Zeitschrift: Physiotherapie = Fisioterapia

Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband

Band: 37 (2001)

Heft: 4

Artikel: Wir sind nicht nur ein Produkt unserer Gene : Morphogenetische Faktoren und Plastizität

Autor: Baviera, Bruno

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-929154

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

PRAXIS

Wir sind nicht nur ein Produkt unserer Gene:

Morphogenetische Faktoren und Plastizität

Dr. med. Bruno Baviera, Chefarzt,
Ärztlicher Leiter der Schule für Physiotherapie Aargau Schinznach, 5116 Schinznach Bad

PhysiotherapeutInnen sind in ihrer täglichen Praxis mit Patienten, die an Leistungsstörungen von Geweben, Organen oder Organsystemen leiden, konfrontiert. Diesen Leistungsstörungen können ein fehlerhafter Gebrauch oder ein ungenügender Gebrauch zugrunde liegen. Bevor eine Therapie geplant werden kann, muss im klinischen Denkprozess wenn immer möglich die Ursache der zugrunde liegenden Störung evaluiert werden. Für diese Evaluation eignet sich das Schema der Trophik mit seinen Aspekten der Hyper-, Hypo- und Dystrophie.
Neben den genetischen Faktoren ist die Nutrition und der Gebrauch einer Struktur für deren Trophik grundlegend. Viele physiotherapeutische Massnahmen beeinflussen den trophischen Zustand durch eine Förderung der Nutritionsprozesse oder direkt über mechanische, chemische oder elektrische Prozesse. Primäre Schädigungen führen sekundär oft zu Stoffwechselveränderungen und diese wiederum über zentralnervöse Reaktionen zur Bildung von dystrophen Faktoren, die über die Axoplasmaströme die Gewebe beeinflussen können.
Frühkindliche Traumatisierungen, Schmerzen und Immobilisationszustände können über die neuroendokrine Achse die Trophik der Gewebe beeinflussen.

Präventiv und therapeutisch Handelnde sowie auch Lernende und Sportler bedienen sich bewusst oder unbewusst eines zentralen Prozesses: Plastizität. Darunter verstehen wir die Fähigkeit zur Veränderung des Zustandes von Geweben und der von ihnen erbrachten Leistungen.
Es ist evident, dass der vermehrte Gebrauch einer biologischen Struktur oft einen Zuwachs an Gewebe und eine verbesserte spezifische Leistungsfähigkeit zur Folge hat.
Aus medizinischer Sicht ist der Begriff der Trophik in zwei Zusammenhängen wichtig: Erstens im Rahmen einer die Leistungen erhaltenden Prävention und zweitens im Rahmen einer leistungssteigernden Therapie. Viele Erkrankungen des Bewegungssystems entstehen durch eine Dysbalance bezüglich Belastung und Belastbarkeit.

Vorbeugend wie behandelnd müssen wir uns für eine Vorgehensweise entscheiden: Wollen wir die Belastbarkeit steigern oder muss eine für die Gewebe unzumutbare Belastung reduziert werden. Belastbarkeit steigernd wirken gewebeangepasste Trainingsreize in angepassten Trainingsphasen. Belastungssenkend wirken die Prinzipien der Ergonomie.

Begriff der Trophik

Üblicherweise wird der Begriff der Trophik als Ernährungszustand, z.B. eines Gewebes, bezeichnet. Eher funktionell denkende und Leistungssteigerungen anstrebende GymnastiklehrerInnen, PhysiotherapeutInnen oder SportlehrerInnen beschreiben mit dem Begriff der Trophik eher die Funktionsfähigkeit einer Struktur *(Abb. 1)*.

Der Begriff der Trophik umfasst verschiedene Aspekte:

Die zu beschreibende Struktur

Wir können einen Organismus auf zellulärer Ebene, auf einer Gewebe- oder Organebene oder gar auf einer Organ-Systemebene betrachten. Unter rehabilitativen Gesichtspunkten ist es aber schliesslich irrelevant, auf welcher Ebene wir unsere Trainingsresultate betrachten, denn die Stoffwechselvorgänge laufen immer auf zellulärer Ebene ab. Der Kraftsportler betrachtet vielleicht eher wohlgefällig seine Muskelmasse im Spiegel, und der Langläufer erfreut sich über die länger gewordene, ermüdungsfrei durchlaufene Strecke.

Die Morphologie

Bezüglich des Aufbaus kann die Trophik etwas über die zu erwartende Normalität der Struktur aussagen. Der Bau der zu beschreibenden Struktur kann normal oder aber krankhaft verändert sein. Strukturen, die bezüglich der Bauweise oder der Morphologie normal sind, werden als eutroph, krankhafte Strukturen hingegen als dystroph bezeichnet.

Die Funktion

Bezüglich der Funktionen kann eine Struktur ungenügende Leistungen erbringen. Eine strukturelle, morphologisch im Mikroskop normal aussehende Muskelfaser kann beispielsweise zu wenig lang Kraft erzeugen. Natürlich basiert die Leistungsfähigkeit auf den morphologischen Eigenschaften der Gewebe. Insofern ist die zweite und dritte Betrachtungsebene nicht wesensmässig unterschiedlich.
Aber gerade bezüglich der Rehabilitations- und Bewegungsberufe wird der Fortschritt von Trainingsbemühungen bezüglich der Leistungs-

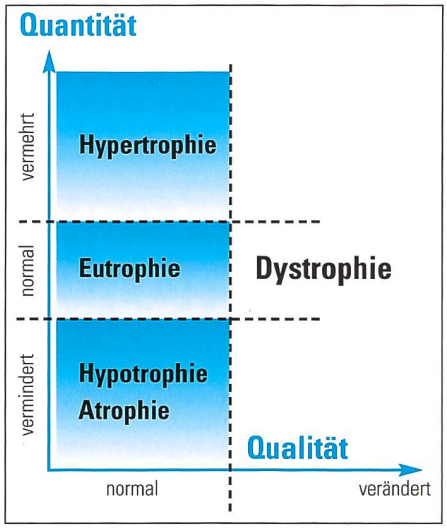


Abb. 1: **Matrixdarstellung der trophischen Zustände bezüglich Quantität und Qualität von Strukturen und deren Leistungen.**

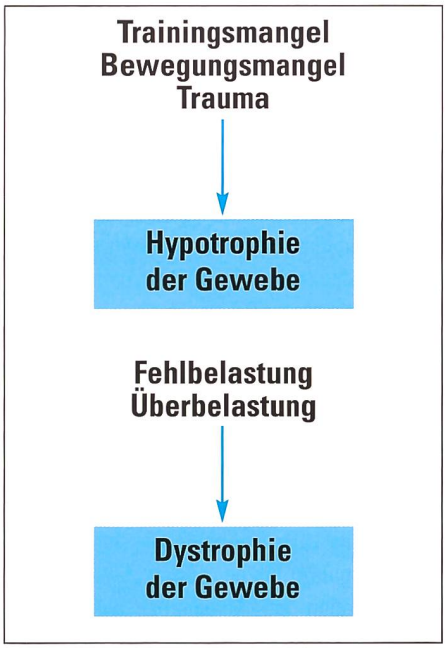


Abb. 2: **Faktoren, die zur Hypotrophie oder Dystrophie der Gewebe führen können.**

fähigkeit und nicht der Morphologie einer Struktur beurteilt.

Die Quantität

Leistungen wie Strukturen können auch bezüglich ihrer Quantität, ihrer Menge, beurteilt werden. Diese Betrachtungsweise ist für normale und gesunde Gewebe üblich. So wird ein Zuviel an normalem Gewebe als Hypertrophie und ein Zuwenig an normalem Gewebe als Hypotrophie bezeichnet.

Oft wird der Begriff Hypotrophie durch Atrophie ersetzt, obwohl Atrophie eigentlich die Abwesenheit dieser Struktur bedeuten würde.

Eutrophie beschreibt somit eine normale, d.h. übliche Menge an Struktur mit der zu erwartenden Leistungsfähigkeit von qualitativ normal aufgebautem Gewebe.

Trophische Faktoren

Otto Appenzeller definierte 1976 Trophik wie folgt: «Trophische Störungen können als Veränderungen oder Läsionen von Gliedern oder gelegentlich anderen Strukturen definiert werden, die nicht direkt durch Erkrankungen dieser Organe, wohl aber mit Störungen deren Innervation in Verbindung gebracht werden können» [1].

Diese Definition der Trophik weist bereits auf die morphogenetischen oder die trophischen Faktoren hin [2, 3].

Obwohl diese Beschreibung etwas akademisch erscheint, ist sie dennoch von grosser praktischer Bedeutung. Eine Fehlfunktion der Muskulatur, die wir nach unserer Definition als dystroph bezeichnen würden, kann durch Entzündungsprozesse oder eine gestörte Innervation verursacht sein. Eine Normalisierung dieser Funktion würde die Behebung der zugrunde liegenden Pathologie erfordern. Eine Trainings-Therapie führt hier nicht zum Erfolg.

Eine schmächtige, hypotrophe Muskulatur, die wegen Trainingsmangel zu wenig Kraft erzeugen kann, bedarf einer anderen Behandlung. Eine Hypotrophie kann durch eine vermehrte, dem Gewebe angepasste Belastung behoben werden. Hier kann die Trainings-Therapie erfolgreich sein. Oft ist es klinisch schwierig, die hinter einer Leistungsschwäche liegenden Ursachen zu evaluieren. Findet jedoch durch ein adäquates Training kein Leistungszuwachs statt, muss nach dystrophen Faktoren gesucht werden *(Abb. 2)*.

Bezüglich der trophischen Faktoren fehlen uns die lückenlosen Kenntnisse. In den letzten Jahren sind jedoch viele Gewebehormone, Wachstumsfaktoren, Neurotransmittoren und Neuromodulatoren entdeckt worden, die auf die Struktur und somit Funktionsweise der Gewebe einen Einfluss haben. Inwieweit Gravitations- oder elektromagnetische Felder die Feinstruktur unserer Gewebe beeinflussen, ist unklar. Prinzipiell können wir jedoch zumindest für den alltäglichen Gebrauch drei trophische Faktoren postulieren: Genetik, Nutrition und Gebrauch *(Abb. 3)*.

Dass ein gewebeadäquater Gebrauch die Leistung eines Gewebes fördern kann, wurde schon erwähnt. Interessant ist, dass jedoch nicht nur die muskuläre Kraft, die Stossabsorbtions-Fähigkeit von Knorpel, die Reissfestigkeit von Bändern, die Dichte der Knochen, sondern auch die Funktionsweise des zentralen Nervensystems vom Gebrauch abhängig ist.

Diese Plastizität scheint nachgerade eine Eigenschaft des Lebens zu sein, im Gegensatz zu künstlich hergestellten Funktionseinheiten wie etwa Maschinen. Denken wir an den Gebrauch einer Maschine, so wird diese mit der Zeit abgenützt, während ein organisches Gewebe seine Leistungsfähigkeit durch den Gebrauch steigern kann.

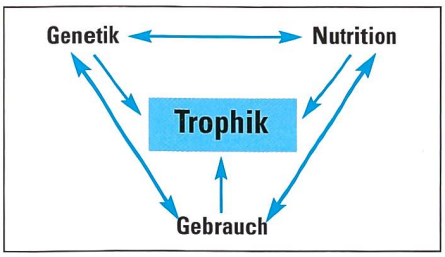


Abb. 3: **Trophische Faktoren und ihre gegenseitige Wechselwirkung.**

Genetik

Betrachten wir zuerst die genetischen Faktoren. Die Grundlage einer jeglichen Konstruktion basiert auf Information. In der Technik sind das Pläne oder Skizzen. Für den Konstrukteur ist es irrelevant, auf welchem Träger er diese Informationen erhält, ob auf Papier oder via Bildschirm. Analog dazu bedarf auch die strukturenbildende Zelle Informationen. Nach dem heutigen Stand des Wissens sind diese Informationen im genetischen Code, der DNS, enthalten. Über komplexe Regelmechanismen werden die entsprechenden, in jeder Zelle vorhandenen genetischen Informationen aktiviert. Durch diese Aktivierungsprozesse können zeit- und mengengerecht die entsprechenden Informationen für die Konstruktion der geforderten Strukturen abgerufen werden. Siehe dazu die detaillierten Angaben im Buch «Die Erfindung der Individualität» [2].

Nutrition

Ohne materielle Grundlagen können keine Strukturen hergestellt werden. Dies gilt sowohl für lebende wie auch nicht lebende Strukturen. Die Nutrition, d.h. die Zufuhr, der Transport sowie die adäquate Aufbereitung der molekularen Bausteine ist eine wesentliche Grundlage für die Leistungsfähigkeit. Diesen ganzen Funktionskomplex möchte der Autor als Nutrition bezeichnen. Insbesondere möchte er darauf hinweisen, dass die Nutrition in diesem Sinne auch die Transportprinzipien und Transportmechanismen umfasst, wie zum Beispiel Konvektion und Konduktion, Diffusion und Osmose *(Abb. 4)*.

Gebrauch

Das dritte morphogenetische Prinzip ist der gewebeadäquate Gebrauch. Da es sich hierbei um ein komplexes Lebensprinzip handelt, bestehen hier auch die grössten Wissenslücken. Noch ist es nicht genau bekannt, wie zum Beispiel mechanische Einwirkungen die Aktivität, beispielsweise von Osteoblasten, beeinflussen. Über welche Mechanismen zum Beispiel Muskelfasern verlängert werden, wenn genügend Dehnreize

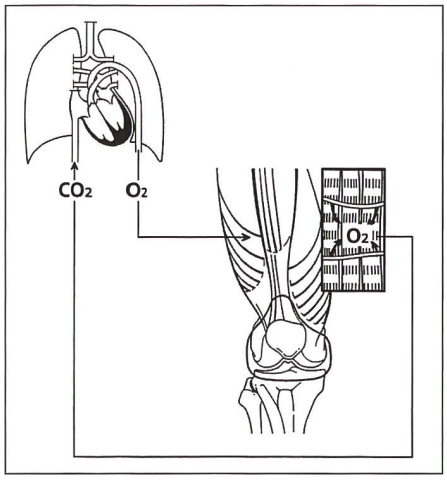


Abb. 4: **Nutrition basiert auf diversen Konvektionsprozessen.**

vorhanden sind, ist auch nicht geklärt. Ebenfalls unklar ist, über welche biochemischen Steuerungsmechanismen die synaptische Tätigkeit verbessert oder wie gar das Entstehen von nervösen Verbindungen gesteuert wird [4].

Dystrophe Prozesse

Primäre Prozesse

Bezüglich Gewebeschädigungen, d.h. dystrophen Prozessen, können primär durchaus mechanisch, chemisch, thermisch oder elektromagnetisch bedingte Schädigungen auftreten. Solche primären Prozesse können Fehlbelastungen oder Überbelastungen, Mikrotraumatisierungen oder entzündliche Prozesse sein. Eine grosse Anzahl von Erkrankungen des Bewegungsapparates basiert auf solchen Prozessen. Ein Grossteil der Arthrosen und Rückenprobleme sind sicher durch eine Fehlbelastung bedingt *(Abb. 5)*.

Sekundäre Prozesse

Diese primären Prozesse führen sekundär zu Stoffwechselveränderungen oder zu Zellzerstörungen. Diese Vorgänge verändern das Mikromilieu bezüglich der Temperatur, der chemischen Zusammensetzung und der Druckverhältnisse.
Da es sich beim sekundären Prozess vorwiegend um chemische Prozesse handelt, die zur Freisetzung von Gewebehormonen und Entzündungs-Mediatoren führen, finden bereits lokal Stoffwechselveränderungen statt. Zelluläre Botenstoffe werden aktiviert, die ihrerseits über eine DNS-Aktivierung die Synthese entsprechender zellulärer Produkte auslösen. Diese Stoffwechselprodukte können einerseits zu einer Adaptation führen, d.h. zu einer verbesserten Leistungsfähigkeit der Strukturen oder aber zu einer Leistungseinbusse, einer Dystrophie.

Tertiäre Prozesse

Durch diese Milieuveränderungen werden in einem tertiären Prozess die diversesten Rezeptoren, die in allen Geweben vorkommen, erregt. Bei diesen Rezeptoren handelt es sich um Nozizeptoren, Mechanorezeptoren, Chemorezeptoren und Thermorezeptoren. Die Erregung dieser Rezeptoren führt zu einer Veränderung des Informationsflusses zum zentralen Nervensystem.
Über die tertiäre Ebene kann reflektorisch, d.h. über nervöse Wege, zum Beispiel über das sympathische Nervensystem, die Durchblutung der Strukturen verändert werden. Gleichzeitig ist auch über die Aktivierung oder Hemmung der Motoneuronen (Alpha und Gamma) eine Veränderung der Muskelfunktion möglich. Zusätzlich werden entzündungs- und immunkompetente Zellen durch efferente, in Gewebe endigende Nervenfasern beeinflusst. Neben der elektrischen Aktivität dieser das zentrale Nervensystem verlassenden Nervenfasern findet in diesen auch ein reger Stofftransport statt. Die Nervenfaser dient also nicht nur der Übertragung von elektrochemischen Signalen. In den Nervenfasern verlaufen viele kleine Transportsysteme, die einen Stofftransport in beiden Richtungen ermöglichen. Diese Stofftransporte nennen wir axoplasmatische Ströme. Diese Axoplasmaströme enthalten Substanzen, die den Zellstoffwechsel wie oben beschrieben beeinflussen können. Sie können als eigentliche morphogenetische Faktoren betrachtet werden.
Die in den Rezeptoren generierten elektrochemischen Informationen, die Afferenzmuster, werden über aufsteigende Systeme auch zum Gehirn übertragen. Dies geschieht jedoch nicht ohne auf jeder Höhe des zentralen Nervensystems stattfindende Verarbeitungsprozesse.
Werden in der Peripherie, beispielsweise durch Überbelastungen, Milieuveränderungen erzeugt, die zur Erregung von Nozizeptoren führen, kann über die aufsteigenden neuralen Systeme eine Schmerzwahrnehmung ausgelöst werden. Diese Schmerzwahrnehmung kann ihrerseits zu einer Schonung der entsprechenden schmerzhaften Stelle und somit zu einer Immobilisation führen. Dauert die Informationsveränderung aus einer geschädigten Körperregion an, sei das über einen primären Schaden oder über einen tertiären Folgeprozess, kann es zu weitreichenden Umbauveränderungen im zentralen Nervensystem kommen. Sogenannt schlafende Schmerzsysteme können bereits auf Rückenmarksebene aktiviert werden. Es entstehen Verbindungen zwischen dem mechanosensitiven System und dem Schmerzsystem. So kann im Verlauf eines Chronifizierungsprozesses plötzlich ein vorher schmerzfreier Berührungsreiz zu schmerzhaften Wahrnehmungsprozessen führen [5].
Auf höherer zentraler Ebene kann es zu Veränderungen der Repräsentation der entsprechenden Körperabschnitte kommen. Eine zunehmende Immobilisierung kann zum Beispiel dazu führen, dass die entsprechenden Körperareale ihren Anteil an der zerebralen Repräsentation verlieren. Andererseits kann eine dauernde Informationsüberflutung dazu führen, dass in der zerebralen Repräsentation ein Körperareal plötzlich ein grösseres Gebiet für sich beansprucht und andere sich normal verhaltende Körperregionen in ihrer Repräsentation verdrängt [6, 7, 8, 9]. Leider ist das zentrale Nervensystem nicht nur plastisch, mit anderen Worten lernfähig bezüglich der von uns gewünschten Funktionen, sondern auch bezüglich von uns eher nicht gewünschten Leistungen wie zum Beispiel der Schmerzerzeugung. Jeder rehabilitativ Tätige weiss, wie schnell vor allem koordinative Leistungen durch eine mittellange Immobilisation verloren gehen. Gerade

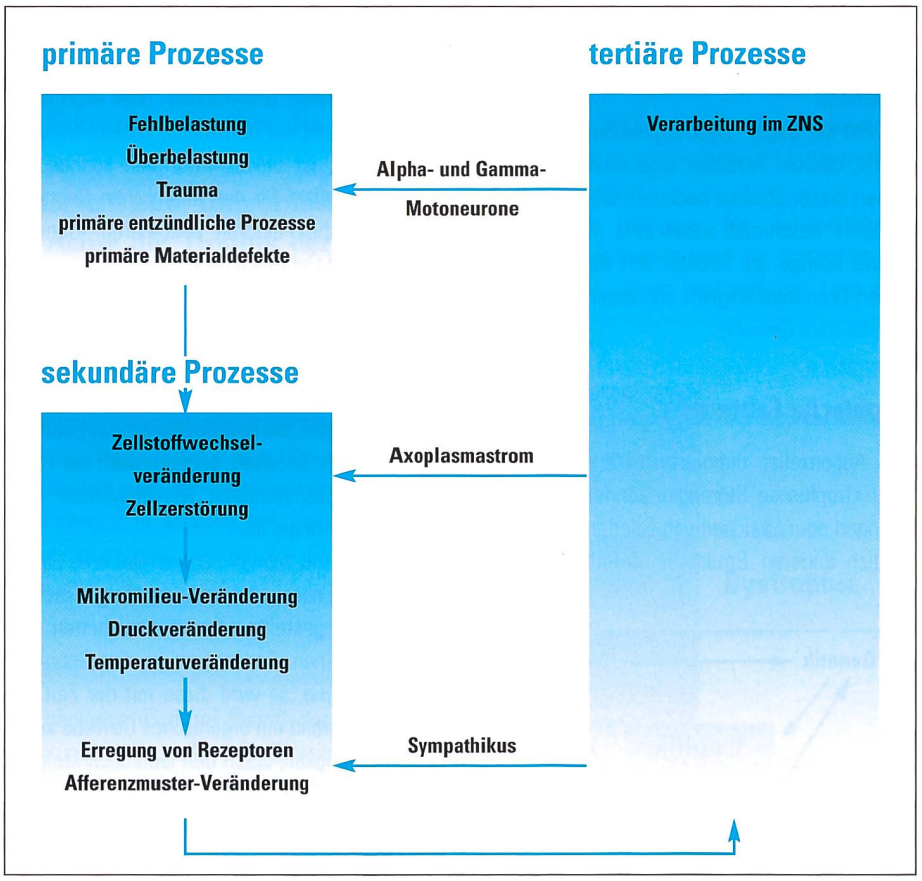


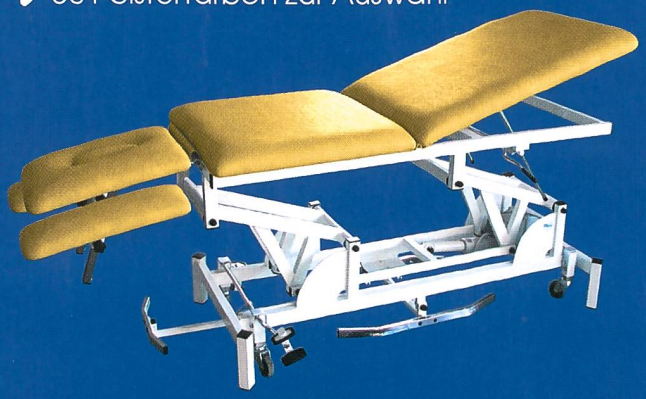
Abb. 5: **Dystrophe Prozesse laufen auf diversen Ebenen ab. Primäre Prozesse bewirken sekundäre und tertiäre Prozesse.**

RESI

support for you and your patients

JORDAN F5 OPTIMUM — Fr. 3.400,-

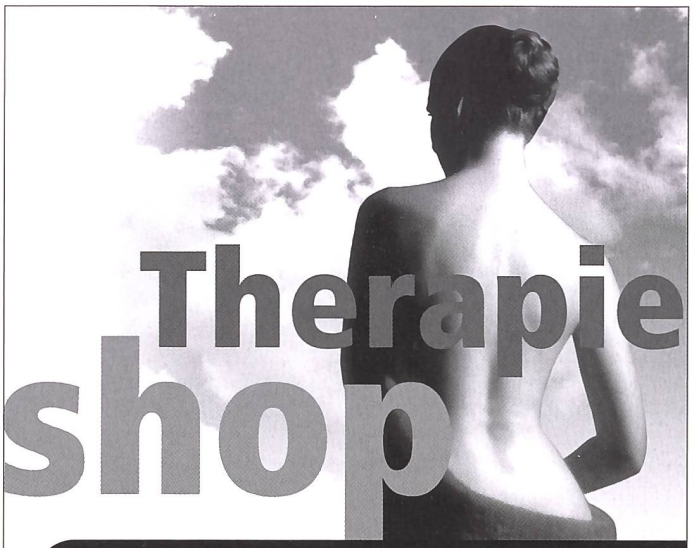
- ✔ Kopfteil verstellbar mit Gasfederdämpfer
- ✔ Absenkbare Armstützen
- ✔ Gesichtsöffnung mit Abdeckung
- ✔ Drainagelagerung der Beine, verstellbar mit Gasfederdämpfer
- ✔ Elektrisch höhenverstellbar mit Rundumschalter
- ✔ Rollen mit Zentralbremse
- ✔ Schaumstoffrolle im selben Bezug
- ✔ 30 Polsterfarben zur Auswahl



JORDAN F5 STANDARD — Fr. 2.800,-

RESI

via Stazione 3, 6600 MURALTO CH
TEL: 0878 / 88 98 99
FAX: 091 / 743 05 06
http://www.resi-med.com
e-mail: info@resi-med.com



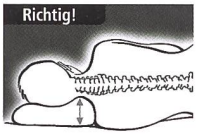
Temp-Control® AERO-Kissen

Das erste Kissen,
das sich an jede Schulterhöhe ideal anpasst!

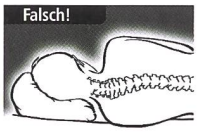
Die verzögerte Elastik des Spezialschaumstoffs.

Das Temp-Control® AERO-Kissen ist anschmiegsam, weich und stützt Ihren Nackenbereich optimal.

- optimale Anpassung an die individuelle Schulterhöhe durch patentierten AERO-Modus
- aus viskoelastischem und atmungsaktivem Spezialschaumstoff
- mit hochwertigem und waschbarem Frottee-Bezug



Das AERO-Kissen mit deutlicher Entlastung und optimaler Anpassung der Wirbelsäule!



Ein herkömmliches Kopfkissen!

MEDIDOR
HEALTH CARE • THERAPIE

Eichacherstrasse 5 · CH-8904 Aesch
E-mail: mail@medidor.ch · Internet: www.medidor.ch

Telefon 01-7373444
Fax 01-7373479

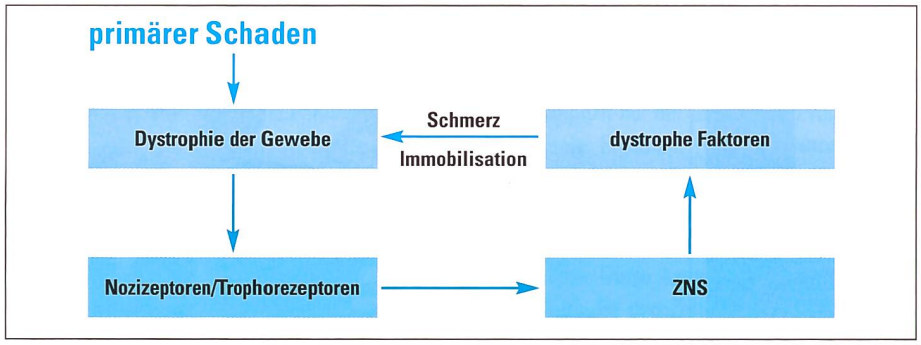


Abb. 6: **Einfacher Regelkreis über das zentrale Nervensystem, der dystrophe Prozesse unterhalten kann.**

GymnastiklehrerInnen und PhysiotherapeutInnen aus dem neurologischen Rehabilitationsbereich ist es bekannt, wie trainingsabhängig zum Beispiel die Gleichgewichtsreaktionen sind.
Gebrauch und Leistungsfähigkeit basieren auf biomechanischen, biochemischen und neurophysiologischen Prozessen, die sich gegenseitig bedingen und beeinflussen *(Abb. 6)*.

Nutrition

Eine wesentliche Grundlage der Trophik ist die adäquate Versorgung mit den entsprechenden Energieträgern und Bauelementen. Gerade durch die Bewegung wird die Nutrition der Gewebe ausserordentlich stark gefördert. Im Prinzip können wir im mikroskopischen Bereich drei verschiedene Transportmechanismen unterscheiden: Konvektion, Diffusion und Elektrodynamik.

Konvektion

Bei der Konvektion handelt es sich um eine von aussen auf einen Stoff einwirkende Kraft, die diesen bewegt. Betrachten wir das Herz als eine grosse Pumpe, so dient sie dem Bluttransport und somit dem Stofftransport. Da unser Körpervolumen nur etwa zu 6 Prozent aus Blut besteht, und dieses sich in den Gefässen bewegt, wird durch die Transportkraft des Herzens ja lediglich ein kleiner Volumenanteil unseres Körpers erreicht. Die Blutgefässe sind analog zu den Strassen in unserem Land lediglich ein Teil eines Grobverteilungssystems. Durch den Restblutdruck, der in den Kapillaren noch wirkt, werden bestimmte kleinmolekulare Stoffe aus den Kapillarwänden in das umliegende Gewebe gedrückt. Diesen Prozess nennen wir Ultrafiltration. Da unser Körper segmentiert ist, d.h. nicht eine homogene, sich selbst umrührende wässrige Lösung, müssen nun für den weiteren Stofftransport andere Mechanismen greifen. Diese Transportmechanismen, die ausserhalb des Gefäss-Systems stattfinden, sind auch konvektiver Art. Die durch die Körperbewegung entstehenden wechselnden Druckwerte in den Geweben führen zu Pumpeffekten. Die Flüssigkeiten werden je nach Druckgradient in die eine oder in die andere Richtung bewegt. So können gerade in den gefässfreien Gelenkinnenräumen grosse Strecken zurückgelegt werden.

Diffusion

Ein weiterer Transportweg ist die wärmebedingte Diffusion. Da über 0 Grad Kelvin sich sämtliche Teilchen, vor allem in Gasen oder Flüssigkeiten, bewegen, dient diese Bewegung auch dem Stofftransport.
Wärme ist ja Ausdruck der kinetischen Energie der Teilchen. Da diese Teilchen jedoch nicht wissen, in welche Richtung sie sich bewegen müssen, handelt es sich um einen statistischen Prozess. Da sich die Teilchen durch eine ungerichtete Bewegung homogen in einem geschlossenen Raum verteilen werden, findet im statistischen Mittel eine Wanderung vom Ort einer hohen Teilchenkonzentration zum Ort einer niedrigen Teilchenkonzentration statt.
Temperatur ist Ausdruck der mittleren Teilchengeschwindigkeit. Eine erhöhte Temperatur ist somit Ausdruck einer erhöhten Teilchengeschwindigkeit, d.h. durch eine Temperaturerhöhung kann die Geschwindigkeit der Teilchen erhöht werden. Auf dieser Grundlage basiert auch die physiotherapeutische direkte oder indirekte Wärmeanwendung zur Förderung von Transportmechanismen zur Unterstützung eines Heilungsprozesses.

Elektrodynamik

Viele Teilchen in unseren Geweben sind elektrisch geladen. Die kollagenen Fasern verfügen über positive, die Proteoglykan-Aggregate über negative Ladungen. Salze sind als Ionen mit entsprechenden Wasserhüllen in unseren Körpersäften gelöst. Je nach Säuregehalt verschiebt sich das Ladungsgleichgewicht in den Geweben. Da sich gleichgeladene Teilchen abstossen und verschieden geladene Teilchen anziehen, können auch durch diese elektrostatischen Prozesse dynamische Prozesse ausgelöst werden [10].
Bezüglich den elektrischen Eigenschaften unserer Gewebe und deren Bedeutung für die Trophik stehen wir erst am Anfang unseres Wissens.

Für den an der Bewegung Interessierten ist es jedoch wichtig zu wissen, dass er durch die Bewegung einerseits durch passive Prozesse Pump- und Einwalkmechanismen auslöst. Andererseits werden, wenn genügend grosse Muskelmassen aktiviert sind, auch die Körpertemperatur erhöht und dadurch die Diffusionsprozesse beschleunigt.
Die bei entzündlichen Prozessen erhöhte lokale Temperatur findet vielleicht auch darin ihren Sinn, dass sie durch eine Beschleunigung der Teilchen Heilungsprozesse fördert.

Axoplasmaströme

Schon bei der Definition der Trophik von Appenzeller haben wir gesehen, wie die Trophik von der Innervation abhängt. In den Nervenfasern scheinen strukturerhaltende und somit funktionsermöglichende Substanzen zu den peripher gelegenen Geweben zu fliessen. Bereits 1870 beschrieb Michaud, dass bei Rückenmarks-Läsionen Krummfüsse auftraten. 1888 beschrieb Möbius bei einem Nukleus-Fazialis-Defekt eine bilaterale Fazialis-Muskelschwäche. Le Double beschrieb 1897, dass bei pränatal entstandenen Rückenmarksdefekten sich ganze Muskelpartien nicht entwickeln, so zum Beispiel der Pektoralis-Muskel. Beim Auftreten von intrauterin entstandenen traumatischen Parietallappen-Schäden traten kontralateral Dysgenesien der Hand und der Schultergürtelmuskulatur auf. Interessant erscheinen die von Karpati 1967 durchgeführten Meerschweinchenversuche. Normale Meerschweinchen zeigen bei der Geburt eine gleiche Anzahl von Typ 1- und Typ 2-Muskelfasern. Bei einer normalen Entwicklung mutieren die Typ 2-Fasern nach sechs Wochen alle in Typ 1-Fasern. Nach Nervenläsionen jedoch tritt diese Muskelfaser-Umwandlung nicht auf [1].

Es scheint, dass die Trophik, ja die Existenz von ganzen Organen und Gliedmassen, von einer intakten Innervation abhängt. Es scheint, dass die über die Motoneuronen auf die Muskelfasern übertragenen trophischen Faktoren die Expression von Muskelfaser-Genen beeinflussen. Die Produktion dieser axoplasmatisch transportierten Stoffe wird durch die genetische Information der entsprechenden Nervenzellen generiert. Was deren Genexpression bewirkt, ist nicht geklärt. Aber es ist vorstellbar, dass durch die Aktivität der Muskelfasern Stoffe produziert werden, die ihrerseits retrograd durch das Axon des Alphamotoneurons bis zu dessen Zellkern zurück transportiert werden. Die verfeinerte moderne, biochemische Analysetechnik hat für diese Prozesse diverse Kandidaten entdeckt, so zum Beispiel Stickstoffoxyde.

Bei den axonalen Transporten gibt es schnelle Transportsysteme, die eine Strecke von über zwanzig bis vierzig Zentimetern pro Tag zurücklegen können. Die schnellen Transporte verlaufen sowohl anterograd wie retrogard. Synaptische Vesikel, Mitochondrien, Proteine, Lipide und unzählige Botenstoffe werden damit transportiert. Daneben existiert auch ein langsamer axoplasmatischer Transport. Dieser überwindet zwischen zwei und sechs Millimeter pro Tag [11, 12].
Es scheint, dass durch die Belastung, d.h. durch das adäquate Training der Gewebe, Prozesse aktiviert werden, die über einen innigen Kontakt zwischen den peripheren Geweben und dem zentralen Nervensystem stattfinden. Insofern würde die Bewegung einen indirekten Zugriff auf den genetischen Code des Nervensystems bedeuten, der seinerseits zu einer Verbesserung der peripheren Strukturen führt.

Biomechanische Faktoren

Bereits 1895 beschrieb Roux, dass an bindegewebigen Stellen mit starkem Druck und Reibung Knorpel entsteht, wobei an Stellen, wo nur Druck herrscht, Knochen entsteht. Diese morphogenetischen Gedanken wurden in den Sechzigerjahren von Pauwels aufgenommen. Interessant sind insbesondere seine Arbeiten zum mechanischen Wirkungsprinzip der Differenzierung der Stützgewebe. Als erstes Differenzierungsprinzip beschreibt er die Gestaltverzerrung oder Gestaltdehnung, die zur Ausdifferenzierung von kollagenen Fasern führt. In einem zweiten Prinzip beschreibt er die allseitige Kompression, die durch eine Volumenzunahme entsteht. Durch Wachstumsprozesse steigt der in Geweben vorherrschende Druck gegen einen äusseren Widerstand, und es entsteht Knorpel [13, 14].
Für die Bildung von Knochengewebe, das auf der Grundlage von ruhig stehenden Gerüsten wie Bindegewebeknorpel oder Knochen entsteht, wird keine spezielle mechanische Reizart beschrieben.
Die durch die Bewegung entstehenden, von aussen angreifenden Kräfte führen zu Zug-, Druck- und Schubbelastungen. Je nach Belastungsart entstehen andere Gewebe.
Wird mesenchemales Gewebe von allen Seiten gleichmässig belastet, entsteht Knorpelgewebe. Diese Druckbelastung kann einerseits durch ein Zellwachstum von innen und andererseits durch äussere Kräfte erfolgen. Die durch das Wachstum entstehenden Dehnreize führen zu einer äusseren fibrillären Hülle, die der innen entstehenden Druckentwicklung Widerstand bietet. Knochen entsteht vor allem dort, wo vorhandenes Bindegewebe nicht mechanisch durchwalkt wird, d.h. wo unter mechanischen Einflüssen nur sehr kleine elastische Verzerrungen entstehen. Interessanterweise handelt es sich hier nicht um linear extrapolierbare Systeme. Ist nämlich die von aussen einwirkende Kraft zu gross, werden in verschiedenen Geweben die Abbauprozesse überwiegen. Eine Hypotrophie wird die Folgeerscheinung sein. Ist dagegen die von aussen auf das Gewebe einwirkende Kraft gewebeadäquat, wird der Aufbau überwiegen und eine Hypertrophie, oder wenn eine Hypotrophie vorliegt, eine Eutrophie eingeleitet.
Diese biomechanischen Zusammenhänge sind ein peripheres Wirkungsprinzip zur Erhaltung der Trophik der Gewebe des Bewegungssystems. Gymnastik, Bewegungs- und Trainings-Therapie finden auch auf diesen Grundlagen eine Wirkungserklärung.

Frühkindliche Traumatisierung und Trophik

Tierexperimente

Auf der Suche nach den Ursachen von Depressionen, posttraumatischen Belastungsstörungen und klinischen Zustandsbildern (wie z.B. das Fibro-Myalgie-Syndrom) zeigten die von P.M. Plotsky durchgeführten Rattenversuche interessante Zusammenhänge auf [15].
Frischgeborene Tiere wurden wiederholten Schmerzreizen wie Nadelstichen ausgesetzt oder täglich während drei Stunden von der Mutter separiert. Beide Situationen sind für die Neugeborenen bedrohliche Zustände, gegen die sie sich nicht wehren können.
Solcher Art misshandelte Tiere zeigten in der vor- und nachpubertären Phase eine ganze Reihe von Verhaltensveränderungen. Bei Schmerzexperimenten waren sie schmerzempfindlicher als andere Kontrolltiere. Sie wiesen eine höhere Infektanfälligkeit auf, ihre Alkoholmissbrauch-Anfälligkeit war erhöht, sie zeigten vermehrt Angst und nahmen vermehrt Medikamente, die man ihnen anbot.
Die biochemische Analyse zeigte erhöhte adrenocorticotrope Hormonspiegel, mehr Noradrenalin und eine erniedrigte Benzodiazepinbindung [15,16].

Stress und Trophik

Genetische und erlebte Faktoren haben einen Einfluss auf die Trophik der Gewebe. So haben frühkindliche Traumatisierungen wie zum Beispiel Missbrauch, Vernachlässigung oder schwere Erkrankungen mit medizinischer Intervention neurobiologische Folgen. Die aktivitätsabhängige Plastizität der Gewebe und Sensibilisierungen der Schmerzsysteme sind beeinträchtigt und haben einen Einfluss auf die spätere Leistungsfähigkeit und Toleranz dieser Systeme. Körperliche wie seelische Veränderungen im Erwachsenen-

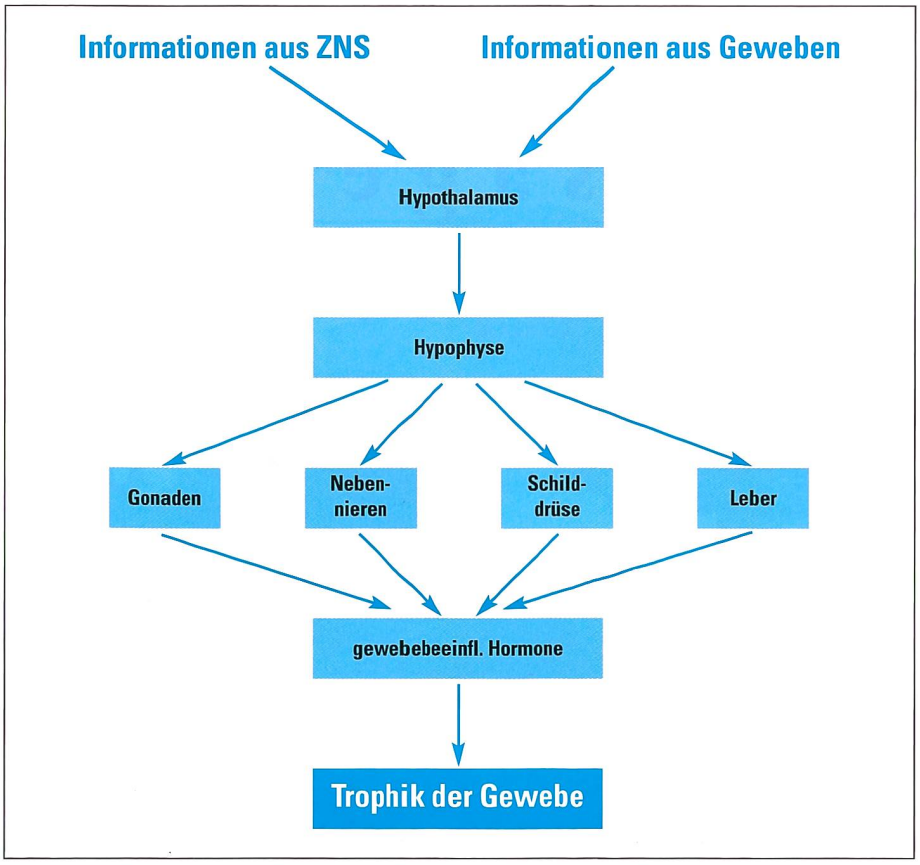


Abb. 7: **Einfluss der neuroendokrinen Systeme auf die Trophik.**

alter haben ihre Wurzeln auch in der frühkindlichen Entwicklungsphase. Die auf Stress- und Schmerzeinflüsse überreagierende neuroendokrine Achse hat einen negativen Einfluss auf die Gewebe.
Über die sensibilisierte hypothalamische Regelung wird unter anderem vermehrt Corticotropinreleasing Hormon (CRH) ausgeschüttet. Diese hypothalamischen Veränderungen beeinflussen ihrerseits die endokrinen Organe.
So wird die Trophik der peripheren Gewebe durch eine Reduktion der Wachstumshormon-Produktion über eine Beeinflussung der insulinähnlichen Wachstumsfaktoren in der Leber beeinflusst *(Abb. 7)*.
Stress in der Jugend kann die Ursache von Gewebeschwächen im Erwachsenenalter sein. Auch auf dieser Ebene kann von einer erhöhten Vulnerabilität gesprochen werden.

Zusammenfassung

Unsere Morphologie und somit unsere Leistungsfähigkeit ist in einem gewissen Rahmen veränderbar. Der adäquate Gebrauch unserer Strukturen fördert deren Leistungen. Mechanische Einflüsse führen über elektromagnetische Prozesse zu biochemischen Prozessen, die Gene aktivieren können. Das Ziel der Physiotherapie ist es, den Organismus insofern zu beeinflussen, dass die systemerhaltende Willkürmotorik wieder optimal möglich wird. So gesehen ist Physiotherapie morphogenetisch, d.h. gestaltbildend.

Dieser Beitrag ist eine überarbeitete Version des Kapitels Morphogenetische Faktoren und Plastizität des Buches «Bewegen durch Bewegung» des Autors (Erscheinung Mitte 2001).

LITERATUR

1) *APPENZELLER O. (1976):* The Autonomic Nervous System. North Holland, Amsterdam.

2) *WIESER W. (1998):* Die Erfindung der Individualität. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

3) *BAVIERA B. (1998):* Physikalische Therapie und Bewegungstherapie bei Osteoporose. In: Osteoporose. Leitfaden für die Praxis. Merlin, C. (Hrsg.). Hippokrates Verlag, Stuttgart.

4) *LAHRTZ, S. (2000):* Forschung mit Stammzellen kommt in Schwung. Neue Zürcher Zeitung, 13. September 2000: 213.

5) *HANDWERKER H.O. (1999):* Einführung in die Pathophysiologie des Schmerzes. Springer Verlag, Berlin.

6) *NUDO, R.J. et al. (1996):* Use-Dependent Alterations of Movement Representations in Primary Motor Cortex of Adult Squirrel Monkeys. J. Neurosci.; 16: 785–802.

7) *MERZENICH M.M. et al. (1983):* Topographic Reorganization of Somatosensory Areas 3b and 1 in Adult Monkeys Following Restricted Deafferentation. Neuroscience 8.

8) *BERLUCCHI G.; AGLIOTI S. (1997):* The Body in the Brain: Neural Bases of Corporeal Awareness. In: Trends Neurosci. 20: 560–564.

9) *TAUB E. et al. (1993):* Technique to Improve Chronic Motor Deficit after Stroke. Arch. Phys. Med. Rehabilit: 74: 347–354.

10) *ROQUES C.F. (1997):* Pratique de l'électrothérapie. Springer Verlag, Paris.

11) *ZIMMERMANN H. (1996):* Molekulare Funktionsträger der Nervenzelle. In: Dudel, J. et al. (Hrsg.), Neurowissenschaften: 33–61. Springer Verlag, Berlin.

12) *SAMSON F.; SMITH R.L. (1977):* Axonal Transport: The Mechanisms and Their Susceptibility to Derangement. In: The Neurobiologic Mechanisms in Manipulative Therapy. Korr, M. (Ed.). Plenum Press, New York.

13) *ROUX W. (1895):* Gesammelte Abhandlungen über die Entwicklungsmechanik der Organismen. Wilhelm Engelmann Verlag, Leipzig

14) *KUMMER B. (1985):* Kausale Histogenese der Gewebe des Bewegungsapparates und funktionelle Anpassung. In: Benninghoff Anatomie. Urban & Schwarzenberg Verlag, München; Bd. 1: 199–213

15) *PLOTSKY P.M. (1998):* Stress System Plasticity: Neuronal Adaptations to Neonatal pain and Stress. In: J. Musculoskeletal Pain. The Haworth Medical Press, Binghamton; 57–60

16) *STÄDLER I. (2000):* Der Stress kostet uns 4,2 Milliarden. In: Tages-Anzeiger, 13. September 2000: 3

ANZEIGE

DR. WEIBEL

Massage Body Milk:

Unsere Geschäftspartner in der Schweiz

Fritac

Jardin Medizintechnik ag
Planung – Verkauf – Service

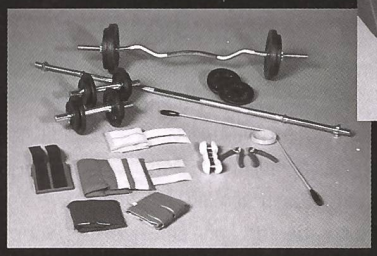
Kölla ag
MEDIZINTECHNIK

PHYSIO*LINE*

Matthias Roth · 5507 Mellingen

«Reparatur und Bezug auch von Fremdprodukten»

Med. Praxiseinrichtungen



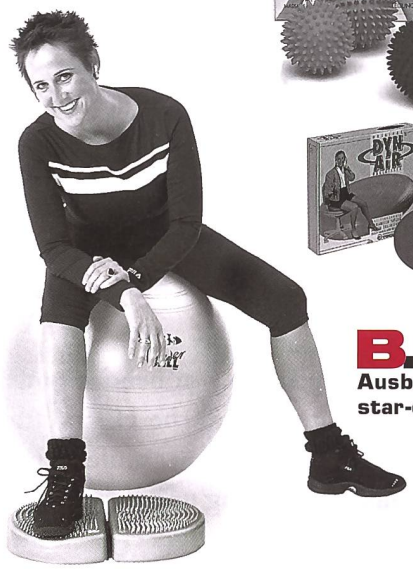
zu supergünstigen Konditionen

Bänke ab CHF 590.-

Tel. 079 438 86 55 · Fax 062 293 67 36 · E-Mail: physioline@smile.ch

baelle»gewichte
sitzkissen»fuer
»rehabilitation
»ergotherapie
»fitness
»physiotherapie
»schulsport

TOGU®
makes your life go round!



B.CO
Ausbildung by star-education

trisport ag
Im Bösch 67 6331 Hünenberg
Tel. 041-785 81 11 Fax 041-785 81 22

- Hochwertige Zusammensetzung mit natürlichem Mandelöl
- Dezente Parfümierung und gute Verträglichkeit
- Ausgezeichnete Gleitfähigkeit, ohne zu schmieren
- Sparsame Anwendung

tuend gut

MTR MEDIZIN THERAPIE REHAB

mediafit

Mundipharma Medical Company, 4006 Basel
www.mundipharma.ch