

**Zeitschrift:** Physiotherapie = Fisioterapia  
**Herausgeber:** Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband  
**Band:** 34 (1998)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Die Dynamik des Gelenkknorpels : 1. Teil : Funktion des Gelenkknorpels  
**Autor:** Jaap de Morree, Jan  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-929285>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.03.2025

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

# Die Dynamik des Gelenkknorpels

## 1. Teil: Funktion des Gelenkknorpels

Jan Jaap de Morree, Haagse Hogeschool, Sector GG&M, dep. Bewegingstechnologie, Johanna Westerdijkplein 75, NL-2521 Den Haag

**K**enntnisse über Aufbau und Funktion des gesunden Knorpelgewebes sind eine Voraussetzung für das Verständnis der Vorgänge bei Arthrose, welche im zweiten Artikel besprochen werden. Das gesunde Knorpelgewebe hat eine spezifische Struktur, die von den Knorpelzellen aufrechterhalten wird. Die Elastizität des Materials und die bemerkenswerte Zusammenarbeit der Gelenkoberflächen mit der Synovialflüssigkeit gewähren eine lange Lebensdauer. Um eine Abnutzung zu verhindern, müssen die Gelenkbewegungen reibungslos ablaufen.

In diesem ersten von zwei Artikeln wird die Funktion des Gelenkknorpels besprochen. Der zweite Artikel in der nächsten Ausgabe erläutert die bei Knorpelbeschädigung und Reparaturvorgängen ablaufenden Prozesse.

### Einleitung

Das Knorpelgewebe hat bemerkenswerte Eigenschaften. Wie alle anderen Bindegewebstypen besteht der Knorpel aus mehreren Komponenten: aus Zellen, Chondrozyten genannt, kollagenen Fasern, Matrix und Wasser. Der Knorpel enthält im Gegensatz zu anderen Bindegewebstypen wie Sehnen und Ligamente viel Wasser und ist dennoch imstande, grosse Kräfte zu ertragen. Der Wassergehalt des Gelenkknorpels der Kniescheibe beträgt etwa 75 Prozent. Bei diesem hohen Anteil an Wasser würde man keine grosse Belastbarkeit erwarten. Trotzdem zählen gerade die Elastizität und die Stabilität zu den besonderen Merkmalen des Knorpels, die darauf beruhen, dass das Wasser von der Knorpelmatrix festgehalten wird.

Der Gelenkknorpel ist weder innerviert noch durchblutet und enthält keine Lymphgefässe. Während mehrerer Jahrzehnte kann ein Gelenk-

knorpel seine Aufgabe ohne eine entsprechende Versorgung erfüllen. Da die Chondrozyten in einer relativ sauerstoffarmen Umgebung leben, haben sie sich auf einen anaeroben Stoffwechsel ausgerichtet, bei dem Milchsäure entsteht. Der Austausch von Stoffwechselprodukten zwischen den Knorpelzellen und der Synovialflüssigkeit erfolgt durch Diffusion. Der Diffusionsprozess durch die Matrix ist ziemlich träge und limitiert die maximale Dicke des Gelenkknorpels im allgemeinen auf 2 bis 4 mm. Auf der Rückseite der Kniescheibe kann die Knorpelschicht allerdings bis zu 7 mm dick werden.

### Eigenschaften des Knorpels

Wie beim Knochengewebe sind es weniger die Eigenschaften der Gewebszellen, welche die charakteristische Stabilität und Elastizität des Knorpels bestimmen. Vielmehr sind es die kollagenen Fasern (20%), die Matrix mit ihren Proteoglykanmolekülen (5–10%) sowie das Wasser (70–80%). Die Proteoglykanmoleküle sorgen zusammen mit der grossen Menge Wasser für das Auffangen der Kräfte, die in Ruhe und Bewegung auf den Knorpel einwirken. Beim Stehen tragen Hüftgelenke, Knie und Sprunggelenke beidseits einen Teil des Körpergewichts. Die Gelenkflächen müssen dabei die Kompressionskräfte

ohne allzu grosse Verformung aufnehmen können. Die Oberfläche des Knorpels darf dabei geringfügig abgeflacht werden. Dies ist sehr sinnvoll, da dadurch die einwirkende Kraft über eine grössere Fläche verteilt wird. Wenn grössere Kräfte auf den Knorpel einwirken, beispielsweise bei der Landung nach einem Sprung, wirkt der Knorpel wie ein Kissen, das die Kompressionskräfte auffängt. Die Gelenkfläche darf kurzfristig leicht komprimiert werden, soll aber bei der Entlastung sofort wieder in ihre ursprüngliche Form zurückkehren.

Bei Gelenkbewegungen treten nicht nur die bereits genannten Kompressionskräfte auf, sondern auch Scherkräfte (shearforces) entlang der Gelenkoberflächen. Der Grund dafür liegt darin, dass die Gelenkoberflächen bei physiologischen Bewegungen durch die Führung der Ligamente eher eine Gleit- als eine Rollbewegung ausführen. Die hervorragenden Eigenschaften der Synovialflüssigkeit reduzieren die Reibung während der Bewegung.

An den Gelenkknorpel werden also gleichzeitig mehrere Anforderungen gestellt. Er muss wie ein elastisches und stossabsorbierendes Kissen funktionieren und gleichzeitig eine reibungsarme Oberfläche aufweisen, die mit wenig Formveränderung und Reibung die Bewegung der Gelenkflächen übereinander erlaubt (Tab. 1).

**Tab. 1: Funktionen des Gelenkknorpels**

- Kraftübertragung
- Vergrösserung der Kontaktfläche bei Bewegung
- niedriger Reibungswiderstand
- Hemmung des Wachstums des subchondralen Knochens

Gelenkpathologien können zu einer Qualitätsverminderung der Synovialflüssigkeit und/oder der Gelenkoberfläche führen. Wenn demzufolge der Reibungswiderstand erhöht ist, tritt im Gelenk vermehrt ein Rollen auf, und die Endstellung wird früher erreicht. Übermässiges forcieren in der Endstellung verursacht Schmerzen in den gedehnten kapsulären und ligamentären Weichteilen.

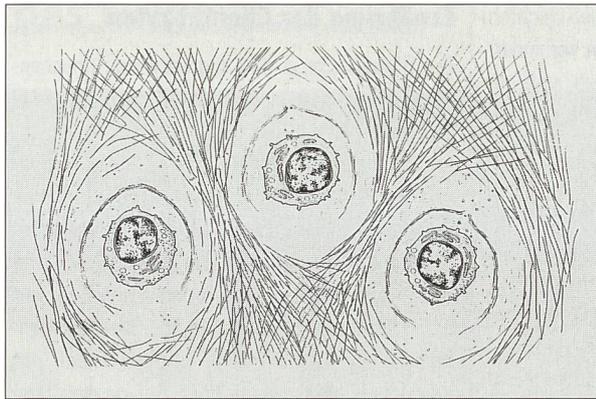
Da auch die besten industriell hergestellten Lager bei intensiver Belastung ein gewisses Mass an Abnutzung zeigen, ist es umso erstaunlicher, dass sich Gelenkknorpel weniger abnutzen. Die besten technisch hergestellten, reibungsfreien Lager kommen hinsichtlich Abnutzung bei weitem nicht an die Gelenke des menschlichen Körpers heran. Die Natur hat mit den ihr zur Verfügung stehenden Mitteln grundsätzlich abnutzungsfreie Lager realisiert. Ein Hinweis dafür ist, dass die Synthese von kollagenen Fasern im Knorpelgewebe gesunder Erwachsener auf einem sehr

niedrigen Niveau liegt und Chondrozyten sich nur in seltenen Fällen teilen (was in der Regel ein Hinweis auf arthrotische Veränderungen wäre). Bei zunehmendem Alter nimmt die Knorpeldicke kaum ab, obwohl in der Zusammenstellung der Proteoglykane gewisse Änderungen auftreten. Im nächsten Abschnitt werden wir sehen, wie das ausgeklügelte Zusammenspiel der Knorpeloberflächen und der Synovialflüssigkeit eine abnützungsfreie Gelenkbewegung ermöglicht.

## Gelenkknorpel – eine hochspezialisierte Struktur

Der Gelenkknorpel besteht aus vier histologisch unterschiedlichen Schichten (ausgehend von der Oberfläche): die Zona superficialis, die Zona intermedia, die Zona radiata und die Zona calcificata. Die Dicke dieser Schichten ist pro Gelenk unterschiedlich und ausserdem abhängig von der Lokalisation innerhalb der Gelenkfläche. Die aufeinander abgestimmte Zusammensetzung der Chondrozyten, kollagenen Fasern, der Matrix und der Proteoglykanen ist in jeder Schicht unterschiedlich, abhängig von den funktionellen Anforderungen. Auch Form und Funktion der Chondrozyten sind im Gelenkknorpel nicht überall gleich (Abb. 1).

In der Zona superficialis sind die Chondrozyten sehr stark abgeflacht. Ihr Metabolismus ist viel niedriger als bei den Chondrozyten in den tieferen Schichten. Die niedrige Syntheseaktivität in den oberflächlichen Knorpelschichten weist darauf hin, dass gesunder Knorpel keine Abnützung aufweist. Bei Abnützung würde nämlich gerade in den meist oberflächlichen Schichten eine hohe Produktion von Matrix und Kollagen stattfinden, um die abgenützten Schichten zu ersetzen. In den tieferen Knorpelregionen sind die Chondrozyten viel aktiver. Sie liegen geschützt in einem Hof der Matrix und der kollagenen Fasern, so dass sie mit den dicken kollagenen Fasern, welche die grossen Kräfte absorbieren, nicht direkt in Berührung kommen (Abb. 2).



**Abb. 2:** Chondrozyten im Gelenkknorpel werden von schädlichen mechanischen Kräften geschützt, weil sie sich in einem Hof ohne kollagenen Fasern befinden.

In der Zona intermedia bilden die Chondrozyten meistens Zweier- oder Vierergruppen. Diese Gruppen sind nach dem Beenden des Knorpelwachstums durch Zellteilung aus einzelnen Chondrozyten entstanden.

Die Zona radiata verdankt ihren Namen der Anordnung der Chondrozyten in Stränge, die senkrecht zum darunter liegenden Knochen verlaufen. Diese Anordnung ist eine Folge der Zellteilungsprozesse während des Dickenwachstums.

Die unterste, kalzifizierte Schicht (Zona calcificata) ist fest verbunden mit dem unterliegenden Knochen. Hier werden die einwirkenden Kräfte vom Knorpel auf die darunter liegenden Trabekulae übertragen.

## Kollagen

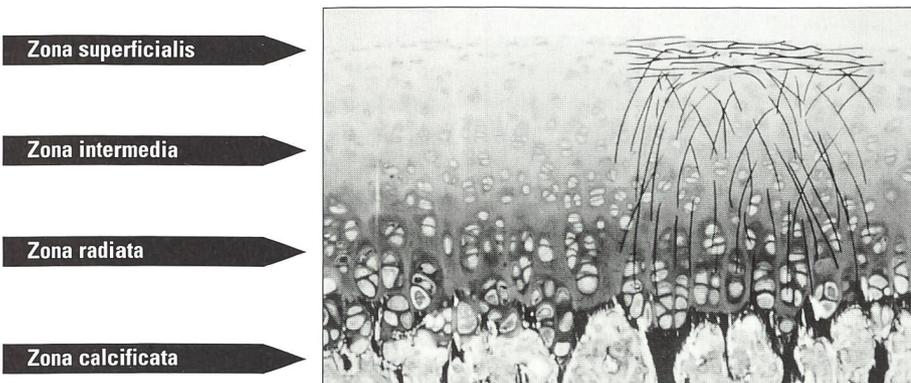
Das Kollagen im Gelenkknorpel wird auf Druck belastet und zeigt einen ganz anderen Aufbau als Kollagen, das im Bindegewebe auf Zug belastet wird. Ohne tiefer auf die biochemischen Details einzugehen – das Knorpelkollagen wird dem Typ II zugeordnet, während Haut, Sehnen und Gelenkkapseln Kollagen des Typs I enthalten. Die räumliche Anordnung der Typ-II-Fibrillen ist während des Wachstums entstanden und kann bei Wiederherstellungsprozessen bei Erwachsenen von den Chondrozyten nicht erneuert werden. Tiefe Knorpelschädigung führt zu Narbenbildung

mit Einlagerung von Typ-I-Kollagen. Diese fibröse Narbe kann nie die Rolle des Knorpels übernehmen.

Die kollagenen Fasern unterscheiden sich in ihrer Anordnung und Struktur je nach der Schicht, in der sie liegen (Abb. 1). Die Fibrillen in der Zona superficialis liegen parallel zur Oberfläche, um Druck und Scherkräften widerstehen zu können. Bei einer Belastung nimmt die Spannung im Bindegewebe rund um den Druckpunkt zu. Die Fasern liegen kreuz und quer durcheinander, wobei bestimmte Vorzugsrichtungen erkennbar sind. Da die Gelenkbewegungen einen bestimmten Verlauf nehmen, gibt es an jedem Ort der Gelenkoberfläche eine vorhersagbare Belastungsrichtung. Während des Knorpelwachstums wurde das Kollagen entsprechend der auftretenden Zugbelastung angeordnet. In tieferen Schichten ist das Kollagenetz engmaschiger und die Fasern dicker als in oberflächlichen Schichten. Ausserdem sind in den tieferen Schichten die kollagenen Fasern immer senkrechter zu den subchondralen Knochen angeordnet, um eine gute Verbindung zu gewährleisten.

## Matrix

Nach der Wachstumsphase produzieren die Chondrozyten nahezu kein Kollagen mehr. Der grosse Zellkörper und die darin eingelagerten Zellkomponenten zeigen jedoch, dass in der Zelle viel Synthese stattfindet. Dauernd werden Matrixmoleküle hergestellt und abgebrochen. Chemisch betrachtet gehören die Matrixmoleküle zu den Proteoglykanen, sehr komplexe Moleküle mit einer grossen Anzahl negativ geladener Glykanketten. Die Chondrozyten werden, analog den Osteoblasten, durch Belastungsreize zur Herstellung von Matrixmolekülen angeregt. Die Proteoglykane ziehen mit ihren vielen negativ geladenen Gruppen Wassermoleküle an, die zu einer Aufquellung des Knorpels führen. Diese Aufquellung wird begrenzt durch die Spannung des kollagenen Fasernetzes in der oberflächlichen Zone und von den kollagenen Fasern in den tieferen Regionen. Ohne das Fasernetzwerk,



**Abb. 1:** Querschnitt durch den Gelenkknorpel. Am oberen Rand der Abbildung befindet sich der Gelenkraum mit Synovialflüssigkeit. Die Linien geben die Richtung der kollagenen Fasern.

welches die oberflächlichen Knorpelschichten mit dem darunter liegenden Knochen verbindet, würde der Knorpel stark aufquellen und an Volumen zunehmen. Die Matrix könnte nämlich viel mehr Wasser aufnehmen als sie dies tatsächlich tut.

Der Gelenkknorpel hat eine beträchtliche Elastizität. Punktuelle Belastungen werden durch leichte Adaptation der Oberflächen verhindert, der Druck wird gleichmässiger verteilt und auf die unterliegenden Knochen übertragen.

Bei Belastungen von kurzer Dauer, wie während des Gehens, ist die Verformung elastischer Art. Bei Entlastung kehrt das Knorpelgewebe sofort in ihre ursprüngliche Form zurück. Bei länger andauernder Belastung tritt ein anderes Phänomen auf. Der anhaltende Druck presst das Wasser aus der Matrix zur Seite und der Gelenkknorpel wird ein wenig dünner. Jetzt ist eine plastische Verformung aufgetreten (englisch: creep). Es dauert länger, bis bei Entlastung die ursprüngliche Form wieder hergestellt ist (Abb. 3). Experimente haben gezeigt, dass die grösste plastische Verformung bei konstantem Druck während der ersten Stunde stattfindet und sich nach zwei bis drei Stunden ein endgültiges Gleichgewicht eingestellt hat.

Der Proteoglykangehalt beeinflusst den Widerstand des Knorpels gegen Formveränderung. Ein Abbau der Proteoglykane im Experiment führt zu einer Zunahme der Komprimierbarkeit, da das Wasser ungenügend gebunden wird. *Wenn Gelenke nicht genutzt werden, nimmt die Proteoglykansynthese ab, und es kommt zu einer übermässigen Komprimierbarkeit, was die Gefahr einer Schädigung vergrössert.*

## Ernährung der Chondrozyten

Die Blutgefässe in den angrenzenden Knochenmarkhöhlen können den erwachsenen Knorpel nicht mit Nährstoffen versorgen. Der Knochen-Knorpel-Übergang ist nur spärlich kapillarisiert, und die Zona calcificata wird nicht überbrückt. Die tiefste Knorpelschicht ist nach dem Wachstum verkalkt und bildet eine starke Barriere für den Diffusionsprozess. Während des Wachstums gibt es eine gute Durchblutung der Knochen-Knorpel-Grenzschicht. Am Schluss findet das Wachstum des Knorpels durch Teilung der Chondrozyten in den tieferen Schichten statt. Gegen Ende der Wachstumsphase bildet sich die Zona calcificata immer deutlicher, bis eine ununterbrochene Grenzschicht (englisch: tide mark) entstanden ist.

Die Kapillaren der Kapsel geben Nährstoffe an die Synovialflüssigkeit ab. Die Gelenkbewegungen sorgen für eine gute Verteilung und damit für den Transport der Nährstoffe zur Gelenkoberfläche. Anschliessend diffundieren die Nährstoffe durch die Matrix zu den Chondrozyten. *Es ist also die Körperbewegung, die für den Transport der Nährstoffe verantwortlich ist und den Chondrozyten ermöglicht, die Matrix in guter Verfassung zu halten.*

Bewegung fördert nicht nur die Aufbereitung der Synovialflüssigkeit, sondern auch den Wassertransport durch die Matrix und damit den Transport von Nährstoffen zu den Chondrozyten. Druck und Entlastung sind vor allem sehr effektiv für den Transport von grossmolekulären Stoffen. Kleine Moleküle und Ionen können leicht diffundieren und eindringen, so dass ein zusätzlicher



**Abb. 4:** Die Knorpeloberflächen sind nicht flach. Es gibt viele kleine Unebenheiten und Vertiefungen, die visköse Synovia behalten.

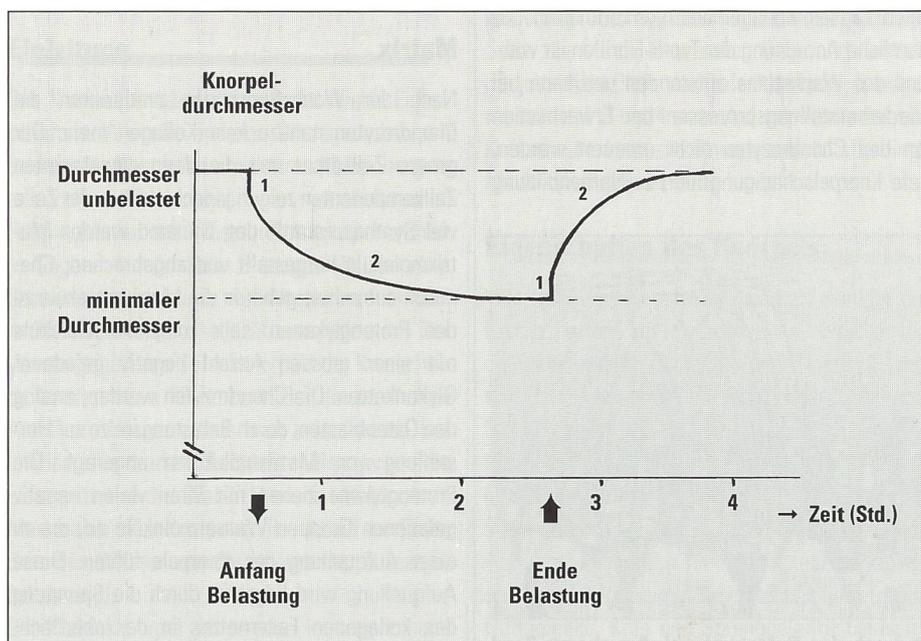
Mechanismus nicht notwendig ist. Immobilisation (Gipsverband) erschwert den Molekültransport durch die dickflüssige Synovialflüssigkeit. Da sich die Synovialflüssigkeit nicht mehr bewegt, wird die Konzentration an Nährstoffen in der Nähe der Knorpeloberfläche immer geringer. Somit kommt es bei Immobilisation zu einer starken Beeinträchtigung des Ernährungszustands.

## Die Gelenkoberfläche

Die Gelenkoberflächen sehen bei anatomischen Präparaten und während Operationen glatt und glänzend aus. Eine glatte Körperoberfläche scheint auch sinnvoll für einen reibungsfreien Bewegungsablauf. Bei der Betrachtung mit dem Elektronenmikroskop stellt man jedoch fest, dass die Gelenkoberflächen überhaupt nicht glatt sind (Abb. 4). Der Gelenkknorpel hat eine auffallend rauhe und unebene Oberfläche. Die grössten Unebenheiten bei intakten Gelenken können sogar mit dem Operationsmikroskop beobachtet werden.

## Synovialflüssigkeit und Gelenkschmierung

Die Schmierung zwischen zwei sich bewegenden Oberflächen ist effektiv, wenn diese Oberflächen immer von einer dünnen Schicht «Schmiere» getrennt werden. Würden sich die Oberflächen berühren, so wären Reibung, Wärmeentwicklung und Abrieb der Flächen die Folge. Bei menschlichen Gelenken sind unter normalen Umständen keine Abriebpartikel der Gelenkoberflächen in der Synovialflüssigkeit nachweisbar; die Gelenke werden also wirksam geschmiert. Die Anforderungen an ein Schmiermittel sind abhängig von seinen Aufgaben. In einem Gleitlager müssen Schmiermittel sehr flüssig sein um zu verhindern, dass die Reibung die Bewegung zu stark bremst und Wärme entsteht. Andererseits muss das Schmiermittel so dickflüssig sein, dass es bei starker Kompression der Gelenkflächen nicht vollständig aus dem Berührungsgebiet der Ge-



**Abb. 3:** Bei statischer mechanischer Belastung wird die Knorpelfläche sofort elastisch deformiert (1). Bei länger andauernder Belastung tritt im Gelenkknorpel auch eine plastische Deformierung (2) ein.

Nur was Erfolg hat, wird nachgeahmt.  
®Voltaren® Emulgel – das Original.



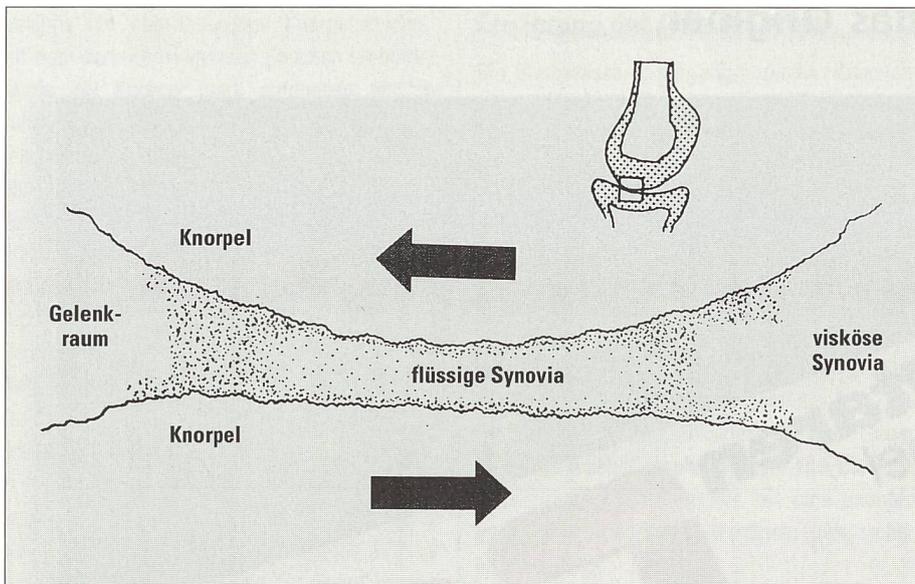
Schmerzfrei beweglich mit ®Voltaren® Emulgel – kühlend wie ein Gel  
und pflegend wie eine Creme. 50 g Tube kassenzulässig.



**Zusammensetzung:** Diclofenac diethylamin, in einer Emulsion von Lipiden in einem wässrigen Gel zu 1,16%, entsprechend 1% Diclofenac Natrium. Propylenglykol, Isopropanol, Aromatika. **Indikationen:** Lokalisierte Formen des Weichteilrheumatismus, wie z.B. Tendovaginitis, Schulter-Hand-Syndrom, Bursitis; Periarthropathien. Lokalisierte rheumatische Erkrankungen, wie z.B. Arthrosen peripherer Gelenke und der Wirbelsäule. Traumatisch bedingte Entzündungen der Sehnen, Bänder, Muskeln und Gelenke, wie z.B. Verstauchungen, Prellungen, Zerrungen. **Dosierung:** Je nach Grösse der zu behandelnden schmerzhaften Stelle werden 2–4 g ®Voltaren® Emulgel (kirsch- bis walnussgrosse Menge, ausreichend zur Behandlung einer Fläche von etwa 400–800 cm<sup>2</sup>) 3–4x tgl. auf die betroffenen Körperpartien aufgetragen und leicht eingerieben. **Kontraindikationen:** Überempfindlichkeit auf Diclofenac, Acetylsalicylsäure und andere nichtsteroidale Antiphlogistika sowie auf Isopropanol oder Propylenglykol. **Vorsichtsmassnahmen:** ®Voltaren® Emulgel soll nur auf intakte Hautflächen, nicht auf Hautwunden bzw. offene Verletzungen aufgetragen werden. Augen und Schleimhäute sollen nicht mit dem Präparat in Berührung kommen. Nicht einnehmen. Wenn ®Voltaren® Emulgel auf grösseren Flächen und während längerer Zeit angewandt wird, ist das Auftreten von systemischen Nebenwirkungen nicht völlig auszuschliessen. **Unerwünschte Wirkungen:** Gelegentlich: Allergisch oder nicht allergisch bedingte Kontaktdermatitis. Vereinzelt generalisierter Hautausschlag, Überempfindlichkeitsreaktionen, Photosensibilisierung. **Packungen:** Tuben zu 50 g und 100 g. **Hinweis:** ®Voltaren® Emulgel ist ohne Rezept in Apotheken erhältlich. Für ausführliche Informationen verweisen wir auf das Arzneimittel-Kompendium der Schweiz. Liste C.

 **NOVARTIS**

Novartis Consumer Health SA  
Swiss Market, CH-1260 Nyon



**Abb. 5:** Gelenkoberflächen werden durch eine dünne Schicht Synovialflüssigkeit getrennt. Während der Bewegung nimmt die Viskosität der Synovia zwischen den Oberflächen deutlich ab.

lenkflächen weggepresst wird. Dann würde nämlich beim Wiedereinsetzen der Bewegung die Schmierflüssigkeit fehlen, was Abrieb und Abnützung zur Folge hätte. Diese gegensätzlichen Anforderungen sind in der Synovialflüssigkeit vereint, denn ein Gelenk nutzt sich während der Bewegung nicht ab (sonst müssten wir uns alle von jetzt an möglichst wenig bewegen) und erwärmt sich auch bei ständiger Belastung nicht. Triathlon-Teilnehmer klagen eher über Schmerzen in Kapseln, Bändern und Muskeln als über «kochende Knie».

Die Viskosität der Synovialflüssigkeit wird durch die enthaltene Hyaluronsäure und die Proteoglykane erzielt. Die Synovialflüssigkeit hat als Schmiermittel ganz bemerkenswerte Eigenschaften. Je nachdem verhält sie sich entweder wie eine visköse Flüssigkeit oder wie Wasser. Die vielen negativen Ladungsgruppen der Proteoglykan-Moleküle bewirken die Bildung eines Wassermantels. Die vielen Moleküle der Synovialflüssigkeit sind in dauernder Konkurrenz miteinander um das verfügbare Wasser und bilden zum Teil gemeinsame Wassermantel. Dies führt zu einer sehr hohen Viskosität. *Unter statischen Bedingungen bewegt sich deshalb die Synovialflüssigkeit nicht.*

Die Synovialflüssigkeit hat während der Bewegung vor allem eine schmierende Funktion. Dabei nimmt die Viskosität unter Einfluss der Schiebekräfte deutlich ab. Die Schiebekräfte zwischen den Gelenkflächen lösen die Wassermoleküle vorübergehend von den Synovialmolekülen. *Die dicke Flüssigkeit wird bei Bewegung zwischen den Gelenkflächen viel wässriger.*

### Die Gelenkbewegung

Wir wollen jetzt die typischen Eigenschaften des Gelenkknorpels und der Synovialflüssigkeit bei der normalen Gelenkbewegung betrachten. Gelenkflächen in Ruhelage werden primär durch die Einwirkung periartikulärer Muskeln oder durch die Schwerkraft gegeneinander gedrückt. Wegen der Elastizität der Knorpelschicht im Berührungsbereich wird die Kompressionskraft über eine grössere Fläche verteilt und dadurch der Druck auf die dazwischen liegende Synovialflüssigkeit reduziert. Dass dieser Druck die Synovialflüssigkeit nicht zwischen den sich berührenden Gelenkflächen wegpresst, hat eine besondere Ursache. Durch den Druck wird nämlich der Wassergehalt zwischen den Hyaluronsäurekomplexen geringer, so dass die Synovialflüssigkeit dickflüssiger wird und nicht weggepresst wird. Die Gelenkflächen werden sich also anfänglich annähern, aber irgendwann wird die dicker gewordene Synovialflüssigkeit in den Unebenheiten der Knorpeloberfläche festgehalten werden, so dass ein weiteres Ausströmen verhindert wird. In Ruhelage werden die Knorpeloberflächen also dauernd voneinander getrennt. Beim Bewegen eines Gelenks schieben und rollen die Gelenkoberflächen übereinander. Die Bewegung führt im Gelenk zu einer stärkeren komprimierenden Kraft als dies in Ruhelage der Fall ist. Wegen der Belastung werden sich die Unebenheiten der Gelenkoberflächen reduzieren, so dass die visköse Synovialflüssigkeit aus den Vertiefungen direkt in den Gelenkspalt gerät. Dadurch ist beim Beginn einer Bewegung genügend Gelenkflüssigkeit zwischen den belasteten Knorpeloberflächen vorhanden.

Bei Bewegung verhält sich die Synovialflüssigkeit im Gelenkspalt zwischen den tragenden Flächen nicht wie eine homogene Flüssigkeit (Abb. 5). In den verbliebenen Vertiefungen wird sich weiterhin dickflüssige Synovia befinden, da es hier wenig Strömung gibt. In der Mitte des Gelenkspaltes wird die Synovialflüssigkeit, wegen der grösseren Abschiebekräfte auf den unterschiedlichen Molekülen, so flüssig wie Wasser, und die Reibung ist niedrig. Trotzdem wird sich die dünne Synovia nicht aus dem Gelenkspalt wegdrücken lassen, da an den Rändern des Gelenks die Synovialflüssigkeit viskos ist. Sobald auf die Synovia keine Schiebekräfte einwirken, nimmt die Viskosität sofort wieder zu. *Die dünnflüssige Synovia zwischen den Kontaktflächen ist also sozusagen von umliegender dickflüssiger Synovia eingeschlossen und verhindert das Ausströmen. Dieser Mechanismus führt dazu, dass die dünnflüssige Synovia trotzdem ihre tragende Funktion in bewegenden Gelenken erfüllen kann.*

Die Zusammenarbeit der viskoelastischen Gelenksschmiere und des unebenen, elastischen Knorpels machen eine optimale Schmierung in den menschlichen Gelenken ohne Abnützung möglich. Veränderungen in der Zusammenstellung der Synovialflüssigkeit und deren Viskosität haben grosse Konsequenzen auf Schmierung und Abnützung. Bei einem Gelenkguss, intraartikulären Blutungen und rheumatischen Gelenkerkrankungen ist die Schmierung dermassen beeinträchtigt, dass Beschädigungen und Abnützungen der Gelenkoberflächen auftreten können.

### LITERATUR

#### BIOMECHANICS OF DIARTHRODIAL JOINTS:

Ed: V.C.Mow, A. Ratcliffe and S. L.-Y. Woo. Vol I. Springer Verlag New York 1990.

BUCKWALTER J. A., GOLDBERG V. M. and WOO S. L.-Y.:

Musculoskeletal soft tissue aging: Impact on mobility. American academy of orthopedic surgeons 1993.

FREEMAN M. A. R. (editor): Adult articular cartilage. Pitman medical publ. comp. London 1979.

GHADIALLY F. N.: Fine structure of synovial joints. Butterworth London 1983.

DE KEIZER G.: Over synoviale vloeistof, gewrichtssmering en arthrosis deformans. Thesis RU Utrecht 1976.

MORREE J. J. DE: Dynamiek van het menselijk bindweefsel. 3e druk Bohn, Stafleu Van Loghum Houten 1996.

MOW V. C., ROTH V. and ARMSTRONG C. G.: Biomechanics of joint cartilage. In: Basic biomechanics of the skeletal system. V.M.Frankel and M. Nordin edit. Lea & Febiger Philadelphia.

POOLE C. E., FLINT M. H. and BEAUMONT B. W.: Morphological and functional interrelationships of articular cartilage matrices. J. Anat. vol. 138 (1984) p. 113-138.

TRUETA R. J.: Studies of the development and decay of the human frame. Saunders Comp-Heinemann Med. Books LTD 1968.

IFAS 98, 27.10.–30.10.  
Halle 7, Stand 7.136

# Gratis Starthilfe- Angebot.

*Früher war es noch ein bisschen einfacher, eine Praxis zu managen. Da reichten ein Patient, ein Operationstisch und zwei, drei eindrucksvolle Apparate. Heute ist alles ein bisschen komplizierter: die Buchhaltung, das Ausstellen und Verschicken der Rechnungen, das Treuhandwesen und die ganze Geschichte mit dem Mahnen und Betreiben, wenn die Patienten mal säumig sind. Die moderne Praxisadministration braucht ziemlich viel Zeit und noch mehr Nerven. Und wer hat das heute schon? Wir, z. B. – zugegeben, wir würden vielleicht noch ein Bild aufhängen, oder so.*



# ORIGINAL MEDAX

Von uns entwickelt und seit vielen Jahren bewährt.

Machen Sie **keine Experimente mit irgendwelchen Kopien!**

Unser Fabrikationsprogramm:

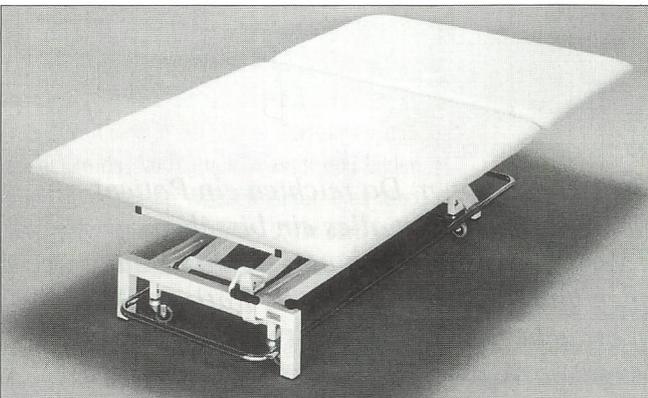
- 2-/3-/4-/6teilige Liegen
- Extensionsliegen
- Bobath-Liegen
- Manualltherapie-Liegen
- Kombi-Liegen mit Gynäkologieteil
- CLEWA-Kofferliegen (Import)

## Behandlungsliege MEDAX P 40 A



- Elektrische Höhenverstellung von 44 bis 104 cm mit praktischer Fuss-Schaltstange
- Rückenstütze und Knieflexion mit bequemen Hubhilfen stufenlos verstellbar
- Fahrwerk (Lenkrollen) mit Fusspedal in jeder Position der Höhenverstellung ausfahrbar
- Sehr stabiles Schweizer Fabrikat
- SEV-geprüft
- 2 Jahre Garantie

## BOBATH-Liege MEDAX 1- oder 2teilig



- ☐ Senden Sie uns bitte eine Dokumentation.  
☐ Bitte rufen Sie uns an.

Name: \_\_\_\_\_

Strasse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_

PH-03/94

**MEDAX AG  
MEDIZINTECHNIK**

Schneckelerstrasse 20  
CH-4414 Füllinsdorf BL  
Tel. 061-901 44 04  
Fax 061-901 47 78

# TENS

**NEU**

**ELPHA 2000 – das  
moderne Klinikgerät  
im Taschenformat**



Elpha 2000 – die fortschrittliche Alternative zu den teuren und grossen Klinikgeräten. Optimales Preis-Leistungsverhältnis.

Zweikanal TENS- und Muskelstimulationsgerät der neuesten High-Tech-Generation, für Ärzte und Therapeuten. Einfachste Bedienung, kurze Instruktionszeiten, hohe Patientensicherheit. Auch für die Heimbehandlung geeignet. 2 Jahre Garantie, ausführliche Einführung, Service gewährleistet.

Verlangen Sie weitere Informationen oder eine Beratung mit dem untenstehenden Coupon.

## Informations-Coupon

ELPHA 2000 interessiert uns.

Senden Sie uns weitere Informationen

Rufen Sie uns an Tel.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Zuständig: \_\_\_\_\_



Parsenn-Produkte AG, 7240 Küblis  
Tel. 081/300 33 33, Fax 081/300 33 39