

M. Ludwig

Verbesserung der Trainierbarkeit der Quadrizepsmuskulatur nach vorderer Kreuzbandplastik durch Akupunktur

Improvement in training Quadricepsmuscles after ACL-reconstruction with acupuncture

Praxis für Physikalische und Rehabilitative Medizin, Heidelberg

Zusammenfassung

In der Rehabilitation von Verletzungen des Bewegungsapparates stellt die verminderte Erregbarkeit neuromuskulärer Strukturen einen wesentlichen limitierenden Faktor dar. Folge sind häufig Anpassungen an pathologische Bewegungsmuster, bilaterale Muskeldefizite von 30-50% auch über längere Zeiträume sowie akute und chronische Sekundärverletzungen.

In einer randomisierten, kontrollierten Einfach-Blind-Studie wurden Rehapatienten nach vorderer Kreuzbandplastik zwei isometrischen Krafttests (je 30s) der Kniegelenksextensoren (Test-Retest binnen 30 Minuten) am isokinetischen System gekoppelt mit EMG unterzogen. Eine Verum-Akupunkturgruppe von 12 Patienten zeigte nach tonisierender Stimulierung zweier Akupunkturpunkte (M 32-Futu- und M 36-Zusanli-) statistisch hochsignifikante Steigerungen der Maximalkraftwerte um 18% und der myoelektrischen Aktivität durchschnittlich um 46 %, in einzelnen Zeitabschnitten über 60 %. In den ersten 10 Sekunden des Retests wurde statistisch signifikant erhöhte Medianfrequenzen gemessen. Eine Kontrollgruppe und eine Placebo-Akupunkturgruppe von je 8 Patienten zeigten keine Unterschiede im Test-Retestverfahren.

Der Einsatz der Akupunktur im rehabilitativen Krafttraining bewirkt eine Steigerung der motorischen Erregbarkeit durch Aktivierung vorhandenen neuromuskulären Potentials. Durch die Verbesserung der Trainierbarkeit gestörter neuromuskulärer Strukturen wird der Trainingserfolg gewährleistet und somit eine kürzere Rehabilitationphase möglich.

Schlüsselwörter: Akupunktur, Rehabilitation, EMG, Isokinetik, Muskelatrophie

Einleitung

Aufgrund gestörter Propriozeption und gehemmter Rekrutierungsfähigkeit neuromuskulärer Strukturen kommt es in der Rehabilitation nach Verletzungen des Bewegungsapparates zu langandauernden Phasen des Muskelaufbaus. Die Störungen der neuromuskulären Funktion bedingen eine aufwendige Therapie zum Muskelaufbau (5,8). Folge einer inadäquaten Rehabilitation des neuromuskulären Systems sind eine lange Rehabilitationsdauer mit häufigen akuten und chronischen Folgeverletzungen. Bilaterale Muskeldefizite von 30-50% und eine vermindert rekrutierbare Muskulatur sind häufig auch nach längeren Zeiträumen zu messen (eigene Messungen). Insbesondere die Quadrizepsmuskulatur ist nach Kreuzbandplastik vermindert rekrutierbar (8).

Summary

Disordered proprioception and reduced capability to recruit neuromuscular structures are essential limiting factors in rehabilitation after ACL-reconstruction. Adaption to pathological patterns, clear bilateral muscle deficit of 30-50% over a long time and acute as well as chronic secondary injuries are frequently the consequences.

A group of patients after ACL-reconstruction was examined in an isometric strength test on an isokinetic system linked with EMG. 12 patients received actual acupuncture. After tonifying stimulation of two acupuncture points (St 32 -Futu- and St 36 -Zusanli-) the involved atrophic M. quadriceps femoris showed a highly significant increase in EMG-amplitudes (on average 46% up to more than 60%) and maximum strength values (18%) as well as significantly higher medianfrequencies in the first 10 seconds of the retest. A second group receiving placebo acupuncture and a control group without acupuncture treatment of 8 patients each did not show any differences in the retest.

The use of acupuncture in rehabilitative strength training effects a better excitability in tonifying muscle function. Acupuncture enables the inhibited neuromuscular structures to reach the training threshold and supports the training effort.

Keywords: Acupuncture, rehabilitation, EMG, isokinetics, muscle atrophy

Eine noch häufig vertretene Meinung sieht die Muskelatrophie als Ursache für die Defizite der muskulären Leistungsfähigkeit nach Verletzungen und Immobilisationen an (1,4,5,9). Neuere Studien haben gezeigt, dass die Kraftdefizite zu einem erheblichen Anteil durch die gestörte Fähigkeit des Organismus zur Aktivierung vorhandener neuromuskulärer Strukturen verursacht werden (5,8,9).

Seit Jahrtausenden ist die motorisch-tonisierende und schmerzhemmende Wirkung von Akupunkturpunkten bekannt (6). Es stellte sich die Frage, ob der Einsatz der Akupunktur die gestörte neuromuskuläre Funktion beeinflussen und in der Rehabilitation zu einem Fortschritt beitragen kann.

Ziel dieser Untersuchung war es, die motorisch-tonisierende Wirkung von Akupunkturpunkten und deren wichtige

Funktion in einer modernen integrativen Medizin wissenschaftlich objektiv darzustellen.

Probanden und Motorik

An dieser randomisierten, kontrollierten Einfach-Blind-Studie nahmen 28 Patienten (2 weiblich, 26 männlich) im Alter zwischen 21 und 48 Jahren ($32,0 \pm 7,7$ Jahre) teil. Sie befanden sich im Mittel $13,6 \pm 3,5$ Wochen nach Versorgung einer

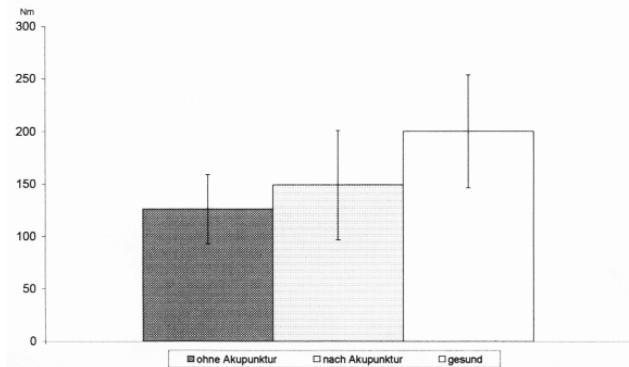


Abbildung 1: Maximale Drehmomentwerte in Nm vor und nach Akupunkturbehandlung sowie der gesunden Gegenseite (** = $p < 0,01$)

vorderen Kreuzbandruptur durch Kreuzbandplastik. Alle untersuchten Patienten befanden sich im Untersuchungszeitraum in bzw. unmittelbar nach einer Rehabilitation mit mindestens dreimal wöchentlich stattfindenden Maßnahmen einschließlich isokinetischen Trainings. Somit waren sie mit der Gerätschaft und dem isokinetischen Training vertraut.

Alle Patienten wurden klinisch und anhand des Lysholm-Scores (11) untersucht. Zu der Studie wurden nur Patienten zugelassen, die sich in der späten Rehabilitationsphase des Muskelaufbaues befanden. Sie sollten klinisch über ein weitgehend schmerzfreies, stabiles, belastbares operiertes Kniegelenk verfügen. Es sollten keine weiteren funktionellen Störungen bestehen, die ein problemloses Training verhindern konnten. Nach der Bewertung durch Lysholm-Score sollten alle im Bereich „gut“ liegen und sich in oder unmittelbar nach einer Rehabilitationsmaßnahme mit mindestens 3 wöchentlichen Anwendungen einschließlich Sporttherapie und isokinetischen Trainings befinden und hoch motiviert sein.

Es wurden am isokinetischen System Cybex Norm (Cybex, Ronkonkoma, USA) je Patient zwei isometrische Krafttests der Kniegelenksstrecker der operierten Seite mit einer Dauer von 30 s durchgeführt. Dazwischen lag eine Pause von 30 min.

Die Patienten wurden randomisiert (Los) in drei Gruppen unterteilt: 12 Patienten erhielten nach dem ersten Test eine Akupunkturbehandlung, je 8 Patienten erhielten entweder eine Placebo-Akupunktur oder keine Akupunktur zwischen Test und Retest.

Bei den Akupunkturpunkten M 32 -Futu- und M 36 -Zusanli- handelt es sich um tonisierende Punkte, welche zuerst manuell tonisierend stimuliert und mittels tonisierend-elektrischer Stimulation (35Hz, Helio EA-2, Fa. ChinaPurmed,

Karlsruhe) 15 min gereizt wurden. M 32 -Futu- wird als Tonisierungspunkt für den M. quadriceps, speziell M. vastus lateralis eingesetzt. Er liegt 6 cun (= individuelle Fingermaßeinheit) oberhalb der lateralen Begrenzung der Patella und wird 1,5-2 cun tief senkrecht gestochen.

M 36 -Zusanli- wird zur allgemeinen Tonisierung, als auch zur Tonisierung der Muskulatur der unteren Extremität und zur Analgesie von Kniegelenkschmerzen eingesetzt. Er liegt 3 cun unterhalb der Vertiefung lateral des Lig. patellae, ein Querfinger lateral der Tibiavorderkante und wird 1,5 cun tief senkrecht gestochen (6).

Die Pseudoakupunkturpunkte lagen 1 bzw. 4 cun oberhalb der Patellamitte zwischen Milz- und Magenmeridian und wurden 1 cun tief senkrecht gestochen. Die Stimulation erfolgte wie bei der realen Akupunktur.

Die Positionierung der Patienten war standardisiert sitzend mit 90° Hüftflexion. Der Test wurde in 60° Kniegelenksflexion durchgeführt.

Aus den gewonnenen Daten wurde das maximale Drehmoment gemittelt dargestellt.

Die elektromyographischen Aktivitäten der Mm. vastus medialis, rectus femoris und vastus lateralis wurden nach Hautpräparation und exaktem Anbringen von Einmaloberflächenelektroden (Ag-/AgCl-Elektroden, Medico-test, Typ P-00-S) durch die Untersuchungsperson bipolar mittels Verstärker (Noraxon, Myosystem 2008) mit einer Abtastrate von 1000 Hz abgeleitet. Die Rohableitungen wurden anschließend mit der Software Myosoft für Windows (Noraxon) bearbeitet. Einer Gleichrichtung folgte die

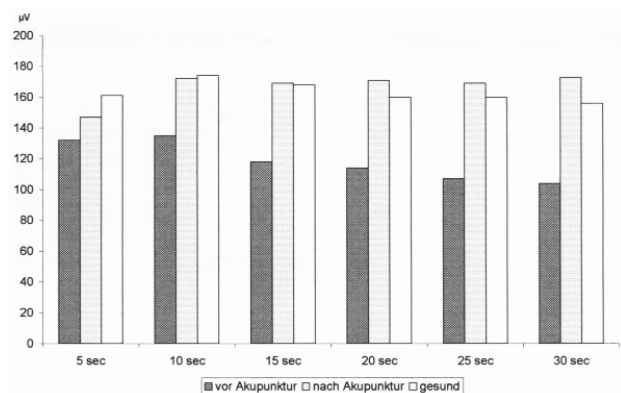


Abbildung 2: Mean-EMG-Werte des M. vastus medialis in µV vor und nach Akupunkturbehandlung sowie der gesunden Gegenseite in 5-Sekundenabschnitten (** = $p < 0,01$)

Glättung mit smoothing factor 10. Die mittlere Amplitude wurde errechnet und gemittelt in 5 Sekundenabschnitten dargestellt. Durch Fast Fourier Transformation zur Ermittlung des Leistungsspektrums wurden in 5 Sekundenabschnitten die Medianfrequenzen errechnet und gemittelt dargestellt (2).

Die statistische Auswertung erfolgte durch Berechnung der Signifikanzniveaus ($p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^{*}$) mittels t-Test für verbundene Stichproben.

Ergebnisse

Maximalkraft

Die Analyse der erzielten maximalen Drehmomente zeigt eine hochsignifikante Zunahme der Werte nach der Akupunkturbehandlung um 18%. Das bilaterale Defizit zur gesunden

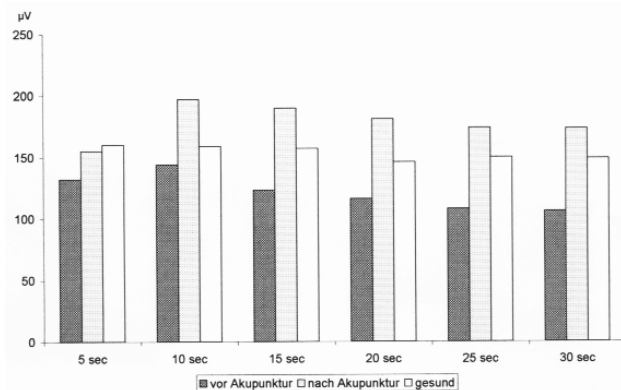


Abbildung 3: Mean-EMG-Werte des M. rectus femoris in µV vor und nach Akupunkturbehandlung sowie der gesunden Gegenseite in 5-Sekundenabschnitten (** = $p < 0,01$)

Gegenseite verringerte sich somit von 40% auf 26% nach der Akupunkturbehandlung (Abb. 1).

Die Werte der beiden Gruppen, die nach Pseudoakupunktur bzw. ohne Akupunktur erneut getestet wurden, zeigen keinerlei Veränderungen zwischen Test und Retest.

Elektrische Aktivität

Mean-EMG: Nach der realen Akupunkturbehandlung erkennt man eine hochsignifikante durchschnittliche Zunahme der Mean-EMG-Werte des M. vastus medialis um 42%, des M. rectus femoris um 49% und des M. vastus lateralis um 47%. In den einzelnen Zeitabschnitten zeigt sich eine Erhöhung der elektrischen Aktivität um mehr als 60% (Abb. 2-4). Im Vergleich zur gesunden Gegenseite erkennt man im Krafttest nach der Akupunktur annähernd gleiche Mean-EMG-Werte des M. vastus medialis und des M. rectus femoris. Das Mean-EMG des M. vastus lateralis übersteigt den Wert der gesunden Seite um 10%, im Zeitabschnitt 5-10 s nach Testbeginn um 24% (Abb. 4).

Die Werte der beiden Gruppen, die nach Pseudoakupunktur bzw. ohne Akupunktur erneut getestet wurden, zeigen keinerlei Veränderungen zwischen Test und Retest.

Medianfrequenzen: In den ersten beiden 5-Sekundenabschnitten des Tests nach Akupunkturbehandlung erkennt man eine signifikante Steigerung ($p < 0,05$) der Medianfrequenzen (Tab. 1). Die Werte der beiden Gruppen, die nach Pseudoakupunktur bzw. ohne Akupunktur erneut getestet wurden, zeigen keine Veränderungen zwischen Test und Retest.

Tabelle 1: Steigerung der Medianfrequenzen nach Akupunkturbehandlung (* $p < 0,05$) in den ersten beiden 5-Sekundenabschnitten des Tests in Hertz

ΔM. vast med.	*3.98	*3.09
ΔM. rect. fem.	*4.2	-0.42
ΔM. vast. lat.	*3.5	*1.36

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie verdeutlichen am Beispiel der Rehabilitation nach vorderer Kreuzbandplastik, dass die Akupunktur eine praxisrelevante Verbesserung des rehabilitativen Krafttrainings durch Aktivierung vermindert rekrutierbarer Muskulatur bieten kann.

Die aufgrund hemmender Prozesse gestörte Fähigkeit zur motorischen Aktivierung wird eindrucksvoll durch die Stimulierung der Akupunkturpunkte positiv beeinflusst.

Die verminderte Rekrutierbarkeit der Quadrizepsmuskulatur nach Verletzungen führt, wie bereits in früheren Untersuchungen beschrieben, zu teilweise lange andauernden muskulären Defiziten (8). Die Trainierbarkeit der erkrankten Muskulatur ist aufgrund der Hemmung des vorhandenen neuromuskulären Potentials durch afferente Einflüsse via hemmender Interneurone auf Rückenmarksebene und möglicherweise auch auf supraspinaler Ebene stark vermindert (5,8). Ein rehabilitatives Krafttraining im Rahmen der „medizinischen Trainingstherapie“ kann somit häufig seine volle Wirkung nicht entfalten. Ein Training auf Basis pathologischer Bewegungsmuster kann den postoperativen Zustand unter Umständen sogar verschlechtern.

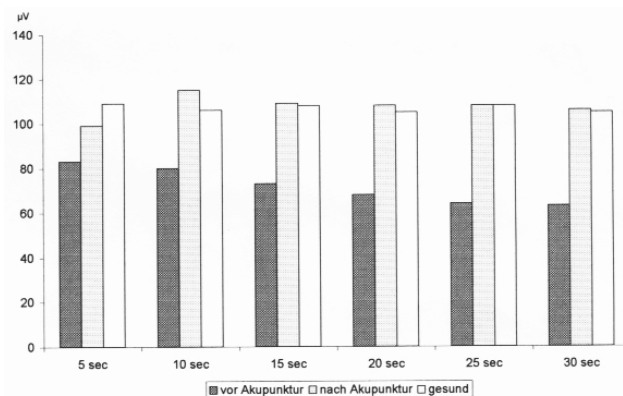


Abbildung 4: Mean-EMG-Werte des M. vastus lateralis in µV vor und nach Akupunkturbehandlung sowie der gesunden Gegenseite in 5-Sekundenabschnitten (** = $p < 0,01$)

Die Wirkung der Akupunktur reduziert spontan die hemmenden Einflüsse auf das neuromuskuläre System und bewirkt eine deutliche Erhöhung der elektrischen Aktivität und der Medianfrequenzen der betroffenen Quadrizepsmuskulatur. Höhere Kraftwerte und eine bessere Trainierbarkeit sind die Folge. Dadurch kommt es zur Ausnutzung des gesamt vorhandenen neuromuskulären Potentials der Quadrizepsmuskulatur. Ein Trainingsreiz kann somit durch verstärkte Rekrutierung den Trainingserfolg optimieren. Als Resultat sollte mit einer kürzeren Rehabilitationsphase und einer Verminderung von Sekundärverletzungen zu rechnen sein. Aufgrund der Reduzierung der Hemmung durch motorische Aktivierung und nicht zuletzt durch Schmerzreduzierung wird das rehabilitative Krafttraining nicht auf Basis pathologischer Bewegungsmuster durchgeführt. Eine Wiederanpassung an physiologische Bewegungsprogramme wird forciert. Es stellt sich hierbei die Frage inwieweit die verstärkte Re-

krutierung und Frequenzierung durch Schmerzhemmung erreicht wird oder durch zusätzliche Effekte der Akupunktur. Dies sollte in weiteren Untersuchungen mit gesunden Probanden überprüft werden.

In einer früheren Studie wurde die präferente Aktivierung von Typ-I-Fasern durch verminderte Frequenzierung zu Beginn einer Trainingseinheit des Rehatrainings beschrieben (8). Vor allem die Steigerung der elektrischen Aktivität und der Medianfrequenzen in den ersten 10 Sekunden des Tests nach Akupunktur dokumentieren die deutlich verbesserte Trainierbarkeit nach der Akupunkturbehandlung. *Gerdle et al.* sahen die Steigerung der Frequenz als Indikator für die zunehmende Rekrutierung von Typ II-Fasern an (7). Somit sollte von einer vermehrten Rekrutierung von Typ-II-Fasern nach der Akupunkturbehandlung ausgegangen werden. Das pathologische Ansprechverhalten der Quadrizepsmuskulatur kann somit durch höhere Frequenzierung und stärkere Rekrutierung in ein normales Muster verändert werden.

In diesem Zusammenhang wird auf die durch eine Großzahl von Studien nachgewiesene Ausschüttung von Neurotransmittern (Endorphin, Enkephalin, Dynorphin) durch die Akupunktur verwiesen, welches eine Ursache der beschriebenen Phänomene darstellen kann (6,10). Die Gate-Control-Theorie könnte als Modell zur Klärung der Phänomene beitragen, wird jedoch in der neueren Literatur nicht von allen Autoren unkritisch gesehen (6,10).

In der Literatur fanden sich keine Studien, welche den leistungssteigernden Einfluss der Akupunktur auf Kraft und myoelektrische Aktivität weder bei Patienten noch bei gesunden Personen beschreiben. Lediglich *Ehrlich und Haber* (3) konnten eine Steigerung der Leistungsfähigkeit an der anaeroben Schwelle nach Durchführung einer 5-wöchigen Akupunkturbehandlung nachweisen. Ansonsten ist das Thema Akupunktur und Sport/Rehabilitation in der Literatur nicht vertreten.

Aus organisatorischen Gründen wurde die Anzahl der Placeboakupunkturgruppe und der Kontrollgruppe ohne Akupunkturbehandlung auf je 8 begrenzt. Die Anwendung des t-Tests für verbundene Stichproben auf Gruppen < 10 ist nicht unbedenklich. Da hierbei absolut keine Veränderungen der Ergebnisse in Test und Retest bei annähernd symmetrischer Verteilung festgestellt werden konnten, wurde auf eine zusätzliche Durchführung eines Wilcoxon-Tests verzichtet. Die Durchführung des t-Tests für verbundene Stichproben bei der Verum-Akupunktur-Gruppe (n=12) ist aufgrund der annähernd symmetrischen Verteilung möglich. Diese Voraussetzung ist erfüllt, wenn die Variablen X und Y ungefähr die gleiche Verteilungsform haben, wie im Falle dieser Untersuchung. Dann sind auch die Mittelwerte von X und Y in etwa gleich verteilt; durch die Bildung von Differenzen werden Asymmetrien ausgeglichen.

Der Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen der gesunden Gegenseite wird in dieser Untersuchung lediglich zu Informationszwecken mit aufgenommen.

Es gab 3 Gruppen. Eine Akupunkturgruppe, eine Placeboakupunkturgruppe und eine Kontrollgruppe. Jeder Patient hat den gleichen Test mit Retest nur einmal durchgeführt.

Sinn und Zweck des Designs war es, irgendwelche Effekte, die auf alle Patienten wirken müssen, auszuschließen. Somit konnten Veränderungen der EMG-Werte durch Gewöhnung an die Testübung oder durch verbesserte Ableitbedingungen o.ä. ausgeschlossen werden.

Auf eine weitere Gruppe, welche nur manuell tonisierend ohne Elektrostimulation akupunktiert wurde, wurde verzichtet. Da die elektrische Stimulation der Pseudoakupunkturpunkte in der Quadrizepsmuskulatur keine Wirkung zeigte, ist der Nachweis der Wirkung der realen Akupunkturpunkte und nicht der Elektrostimulation durch die Ergebnisse bewiesen.

Der tonisierende und schmerzhemmende Effekt der beschriebenen Akupunkturpunkte (M 36 und M 32) verspricht bei mehrmaliger Anwendung erfahrungsgemäß nicht nur eine kurzanhaltende Wirkung wie bei einmaliger Sitzung. Die Akupunkturwirkung sollte sich bei regelmäßiger Behandlung bleibend auf das erkrankte System auswirken. Dies sollte Grundlage weiterer Untersuchungen sein.

Der Einsatz der Akupunktur unmittelbar vor Beginn des rehabilitativen Krafttrainings kann eine praxisrelevante Verbesserung der Rehabilitation in einer modernen integrativen Medizin darstellen. In weiteren Studien muss die Langzeitwirkung regelmäßiger Akupunkturbehandlungen begleitend zum rehabilitativen Krafttraining evaluiert werden.

Literatur

1. *Appell H-J*: Die Morphologie der immobilisierten Muskulatur und der Effekt von pro- und postoperativen Trainingsprogrammen. In Zichner L, M. Engelhardt, J. Freiwald (Hrsg.): Die Muskulatur -Sensibles, integratives und meßbares Organ. Ciba-Geigy Verlag, Wehr 1994, pp. 53-58.
2. *Basmajian JV, DeLuca C*: Muscles Alive: Their functions revealed in Electromyography. 5th Ed., Williams Et Wilkins, Baltimore 1985.
3. *Ehrlich D, Haber P*: Influence of Acupuncture on Physical Performance Capacity and Haemodynamic Parameters. Int J Sports Med 13 (1992) 486-491.
4. *Eriksson E*: Rehabilitation of Muscle Function After Sport Injury - Major Problem in Sports Medicine. Int J Sports Med 2 (1981) 1-6.
5. *Freiwald J, Starischka S, Engelhardt M*: Rehabilitatives Krafttraining. Dtsch Z Sportmed 9 (1993) 368-378.
6. *Jayasuriya A*: Clinical Acupuncture 16th Ed. Chandrakanthi Press, Colombo 1996
7. *Gerdle B, Eriksson N-E, Brundin L*: The behaviour of the mean power frequency of the surface electromyogram in biceps brachii with increasing force and during fatigue. With special regard to the electrode distance. Electromyogr Clin Neurophysiol 30 (1990) 483-489.
8. *Ludwig M*: Trainingssteuerung des rehabilitativen Krafttrainings: Eine Funktionsanalyse während einer Trainingseinheit und ihre Konsequenzen. Dtsch Z Sportmed 49 (1998) S 1, 255-261
9. *Snyder-Mackler L, Binder-MacLeod SA, Williams PR*: Fatigability of human quadriceps femoris muscle following anterior cruciate ligament reconstruction. Med Sci Sports Exerc 25 (1993) 783-789.
10. *Stux G, Stiller N, Pomeranz B*: Akupunktur -Lehrbuch und Atlas-. 4. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1993.
11. *Tegner Y, Lysholm J*: Rating system in evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop 198 (1985) 43-49.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Michael Ludwig
Ludwig-Wuttmann-Str. 4

69123 Heidelberg

e-mail: Dr.M.Ludwig-HD@t-online.de