

Schmidt R, Benesch S, Hald R, Herbst A, Gerngroß H(+), Friemert B

Die Inzidenz und Wertigkeit des propriozeptiven Defizites bei Patienten mit chronischer Instabilität des oberen Sprunggelenkes

Incidence and relevance of proprioceptive deficits in patients with chronic ankle instability

Chirurgische Klinik des Bundeswehrkrankenhauses Ulm

Zusammenfassung

Für die chronische Instabilität können sowohl mechanische Gründe als auch neuromuskuläre bzw. funktionelle Defizite ursächlich sein. In der Studie soll an einem Patientenkollektiv mit chronischer Sprunggelenkinstabilität die peroneale Reaktionszeit (PRT) bestimmt und analysiert werden, ob die PRT im Rahmen des funktionellen Defizites erhöht ist. Die Untersuchung beinhaltet einen diagnostischen Algorithmus, den 91 Patienten mit chronischer Sprunggelenkinstabilität durchliefen. Er bestand aus Anamneseerhebung, klinischer Untersuchung, Röntgendiagnostik mit gehaltenen Aufnahmen und Bestimmung der PRT.

Nur bei 30 % (n=27) der chronisch instabilen Patienten zeigte sich bei der radiologischen Stressdiagnostik ein signifikanter Seitenunterschied zwischen betroffenem und gesundem Bein bei der Taluskippung (p=0,002) und beim Talusvorschub (p=0,04). Bei sportlich aktiven Patienten (18-25 Jahre, n=67) fand sich am betroffenen Bein eine signifikante PRT-Verlängerung für den M. peron. long. von 70,1 ms (\pm 10,1 ms) (p<0,05) und von 78 ms (\pm 9,3 ms) für den M. peron. brev. (p<0,05). Es fanden sich keine Zusammenhänge zwischen peronealer Reaktionszeit und Umknickhäufigkeit sowie Dauer des Krankheitsverlaufes.

Entgegen der in der Pathobiomechanik getroffenen Unterscheidung zwischen mechanischer und funktioneller Instabilität können in Bezug auf das klinische Gesamtbeschwerdebild beide Begriffe nicht isoliert betrachtet werden. Die Pronatoren als wesentliche Stabilisatoren des oberen Sprunggelenkes sollten sowohl in der Diagnostik und in therapeutische Überlegungen mit einbezogen werden.

Schlüsselwörter: Chronische Sprunggelenkinstabilität, Diagnostik, Peroneale Reaktionszeit

Einleitung

Ursächlich für Verletzungen am Kapsel-Band-Apparat des oberen Sprunggelenkes als häufigste traumatische Läsionen der unteren Extremität sind hauptsächlich spezifische Unfallmechanismen, wobei ein besonderes Risiko von Sportarten mit einer großen Sprungbelastung, wie z.B. Basketball, Badminton, Squash und Fußball ausgeht (1, 12, 13). Die Inzidenz einer traumatischen Bandläsion am oberen Sprunggelenk beträgt ca. 7/1 000 Personen pro Jahr (5). Diese hohe Inzidenz begründete in der Vergangenheit eine differenzierte Diskussion über Diagnosemöglich-

Summary

Underlying causes for chronic ankle joint instability have been classified in mechanical or functional disorders. The goal of this study was to measure peroneal reaction time (PRT) in patients with chronic ankle joint instability in order to determine whether the PRT in these patients is prolonged due to deficits in joint function.

91 patients with chronic ankle instability were included in the study. In all of them a thorough history and physical as well radiographic imaging was performed and the PRT was calculated.

Radiographic imaging showed a significant side-to-side difference between the injured and the normally-functioning ankle in only 30% (n=27) of the patients with chronic joint instability. In physically active patients (18-25 a, n=67), a significantly prolonged PRT was found in the long peroneal muscle (70.1 ms, \pm 10.1 ms, p<0.05) as well as in the short peroneal muscle (78ms, \pm 9.3 ms, p< 0.05) of the injured leg. There was no correlation between PRT and how often patients twisted their ankle or how fast they recovered.

In biomechanics, there has been strict differentiation between mechanical and functional deficits causing ankle joint instability. We believe that these terms should not be isolated from each other; both together account for chronic ankle joint instability. As the main ankle stabilizing muscle group, the pronator muscles should be taken into consideration in diagnostic work-up as well as in therapeutic approaches for chronic ankle instability.

Key words: chronic ankle joint instability, diagnostic work-up, peroneal reaction time

lichkeiten und suffiziente therapeutische Maßnahmen beim akuten Supinationstraumas. Die besondere Wertigkeit dieses Verletzungsmusters macht eindringlich Verhalten deutlich. Er fand bei einer Nachuntersuchung 6 Jahre nach Ersttrauma bei 39 % aller Patienten ein Instabilitätsgefühl (giving way), bei 24 % eine rezidivierende Schwellneigung und bei 18 % Schmerzsyndrome (32). Andere Autoren berichten über Residualbeschwerden bei 10-30 % aller Patienten nach akutem Trauma (25, 26).

Entgegen der in der Vergangenheit vielfach publizierten Untersuchungen, in denen eine strikte Unterscheidung in mechanische und funktionelle Instabilität getroffen wurde, können in Bezug auf das klinische Beschwerdebild

des Patienten beide Begriffe nicht strikt voneinander getrennt betrachtet werden. Es muss berücksichtigt werden, dass eine infolge eines Traumas bedingte mechanische Instabilität eine funktionelle Instabilität durch Rezeptorschädigung bedingt oder von dieser begleitet wird (23, 29). Mit einem an die spezielle Fragestellung der neuromuskulären Komponente angepassten Rhombertest führten Freeman et al. die ersten Analysen des propriozeptiven Defizites in Folge traumatischer Bandläsionen am oberen Sprunggelenk durch (10). Die systembedingte Schwäche dieser Methode war jedoch die fehlende Quantifizierbarkeit. Den Versuch einer Objektivierung unternahm 1984 Tropp et al. durch die Einführung der Stabilometrie (31). Mit dieser Methode werden die im Einbeinstand resultierenden Bodenreaktionskräfte gemessen. Tropp et al. konnten zeigen, dass bei Patienten mit chronischer Instabilität die Schwankungsbreite der Bodenreaktionskräfte größer ist als bei sprunggelenkgesunden Probanden. Ein entscheidender Schritt hin zur weiteren Quantifizierbarkeit des neuromuskulären Defizites zwischen den Kapsel-Band-Strukturen und der Peronealmuskulatur war die Einführung der Bestimmung der peronealen Reaktionszeit (PRT). Diese wurde deshalb in den letzten Jahren in einer Vielzahl von Studien eingehend untersucht (4, 8, 15, 21). Laut Nawoczenski lässt die PRT-Messung eine Interpretation der Integrität des gelenkprotektiven Regelkreises zwischen Propriozeptoren und aktiven Gelenkstabilisatoren zu (28).

Die Messung der PRT wurde zwar als objektive, quantifizierbare Methode zur Beurteilung der funktionellen Komponente der chronischen Instabilität betrachtet, trotz einer Vielzahl von Studien wurde sie jedoch nur an verhältnismäßig kleinen Patientenzahlen erprobt. So finden sich bei einer Literaturrecherche zwischen 1986 und 2001 insgesamt 17 Studien, wobei hier insgesamt nur 502 Patienten und maximal 44 Patienten mit chronischer Instabilität pro Studie untersucht wurden (18).

Ziel dieser Studie soll es sein, an einem großen Patientenkollektiv mit chronischer Sprunggelenkinstabilität die PRT zu bestimmen, da unklar ist, ob bei diesen Patienten die PRT im Rahmen des funktionellen Defizites grundsätzlich erhöht ist. Weiterhin sollte der Zusammenhang zwischen der PRT und klinischen und radiologischen Untersuchungsergebnissen untersucht werden, um daran die Untersuchungsmodalitäten in der klinischen Routine anzupassen. Insbesondere sollte die Praktikabilität der strikten Unterscheidung in mechanische und funktionelle Instabilität überprüft werden.

Material und Methode

Patienten

Insgesamt wurden 91 männliche Patienten mit einer chronischen Sprunggelenkinstabilität in die Studie aufgenommen. Das Alter der Studienteilnehmer reichte von 19 bis 52 Jahre. Die Patienten wurden in zwei Altersklassen ein-

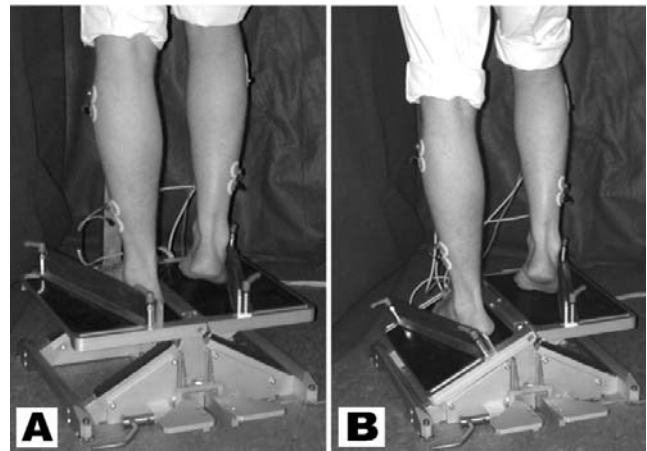


Abbildung 1: Kippplattform Höhe: 19 cm, Standfläche: 48 x 40 cm. Die Falltürteile sind jeweils 19 cm breit und können für die Versuchsperson nicht sichtbar über einen Fußschalter seitentrennt ausgelöst werden. Die Drehachse, um die die Klappe kippt, befindet sich in sagittaler Richtung zum Patienten. Der Fallwinkel ist durch einen Anschlag auf 30° begrenzt. Der Kippvorgang wird mit einem Präzisionspotentiometer (Novotechnik, P2701, USA) visualisiert (24)

geteilt: 18-25 Jahre: 67 Patienten (74 %), 26-52 Jahre: 24 Patienten (26 %). Die Alterseinteilung erfolgte in Anlehnung an die Einteilung von Lipke et al., um vergleichbare Patientengruppen zu haben (24). Der Schwerpunkt lag somit bei den unter 30-jährigen. Das Durchschnittsalter betrug 24 Jahre ($\pm 5,7$ Jahre). Der BMI betrug im Mittel 25 kg/m^2 .

Studienbedingungen

Die Aufnahmebedingung „chronische Instabilität“ galt dann als erfüllt, wenn ein Studienteilnehmer seit mindestens 4 Monaten über rezidivierende Distorsionstraumata und damit begleitend über Schmerz, Schwellneigung, Instabilitätsgefühl oder Bewegungseinschränkungen im Sprunggelenk klagte. Dabei spielte es keine Rolle, ob er sich bereits früher einer operativen oder konservativen Therapie unterzogen hatte. Begleitverletzungen, wie z.B. die Osteochondrosis dissecans oder Erkrankungen der Gleichgewichtsorgane wurden vor Studienaufnahme ausgeschlossen.

Jeder Patient durchlief einen standardisierten diagnostischen Algorithmus, der aus Anamneseerhebung, klinischer Untersuchung, Röntgendiagnostik, inkl. gehaltener Aufnahmen und Bestimmung der peronealen Reaktionszeit (PRT) bestand. Bei klinischem bzw. radiologischem Verdacht auf Osteochondrosis dissecans wurde für den entsprechenden Patienten ein MRT angefertigt. Zur Simulation der Umknickbewegung und Bestimmung der peronealen Reaktionszeit wurde eine Kippplattform ähnlich einem Falltürmechanismus verwendet (24; Abb. 1).

Statistik

In der statistischen Analyse des Seitenvergleichs der PRT-Werte diente der Wilcoxon-Test für paarweise verbundene Stichproben. Wurde zusätzlich der Medianwert der Seitendifferenz gebildet, so wurde hier das 95% - Konfidenzintervall berechnet. Bei unpaarigen Stichpro-

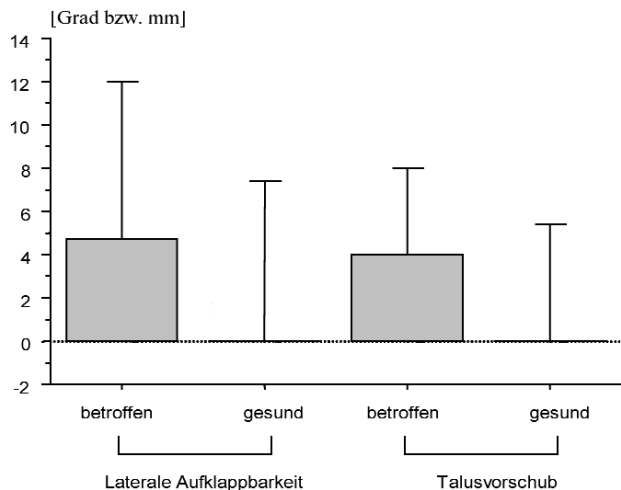


Abbildung 2: Vergleich der Absolutwerte von Taluskippung und Talusvorschub jeweils am betroffenen und gesunden Bein (n=27) (□ - Interquartilrange, - Medianwert, T - Maximalwert, I - Minimalwert)

ben (Zusammenhang von PRT und normaler / pathologischer Radiologie) wurde mit dem Spearman - Test die statistische Signifikanz berechnet. Bei Stichproben aus mehr als zwei Grundgesamtheiten (Zusammenhang der PRT am betroffenen und gesunden M. peroneus longus und brevis mit der Sporthäufigkeit, dem Abstandes zum Ersttrauma und der Umknickhäufigkeit) wurde der Kruskal - Wallis - Test verwandt. Das Signifikanzniveau lag bei allen Tests bei 5 % ($p=0,05$).

Ergebnisse

Patientenanamnese

Die Zeit zwischen Ersttrauma und Aufnahme in die Studie betrug im Mittel 4,71 Jahre. Im Einzelnen wurde der Zeitpunkt des Ersttraumas in drei Kategorien eingeteilt. Bei 28 Patienten (31 %) lag das Trauma bis zu einem Jahr zurück, bei 33 Patienten (36 %) zwischen 2 und 5 Jahren und bei 30 Patienten (33 %) war der zeitliche Abstand zwischen Ersttrauma und Aufnahme in die Studie länger als 5 Jahre.

77 Patienten (85 %) klagten über bis zu viermaliges Umknicken pro Monat und 14 Patienten (15 %) über 5 bis 20 solche Ereignisse.

Als Ursache für das Ersttrauma wurde von 68 Patienten (75 %) sportliche Aktivität angegeben, wobei die häufigste Sportart hierbei Fußball war (n=24, 26 %). Die restlichen 23 Studienteilnehmer (25 %) konnten sich nicht mehr sicher an das ursächliche Ereignis erinnern.

Von den 91 Patienten hatten sich 8 Patienten (7,3 %) bereits einer bandplastischen Operation unterziehen müssen. In allen Fällen war eine Tenodesse nach Watson-Jones durchgeführt worden (33). Die Zeit zwischen Operation und Studienaufnahme betrug im Mittel 3, 2 Jahre.

Radiologische Befunde

Bezogen auf das Gesamtkollektiv der chronisch instabilen Patienten zeigte sich bei nur 30 % (n=27) bei der radiolo-

gischen Stressdiagnostik ein signifikanter Seitenunterschied zwischen betroffenem und gesundem Bein bei der Taluskippung ($p=0,002$) und beim Talusvorschub ($p=0,04$; Abb. 2).

PRT

Die Analyse des Einflusses des Radiologiebefundes auf die PRT (n=91) ergab mit dem Spearman - Test keinen nachweisbar signifikanten Unterschied zwischen auffälligem und normalem Röntgenbefund am betroffenen Bein für die PRT des M. peron. long. (PL) ($p=0,68$) und erwartungsgemäß am gesunden Bein ($p=0,45$). So betrug die PRT des PL bei pathologischem Röntgenbefund im Durchschnitt 69,6 ms ($\pm 7,8$ ms) am betroffenen Bein, bei unauffälligem Röntgenbefund 67,7 ms ($\pm 12,0$ ms) sowie bei pathologischem Röntgenbefund am gesunden Bein 64,1 ms ($\pm 12,3$ ms), bei normalem Röntgenbefund 68,8 ms ($\pm 11,8$ ms; Abb. 3). Bei der PRT des M. peron. brev. (PB) (n=91) ergab die vergleichbare Analyse ebenfalls keinen signifikanten Unterschied. Die PRT des PB betrug bei pathologischem Röntgenbefund am betroffenen Bein im Mittel 72,7 ms ($\pm 9,5$ ms) bzw. bei normalem Röntgenbefund 73,0 ms ($\pm 10,1$ ms) sowie bei pathologischem Röntgenbefund am gesunden Bein 70,8 ms ($\pm 13,2$ ms) und bei normalem Röntgenbefund 73,3 ms ($\pm 11,3$ ms; Abb. 4). Ei-

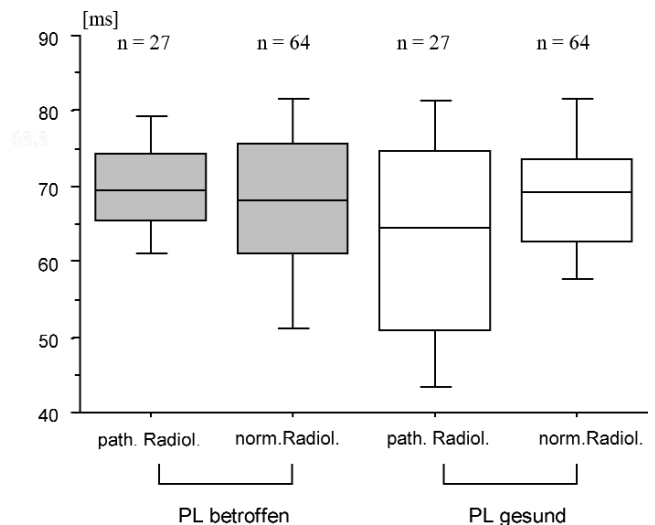


Abbildung 3: Vergleich von Ergebnis der radiologischen Stressdiagnostik und der PRT am M. peroneus longus (PL) (n=91)

ne Korrelation zwischen stattgehabter Voroperation und verlängerter PRT konnte nicht evaluiert werden.

Bezogen auf das Gesamtkollektiv ohne altersentsprechende Betrachtung lässt sich eine signifikante PRT-Verlängerung nicht nachweisen. Legt man jedoch die Altersdifferenzierung nach Lipke et al. zugrunde (24), findet sich in der Gruppe der 18-25-jährigen, also der sportlich aktiven Patienten (n=67), bei dieser Studie eine signifikante PRT-Verlängerung am M. peron. long. von 70,1 ms ($\pm 10,1$ ms) ($p<0,05$) und für den M. peron. brev. von 78 ms ($\pm 9,3$ ms) ($p<0,05$).

Bei 4 der restlichen 24 Patienten (16,7 %) war keine PRT-Verlängerung nachweisbar, bei den restlichen 20 Pa-

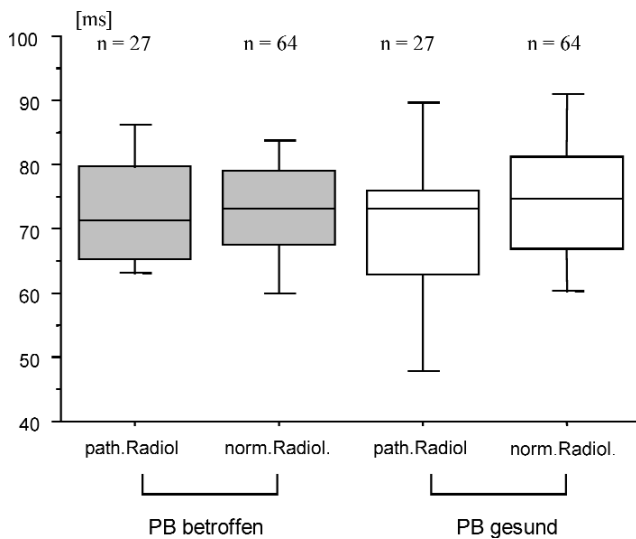


Abbildung 4: Vergleich von Ergebnis der radiologischen Stressdiagnostik und der PRT am M. peroneus brevis (PB) (n=91)

tienten war die PRT-Verlängerung nicht signifikant.

Zusammenhänge zwischen der peronealen Reaktionszeit und Umknickhäufigkeit bzw. Dauer des Krankheitsverlaufes konnten in der Studie nicht nachgewiesen werden. Der Kruskal – Wallis – Test ergab für die Korrelation mit der Umknickhäufigkeit für den PL am betroffenen und gesunden Bein keine Signifikanz ($p=0,97$ bzw. $p=0,38$), gleiches galt für den PB ($p=0,57$ und $p=0,72$).

Diskussion

An einem relativ großen Patientenkollektiv konnte nachgewiesen werden, dass bei der chronischen Instabilität am oberen Sprunggelenk unabhängig von der Krankheitsdauer und der Umknickhäufigkeit sowohl mechanische Gründe, welche radiologisch verifiziert werden können, als auch neuromuskuläre bzw. funktionelle Defizite, welche durch die Bestimmung der peronealen Reaktionszeit evaluiert werden, ursächlich für das Krankheitsbild sein können. Entgegen der in der Pathobiomechanik getroffenen Unterscheidung zwischen mechanischer und funktioneller Instabilität sollten in Bezug auf das klinische Gesamtbeschwerdebild des Patienten beide Begriffe also nicht isoliert betrachtet werden (3). Vielmehr muss berücksichtigt werden, dass eine mechanische Instabilität in Folge eines Traumas eine funktionelle Instabilität durch Rezeptorschädigung nach sich zieht oder von dieser begleitet wird (27, 30). Auch in der eigenen Untersuchung wurde deutlich, dass lediglich bei 4 der 91 untersuchten Patienten (4,4 %) überhaupt keine Verlängerung der PRT nachweisbar war.

Dies bestätigt die Annahme anderer Autoren, dass pathogenetisch der chronischen Instabilität eine Verlängerung der Reaktionszeit der gelenkprotektiven Peronealmuskulatur zugrunde liegt (17, 19, 20). Auch Karlsson et al. konnten in einer Studie an 20 instabilen Patienten eine Verlängerung der peronealen Reaktionszeit am betroffenen Bein nachweisen (16). Dies unterstützt die Annahme von Konradsen et al., dass die PRT über einen spinalen Reflexweg und nicht zen-

tral gesteuert wird, da bei einer vorrangig zentralen Steuerung eine beidseitige PRT-Verlängerung zu erwarten wäre (19). Freeman geht davon aus, dass Verletzungen des Kapsel-Band-Apparates auch eine Läsion der Mechanorezeptoren dieser Strukturen nach sich zieht, so dass der daraus sich ergebende bleibende Verlust der Afferenzen eine verlängerte Reaktionszeit erklären könnte (9).

Fernandes et al. fanden in einer Untersuchung an 10 gesunden und 24 instabilen Patienten keinen Unterschied der PRT in beiden Gruppen (8). Damit wurden die Ergebnisse anderer Autoren bestätigt (14, 22). Die von Fernandes verwendete Plattform hatte allerdings einen Abkipswinkel von maximal 15°. Dies könnte einen inadäquaten Reiz für die Muskeldehnungsrezeptoren darstellen, so dass es nicht zu einer adäquaten Rekrutierung der Muskulatur kam. Auch in der eigenen Untersuchung kann die, selbst bei 30° Fallwinkel, nicht erreichte Reizschwelle der Grund für eine nicht verlängerte PRT bei einzelnen Patienten sein.

Mechanische Defizite am oberen Sprunggelenk auf der Basis einer insuffizienten ligamentären Führung sind als Ursache einer chronischen Instabilität hinreichend bekannt (34, 35). Da allerdings auch Störungen der muskulären Gelenkprotektion offensichtlich einen entscheidenden Anteil an dem Symptomenkomplex der funktionellen Instabilität haben, muss es Ziel sein, die Pronatoren als wesentliche Stabilisatoren des oberen Sprunggelenkes sowohl in der Diagnostik, als auch in therapeutische Überlegungen mit einzubeziehen (2, 6, 7, 11, 26). Die Bestimmung der peronealen Reaktionszeit kann hierbei als hilfreiches und therapieentscheidendes diagnostisches Instrument im klinischen Routinebetrieb angewendet werden.

Literatur

- Balduini FC, Vegso JJ, Torg JS, Torg E: Management and rehabilitation of ligamentous injuries to the ankle. *Sports Med* 4 (1987) 364-380.
- Becker HP, Rosenbaum D: Chronic recurrent ligament instability on the lateral ankle. *Orthopäde* 28 (1999) 483-492.
- Bosco G, Poppele RE, Eian J: Reference frames for spinal proprioception: limb endpoint based or joint-level based? *J Neurophysiol* 83 (2000) 2931-2945.
- Brunt D, Andersen JC, Huntsman B, Reinhert LB, Thorell AC, Sterling JC: Postural responses to lateral perturbation in healthy subjects and ankle sprain patients. *Med Sci Sports Exerc* 24 (1992) 171-176.
- Colville MR: Reconstruction of the lateral ankle ligaments. *Instr Course Lect* 44 (1995) 341-348.
- Cordova ML, Ingersoll CD, LeBlanc MJ: Influence of ankle support on joint range of motion before and after exercise: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 30 (2000) 170-177; discussion 178-182.
- Eils E, Rosenbaum D: A multi-station proprioceptive Exercise Program in Patients with Ankle Instability. *Med Science Sports Ex* (2001) 1991-1998.
- Fernandes N, Allison GT, Hopper D: Peroneal latency in normal and injured ankles at varying angles of perturbation. *Clin Orthop* (2000) 193-201.
- Freeman MA: Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. *J Bone Joint Surg Br* 47 (1965) 669-677.
- Freeman MA, Dean MR, Hanham IW: The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br* 47 (1965) 678-685.
- Fritschy D, Junet C, Bonvin JC: Functional Treatment of Severe Ankle Sprain. 1987 (1987) 131-136.
- Garrick JG: The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med* 5 (1977) 241-242.
- Jackson DW, Ashley RL, Powell JW: Ankle sprains in young athletes. Relation of severity and disability. *Clinical Orthopedics and Related Research* 101 (1974) 201-215.

14. *Johnson MB, Johnson CL*: Electromyographic response of peroneal muscles in surgical and nonsurgical injured ankles during sudden inversion. *J Orthop Sports Phys Ther* 18 (1993) 497-501.
15. *Karlsson J, Andreasson GO*: The effect of external ankle support in chronic lateral ankle joint instability. An electromyographic study. *Am J Sports Med* 20 (1992) 257-261.
16. *Karlsson J, Lansinger O*: Lateral instability of the ankle joint. *Clin Orthop* (1992) 253-261.
17. *Khin Myo H, Ishii T, Sakane M, Hayashi K*: Effect of anesthesia of the sinus tarsi on peroneal reaction time in patients with functional instability of the ankle. *Foot Ankle Int* 20 (1999) 554-559.
18. *Konradsen L, Olesen S, HM H*: Ankle sensorimotor control and eversion strength after acute ankle inversion injuries. *Am J Sports Med* 26 (1998) 72-77.
19. *Konradsen L, Ravn JB*: Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta Orthop Scand* 61 (1990) 388-390.
20. *Konradsen L, Ravn JB*: Prolonged peroneal reaction time in ankle instability. *Int J Sports Med* 12 (1991) 290-292.
21. *Konradsen L, Voigt M, Hojsgaard C*: Ankle inversion injuries. The role of the dynamic defense mechanism. *Am J Sports Med* 25 (1997) 54-58.
22. *Larsen E, Lund PM*: Peroneal muscle function in chronically unstable ankles. A prospective preoperative and postoperative electromyographic study. *Clin Orthop* (1991) 219-226.
23. *Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH*: The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 25 (1997) 130-137.
24. *Lipke K, Tannheimer M, Benesch S, Gerngroß H, Becker HP, Schmidt R*: Die peroneale Reaktionszeit: Untersuchung in einem Normalkollektiv. *Unfallchirurg* 104 (2001) 1157-1161.
25. *Liu SH, Jacobson KE*: A new operation for chronic lateral ankle instability. *J Bone Joint Surg Br* 77 (1995) 55-59.
26. *Lofvenberg R, Karrholm J, Lund B*: The outcome of nonoperated patients with chronic lateral instability of the ankle: a 20-year follow-up study. *Foot Ankle Int* 15 (1994) 165-169.
27. *Lofvenberg R, Karrholm J, Sundelin G*: Proprioceptive reaction in the healthy and chronically unstable ankle joint. *Sportverletz Sportschaden* 10 (1996) 79-83.
28. *Nawoczinski DA*: Objective evaluation of peroneal response to sudden inversion stress. *J Orthop Sports Phys Ther* 9 (1985) 107-109.
29. *Staples OS*: Result study of ruptures of lateral ligaments of the ankle. *Clin Orthop* 85 (1972) 50-58.
30. *Takebayashi T, Yamashita T, Minaki Y, Ishii S*: Mechanosensitive afferent units in the lateral ligament of the ankle. *J Bone Joint Surg Br* 79 (1997) 490-493.
31. *Tropp H, Ekstrand J, Gillquist J*: Stabilmeter in functional instability of the ankle and its value in predicting injury. *Med Sci Sports Exerc* 16 (1984) 64-66.
32. *Verhagen RA, de Keizer G, van Dijk CN*: Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg* 114 (1995) 92-96.
33. *Watson-Jones R*: Recurrent forward dislocation of the ankle joint. *J Bone Joint Surg Am* 34 (1952): 519-524
34. *Wirth CJ, Kusswetter W, Jager M*: Biomechanics and pathomechanics of the ankle joint. *Hefte Unfallheilkd* 131 (1978) 10-22.
35. *Zwipp H*: Biomechanics of the ankle joint. *Unfallchirurg* 92 (1989) 98-102.

Korrespondenzadresse:
OFA Dr. Roland Schmidt
Chirurgische Klinik
Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Oberer Eselsberg 40
89081 Ulm
E-Mail: doc.r.schmidt@t-online.de