützen. Beim L<sub>5</sub>-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 gleichmäßig 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 S<sub>1</sub> 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 gleichmäßig negativ.

Auch die durch 7 Fälle vertretene Gruppe mit simultaner Schädigung der Wurzeln L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> und S<sub>1</sub> 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 Wurzelbeschädigung durch lumbale Bandscheibenprolapse *zu den hypothermen Areae Muskelparesen 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 Muskelgefäß [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 Muskelgefäß, wird sich vorerst nicht entscheiden lassen.

Unter der Voraussetzung, daß es parallel zur segmentalen motorischen Innervation eine segmentale vegetative Innervation der Muskelgefäß 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 Gefäß der Extremitäten seitens der peripheren Nerven abschnittweise mit Vasomotoren versorgt werden. Analog könnte man eine segmentale vasomotorische Innervation der Gefäß postulieren. Diesbezügliche Untersuchungen scheinen jedoch noch zu fehlen. Eine Alteration der segmentalen reflektorischen Dilatation der großen Gefäß der unteren Extremitäten und zwar der A. femoralis, die mit Vasomotoren vornehmlich über den N. femoralis und damit vermutlich von den Segmenten L<sub>2</sub> bis L<sub>4</sub> 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<sub>1</sub> und L<sub>5</sub> 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<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> und S<sub>1</sub> 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 Vorderinnenseite 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<sub>1</sub>-Syndrom betont Oberschenkelrückseite und Wade und beim L<sub>5</sub>-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 Dermatom entsprechen. Wir übersehen dabei keineswegs, daß die gefun-

denen Hypothermien in manchen Punkten von den sensiblen Dermatomen abweichen. So sind bei S<sub>1</sub>-Syndromen nicht selten auch die Region des Malleolus internus sowie die Streckseite des Fußgelenks hypotherm, Gebiete, die sensibel von L<sub>4</sub> und L<sub>5</sub> versorgt werden. Der laterale Fußrand ist nicht nur beim S<sub>1</sub>-Syndrom hypotherm, wodurch der Eindruck einer Störung in diesem Segment entsteht, sondern auch bei L<sub>5</sub>. 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<sub>8</sub> und L<sub>2</sub> vorkommen. Somit liegt die Frage nahe, ob eine Schädigung der von Stricker [28] beim Hund und von Foerster [9 b] 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, 10 a, b, 12 a, b, 29].

Es handelt sich dabei um cholinerg-sympathische Vasodilatatoren, durch deren Reizung eine Erhöhung der Muskeldurchblutung bis zum 5fachen Ruhebetrag erzeugt werden konnte, ein Effekt, der durch sehr geringe Atropindosen aufgehoben wird. Der Nachweis dieser sympathischen Vasodilatatoren im peripheren Nerven gelingt allerdings nur nach Ausschaltung des Reizeffektes der sympathischen Vasoconstrictoren durch  $\alpha$ -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 Nervengeflechte 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 Dilatatoren* 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 Areae 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 S<sub>1</sub>-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).
- 12.b 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 Thermography. 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 Bandscheibenvorfall. Stuttgart: Thieme 1949.
- 23b. Reischauer, F.: Die postischialgische Durchblutungsstörung des Beines. Ein typisches Bandscheibensymptom der Spinalwurzel L<sub>5</sub>. Med. Klin. **53**, 579–584 (1958).
24. Säker, G.: Die Periduralanaesthesia als Therapie beim Ischiassyndrom. Nervenarzt **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. Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. Hrsg. v. Möllendorf. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1937.
28. Stricker, S.: Untersuchungen über die Gefäßnervenwurzeln 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