

J. Rohde • Klinik für Physiotherapie/Naturheilverfahren – Herbert-Krauß-Klinik im Klinikum Buch, Berlin

Die „Kenngelenke“ – segmentabhängige Gelenkinstabilitäten der unteren Extremitäten bei lumbalen Radikulärsyndromen*

Ergebnisse der Untersuchungen der Tiefensensibilität bei lumbalen Radikulärsyndromen = RS

Zusammenfassung

In einer ersten Studie gaben von 49 Patienten mit Radikulärsyndromen spontan 14 % an, unter Gelenkinstabilität im Knie- und oberen Sprunggelenk zu leiden. Bei diesen Patienten fanden wir bei 4 % Kinästhesiestörungen im Kniegelenk, bei 8 % im oberen Sprunggelenk, bei 31 % im MTP-Gel. I und bei 59 % im MTP-Gel. V. Bei gezielter Befragung in einer zweiten Studie mit 72 Patienten mit RS gaben wesentlich mehr (= 51 %) der Patienten Unsicherheit im Knie- und oberen Sprunggelenk an. Wir konnten eine segmentabhängige Gelenkinstabilität in Knie-, oberen Sprung- und Zehengrundgelenken feststellen und prägten den Begriff der „Kenn-Gelenke“ als logische Fortführung der Begriffe: „Kenn-Muskel und „Kenn-Periostareal“.

Als „Kenngelenke“ der einzelnen Wurzeln fanden wir:

Wurzel	„Kenn-Gelenk“
L ₄ –S ₁	Kniegelenk
L ₅ –S ₁	ob. Sprunggelenk
L ₅	Zehengrundgel. I + II
S ₁	Zehengrundgel. III–V

Schlüsselwörter

Radikulärsyndrom • Propriozeptionsstörung • Kinästhesiestörung • Gelenkinstabilität • „Kenn-Gelenk“

Über Gelenkinstabilitäten mit der Folge des Umknickens im instabilen Gelenk bei Patienten mit RS wurde bisher in der Literatur selten berichtet (s. unten).

Bei den von uns untersuchten RS-Patienten wurde jedoch spontan über Unsicherheit und Umknicken im Knie- und ob. Sprunggelenk geklagt (Rohde [17]). In dieser Arbeit beschäftigte uns die Häufigkeit der Äußerung der Gelenkinstabilität nach gezielter Befragung und die weitere Untermauerung der These von der segmentalen Zuordnung dieser Gelenke.

Untersuchungen

Wir untersuchten in der 1. Studie [17] die spontan angegebenen Gelenkinstabilitäten bei Patienten mit RS und die Gelenkbewegungsempfindung (= Kinästhesie) im Knie-, oberen Sprung- und den Zehengrundgelenken (Metatarsophalangealgelenken = MTP-Gelenke) bei allen 49 Patienten mit RS.

In der jetzigen 2. Studie fragten wir die RS-Patienten gezielt nach Gelenkinstabilitätsempfindungen mit Umknicken im Knie- und oberen Sprunggelenk und untersuchten dann an diesen Gelenken die Bewegungsempfindung.

Patienten

Bei der 1. Studie waren es 49 Patienten mit RS (30 Frauen und 19 Männer, mit einem Durchschnittsalter von 51,1 Jahren, Min. 31 und Max. 71 Jahren).

In dieser 2. Studie untersuchten wir 95 Patienten, die wegen akuter/rezidivierender Lumboischialgie stationär behandelt wurden.

Wir hatten 2 Gruppen von Patienten in der Studie:

1. Patienten mit Radikulärsyndrom und damit typischen neurologischen Ausfällen und 2. Patienten mit im CT bzw. MRT gesicherten Nucleus-pulposus-Prolaps bzw. Protrusion ohne neurologische Ausfälle – als Kontrollgruppe.

Patienten mit Pseudoradikulärsyndromen ohne nachgewiesenen Prolaps bzw. Protrusion waren nicht in der Studie enthalten. Patientencharakteristika s. Tabelle 1.

Methoden

Es wurden die 95 Patienten gezielt nach Gelenkinstabilitäten und Umknicken im Knie- und oberen Sprunggelenk befragt, und dann wurde in diesen angegebenen Gelenken die Bewegungsempfindung (= Kinästhesie) untersucht. Dabei haben wir 10 mal hintereinander die Bewegungsempfindung zuerst auf der gesunden und sofort danach auf der kran-

* Nach einem Vortrag auf dem Internationalen Kongreß zu Themen der Klassischen Naturheilkunde, der Europäischen Gesellschaft für klass. Naturheilkunde, vom 5.–8. Juni 1997, Berlin

Dr. J. Rohde
Klinik für Physiotherapie/Naturheilverfahren,
Wiltbergstraße 50, D-13122 Berlin

Tabelle 1

Patientencharakteristika der untersuchten Patienten mit akuten schweren Lumboischalgien

	n	♀	♂	Durchschnittsalter (J.)	Min.-Max. (J.)
1. Lumbale Radikulärsyndrome	72	45	27	50,0	16–77
2. CT/MRT gesicherter NpProlaps/bzw. Protrusion ohne neurolog. Ausfälle	23	18	5	49,0	32–67
Gesamt	95	63	32	49,7	16–77

Tabelle 2

Spontane Angaben des einzelnen RS-Patienten zu Gelenkinstabilitäten

	L ₄	L ₅	S ₁	L ₄ -S ₁	L ₅ -S ₁	Gesamt	%
n	5	6	19	8	11	49	100
Kniegelenk	1	∅	∅	1	∅	2	4
Oberes Sprunggelenk	∅	∅	∅	2	3	5	10

ken Seite vergleichend untersucht. Der periphere Gelenkpartner (das ist beim Kniegelenk der Unterschenkel und beim oberen Sprunggelenk der Fuß) wurde jeweils cranial- und caudalwärts bewegt und die Bewegungsempfindung des Patienten abgefragt.

Ergebnisse

Bei der 1. Studie [17] machten die Patienten spontan folgende Angaben über Gelenkinstabilitäten (s. Tabelle 2).

Bei allen 49 Patienten wurde die Kinästhesie im Knie-, oberen Sprung- und den Zehengrundgelenken I–V untersucht und es fanden sich folgende Verhältnisse (s. Tabelle 3).

In der 2. Studie wurden 95 Patienten gezielt nach Instabilitäten in Knie- und oberen Sprunggelenk befragt. Sie machten folgende Angaben (s. Tabelle 4).

Die 72 Patienten der ersten Gruppe mit neurologisch radikulären Ausfallsyndromen machten nach gezielter Befragung zu Gelenkinstabilitäten im Knie- bzw. oberen Sprunggelenk folgende Angaben (s. Tabelle 5).

Bei den Patienten mit geklagter Gelenkinstabilität fanden wir folgende Häufigkeit der Kinhyp- bis Kinanästhesie in diesen Gelenken (s. Tabelle 6).

Diskussion

Hinweise zum Zusammenhang von „Umknicken im Fuß“ und „Schwäche im Bein“ sowie „Nachlassen der Elastizität“ des Beines und Radikulärsyn-

drom S₁ finden sich bei Hansen u. Schliack [7].

Benini [1] spricht von einer „Schwäche im Knie, seltener im Fußgelenk und im ganzen Bein“ bei Läsion der Wurzel L₄ sowie Schwächegefühl für die Extension der Großzehe, des ganzen Fußes oder „im ganzen Bein“ bei RS L₅. Bei RS S₁ kommt es zur Pronationsparese, d. h. „der Pat. knickt im Gehen mit dem Fuß nach außen um“.

Weiterhin wird das Instabilitätsgefühl der Beine mit „Umknicken der Knie“ nach nur wenigen Schritten als typisches Symptom der Claudicatio intermittens der Cauda equina beschrieben. Bei monoradikulären Symptomen kann die Schwäche „oft im ganzen Bein empfunden“ werden. „Schwäche der Beine“ (bei 50% der Patienten) und Gangunsicherheit sowie Schweregefühl werden auch bei lumbalen Spinalstenosen als häufige Beschwerden angegeben [20].

Hinweise zum Zusammenhang zw. lumbalen Nervenwurzeln und Knie- bzw. oberen Sprunggelenk sind bei Schmid [19] zu finden, der bei der Chirotherapie und Neuraltherapie von Kniegelenkserkrankungen die Segmente L₃₋₅ und bei der Erkrankung des Sprunggelenkes Behandlung von L₅ und Sakralwirbeln empfiehlt.

Unsere Untersuchungen wurden angeregt durch die spontanen Angaben der RS-Patienten über Unsicherheit und Umknicken im Knie bzw. oberen Sprunggelenk. Außerdem waren wir durch unsere Untersuchungen über die Periostklopferschmerzhaftigkeit bei RS [16] sensibilisiert auf die segmentale Innervation des Periostes. Die segmentale Innervation der Extremitätengelenke

Tabelle 3

Kinhyp- bis Kinanästhesie in Knie-, oberen Sprung- und Zehengrundgelenken I–V bei Pat. mit lumbalen RS (1. Studie)

	L ₄	L ₅	S ₁	L ₄ -S ₁	L ₅ -S ₁	Gesamt	in %
n	5	6	19	8	11	49	100
Kniegelenk	1	∅	∅	1	∅	2	4
oberes Sprunggelenk	∅	∅	∅	2	2	4	8
MTP-Gel. I	∅	4	1	4	6	15	31
MTP-Gel. II	∅	3	3	1	3	9	18
MTP-Gel. III	∅	2	6	1	4	12	24
MTP-Gel. IV	∅	2	8	1	5	15	31
MTP-Gel. V	∅	3	12	6	8	29	59

Tabelle 4

Gezielte Fragen nach Gelenkinstabilität bei 95 Patienten mit akuten rezidivierenden Lumboischialgien

	<i>n</i>	Gezielte Befragung auf Gelenkunsicherheit u. Umknicken im Knie- u. ob. Sprunggel.	Bewegungsempfindungsstörung im Knie- und Sprunggel. bei Gelenkunsicherh.	Hypalgesie im Dermatom	Abschwächung im Kenn-Reflex	Abschwächung im Kennmuskel
1. Pat. mit RS = in %	72 100	37 51	7 10	63 88	43 60	37 51
2. Pat. mit CT/MRT-gesichert. NpProl./Protrus. ohne neurolog. Ausfälle	23	2	0	0	0	0
Insgesamt	95					

Tabelle 5

Antworten der 72 Patienten mit RS auf gezielte Befragung zu Instabilitäten im Knie- und oberen Sprunggelenk (= 2. Studie)

Pat.	L ₄	L ₅	S ₁	L ₄ -S ₁	L ₅ -S ₁	Gesamt	in %
<i>n</i>	4	12	21	6	29	72	100
Kniegelenk	∅	1	1	4	2	8	11
oberes Sprunggelenk	∅	2	6	5	16	29	40
Gesamt						37	51

ist dann nur eine logische Fortsetzung dieser Thematik. Während sich nur 14 % der RS-Patienten spontan über Unsicherheit und Umknicken im Knie- bzw. oberen Sprunggelenk äußerten (s. Tabelle 2), waren es jedoch 51 %, die nach gezielter Nachfrage Instabilitäten in oben genannten Gelenken angaben (s. Tabelle 5). Die häufigsten Angaben zu Unsicherheit im Kniegelenk machten Patienten mit RS L₄-S₁ (4 mal) und im oberen Sprunggelenk Patienten mit RS L₅-S₁ (16 mal).

Bei den Untersuchungen der Gelenkbewegungsempfindung der 49 Patienten fanden wir die meisten Kinhypanästhesiefunde in den Grundgelenken der Großzehe bei RS L₅ (4 mal) und in den Grundgelenken der 5. Zehe bei RS S₁ (12 mal) (s. Tabelle 3).

Bei RS L₅-S₁ waren es 6 mal die Grundgelenke der Großzehe bzw. 8 mal die Grundgelenke Dig. V. Daraus leiten wir die Segmentabhängigkeit der Gelenkinstabilität ab und prägen den Begriff des „Kenngelenkes“ in Fortführung der Begriffe „Kennmuskel“ [7]

und „Kennperiostareal“ [16]. Wir stellen folgende Zusammenhänge fest (s. Tabelle 7 und Abb. 1).

Definition: Kenngelenke sind Gelenke, die von bestimmten Nervenwurzeln versorgt werden und sich bei Kompression und Schädigung im Rahmen von RS kenntlich machen durch Unsicherheitsgefühle und Störungen in der Propriozeption (z. B. Kinästhesie).

Ein wichtiges Ergebnis unserer Untersuchungen ist, daß in unserer 2. Studie von 95 Patienten, die Patienten mit echten radikulären Ausfallerscheinungen 37 mal (= 51 %) bei geziel-

ter Befragung über Unsicherheit und Umknicken in best. Gelenken klagten, während bei der Kontrollgruppe, den Patienten ohne radikulären Ausfällen, nur 2 Patienten (= 8,6 %) Unsicherheit im Kniegelenk verspürten. Diese beiden Patienten hatten eine Gonarthrose, bei welcher Unsicherheit im Kniegelenk als Symptom bekannt ist [3].

Aus unseren Untersuchungen [16, 17] ergibt sich die segmentale Innervation von Periost, Knochen und damit auch der Gelenke. Diese Zusammenhänge sind wesentlich schwieriger zu erkennen, als z. B. im Bereich der Sensibilität der Haut, weswegen auch von „larvierter Metamerie“ gesprochen wurde [13].

Die Ursachen für die Gelenkunsicherheit und das Umknicken und die häufigen Stürze dürften demnach auch v. a. die 3 Symptome der neurologischen Trias der RS sein:

1. Die am häufigsten auftretende *Hypalgesie* im Dermatom, von 88 % und damit eng verbunden auch die von uns festgestellten Störungen der Tiefensensibilität [17]. Aus der Gelenkrau-

Tabelle 6

Kinhypanästhesie im Knie- und oberen Sprunggelenk bei den angegebenen Instabilitäten in diesen Gelenken

	L ₄	L ₅	S ₁	L ₄ -S ₁	L ₅ -S ₁	Gesamt	= %
<i>n</i>	4	12	21	6	29	72	
Kniegel.	∅	∅	∅	1	∅	1	1,3
Oberes Sprunggelenk	∅	∅	∅	1	5	6	8,3

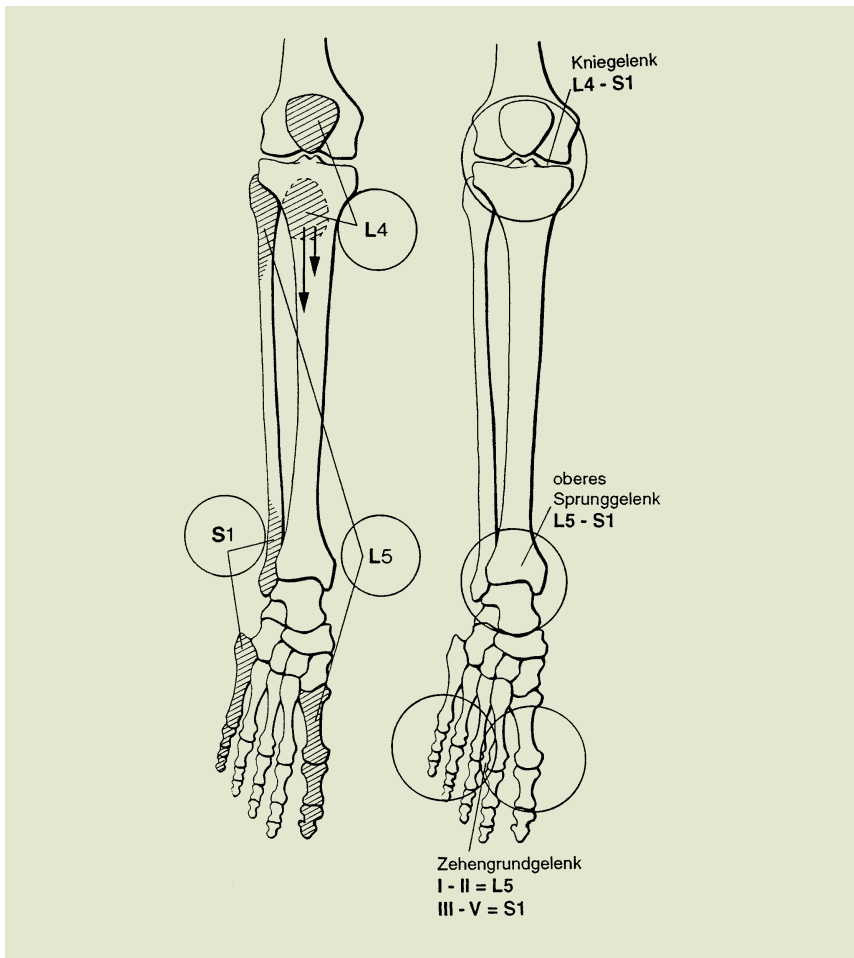


Abb. 1 ▲ „Kenneriostareale“ (s. Rohde [16]) und die „Kengelenke“ in Beziehung zu den lumbalen Wurzeln

matologie ist bekannt, daß die geschädigte Afferenz bei der Entstehung von instabilen Fußgelenken eine große Rolle spielt (s. Freeman et al., zit. nach Janda [8]). Karlsson (zit. von Frank et al. [5]) fand eine verlängerte Reaktionszeit der Peronealmuskulatur bei traumatisch bedingter funktioneller Instabilität des oberen Sprunggelenkes und schloß auf ein propriozeptives Defizit (s. auch Gandevia et al. [6]).

- Die an 2. Stelle stehende Abschwächung bis *Ausfall der Muskeldehnungsreflexe* von 60% und damit Reduzierung der Sicherung und des Schutzes der entsprechenden Gelenke bei Muskeldehnung durch schnelle Extrembewegungen.
- Die Abschwächung der *Kennmuskeln* von 51% und insbesondere die Muskelhemmung (s. Freeman et al., zit. von Janda [8]). Bei der funktionellen Instabilität des oberen Sprunggelenkes nach Trauma fand Tropp, zit. von

Frank et al. [5] anhand isokinetischer Messungen eine Schwäche der Peronealmuskulatur.

Die Propriozeption des oberen Sprunggelenkes:

Die Propriozeption ist zuständig für die Information über Haltung und Bewegung, insbesondere über Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung und für die Gelenkkontrolle. Der Begriff Propriozeption wird heute sogar zur Beschreibung der Funktion des gesamten afferenten Systems gebraucht [9].

Gandevia et al. [6] wiesen nach, daß die beste propriozeptive Wahrnehmung nur möglich wird durch die Kombination der Wahrnehmung von Rezeptoren der Gelenke, der Haut und der das Gelenk bewegenden Muskeln. Es wurde ein „Gelenksinn“ und ein „Muskel-sinn“ unterschieden. Der Stellungssinn des Gelenkes wurde daher als kombinierte Wahrnehmung von Gelenk- und Muskelrezeptoren angesehen. Die

Mechanorezeptoren in den Kapseln und Bändern der menschlichen oberen Sprunggelenke steuern, neben anderen Rezeptoren, die präzise stetige Kontraktion der Fuß- und Unterschenkelmuskulatur, um den Fuß auch auf unebenem Boden zu stabilisieren. Die funktionelle Stabilität der oberen Sprunggelenke ist durch einen intakten Reflexmechanismus begründet. Die Gelenkrezeptoren des oberen Sprunggelenkes spielen z. B. bei der Haltungsreflexautomatik im Stehen eine entscheidende Rolle (s. Vele [22]).

Die Stabilisatoren des oberen Sprunggelenkes sind ventral der M. tibialis anterior (= Kennmuskel von L₄ u. L₅) und dorsal der M. triceps surae (= Kennmuskel von S₁). Die von uns gefundenen Instabilitäten des oberen Sprunggelenkes bei RS L₅-S₁ können also auch z. T. auf Abschwächung bzw. Hemmung dieser Kennmuskeln zurückgeführt werden.

Diese Erkenntnisse unserer Untersuchungen sind für die Patienten sehr wichtig. Das bedeutet, daß besonders Patienten mit mehrwurzeligen RS (z. B. L₄-S₁ und L₅-S₁) Instabilitäten der Knie bzw. der oberen Sprunggelenke haben können und vor Stürzen beim Laufen auf unebenem Boden, beim Treppabsteigen und in der Dunkelheit von uns gewarnt werden müssen. Die Verordnung eines Stockes oder einer Unterarmstütze ist in der Lage, den Patienten mehr Sicherheit zu geben.

Eine große Bedeutung haben ebenfalls die gefundenen Störungen der Tiefensensibilität (Kinästhesie) in den **Zehengrundgelenken** (= Metatarsophalangeal-Gelenke = MTP). Bei unseren 49 Patienten (s. Tabelle 3) fanden wir diese am Dig. I = 15 × (= 30,6%) und am Dig. V = 29 × (= 59,1%), bei gleichzeitig bestehender Hypalgesie in diesen Zehen.

Tabelle 7

Die lumbalen Wurzeln und ihre „Kengelenke“

Wurzel	„Kengelenk“
L ₄ -S ₁	Kniegelenk
L ₅ -S ₁	ob. Sprunggelenk
L ₅	Zehengrundgelenk I u. II
S ₁	Zehengrundgelenk III-V

Die Zehengrundgelenke (genauer die Köpfchen der Metatarsalia) I–V sind wichtige Kontaktpunkte des Fußes beim stehenden Menschen. Die Hauptkörperlast geht über die MTP I u. V und Kalkaneus (s. Kapandji [11]):

MTP I ist der vordere, mediale Auflagepunkt (= A) des medialen Längsbogens und MTP V ist der vordere Stützpunkt (= B) des lateralen Längsbogens. Der Kalkaneus ist der hintere Stützpunkt (= C). Die Lastenverteilungen sind: B : A : C = 1 : 2 : 3. Beim aufrechten Stand übernehmen MTP I und V die Hälfte des Körpergewichtes, wobei MTP I doppelt so viel wie MTP V übernimmt, d. h. daß die Auflagepunkte A, B und C, genauer die Afferenzen aus der Oberflächen- und Tiefensensibilität, wichtig für die Erhaltung des Gleichgewichtes beim Stehen sind. Das Periost des Kalkaneus gehört nach unseren Untersuchungen der Periostklopferschmerzhaftigkeit zu S_1 , weil wir bei RS S_1 häufig Periostdysalgesien am Kalkaneus fanden (bisher unveröffentlicht). Störungen der Propriozeption haben Fehlinformationen zum Gehirn zur Folge. So fühlt der Patient bei Störungen der Gelenkbewegungsempfindung (Kinanästhesie) in den Zehengrundgelenken z. B. nicht, ob er die Zehen nach oben oder unten bewegt; und bei Störung der Oberflächensensibilität in den Zehen (z. B. bei RS L_5 – S_1) wird der Bodenkontakt der Zehen nicht richtig gespürt und zur Zentrale gemeldet. Das Gefühl der festen Bodenhaftung der Füße bleibt also aus.

Die Propriozeption des Fußes:

Bei der propriozeptiven Bewegungssteuerung nimmt der Fuß eine Schlüsselrolle ein, s. Nepper [14]. Nach Sachse [21] sind die Füße sogar eine wichtige Schlüsselregion für die gesamte Motorik überhaupt. Mechano- und Propriozeptoren der Fußsohle aktivieren die Fußmuskulatur, welche die Gelenkachsen und das Quer- und Längsgewölbe des Fußes sichern.

Diehm [4] berichtet, daß neurologische Untersuchungen zeigten, daß die Reizung der Rezeptoren der kurzen Ze-

henmuskeln sich auf die Kräftigung der Rückenmuskeln reflektorisch auswirkt. Beim Menschen wirken die Dehnungsrezeptoren der Fußmuskeln und die Druckrezeptoren der Haut ausreichend auf die Haltungsregulierung des Rumpfes. Störungen der Propriozeption des Fußes müssen daher auch zwangsläufig Störungen der Haltung des Rumpfes verursachen.

Fußfehlformen und Fußschwächen lösen nach Klinkmann-Eggers [12] eine Kettenreaktion von funktionellen Veränderungen in den Nachbargelenken bis hoch zur Wirbelsäule und auch zur Rückenstreckmuskulatur aus. Die tragende und zugleich v. a. die steuernde Funktion des Fußes sind die Basis der menschlichen Haltung überhaupt. Daher können haltungsverbessernde Verfahren gut über den Fuß wirksam werden (s. unten).

Die Rezeptoren der Fußsohle haben (neben den Rezeptoren der Nackenmuskeln und dem Sakroiliakalareal) den wichtigsten propriozeptiven Einfluß [8].

Die **Therapie** zur Verbesserung der Propriozeption sollte aus diesem Grunde auch über die Afferenzen der Füße aufgebaut werden. Freeman et al. (1965), zit. von Jerosch [10], wiesen nach, daß die propriozeptive Wahrnehmung durch koordinatives Training positiv beeinflusst werden kann. Ein gezieltes Training zur Schulung der neurophysiologischen Defizite hat sich z. B. bei Fußballspielern bewährt (s. Tropp et al., zit. von Jerosch [10]).

Die kognitiven Übungen nach Perfetti, die mit dem Prinzip der zentralen Fazilitation arbeiten [15] (im Sitzen möglich) und die sensomotorischen Fazilitation („Kurzfuß-Technik“ nach Janda [9]) wenn der Patient schmerzfrei sitzen und stehen kann, sind sehr zu empfehlen (s. auch Bizzini et al. [2]).

Die Verstärkung des afferenten Einstromes über die Füße ist ein wichtiges Verfahren in der Rehabilitation auch der RS-Patienten geworden und läßt z. B. die Abschwächung bzw. Hemmung der Kennmuskeln schneller überwinden (Schild-Rudloff [18]). Janda [9] sah eine wesentliche Verringerung der Operationsindikation bei Pat. mit Bandscheibenvorfällen durch seine Methode.

Literatur

- Benini A (1991) **Der lumbale Bandscheibenschaden**. Kohlhammer, Stuttgart Berlin Köln, S 124–126
- Bizzini M, Mathieu N, Steens J-C (1991) **Propriozeptives Training der unteren Extremitäten auf instabilen Ebenen**. Manuel Med 29: 14–20
- Brügger A (1977) **Die Erkrankungen des Bewegungsapparates und seines Nervensystems**. Fischer, Stuttgart New York, S 1079, 1082
- Diehm L (1979) **Die Fuß-Fibeln**. Limpert, Bad Homburg
- Frank D, Kniffler H, Obermeyer J, Biehl G (1996) **Die Watson-Jones-Plastik bei sportbedingter fibularer Bandinstabilität**. In: Süßenbach F, Maaz B, Gierse H, Bergmann EG (Hrsg) Das obere Sprunggelenk. ecomed, Landsberg, S 251–261
- Gandevia SC, Mc Closkey DI (1976) **Joint sense, muscle sense, and thur combination as position sense, measured at the distal interphalangeal joint of the middle finger**. J Physiol 260: 387–407
- Hansen K, Schliack H (1962) **Segmentale Innervation**. Thieme, Stuttgart, S 92–96
- Janda V, Vavrova M (1996) **Sensory motor stimulation**. In: Liebensson C (ed) Rehabilitation of the spine. Wilkens, Baltimore, pp 319–328
- Janda V (1997) **Sensomotorische Fazilitationstechniken**. Vortrag und Demonstration, 102. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Physikal. Medizin und Rehabilitation, 2.–4. 10. 97 – Leipzig
- Jerosch J, Castro WHM, Hofstetter I, Bischof M (1994) **Propriozeptive Fähigkeiten bei Probanden mit stabilen und instabilen Sprunggelenken**. Dtsch Z Sportmed 45: 380–389
- Kapandji JA (1992) **Funktionelle Anatomie der Gelenke, Bd 2**. Enke, Stuttgart, S 226–227
- Klingmann-Eggers R (1986) **Spezifische Haltungskorrektur**. Fischer, Stuttgart
- Mumenthaler M, Schliack H (1993) **Läsion peripherer Nerven**. Thieme, Stuttgart New York, S 6
- Nepper H-U (1993) **Propriozeptive Ansätze in der Bewegungstherapie**. ZAT-Journal 19–23
- Perfetti C (1997) **Der hemiplegische Patient, kognitiv-therapeutische Übungen**. Pflaum, München, S 149–212
- Rohde J (1997) **Untersuchungen der Klopferschmerzhaftigkeit des Periostes der Extremitäten bei cervikalen und lumbalen Radikulärsyndromen**. Manuel Med 35: 313–318
- Rohde J (1998) **Untersuchungsergebnisse der Tiefensensibilität bei lumbalen Radikulärsyndromen**. Manuel Med (im Druck)
- Schild-Rudloff C (1997) **persönliche Mitteilung**
- Schmid J (1960) **Neuraltherapie**. Springer, Wien, S 185–186
- Schulitz K-P, Wehling P, Assheuer J (1996) **Die lumbale Wirbelkanalstenose**. Dtsch Ärztebl 93: 2592–2596
- Sachse J (1997) **Kursus für Manuelle Therapie**, W3 in Berlin
- Vele Fr (1968) **Wirbelgelenk u. Bewegungssegment innerhalb des Steuerungssystems der Haltemuskulatur**. Manuel Med 6: 94–96