

# Das integrative 5 - Komponentenmodell des Therapieprozesses in der physikalischen und rehabilitativen Medizin

W. Laube\*, A. Niklas\*\*, Th. Bochsansky\*

\*Abteilung Physikalische Medizin und Rehabilitation, Landeskrankenhaus Feldkirch  
(Akademisches Lehrkrankenhaus)-Rankweil-Maria Rast;

\*\*Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum Anaesthesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin und  
Institut für Sportwissenschaften, Abteilung Sportmedizin

## ZUSAMMENFASSUNG

Aus der Sicht der physikalischen und rehabilitativen Medizin sowie der Sportmedizin lässt sich ein grundlegendes integratives Behandlungskonzept bestehend aus 5 Komponenten beschreiben, dessen roter Faden für alle Patienten unabhängig von der Verletzung oder zugrundeliegenden Erkrankung gültig ist und zur Anwendung kommen sollte.

Die „passiven“ Therapieformen der physikalischen Medizin verfolgen die Aufgabe, die Belastbarkeit und Belastungsverträglichkeit für die aktiven Therapieformen herzustellen und zu sichern, deren Wirkungen letztendlich den durchgreifenden und stabilen Therapieerfolg ausmachen. Die aktiven Therapieformen müssen zunächst die koordinative Leistungsfähigkeit des sensomotorischen Systems trainieren, wodurch indirekt über die Bewegungsqualität und Bewegungsökonomie die konditionellen Fähigkeiten beeinflusst werden. Gleichwertig mit der Koordination steht die Ausdauer auf einer Therapiestufe. Die Kraft wird zunächst über die Bewegungskoordination verbessert und steht erst später als direktes Trainingsziel an.

Die 5 Komponenten des Therapieprozesses sind: 1. Die zunächst im Vordergrund stehende und durchgängig den Prozess begleitende fachspezifische Versorgung durch das verantwortliche medizinische Fachgebiet. 2. Physikalische und manualtherapeutische Anwendungen zur Behandlung der Entzündungsreaktionen, des Schmerzes, zur Beseitigung bzw. Beeinflussung von Durchblutungsstörungen, zur Verbesserung der passiven Beweglichkeit und zur Behandlung reversibler gestörter Gelenkfunktionen. Der Patient ist „sensomotorisch passiv“ und das Ziel ist es ihn für die aktiven Therapieformen belastbar zu machen. 3. Mit den Mitteln und Methoden der Bewegungstherapie (Heilgymnastik) wird Einfluss auf die sensomotorische Koordination genommen. Ziel ist es Muskeln und Muskelgruppen wieder rekrutierbar zu machen (vgl. funktionelle Teilparese; intramuskuläre Koordination) und die intermuskuläre Bewegungsqualität und Bewegungsökonomie zu fördern. Die Bewegungstherapie hat nur einen indirekten Einfluss auf die Ausdauer und Kraft. 4. Die medizinische Trainingstherapie arbeitet prinzipiell auf der Grundlage des sportwissenschaftlichen Wissens, wobei aber der Einsatz der Mittel und Methoden und die Dosierung durch die Krankheit oder Verletzung und den Verlauf bestimmt werden. 5. Das Training dosiert nach dem aktuellen Funktions- und Leistungsstand und findet in den gesunden Bereichen umgehend Anwendung und das der verletzten Körperregionen oder Organsysteme geht mit der Entwicklung der Belastbarkeit systematisch aus dem medizinischen Training hervor.

## AN INTEGRATIVE 5-COMPONENT MODEL FOR TREATMENT PROCESSES IN PHYSICAL AND REHABILITATIVE MEDICINE

From the viewpoint of physical and rehabilitative medicine and sports medicine, a fundamental and integrative treatment concept can be described, which is valid and should be applied to all patients independently from injury or any other underlying disease.

All „passive“ treatment modalities of physical medicine are intended to provide and improve the ability to tolerate “active” therapy, which is the kind of intervention leading to a vigorous and stable therapeutic success. Active treatments firstly exercise the coordinative ability of the sensorimotor system, conditioning the body indirectly through skilful and energy preserving movements to improved performance. Coordination can be found on the same treatment level as endurance. At this stage, strength is improved by coordinative training and became only later a treatment goal in its own right.

The 5 components of the treatment process are: 1. The predominant and through the total process continuously provided care by the responsible medical speciality. 2. Physical and manual therapeutic intervention for the treatment of inflammatory reactions and pain, for correction and modification of perfusion disturbances, for the improvement of the passive range of motion and for therapy of reversible failures of joint function. The patient is in stage of “sensorimotor passivity” and the treatment goal is to raise tolerance for active therapy. 3. By means and methods of exercise therapy sensorimotor coordination will be influenced. Aim is to recruit muscles and muscle groups again (to overcome functional paresis and to improve intramuscular coordination) and to enhance intramuscular quality and economy of movements. Exercise modifies endurance and muscle

indirectly. . 4. In principal, medical training is based on findings of sports science, however dosage and application of means and methods is dependent on the course of disease or injury treated . 5. Dosage of training is related to the actual state of functions and performance and is applied in conditions of full health. Injured body regions or organ systems achieve through medical training full tolerance modalities aiming to reestablish strength and endurance.

## Einleitung

Aus der Sicht der physikalischen und rehabilitativen Medizin lässt sich ein grundlegendes Behandlungskonzept beschreiben, dessen "roter Faden" für alle Patienten unabhängig von der Verletzung oder zugrundeliegenden Erkrankung gültig ist und zur Anwendung kommen soll-te. Dabei wird es im individuellen Fall in Abhängigkeit von den medizinischen (und sozialen) Gegebenheiten natürlich Akzentuierungen der Schwerpunkte geben. Das Prinzip wird dadurch aber keine Veränderungen erfahren müssen.

Es soll nun das prinzipielle therapeutische Vorgehen z. B.

- nach der operativen Versorgung akuter Verletzungen des Stütz- und Bewegungssystems (SBS) in der traumatologischen, chirurgischen oder orthopädischen Praxis,
- im Rahmen der konservativen Therapie von über- und fehlbelastungsbedingten Erkrankungen des SBS bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen (z. B. aseptische Nekrosen, Chondropathie, Enthesopathien, usw.) und
- während der konservativen und nach der operativen Therapie chronisch degenerativer Erkrankungen des SBS (Coxarthrose, Gonarthrose, Spondylarthrose, low back pain Syndrom, usw.) dargestellt werden.

Die gleichen Therapieelemente gelten aus der Sicht der physikalischen und rehabilitativen Medizin auch z. B.

- -für Patienten der Inneren Medizin, hier insbesondere der Kardiologie sowie bei Patienten mit Stoffwechselerkrankungen und
- -der Onkologie, indem sie parallel oder bevorzugt nach den fachspezifischen Therapieformen eingesetzt werden.

Natürlich variieren je nach der Grunderkrankung die bevorzugt angestrebten Ziele und somit die eingesetzten Methoden und Therapiemittel. So stehen beim traumatologischen und orthopädischen Patienten nach der Beherrschung der Entzündungsreaktion und seinen klinischen Merkmalen alle sensomotorischen Beanspruchungsformen in der Reihenfolge Koordination, Ausdauer und Kraft im Therapie(Trainings)plan. Der internistische und onkologische Patient wird insbesondere die Ausdauer trainieren und die Koordination nicht vernachlässigen. Die Kraft steht bei allen Patienten primär weniger auf der Tagesordnung. Sie

wird aber indirekt über die intra- und intramuskuläre Koordination (Bewegungsqualität und Bewegungsökonomie) bereits wesentlich beeinflusst (1).

Die sogenannten "passiven" Therapieformen der physikalischen Medizin müssen den folgenden grundsätzlichen Zielstellungen gerecht werden:

1.Sicherung, Erhaltung, Verbesserung und angestrebte Wiederherstellung der **aktiven Belastbarkeit** und **Belastungsverträglichkeit** des verletzten oder erkrankten Organsystems (bevorzugt Stütz- und Bewegungssystem), um aktive Therapieformen effektiv und wirksam ausführen zu können.

Mit dieser Zielstellung werden erstens die verschiedenen physikalischen Therapie- bzw. Reiz-formen (vgl. Tabelle 1) und zweitens die Methoden der manuellen Therapie angewendet. Zusätzlich können vornehmlich unter stationären Bedingungen klimatische Reize wirksam werden. Die physikalischen Reizformen rufen direkt und/oder indirekt komplexe lokale Beanspruchungen (z. B. Galvanisation) in den Geweben und je nach Umfang der Reizsetzung auch deutliche generalisierte Beanspruchungen (z. B. Bäder) des Organismus hervor. Hierbei ist zu beachten, dass auch eine "lokale" Anwendung wegen der Aktivierung afferenter Informationen immer auch gleichzeitig eine zentrale Wirkung unterschiedlicher und häufig unbekannt intensiver Ausprägung hat. Diese zentrale Wirkungskomponente wird z. B. bei den analgesierenden TENS Strömen gezielt ausgenutzt und steht demzufolge sogar hier im Vordergrund. Mit den physikalischen Reizsetzungen werden insbesondere zwei "große Zielstellungen" verfolgt: Erstens die Minderung oder Beseitigung eines Schmerzes und zweitens die verbesserte Ver- und Entsorgung des Gewebes (Durchblutung, Lymphabfluss).

Bei der Anwendung der manualtherapeutischen Techniken werden sowohl biomechanische als auch reflektorische Grundlagen beachtet und entsprechende Wirkungen angestrebt. Mit den gezielten mechanischen Reizen wird versucht, über die biomechanischen Verhältnisse im Gelenk die mit dem Gelenk funktionell verbundenen Strukturen wie z. B. die zugehörige Muskulatur zu beeinflussen. Dies basiert auf der komplexen sensorischen Verknüpfung der sogenannten "passiven

Tabelle 1  
Physikalische Reize und Therapieformen.

physikalische Reize		Therapieform
<b>1. thermische Reize</b>	Luft Wasser ( Eis – Wasserdampf) Licht Fango–Peloide–Paraffin hochfrequenter Strom chemische Substanzen	Kryotherapie Bäder Rotlicht Packungen Kurzwele Kryotherapie
<b>2. mechanische Reize</b>	(Über)Druck (Unter)Druck bis Vakuum Zugkräfte Vibrationen passive Bewegungen Schallwellen	Massagen UWM, Schröpfen Traktionen  Bewegungsschiene Ultraschall
<b>3. elektrische Reize</b>	- Gleichstrom: Reizströme ohne Auslösung einer Muskelkontraktion - nur sensible Wirkung Reizströme mit Auslösung auch einer Muskelkontraktion, - sensible und motorische Wirkung	Galvanisation mit oder ohne Medikament  Träbert Reizstrom TENS  Diodynamik, Impulsströme, Interferenz
<b>4. klimatische Reize</b>	Luftqualität, Luftzusammensetzung, Lufttemperaturen, Wasser und Wasserqualität, Aerosole, Sonnenstrahlung, Peloide	Kurorttherapie

Gelenkstrukturen" als anatomischer Standort vieler Sensoren (Bänder, Sehnen, Gelenkkapsel) mit der Muskulatur. Damit wird klar, dass der Begriff "passive Gelenkstrukturen" eigentlich falsch ist. Diese Strukturen enthalten die Mechanosensoren, dessen Informationen für die Charakterisierung der Gelenkposition, aus der eine Bewegung beginnt und für die ständige Positionskontrolle während der Bewegung essentiell sind (vgl. sensomotorisches System und Bewegungsprogrammierung; 1, 3). Diese Strukturen enthalten den sensorischen Anteil des sensomotorischen Systems.

Damit wird aber an dieser Stelle bereits deutlich, dass sowohl Verletzungen von Sehnen, Bändern und Gelenkkapseln als auch ein gestörtes Gelenkspiel zu Veränderungen bzw. auch zu Störungen in der Bewegungsprogrammierung und Bewegungskontrolle führen müssen. Das sensomotorische System ist bei Verletzungen immer betroffen (2, 4,5).

2. Verbesserung der koordinativen Leistungsfähigkeit des sensomotorischen Systems (Bewegungsqualität und Bewegungsökonomie), um direkte und in-

direkte Wirkungen für eine verbesserte Bewegungsausführung wie auch eine erhöhte Ökonomie der organismischen Logistikfunktionen (Atmung, Herz-Kreislauf, Energiestoffwechsel, Regulationen) zu erreichen.

Um die Bewegungen des Alltages in Art (Beruf, Haushalt, Freizeit), Umfang (über den Arbeitstag, über die gewünschte Freizeitaktivität, usw.) und Intensität (berufliche und sportliche Anforderungen hinsichtlich der Schwere der Belastung) befriedigend bewältigen zu können, ist das Aufbringen einer ausreichenden Ausdauerleistungsfähigkeit erforderlich und des Weiteren muss das sensomotorische System die erforderlichen Kraftqualitäten (Kraftausdauer, Maximalkraft, Schnellkraft) zur Verfügung stellen können. Die Verbesserung der Bewegungsqualität hat zumindest zwei grundsätzliche Wirkungskomponenten: Erstens eine Verminderung der mechanischen, oftmals krankheitskausalen Belastung des Stütz- und Bewegungssystems und zum zweiten bedeutet eine verbesserte Bewegungsqualität auch eine erhöhte Ökonomie der Bewegungsausführung und damit eine reduzierte Beanspruchung des kardio-pulmonalen Systems, des Energie-

stoffwechsels und der neurovegetativen und hormonellen Regulationen bei gleichen mechanischen Belastungsanforderungen

3. Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit und der Kraftfähigkeit, um die Belastungen des Tages mit der entsprechenden Leistungsfähigkeit, Ermüdungsresistenz und Erholungs- und Kompensationsfähigkeit realisieren zu können.

Patienten mit einem low-back-pain Syndrom haben häufig einen ausgeprägten Dekonditionierungszustand der Ausdauerleistungsfähigkeit. Dieser ist über die daraus resultierende sehr schnelle Ermüdung bevorzugt der (Rücken)Muskulatur ein Faktor, der den Krankheitsprozess mit auslösen und unterhalten kann. Die geringe Ermüdungsresistenz führt dazu, dass die komplexen Belastungen des täglichen Lebens bei diesen Patienten zu Über- und Fehlbelastungen werden können.

Diesen Patienten fehlt damit auch die energetische Basis in der Muskulatur, um die üblicherweise in der Therapie sofort in den Vordergrund gestellte Muskelkräftigung (das Krafttraining) effektiv durchführen zu können. Bei onkologischen Patienten ist es nach der Chemotherapie in der Regel ein charakteristisches Zeichen des klinischen Zustandes (des Zustandes der konditionellen Fähigkeit "Ausdauer"), dass eine ausgeprägt schnelle Ermüdbarkeit bzw. sogar Erschöpfung (extrem geringe Dauerleistungsfähigkeit) vorliegt, die häufig sehr therapieresistent ist.

Im folgenden sollen die 5 Komponenten des Therapieprozesses vorgestellt werden:

#### 1.) fachspezifische Versorgung im Rahmen der kurativen Medizin

Die erste Komponente jedes Therapie- und medizinischen Rehabilitationsprozesses ist natürlich die fachspezifische Behandlung entsprechend den Behandlungsgrundsätzen des jeweiligen medizinischen Fachgebietes. Diese Komponente ist durchgängig in allen Therapiephasen wirksam und die daraus sich ergebenden Rahmenbedingungen müssen beachtet werden.

#### 2.) Behandlung der Entzündungsreaktion, passiver Bewegungseinschränkungen, Veränderungen des Gelenkspiels (Blockierungen)

Nach einer Verletzung, Operation oder im Rahmen einer chronisch degenerativen Erkrankung des SBS gilt es zunächst die Entzündungsreaktion in den Griff zu bekommen. Diese ist durch die 5 Hauptmerkmale Schmerz, Schwellung (Ödem), Rötung, Temperaturerhöhung und Funktionseinschränkung charakterisiert.

Die Ausprägung dieser 5 Merkmale ist abhängig von der Entzündungsursache. Bei chronischen Erkrankungen oder auch bei Störungen der Gelenkfunktion (kleine Wirbelgelenke, oder auch den großen Gelenken) dominiert häufig der Schmerz und die reversible oder auch irreversible Funktionsstörung als hervorstechendes Krankheitsmerkmal.

Der Schmerz ist eine wesentliche ursächliche Komponente für Störungen im sensomotorischen System. Muskelaktivitäten eines üblichen Bewegungsmusters werden abgestuft zwischen gering bis ausgeprägt negativ beeinflusst. Es entstehen veränderte sensomotorische Verhaltensweisen und Schonhaltungen. Bestimmte Bewegungen können gar nicht ausgeführt werden. Schmerz und *functio laesa* (Funktionseinschränkung) gehören direkt zusammen.

Die entzündungsbedingte und/oder reflektorische Mikrozirkulationsstörung und die damit verbundene Schwellung

- -verschlechtern oder unterbrechen die Blutversorgung und somit den Antransport von Sauerstoff und den Abtransport von Stoffwechselendprodukten und
- -vergrößern den Diffusionsweg für den Sauerstoff und das Kohlendioxid als auch natürlich für alle anderen zu transportierenden Stoffe zu und von den Zellen (Ver- und Entsorgungsstörung).

Der Therapieansatz muss also zunächst die Folgen der Entzündung bekämpfen, um die lokalen Arbeitsbedingungen der Gewebe zu normalisieren und den Schmerz als eine wesentliche neurophysiologische Störgröße für eine korrekte Bewegungsprogrammierung, Bewegungskontrolle und Bewegungskorrektur auszuschalten.

Charakteristisch bei der Anwendung der physikalischen Reize, wie Kälte, Wärme, elektrische Ströme (Galvanisation, Reizströme mit bevorzugt sensibler oder auch motorischer Wirkung), Massagen (z. B. Lymphdrainage) ist, dass der Patient "sensomotorisch passiv" (keine Willkürmotorik) ist. Die Reize stellen eine Belastung für den behandelten Bereich dar und verursachen direkt oder indirekt lokale und auch zentrale Wirkungen (Tabelle 2). Der Patient leistet zwar keinen aktiven Beitrag im Sinn der Willkürmotorik, jedoch werden durch die Reize eine Reihe von Prozessen aktiviert.

Werden kontraktionsauslösende Stromformen eingesetzt, ist der Patient zum Teil aufgefordert eine willkürliche Kokontraktion auszuführen, somit ist eine Verbindung zwischen motorisch "aktiven" und "passiven"

Tabelle 2:  
Mittel, Methoden und Hauptwirkungen der physikalischen und manuellen Therapie

<b>Mittel / Methoden:</b>	verschiedene Energieformen mit direkten und indirekten Wirkungsmechanismen; <u>dosierte passive Bewegungs(reize)ausführungen</u>
<b>Wirkungen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserung/Normalisierung der Durchblutung</li> <li>- Beeinflussung der Stoffwechselaktivität</li> <li>- Beeinflussung der rheologischen Eigenschaften</li> <li>- Linderung/Ausschaltung des Schmerzes</li> <li>- Beeinflussung von Schwellung (Ödem), der Resorption</li> <li>- Beeinflussung von Regulationen auf lokaler bzw. regionaler Ebene direkt oder indirekt über das vegetative Nervensystem (letztendlich mit der Hauptwirkung: Durchblutung)</li> <li>- Verbesserung/Wiederherstellung des Gelenkspiels</li> <li>- Lösung von Verklebungen zwischen Gleitschichten</li> <li>- Beeinflussung der Gewebeeigenschaften</li> <li>- Trophik, Tonus, Turgor, Dehnbarkeit (biomechanische Eigenschaften)</li> <li>- Kontraktilität über: Schmerzminderung, Durchblutung</li> </ul>

Maßnahmen möglich, eine semantisch klare Trennung zwischen "aktiv" und "passiv" ist oft schwer möglich.

Die manualtherapeutischen Anwendungen sind für den Patienten oftmals eindrucksvoll, indem sich die Schmerzsituation durch die weitestgehende Wiederherstellung des Gelenkspiels zum Teil nahezu umgehend verbessern kann. Um eine erneute Verschlechterung des Gelenkspiels zu verhindern ist nun zwingend der nächste Schritt notwendig, d.h. die "Sensomotorik" des Gelenkes zu trainieren. Diese ist einzig allein in der Lage das Gelenk korrekt zu bewegen oder bei Bedarf zu stabilisieren (statische und dynamische Stabilisation).

Die Hauptwirkungen dieses Therapieabschnittes kann man wie folgt zusammenfassen:

- - Verbesserung der Durchblutung mit allen damit zusammenhängenden positiven Folgen
- -direkte Beeinflussung der Gelenk- (Gelenkspiel) und Gewebeeigenschaften (Verklebungen, u.a.)

- -Beeinflussung des Bahnungs- und Hemmungsverhältnisses in den neuronalen Netzwerken der spinalen und sicher auch der supraspinalen Ebene ohne diese Wirkung quantitativ ausdrücken zu können.

### 3.) Verbesserung des sensomotorischen Defizites

Durch die Verminderung der Schmerzsituation, die Verbesserung der Gelenkfunktionen sowie der Ver- und Entsorgungssituation des Gewebes mit Blut werden die Voraussetzungen geschaffen, bevorzugt Bewegungsreize einzusetzen. Der Patient hat durch diese Vorbereitung somit die Belastbarkeit erreicht, um mit den Methoden der Bewegungstherapie ("Heilgymnastik") den nächsten Therapieschritt ausführen zu können.

Die Bewegungstherapie nutzt systematische aktive und passive Bewegungen geringer Intensität. Des Weiteren werden mit Hilfe definierter Ausgangspositionen und mechanischer Stimulationen reflektorische Beeinflussungen des sensomotorischen Systems ausge-

Tabelle 3:  
Mittel und Hauptwirkungen der Bewegungstherapie („Heilgymnastik“)

<b>Mittel / Methoden:</b>	systematische aktive und passive Bewegungen (sehr) geringer Intensität; reflektorische <u>bahnende und hemmende Beeinflussungen des sensomotorischen Systems</u>
<b>Wirkungen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Halte- und Gleichgewichtssensomotorik (posturale Regulation, Stabilisation, Koordination)</li> <li>-Beeinflussung sensomotorischer Bewegungsabläufe (sensomotorisches Neu- und Umlernen)</li> <li>-Beeinflussung von sensomotorischen Dysbalancen</li> <li>- Bewegungsbahnungen</li> <li>-Verbesserung der Kraftentwicklung durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verminderung einer Innervationsinsuffizienz</li> <li>- Verminderung reflektorischer Hemmungen</li> <li>- Verbesserung der Bewegungskoordination</li> </ul> </li> <li>-Beeinflussung pathologischer Tonusregulationen (Spastik) und Bewegungssterotype</li> </ul>

löst. Die Hauptwirkung aller Methoden der Bewegungstherapie ist auf die sensomotorische Koordination bzw. das sensomotorische Lernen ausgerichtet (Tabelle 3).

Die Mittel und Methoden der Bewegungstherapie haben primär keinen direkten Einfluss auf die konditionelle Fähigkeit "Ausdauer", sondern ausschließlich auf die Koordination.

Der indirekte Effekt hinsichtlich der Ausdauer besteht darin, dass durch eine erhöhte Bewegungsökonomie bei gleichen Belastungen weniger energetische Ressourcen in Anspruch genommen werden müssen. Somit kann der Patient auf der Grundlage dieses "Spareffektes" trainierte Belastungen auch länger ausführen. Die Beanspruchung fällt mit der Bewegungsökonomie.

Auf die konditionelle Fähigkeit Kraft haben die Mittel und Methoden der Bewegungstherapie gleichfalls nur einen mittelbaren Einfluss über die Koordination. Strukturelle Adaptationen des Muskels (Hypertrophie), die nach der primären Ökonomisierung und Verbesserung der intra- und intermuskulären Koordination den Hauptanteil an einer verbesserten Kraftfähigkeit haben, können durch die Krankengymnastik nicht hervorgerufen werden. Die trainingsmethodischen Kriterien für ein effektives Krafttraining zur Hypertrophieentwicklung sagen aus, dass hohe Intensitäten (Kontraktionskräfte) mit 6 - 10(12) Wiederholungen mit einer Dauer von jeweils ca. 6 - 8 Sekunden in einer Serie und ca. 3 - 4 Serien pro Trainings(Therapie)einheit eingesetzt werden müssen. Nur mechanische Spannungen dieser Intensität und Dauer mit möglichst vollständiger energetischer Ausschöpfung des Kreatinphosphats lösen effektiv die Prozesse im Baustoffwechsel des Muskels aus, die für eine Aufstockung der kontraktile Strukturen (für Hypertrophie) sorgen. Für diese Zielstellung müssen die Mittel und Methoden der medizinischen Trainingstherapie eingesetzt werden, wenn die Belastbarkeit hierfür vorliegt bzw. über den bisherigen aktiven Therapieprozess aufgebaut worden ist. Hypertrophietraining (Muskelaufbau) setzt einen systematischen und relativ langfristigen Trainingsaufbau insbesondere auch für die Vorbereitung der Bindegewebestrukturen auf diese Belastungsintensitäten voraus.

Zunächst ist es notwendig, dass der Patient diejenigen Bewegungsausführungen korrekt erlernt, die später für das Krafttraining eingesetzt werden sollen. Auch wenn keine direkte lineare Beziehung zwischen der Qualität der Bewegungsausführung und der Belastbarkeit der Gelenke, Sehnen und Bänder besteht (des so-

genannten passiven Anteils des Stütz- und Bewegungsapparates), so kann dennoch davon gesprochen werden, dass jede unökonomische und unkorrekte Bewegungsausführung als Fehlbelastung für das Stütz- und Bewegungssystem angesehen werden kann. Krafttraining kann unter diesen Bedingungen dann eher zu einer Krankheitsursache werden. Neben der Bewegungsausführung als Komponente der Belastbarkeit (Koordination) muss auch die Belastbarkeit der Gelenkstrukturen aufgebaut werden. Das Bindegewebe muss auf die relativ hohen Zug-, Scher- und Kompressionsbelastungen vorbereitet werden, damit es nicht mit einer Entzündungsreaktion auf die hohen Belastungen des Krafttrainings reagiert. Unvorbereitetes Krafttraining mit hohen Intensitäten (Krafteinsätzen) kann auch selbst bei gesunden Personen sehr schnell zu nicht erwünschten Reaktionen des Gelenkknorpels, der Gelenkkapsel und / oder auch der Sehnen führen.

Die Koordination, als intramuskuläre oder intermuskuläre Koordination stellt den "ersten" adaptiven Schritt auf ein Krafttraining dar. Es gilt unter der Zielstellung Verbesserung der intramuskulären Koordination die Rekrutierungsfähigkeit wieder her zu stellen und die Entladungsrates der Motoneurone an das physiologische Limit heran zu führen. Nach Verletzungen oder Störungen des SBS sind beide Mechanismen der willkürlichen Kraftabstufung (Rekrutierung und Entladungsrates) gestört (2,4,5,6) und bedürfen einer entsprechenden Therapie.

Die intermuskuläre Koordination gegeben durch den bewegungsadäquaten zeit- und intensitätsgerechten Einsatz der Agonisten (Kontraktion) und Antagonisten (Relaxation) ist ein wesentlicher Faktor für den Anstieg der Kraft von Muskelketten und somit für den therapeutischen Gesamterfolg.

#### 4.) Verbesserung der allgemeinen Leistungsfähigkeit ("performance") durch "medizinische Trainingstherapie"

In der nächsten Stufe des Therapieprozesses wird die "medizinische Trainingstherapie" eingesetzt. Für diese Komponente des Therapieprozesses existieren sehr viele verschiedene Begriffe. Diese sind: Muskuläres Aufbautraining, Medizinisches Aufbautraining, Medizinisches Muskelaufbautraining, Medizinisches Funktionstraining, Sporttherapie, Rehabilitationstraining, rehabilitatives Training oder auch Rekonditionierung.

Die Zielstellung ist aber unabhängig von der vielfältigen Begrifflichkeit identisch (Tab. 4). Es gilt:

- unter den Bedingungen der krankheits- oder verletzungsbedingten Minderung der Belastbarkeit des

Stütz- und Bewegungssystem (bevorzugt Orthopädie, Traumatologie) und/oder von Organsystemen (Innere Medizin, Onkologie, u. a.)

- die direkt (Rekrutierungsinsuffizienz) oder indirekt (Inaktivität, Immobilisation) mit der Verletzung oder Erkrankung verbundenen Störungen und Einschränkungen der sensomotorischen Fähigkeiten Koordination, Ausdauer und Kraft
- durch eine zielgerichtete, systematische und bevorzugt dem klinischen Zustand und der daraus resultierenden Belastbarkeit angepassten physischen Belastung (durch Training) zu verbessern. Die aktuelle physische Leistungsfähigkeit der Koordination und der konditionellen Fähigkeiten sind zum Teil wegen der veränderten Belastbarkeit "nur" eine wichtige Orientierung für die Therapiebelastung.

Des Weiteren muss beachtet werden, dass entsprechend des Ausgangswertgesetzes nach Wilder (7) der zunächst erreichbare Funktions- und Leistungsfortschritt vom Ausgangszustand abhängig ist. Je ausgeprägter der Dekonditionierungszustand ist, desto größer kann und wird bei Trainingsbeginn der Leistungsfortschritt sein können. Auf der anderen Seite kann demzufolge bei leistungsfähigen Personen (z. B. Sportlern) in Abhängigkeit von der möglichen Therapie (Trainings)belastung nur eine Erhaltung der Fähigkeiten erreicht werden oder es muss sogar ein weiterer Verlust in Kauf genommen werden, wenn der Krankheits- oder Heilungszustand die notwendig hohen Trainingsumfänge oder Trainingsintensitäten nicht zulässt.

Im täglichen Routineprozess der Rehabilitation handelt es sich aber bevorzugt um sportlich nicht systematisch aktive Menschen oder um Menschen bei denen die langjährige physische Inaktivität verbunden mit anderen Faktoren sogar einen ursächlichen (ätiologischen) Beitrag zur Erkrankungsentwicklung geleistet hat.

Einer Untersuchung in der Klinik Bavaria Kreischa im Zusammenarbeit mit der Landesversicherungsanstalt Sachsen zufolge (8,9), kann man bei Patienten mit einem chronischen Schmerzsyndrom der Wirbelsäule damit rechnen, dass 40 % - 50 % aller Patienten eine Minderung der Ausdauerleistungsfähigkeit (sogenannte "aerobe Schwelle": Laktat 2,0 mmol/l; Eine Schwelle gibt es eigentlich nicht, sondern immer nur ein durch den Laktatwert charakterisiertes Bilanzgleichgewicht zwischen Laktatproduktion und Laktatelimination und der Laktatverteilung zwischen den Kompartimenten Zelle - Extrazellularraum - intravasaler Raum) um mehr als 30 % gegenüber gleichaltrigen klinisch gesunden untrainierten Menschen aufzuweisen haben. Dieses Ergebnis muss zusätzlich unter der Tatsache betrachtet werden, dass auch der Zustand der Dauerleistungsfähigkeit der klinisch gesunden Personen gegenüber dem "cardioprotektiven Bedarf" (bevorzugt Ausdauertraining entsprechend einem belastungsbedingten Energiebedarf von 1200 - 2200 kcal/Woche; 10) als vermindert angesehen werden muss. Bei den Patienten kann in einem durchschnittlichen Therapiezeitraum von 29 Tagen mit zielgerichtetem, diagnostisch gestütztem Ausdauertraining ein erheblicher Leistungsfortschritt ausgelöst werden. Erfolgt die Dosierung und Kontrolle der therapeutischen Ausdauerbelastung auf der Basis der Laktat-Leistungs-Beziehung und nach den trainingsmethodischen Prinzipien des Ausdauertrainings, dann kann der therapeutische Hauptzielparameter "Ausdauerleistungsfähigkeit" (Leistung oder Geschwindigkeit an der oberen Schwelle), als Grundlage der physischen Leistungsfähigkeit, der Ermüdungsresistenz, der Stabilität und Kompensationsfähigkeit des Organismus, um durchschnittlich 28 % bei den Frauen und sogar um 46 % bei den Männer ansteigen. Wird die Leistungs-

Tabelle 4  
Mittel und Hauptwirkungen der Medizinischen Trainingstherapie

<b>Mittel / Methoden:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zielgerichtete, systematische aktive Belastungsreize zur Verbesserung der Koordination und der konditionellen Fähigkeiten;</li> <li>- die Dosierung in Art, Umfang und Intensität entspricht prinzipiell den sportwissenschaftlichen Prinzipien und wird durch den Zustand und Verlauf der Erkrankung oder Verletzung modifiziert;</li> <li>- Basis der Belastung: nicht die vorhandenen Adaptationen, sondern medizinische Faktoren</li> </ul>
<b>Wirkungen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Koordination</li> <li>Belastbarkeitssicherung und Zielstellung</li> <li>-Ausdauer</li> <li>aufbauend bevorzugt Langzeitausdauer I (10 – 35 Minuten) und II (35 – 90 Minuten)</li> <li>- Kraft</li> <li>bevorzugt Kraftausdauer später Maximalkraft auf der Basis der intramuskulären Koordination</li> </ul>

fähigkeit dieser Patienten nicht korrekt diagnostiziert, dann wird die Belastungsdosierung zunächst in aller Regel deutlich zu hoch festgesetzt. Diese gemessenen hohen Zuwachsraten weisen zusätzlich den ausgeprägten Dekonditionierungszustand bei dieser Patientengruppe aus.

Die Medizinische Trainingstherapie der verletzten oder erkrankten Körperregionen, muss im Prinzip auf der Grundlage des sportwissenschaftlichen Wissens erfolgen. Es hat aber infolge der medizinischen Gegebenheiten einige zu beachtende Besonderheiten. Diese Besonderheiten ergeben sich aus der Belastbarkeit des Patienten. Die Belastbarkeit kennzeichnet alle strukturellen und funktionellen Bedingungen und Voraussetzungen des Organismus auf dessen Grundlage Belastungen ohne Beeinträchtigungen oder Störungen beantwortet werden können. Das bedeutet, die Belastung wird vom Organismus positiv und somit mit einer Adaptation und nicht mit einer Maladaptation (mit Verletzung oder Erkrankung bzw. Rezidiv) beantwortet. Eine verminderte Belastbarkeit besteht, wenn z. B.

ein operiertes Gelenk auf die Beanspruchung der bewegenden Muskulatur mit einer Entzündungsreaktion oder wenn z. B. das Herz-Kreislauf-System auf die optimale Belastungsdosierung im Ausdauertraining mit einer hypertonen Regulationsstörung reagiert oder auch Rhythmusstörungen bzw. myocardiale Ischämiezeichen im EKG auftreten. Des Weiteren limitieren die Funktionsstörungen im sensomotorischen System die Belastbarkeit und Trainierbarkeit (11) und erhöhen damit zum Teil erheblich den therapeutischen Zeitbedarf.

Ein Beispiel wird in Abbildung 1 (2) dargestellt. Es handelt sich um den kinesiologischen EMG-Befund einer Patientin 4 Monate nach einer operativ versorgten Trümmerfraktur des Femur. Es wurde die willkürliche Aktivierungsfähigkeit des M. quadr. fem. im Seitenvergleich diagnostiziert. Die EMG-Ableitung erfolgte vom M. rectus femoris, dem M. vastus medialis und lateralis beidseits. Die Patientin war zunächst aufgefordert den M. quadr. fem. der gesunden Seite (links in der Abbildung) maximal isometrisch bei einem Winkel im Kniegelenk von  $0^\circ$  anzuspannen. Aus der Abbil-

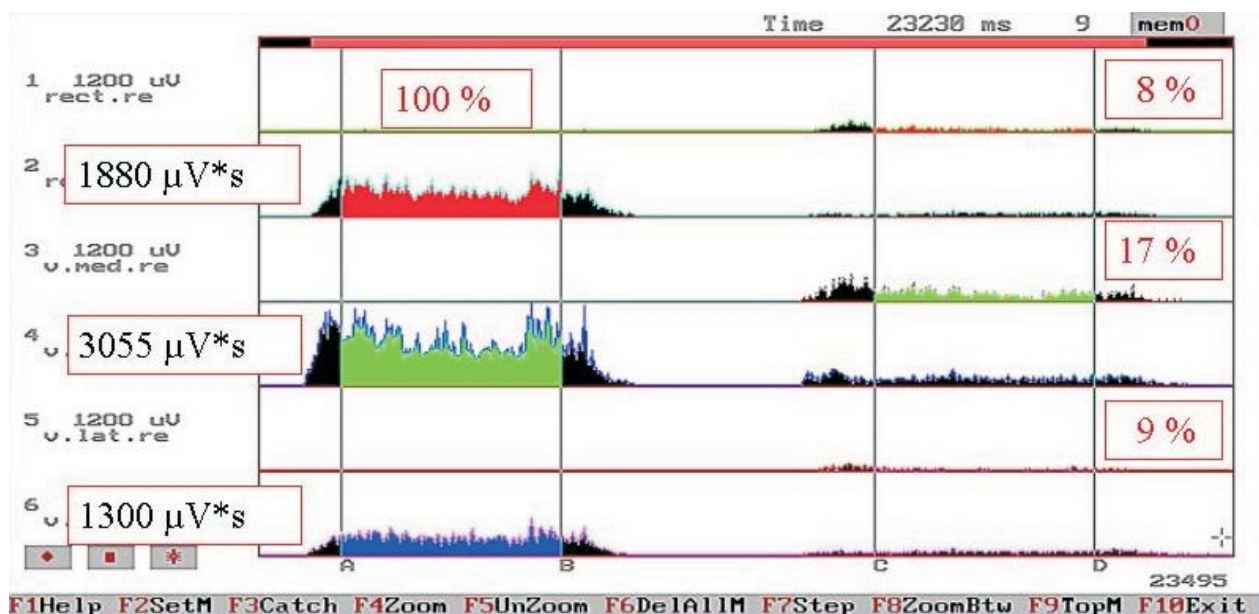


Abbildung 1:

Originalbefund der kinesiologischen Elektromyographie bei einer Patientin 4 Monate postoperativ nach einer Oberschenkeltrümmerfraktur.

Die Patientin war aufgefordert, zunächst eine isometrische maximale Kontraktion des M. quadr. fem. der gesunden Seite (links) und nachfolgend der verletzten Seite (rechts) auszuführen. Der Winkel im Kniegelenk betrug  $0^\circ$ .

Abgeleitet wurde die EMG-Aktivität vom M. rectus fem. (Kanal 1: rechts; Kanal 2: links), dem M. vast. med. (Kanal 3: rechts; Kanal 4: links) und lat. (Kanal 5: rechts; Kanal 6: links). Dargestellt ist das EMG-Signal nach der Gleichrichtung. Ein Abschnitt von 4 Sekunden ist zwischen den Markern abgegrenzt und die IEMG-Werte repräsentieren die Fläche ( $\mu V \cdot 4$  Sekunden). Die IEMG-Werte der entsprechenden Muskelanteile des M. quadr. fem. der verletzten Seite (rechte Seite der Abbildung) werden in % der gesunden Seite angegeben.

Der Befund zeigt, dass die Patientin kaum in der Lage ist den M. quadr. fem. der verletzten Seite willkürlich in Funktion zu setzen. Es besteht infolge der Verletzung eine ausgeprägte Funktionsstörung im sensomotorischen System, die sich als „funktionelle Teilparese“ äußert. Der Muskel ist zur Zeit willkürlich nicht therapiewirksam ansprechbar. Der Ausprägungsgrad der Teilparese ist so groß, dass die Patientin mit der verbleibenden, extrem geringen Willkürfunktion nicht Gehen kann.



dung ist zu ersehen, dass alle Muskelanteile intensiv beansprucht werden und ein physiologisches EMG-Muster zur Abbildung kommt. Der Versuch eine isometrische Kontraktion auf der verletzten Seite auszuführen (rechts in der Abbildung) macht deutlich, dass kaum eine EMG-Aktivität über den Muskelanteilen zur Darstellung kommt. Werden die Aktivitäten der gesunden Seite gleich 100 % gesetzt, dann berechnet sich für die Muskelanteile der verletzten Seite eine willkürliche Aktivierungsfähigkeit für den M. rectus fem. von 8 %, den M. vast. med. von 17 % und den M. vast. lat. von 9 %. Bei dieser Patientin besteht eine ausgeprägte funktionelle Teilparese (4,5,6,11). Der Muskel ist in der derzeitigen Phase des Therapieverlaufes willkürlich, also mit den aktiven Mittel und Methoden der Heilgymnastik und medizinischen Trainingstherapie deutlich vermindert trainierbar. Bahnende Therapieformen waren im bisherigen Verlauf auch ohne Effekt. Es besteht die absolute Indikation für eine Elektromyostimulation mit der Zielstellung, den Muskel strukturell und funktionell hinsichtlich

- 1.seiner kontraktile Eigenschaften,
- 2.des aeroben Energiestoffwechsels und
- 3.der Durchblutung (Kapillarisation) zu erhalten.

Zu diesen "organischen Defiziten" kommen psychologische Faktoren, wie z. B. die Angst vor Schmerzen, die Angst vor der Wiederbelastung des erkrankten oder verletzten Bereiches oder auch die Angst vor erneuter Verletzung durch sensomotorische Unsicherheiten.

Durch diese objektiven und subjektiven Belastungs-limitierungen muss natürlich auch der erreichbare Fortschritt (die Therapiewirkung) im zur Verfügung stehenden Zeitraum geringer ausfallen und der Zeitbedarf für das angestrebte Ziel erhöht sich zum Teil deutlich. Hinzu treten objektive Beeinträchtigungen der Trainierbarkeit z. B. durch eine Verletzung einschließlich der eventuell erforderlich gewordenen Operation oder die chronische Erkrankung. Diese, durch

Funktionsstörungen im sensomotorischen System hervorgerufene verminderte Trainierbarkeit ist ein hauptsächlichlicher Faktor dafür, dass einerseits die Leistungsfähigkeit vor der Verletzung nicht mehr oder nur mit wesentlich höherem Belastungsaufwand erreicht werden kann und andererseits bei Inaktivität (Unterbrechung der Therapie(Trainings)belastung) der erneute Funktionsverlust schneller vonstatten geht.

Der medizinische Trainingsprozess geht (sollte) somit auch zeitlich wesentlich über den Zeit-raum jeder stationären und ambulanten Behandlung hinausgehen. Es ist ein wesentliches pädagogisches Element des Medizinischen Trainingsprozesses, das der Patient die Therapieeinheiten mit dem Physiotherapeuten als Anleitung zum weiteren selbständigen Handeln nach Abschluss des medizinisch betreuten Zeitabschnittes ansieht. Der Therapieprozess kann nach Beendigung der stationären oder auch ambulanten Behandlungszeit absolut nicht als abgeschlossen betrachtet werden, sondern er erfordert die Weiterführung in der Eigenverantwortung des Patienten.

#### 5.) Verbesserung der spezifischen Leistungsfähigkeit durch "Training"

Die fünfte Komponente des Gesamtprozesses ist das Training (Tab. 5). Für die gesunden, voll belastbaren Körperbereiche sollte diese Komponente umgehend wirksam werden. So besteht bei einem Patienten mit z. B. einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes (in der Regel relativ junge Menschen) im Bereich des Schultergürtels und der oberen Extremitäten eine volle physische Belastbarkeit. Des Weiteren können Belastungen der Bauch- Rücken- und Gesäßmuskulatur ohne Einschränkungen und nur mit Limitierungen der Ausgangspositionen ausgeführt werden. Einer Ausdauerbelastung am Handkurbelergometer steht nichts entgegen.

Dies gilt natürlich nur dann, wenn keine Multimorbidität vorliegt. Nebenerkrankungen, wie des Herz-Kreis-

**Tabelle 5:**  
Mittel und Hauptwirkungen der Medizinischen Trainingstherapie

<b>Mittel / Methoden:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zielgerichtete, systematische aktive Belastungsreize zur Verbesserung der Koordination und der konditionellen Fähigkeiten;</li> <li>- Die Dosierung in Art, Umfang und Intensität entspricht den sportwissenschaftlichen Prinzipien;</li> <li>- Basis der Belastung: der Stand der erreichten Adaptationen und die spezifischen Zielstellung</li> </ul>
<b>Wirkungen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Koordination (Belastbarkeitssicherung u. je nach indiv. Zielstellung)</li> <li>-Ausdauer (je nach indiv. Zielstellung)</li> <li>-Kraft (je nach indiv. Zielstellung)</li> </ul>

lauf-Systems z. B. die arterielle Hypertonie oder Rhythmusstörungen und andere internistische Erkrankungen oder auch des Stütz- und Bewegungssystems (vertebragene Schmerzsyndrome, u. Ähnliches) u. a. medizinischer Fachgebiete müssen Beachtung finden und beeinflussen die Belastbarkeit krankheitsspezifisch. Wenn keine medizinischen Sachverhalte dagegen sprechen, dann wird im gesunden Bereich das Training in Art, Umfang und Intensität nach den sportwissenschaftlichen Prinzipien des Trainings durchgeführt und dosiert. Das bedeutet, es wird die aktuelle Leistungsfähigkeit mittels eines Tests bestimmt und je nach Zielstellung das Ausdauer und Krafttraining absolviert.

Das Training der verletzten Körperregion geht mit der Entwicklung der Belastbarkeit systematisch aus dem medizinischen Trainingsprozess hervor. Kriterium und Stand des Übergangsprozesses ist, dass die Therapie(Trainings)belastung immer mehr auf der Grundlage der aktuellen Funktions- und Leistungsfähigkeit durchgeführt und dosiert werden kann und zu beachtende medizinische Faktoren zurücktreten.

Ein physikalisch-medizinischer Behandlungsprozess muss immer auf der Basis dieser 5 Komponenten aufgebaut werden, da ein Überspringen einer Komponente zwangsläufig zu einer Störung des Prozessablaufes führen muss und somit bestenfalls ein nicht optimaler Heilungsverlauf resultiert. Heilung schließt hierbei die Stabilisierung und das Anstreben der altersgerechten und individuell gewollten Funktions- und Leistungsfähigkeit ein. In Übereinstimmung mit den Forderungen nach Ressourcenplanung und ökonomischem Einsatz der vorhandenen Mittel ist daher dieses Konzept eine unabdingbar Leitlinie in der Gestaltung unserer Behandlungskonzeption. Wesentlich ist dabei eben auch der pädagogische Aspekt, die Einsicht beim Patienten zu entwickeln, dass eine Weiterführung der erlernten systematischen Belastungen über den medizinisch kontrollierten Zeitrahmen hinaus stattfinden sollte.

## Literatur

1.Laube, W.: Koordination und Sensomotorisches System in der Rehabilitation. in: Müller, K., Becker, St., Röhl, K., Seidel, E.: Ausgewählte Aspekte der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin. Symposiumsband, 5. Mitteldeutsches Symposium "Physikalische & Rehabilitative Medizin", Halle/S., 21. - 22. April 2001, GFBB Verlag Bad Kösen, 2002, 103 - 111

2.Laube, W.: Physiologie, Leistungsphysiologie, Pathophysiologie und Trainingslehre. In: Hütter-Becker, A., Dölken, M. (Hrsg.) Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungs-physiologie, Trainingslehre. Thieme 2004, S. 127 - 319

3.Laube, W.: Das sensomotorische System, die Bewegungsprogrammierung und die sensomotorische Koordination beim Gesunden und Verletzten. ÖZPMR Österr Z Phys Med Rehabil, 2004;14: 35 - 49

4.Laube, W., Hildebrandt, H.-D.: Auswirkungen einer defizitären Propriozeption auf die Bewegungsprogrammierung - koordinative Aspekte nach Kniegelenkverletzungen und bei Rückenpatienten. Orthopädie-Technik 2000; 51: 534 - 550

5.Laube, W.: Die funktionellen Störungen im sensomotorischen System infolge struktureller Veränderungen im afferenten Teil nach Gelenkverletzungen ( ACL ) oder degenerativer Erkrankung ( TEP des Hüftgelenkes ) und der sensomotorische Stereotyp der Hüftgelenkextension bei klinisch gesunden Personen und low back pain Patienten als pathogenetischer Faktor. In: Jerosch, J. (Hrsg.) Sensomotorik - Aktuelle Aspekte zur Sensomotorik und Propriozeption in Forschung, Klinik und Praxis. Pro Sympos Eigenverlag Essen 2000

6.Laube W, Bochdanky Th: "Functional paresis" after anterior cruciate ligament (ACL) injury. Proceedings of XIVth Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Wien, June 22 - 25 (2002) 201 - 202

7.Wilder J. "Ausgangswert-Gesetz" - Ein unbeachtetes Gesetz, seine Bedeutung für Forschung und Praxis. Klin Wschr 1931; 10: 1189-1194

8.Laube W, Kirste H.-J, Jetter H.: Fähigkeitsbezogene Funktionsdiagnostik in der orthopädischen Rehabilitation - indikationsgerechte Therapie und Qualitätssicherung. 10. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium des VdR, Halle/S., 12. - 14. März, DRV Schriften Bd. 26 (2001) 296 - 297

9.Laube W, Kirste H.-J, Jetter H. Rückenschmerzen - Koordination, Ausdauer und Kraft vor und nach einem stationären Rehabilitationsprogramm von 4 Wochen. In: Grieshaber, R., Schneider, W., Scholle, H.-Ch. (Hrsg.) Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen - 10. Erfurter Tage. Monade Agentur für Kommunikation GmbH, Leipzig, 2004 c

10.Durstine JL, Grandjean PW, Cox CA, Thompson PD. Lipids, Lipoproteins, and exercise. J. cardiopulmonary rehabilitation 2002; 22: 385 - 398

11.Laube W, Weber J, Thue L, Schomacher J. Persistierende Kraftdefizite nach Hüft-TEP und Kreuzband-OP infolge gestörter Muskelaktivierung. Manuelle Therapie, 1998 2.120 - 129

Korrespondenzadresse des Autors

OA Dr. sc. med Wolfgang Laube

Landeskrankenhaus Feldkirch/Rankweil  
Akademisches Lehrkrankenhaus,  
Institut für Physikalische Medizin und Rehabilitation  
Carinagasse 47, A - 6800 Feldkirch

e-mail: wolfgang.laube@lkhr.