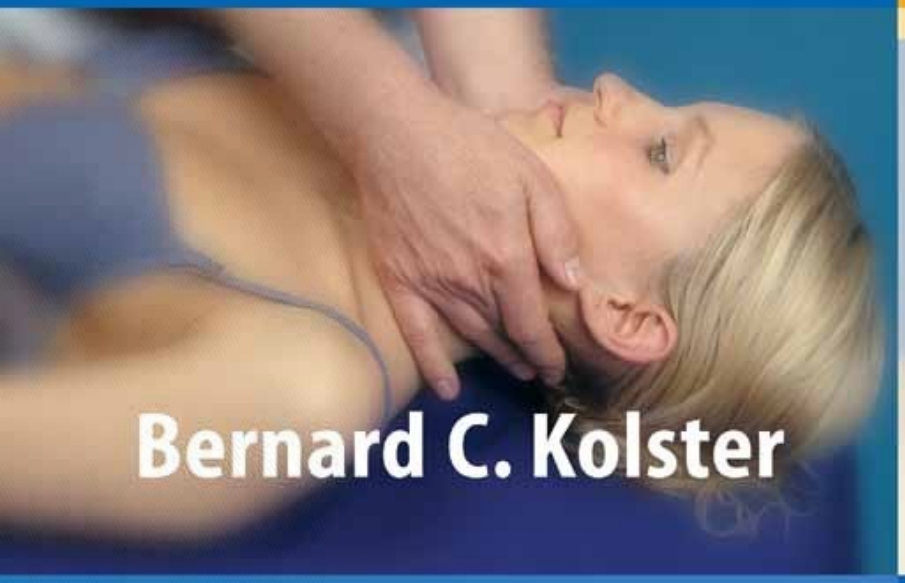
Physiotherapie

BASICS



Bernard C. Kolster

Massage

2. Auflage

- Klassische Massage
- Querfriktionen
- Funktions-massage

mit über 1200 farbigen Abbildungen

Springer

Bernard C. Kolster

Arzt, Physiotherapeut, wissenschaftlicher Redakteur
geboren am 22.05.1958 in Hilden

1978 – 1983	Studium der Diplompädagogik, Lehramt Sport und Geografie
1983 – 1985	Ausbildung zum Physiotherapeuten
1985 – 1991	Studium der Humanbiologie und der Humanmedizin
1991 – 1995	Klinische Tätigkeit in den Bereichen Gynäkologie und Geburtshilfe, Physikalische Medizin, Reflextherapie

Publikationen:

»Leitfaden Physiotherapie«
»Atlas der Reflexzonentherapie«
»Atlas der Körperakupunktur«
»Kopf- und Gesichtsschmerz«

Behandlungsbeispiel/Erkrankung	Seite

Achillodynie 432
Chondrose 166
Coxarthrose 350
Discusverlagerung 450
Epicondylitis humeri radialis 267
Epicondylitis humeri ulnaris 268
Eversionstrauma 431
Gonarthrose 407
Insertionstendopathie des M. biceps femoris 408
Inversionstrauma 431
Irritation des Ursprungs der Adduktoren 350
Kapsuloligamentäre Hypomobilität 450
Lumbalsyndrom 167/322
Obstipation 322
Omarthrose 219
Osteochondrose 166
Patellarspitzensyndrom 407
Rhizarthrose 289
Spondylarthrose 166
Spondylose 166
Supraspinatus-Sehnen-Syndrom 218
Tendovaginitis de Quervain 289
Zervikalsyndrom 187
Zervikozephalgie 187

Physiotherapie Basics

Herausgegeben von
Udo Wolf, Frans van den Berg und Bernard C. Kolster

Bernard C. Kolster

Massage

Klassische Massage
Querfriktionen
Funktionsmassage

2. Auflage

Unter Mitarbeit von
Frans van den Berg,
Astrid Waskowiak,
Udo Wolf

Mit 1230 farbigen Abbildungen und 4 Tabellen

Springer

Dr. med. Bernard C. Kolster
Gabelsberger Straße 24
35037 Marburg

2. korrigierte Auflage

ISBN-10 3-540-34289-3 Springer Medizin Verlag Heidelberg
ISBN-13 978-3-540-34289-2 Springer Medizin Verlag Heidelberg

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin Verlag.

springer.de

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2003, 2006

Printed in Italy

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Projektleitung: Sabine Poppe, Marburg

Planung: Marga Botsch, Heidelberg

Projektmanagement: Claudia Bauer, Heidelberg

Gesamtherstellung: KVM Dr. Kolster Produktions- und Verlags-GmbH, Marburg

Wir danken den Firmen Richard Kaphingst GmbH, Physikalische Therapie und Rehabilitation, Marburg sowie Intersport Begro, Marburg, für Ihre freundliche Unterstützung.

Fotos: Peter Mertin, Cologne Enterprise Production, Köln; Martin Kreutter, Marburg

Grafiken und Zeichnungen: interActive Systems, Gesellschaft für interaktive Medien mbH, Berlin; Dr. Günter Körtner, Marburg; KVW Medivisionen GmbH, Marburg

Satz: Katja Kubisch, Marburg

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

SPIN 11751151

Gedruckt auf säurefreiem Papier 22/2122/CB – 5 4 3 2 1 0

Für Karin, Tonia und Felix

Reihenvorwort

Die Reihe „Physiotherapie Basics“ richtet sich in erster Linie an Physiotherapieschüler, aber auch an Physiotherapeuten in der Praxis.

Die Inhalte sind praxisorientiert aufgearbeitet. Alle Elemente der Untersuchung (z. B. Anamnese, Inspektion, Tastbefund und Funktionsuntersuchung) werden ausführlich beschrieben und erleichtern so eine optimale Befundung und Behandlung. Neben den manuellen Tests werden auch Messinstrumente und Skalen vorgestellt. Anleitungen für die Dokumentation und Interpretation der Befunde erleichtern dem Anwender den Einstieg in die Behandlung. Diese wird nach Behandlungszielen gegliedert dargestellt. Dazu bedienen wir uns des bewährten Bildatlas-Konzeptes: Die Praxis wird vorrangig über Bildsequenzen mit erklärenden Texten vermittelt.

Über das didaktische Prinzip klassischer Schulbücher hinausgehend, ist es ein Anliegen der Herausgeber, die physiotherapeutischen Verfahren zusammenhängend und anwendungsbezogen darzustellen. So soll bei der Entscheidung für eine der vielen Techniken unseres Faches eine wirkungsvolle Entscheidungshilfe für Alltagssituationen in der therapeutischen Praxis gegeben werden. Fundierte Kenntnisse über die zugrunde liegenden Wirkungsmechanismen sollen den Dialog mit dem verordnenden Arzt bereichern und zu einer Optimierung der Indikationsstellung beitragen. Sie werden in ausführlichen Theorie-Kapiteln verständlich dargelegt.

Dem Leser soll durch „Lernziele“ am Beginn und „Zusammenfassungen“ am Ende eines Kapitels eine Fokussierung auf die Essentials erleichtert werden. Wichtige Informationen werden durch optische Kästen als „Memo“ und Warnungen unter „Vorsicht“ hervorgehoben. Ferner kann das Erlernte durch die unter „Überprüfen Sie Ihr Wissen“ formulierten Fragen im Hinblick auf eine optimale Prüfungsvorbereitung rekapituliert werden.

Auch der erfahrene Praktiker kann auf unsere „Basics“ zurückgreifen, wenn er sein Wissen auffrischen und aktualisieren möchte. Zudem bietet die Reihe das nötige Know-how, um sich die praxisrelevanten Grundlagen für verschiedene Spezialgebiete aneignen zu können. Dies gilt auch für Studenten der Bachelor-Studiengänge für Physiotherapeuten.

Um die Buchreihe optimal auf die Bedürfnisse von Schülern und Studierenden ausrichten zu können, wurde ein Schülerbeirat in die Planung eingebunden. An dieser Stelle möchten wir Martin Müller, Alice Kranenburg (Rudolf-Klapp-Schule, Marburg), Silvia Weber, Martin Dresler, Eva Maria Plack (IFBE, Marburg) sowie Antonia Stieger für ihre konstruktive Mitarbeit danken.

Udo Wolf
Frans van den Berg
Bernard C. Kolster

Vorwort zur 2. Auflage

Warum ein Buch über Massage:

Als ich mit meinen Freunden und Kollegen Udo Wolf und Frans van den Berg auf die Idee kam, eine Schulbuchreihe für angehende Physiotherapeuten auf den Weg zu bringen, sollte bei den geplanten Themen die Klassische Massage nicht fehlen. Da wir alle drei von Haus aus Physiotherapeuten sind, lag es nahe, dass wir uns selbst dieses Themas annahmen. Dabei erlebten wir eine ziemlich große Überraschung: Es gibt in der deutschsprachigen Literatur nur wenig aktuelle Veröffentlichungen. Betrachtet man die gesamte Literatur (bezogen auf die Standardwerke), so stellt man fest, dass die Darstellung der Klassischen Massage sehr unterschiedlich erfolgt. Es gibt die Grundkategorien

- Effleurage – Streichungen,
- Pétrissage – Knetungen,
- Friktionen – Reibungen/Zirkelungen und
- Tapotements – Hackungen, Klatschungen, Klopfungen.

Aber wohin gehören Vibrationen, Schüttelungen, Walkungen und Hautmobilisationsgriffe? Was sind die spezifischen Wirkungen der einzelnen Griffe? Wie sieht ein typischer, vollständiger Massageablauf einer Körperregion aus?
Fragen über Fragen und nur wenige Antworten! Weiterhin kamen uns leise Zweifel, ob die Klassische Massage allein und einsam als Therapeutikum in einer immer komplexer werdenden Physiotherapie ihre Berechtigung hat. Muss man die Klassische Massage nicht eher als ein Therapieelement in einem komplexen Rehabilitationsprogramm sehen? Und wenn ja, welche Therapieformen sind mit ihr therapeutisch verwandt? Wir entschlossen uns daher, in das Buch der Klassischen Massage die Funktionsmassage sowie die Querfriktionen nach Cyriax aufzunehmen. Sie schienen uns thematisch so verwandt und vor allem die Klassische Massage ergänzend, dass sich mit diesen drei Verfahren ideale Behandlungspläne gestalten lassen.

Die Einbeziehung dieser Therapieoptionen warf eine weitere, fast banale Frage auf: Was macht man wann? Um zu entscheiden, welche der möglichen Therapieoptionen auszu-

wählen ist, bedarf es einer vorherigen Befunderhebung. Aus diesem Grund sahen wir uns veranlasst, ein eigenes Kapitel zu diesem Thema mit aufzunehmen. Wir sprechen dabei nicht von dem „klassischen" ausführlichen orthopädischen, chirurgischen oder neurologischen Befund, sondern von einer Befunderhebung, die pragmatisch auf die Bedürfnisse der hier dargestellten Therapieoptionen zugeschnitten ist.

Ein weiteres wichtiges Thema mit immer stärker werdender Bedeutung ist die Qualitätskontrolle. Es handelt sich dabei um die Frage, ob die ausgewählten und verabreichten Maßnahmen ihren Sinn und Zweck bezüglich der Behandlungsziele erfüllen. In der Physiotherapie gibt es im Prinzip zwei Zielgrößen, die man messen (quantifizieren) und dokumentieren kann: Schmerz und Bewegungseinschränkung. Schmerz als subjektives Gefühl kann mit der so genannten Visuellen Analog-Skala (VAS) gemessen und dokumentiert werden. Die Anwendung der VAS wird in diesem Buch ausführlich dargestellt. Bewegungseinschränkungen können mit einfachen Gelenkmessungen nach der Neutral-Null-Methode nach Debrunner dokumentiert werden, die hier ebenfalls detailliert beschrieben wird. Damit kann die Effizienz von Maßnahmen dokumentiert werden.
Weiterhin war uns die Darstellung der Dokumentation ein extrem wichtiges Anliegen.
Um eine Systematik bezüglich der vielen möglichen Techniken herzustellen, haben wir uns für eine regionäre Einteilung entschlossen. Im Vordergrund stehen die einzelnen Körperregionen, die stets nach einem einheitlichen Schema aufgebaut sind:

1. Befunderhebung (bezogen auf die Erfordernisse der hier dargestellten Therapieverfahren)
2. Palpation
3. Funktionsprüfung (aktive und passive Bewegung)
4. Alarmzeichen (Symptome oder Zeichen, bei deren Vorliegen ohne vorherige Abklärung keine weiteren Therapiemaßnahmen erfolgen dürfen)
5. Klassische Massage
6. Querfriktionen
7. Funktionsmassage
8. Behandlungsbeispiele

Um einen stärkeren Praxisbezug herzustellen, haben wir für jede Körperregion ein bis zwei Behandlungsbeispiele vorgestellt, die sich mit den hier beschriebenen Therapieverfahren behandeln lassen. Diese Behandlungsbeispiele finden sich immer am Ende des jeweiligen Kapitels.

Die gezeigten Therapieoptionen sind so umfassend wie möglich, vergleichbar mit einem Werkzeugkasten. Es werden die Techniken (Werkzeuge) aus den einzelnen Bereichen ausgewählt, die einerseits sinnvoll sind, um das Behandlungsziel zu erreichen und die dem Therapeuten andererseits von der Ausführung her liegen. Es ist unserer Ansicht

nach sinnvoller, einige Techniken richtig gut und sicher im Griff zu haben, anstatt alle Techniken nur oberflächlich zu beherrschen.

Auch die Sportmassage ist ein Anwendungsbereich, der in einem so umfassenden Lehrwerk nicht fehlen sollte. Ihren Grundlagen sowie speziellen Einsatzmöglichkeiten wurde ein eigenes Kapitel gewidmet.

Bei der Konzeption dieses Buches haben wir uns am Curriculum des ZVK (Zentralverband der Physiotherapeuten und Krankengymnasten) orientiert und konsequent die hier geforderten Inhalte sowohl im Grundlagenteil als auch in den Praxis-Kapiteln umgesetzt.

Wir hoffen, dass wir mit dieser Gliederung eine praxisorientierte und umfassende Darstellung der Massage erreichen konnten.

Dieses vorliegende Werk hätte ohne die engagierte Mitarbeit vieler Personen nicht entstehen können. Allen Personen, die einen Beitrag geleistet haben, sei hiermit herzlich gedankt. Namentlich erwähnt seien:
Markus Voll, iAS interActive Systems und Günter Körtner für die Grafiken; Peter Mertin und Martin Kreutter für die Fotografien; Mirjam Groll, Peter Düsing und Erik Schmelter, unsere Fotomodelle; Marius Nowak und Christian Rau für die elektronische Bildbearbeitung; Professor Dr. Walter Krause (Uniklinik Marburg) für die Abbildungen der dermatologischen Erkrankungen; Angela Weber (IFBE Physiotherapie-Schule, Marburg) für ihre Beratung; Eva Maria Plack und Martin Müller (Schülerbeirat); Astrid Frank für die Korrekturen; Sarah Monz für die Recherche; Astrid Waskowiak, Sabine Poppe, Katrin von der Decken, Martina Kunze und Christine Zeuke (KVM-Verlag); Katja Kubisch für Satz und Layout; Parastita Dubois und Birgit van den Berg für das Catering.

Für die 2. Auflage wurden alle Kapitel überarbeitet.

Wir hoffen, dass auch die 2. Auflage regen Anklang findet und in Theorie und Praxis wertvolle Hilfestellungen leistet.

Marburg, im Mai 2006

Für die Autoren
Bernard C. Kolster

Hinweise für die Benutzer

Dieses Buch stellt ein Werkzeug dar, das Ihnen helfen soll, therapeutische Fragestellungen zu beantworten.

Aufbau des Buches
Sie finden in diesem Werk drei Hauptkapitel:
1. Grundlagen: Hier werden mit zahlreichen Illustrationen die „Basics" erläutert. Unter den „Basics" verstehen wir das Wie und das Warum. Wie und warum funktioniert Massage? Welche Wirkungsprinzipien gibt es? Dies ist aus unserer Sicht ein extrem wichtiges Kapitel, welches der Leser gleich zu Anfang bearbeiten sollte.

2. Praxis: Dieser Hauptteil des Buches untergliedert sich in die Teile Untersuchung, Befunderhebung, regionäre Anwendungen und Sportmassage. Untersuchung, Befunderhebung und Dokumentation stellen unserer Meinung nach wichtige Grundlagen für die Formulierung problemorientierter Therapiepläne dar. Insofern liefern diese Kaptitel wichtige Grundlageninformationen. Ein weiteres Kapitel befasst sich mit der schonenden Arbeitsweise (Ergonomie) und mit der Didaktik der zur Verfügung stehenden Techniken der Klassischen Massage, der Querfriktionen nach Cyriax und der Funktionsmassagen. In diesen Abschnitten werden die einzelnen Griffe und Techniken detailliert mitsamt der möglichen Fehlerquellen beschrieben. Anschließend werden die Anwendungen – bezogen auf die einzelnen Körperregionen – dargestellt. Dieser Teil dient auch als Nachschlagewerk. Jedes regionäre Kapitel ist gleichermaßen aufgebaut und ermöglicht durch das Farbleitsystem eine rasche Orientierung.

3. Anhang: In diesem Teil des Buches befinden sich neben dem Sachverzeichnis Informationen, die einen übergeordneten Nutzungswert haben. Dies sind ein kurzer Farbatlas wichtiger dermatologischer Hautkrankheiten, ein Verzeichnis gängiger Medikamente und ihrer Anwendungsspektren, deren Kenntnisse für die Massagebehandlung von Bedeutung sein können. Des Weiteren ein Verzeichniss wichtiger Erkrankungen, so dass Sie gezielt auf einzelne Informationen zugreifen können.

Didaktik

Dieses Buch ist ein Lehrbuch. Wie erschließt man sich Informationen optimal? Lerntheoretisch kann man Fakten am besten behalten, wenn man sie in ein bestimmtes Vorwissen einordnen kann oder wenn sie Probleme lösen. Gemeinsam mit Physiotherapieschülern und -lehrern haben wir überlegt, wie man das Lernen durch verschiedene Hilfsmittel erleichtern kann. Aufgrund der geführten Diskussionen haben wir uns entschlossen, verschiedene optisch hervortretende Stilmittel einzusetzen. Am Anfang eines Kapitels gibt es die Lernziele. Diese „schärfen" bereits den Blick für die wesentlichen Informationen des folgenden Textes. Am Ende eines jeden Abschnitts finden sich kurze und prägnante Zusammenfassungen und einige Fragen, mit denen Sie ihr Wissen überprüfen können. Die Antworten gehen eindeutig aus dem Gelesenen hervor, so dass wir uns die Beantwortung erspart haben. Diese Zusammenfassungen und Fragen eignen sich unserer Ansicht nach zur raschen Wiederholung und Prüfungsvorbereitung.
Uns wichtig erscheinende Informationen haben wir mit den „Memo-Kästen" hervorgerufen. Eine weitere Kategorie von Hervorhebungen sind die „Praxistipps". Hier finden Sie Informationen, die sich in der therapeutischen Praxis umsetzen lassen. Die dritte Hervorhebungskategorie sind die „Vorsicht-Kästen". Hier finden Sie unter anderem wichtige Hinweise, die bei der Ausübung bestimmter Techniken unbedingt zu beachten sind. Alle genannten Kategorien sind mit auffälligen, beim Durchblättern bereits ins Auge springenden Symbolen versehen.
Zu vielen Körperregionen haben wir Fallbeispiele formuliert. Anhand dieser Beispiele wird deutlich, wie Sie die zahlreichen Techniken strukturiert anwenden können.

Ansprache

Uns ist bekannt, dass das weibliche Geschlecht in der Physiotherapie absolut in der Überzahl ist. Dennoch haben wir uns entschlossen, die männliche Form (der Therapeut, der Patient) durchgehend zu verwenden. Verständnis und Lesbarkeit stehen für uns im Vordergrund, so dass wir die Alternativen (jeweils beide Geschlechter zu nennen, Abkürzungen wie PatientInnen, TherapeutIn usw.) verworfen haben. Daraus ergibt sich, dass mit der männlichen Form natürlich beide Geschlechter angesprochen werden sollen.

Inhalt

1 Geschichte der Massage 2

1.1 Die Alte Zeit ... 2
1.2 Das Mittelalter ... 2
1.3 Die Neuzeit ... 3

2 Anatomie und Physiologie 5

2.1 Die Haut ... 5
2.2 Die Muskeln ... 12
2.3 Die Sehnen ... 20

3 Wirkprinzipien der Massage 22

3.1 Mechanische Effekte ... 22
3.2 Biochemische Effekte ... 24
3.3 Reflektorische Effekte ... 26
3.4 Psychogene Wirkungen ... 33
3.5 Immunmodulierende Effekte ... 34

4 Indikationen und Kontraindikationen 35

4.1 Indikationen ... 35
4.2 Kontraindikationen ... 35

5 Befund 38

5.1 Anamnese ... 38
5.2 Inspektion ... 42
5.3 Palpation ... 48
5.4 Funktionsprüfung ... 51
5.5 Objektivierung ... 54
5.6 Dokumentation und Behandlungsplan ... 58

6 Behandlung 64

6.1 Hände und Körper des Therapeuten ... 64
6.2 Die Massageumgebung ... 66
6.3 Der Massagetisch ... 67
6.4 Lagerung ... 67
6.5 Hilfsmittel ... 70
6.6 Ergonomie ... 72
6.7 Behandlungsaufbau ... 77
6.8 Umgang mit Problemen ... 79
6.9 Klassische Massage: die Techniken ... 80
6.10 Funktionsmassage: die Techniken ... 110
6.11 Querfriktionen: die Techniken ... 113
6.12 Thermotherapie ... 119

7 Regionäre Anwendungen 127

7.1 Einleitung ... 127
7.2 Rücken ... 129
7.3 Zervikalregion ... 169
7.4 Schulter ... 189
7.5 Oberarm ... 221
7.6 Unterarm ... 243
7.7 Hand ... 269
7.8 Thorax ... 291
7.9 Abdomen ... 311
7.10 Glutealregion ... 323
7.11 Oberschenkel ... 351
7.12 Unterschenkel ... 375
7.13 Fuß ... 409
7.14 Kopf ... 433

8 Sportmassage 451

8.1 Voraussetzungen und Ziele der Sportmassage ... 451
8.2 Die Möglichkeiten der Sportmassage ... 453

Anhang 459

Medikamente ... 460
Dermatologische Krankheitsbilder ... 467
Curriculum ... 474
Kontaktadressen ... 477
Literatur ... 478
Register Erkrankungen/Behandlungsbeispiele ... 481
Sachverzeichnis ... 483

Farbleitsystem

Grundlagen

1 Geschichte der Massage
2 Anatomie und Physiologie
3 Wirkprinzipien
4 Indikationen und Kontraindikationen

Praxis

5 Befund

6 Behandlung

7 Regionäre Anwendungen

8 Sportmassage

Klassische Massage

Querfriktionen

Funktionsmassage

Grundlagen

Symbole

Fixierung passiv (Funktionsprüfung)

Fixierung (alle übrigen Kapitel)

Aktive Bewegung

Passive Bewegung

Bewegungsrichtung

Vibrationen

Abkürzungen

ACG	Acromioclaviculargelenk
Art.	Articulatio
Artt.	Articulationes
ASTE	Ausgangsstellung
B	Bewegung
BWS	Brustwirbelsäule
DIP	distales Interphalangealgelenk
ESTE	Endstellung
H	Handfassung
HWS	Halswirbelsäule
L	Lage
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	Musculus
MCP	Metacarpophalangealgelenk
Mm.	Musculi
N.	Nervus
Nn.	Nervi
PIP	proximales Interphalangealgelenk
Proc.	Processus
Procc.	Processus
ROM	Range of Motion
SCG	Sternoclaviculargelenk
WS	Wirbelsäule
ZNS	Zentrales Nervensystem

Grundlagen

1 **Geschichte der Massage** 2

1.1 **Die Alte Zeit** 2

1.2 **Das Mittelalter** 2

1.3 **Die Neuzeit** 3

2 **Anatomie und Physiologie** 5

2.1 **Die Haut** 5

Aufbau 5

Durchblutung 8

Lymphsystem 9

Innervation/Rezeptoren 9

2.2 **Die Muskeln** 12

Aufbau des quergestreiften Skelettmuskels 12

Struktur der Muskelzelle 13

Innervation und Muskelkontraktion 15

Rezeptoren 18

2.3 **Die Sehnen** 20

Aufbau 20

Muskel-Sehnen-Übergang 21

Insertion 21

3 **Wirkprinzipien der Massage** 22

3.1 **Mechanische Effekte** 22

Mobilisationseffekt 22

Ausstreichende Wirkung 22

3.2 **Biochemische Effekte** 24

Stimulation der Freisetzung von Entzündungsmediatoren 24

Stimulation der Freisetzung von Endorphinen 25

Stimulation der Freisetzung von Serotonin 25

3.3 **Reflektorische Effekte** 26

Schmerzhemmende Effekte 26

Exkurs: Was ist Schmerz? 28

Sympathikushemmende Effekte 30

Tonusregulierende Effekte 32

3.4 **Psychogene Wirkungen** 33

3.5 **Immunmodulierende Effekte** 34

4 **Indikationen und Kontraindikationen** 35

4.1 **Indikationen** 35

4.2 **Kontraindikationen** 35

1 Geschichte der Massage

LERNZIELE

- Überblick über die historische und heutige Sichtweise der Massage
- Entwicklung der Massage vom Altertum bis zur Gegenwart

Die Massage als wahrscheinlich älteste Heilkunst der Erde, gilt auch als Urform der Behandlung verschiedenster Erkrankungen. Jeder von uns hat sie bereits oftmals eingesetzt, ohne dabei speziell an Massage zu denken: Schmerzhafte Körperbereiche werden intuitiv gedrückt oder mit der Hand gestrichen, um eine Linderung der Beschwerden zu erreichen. Heute hat die Massage ihren festen Platz in der Medizin und dient sowohl der Prävention als auch der Therapie verschiedenster Erkrankungen.

MEMO

Massage

Die Ursprünge des Wortes Massage finden sich sowohl im Griechischen (massein = kneten), im Hebräischen (massa = betasten) als auch im Arabischen, hier bedeutet „massah" so viel wie reiben oder streichen.

1.1 Die Alte Zeit

Die meisten alten Kulturen praktizierten ihre eigene Art von Massage: Ab 500 v. Chr. beschrieben Griechen, Japaner, Ägypter, Perser, Römer und andere alte Völker massage-ähnliche Techniken, oft in ritueller Form und meist in Kombination mit Ölen und Kräutern.

Die ältesten Wurzeln reichen nach China. Hier wurde bereits im Jahr 2700 v. Chr. die Massage als eine der vier klassischen medizinischen Behandlungsformen in der Chinesischen Medizin beschrieben. Sie diente der Krankheitsvorbeugung durch eine gesunde Lebensführung und der Steigerung des Wohlbefindens.

Im Jahre 1800 v. Chr. trat die Massage in Form von Ölmassagen als Bestandteil der Ayurvedischen Heilkunst im Nordwesten Indiens auf.

Der griechische Arzt Hippokrates (460-377 v. Chr.), bekannt als der „Vater der Medizin", beschrieb die Massage als die Kunst des Streichens. Er war der Auffassung, dass jeder Arzt die Massage beherrschen muss und schrieb dazu ca. 400 v. Chr.: „Der Arzt muss viele Dinge beherrschen, in jedem Falle (sicher) aber das Reiben." Hippokrates verwendete den Begriff Anatrepsis, der später als Friktion (= Reiben) übersetzt wurde (griech. anatrepsis = Umsturz, Zerstörung).

Mehr als 500 Jahre später beschrieb sein Landsmann Galenos (= Galen, um 129-199 n. Chr.), der in Pergamon als Gladiatorenarzt praktizierte, die Anwendung der Klassischen Massage bei Athleten. Er unterschied bereits 18 verschiedene Arten von Massage. Bevor griechische Athleten an den Olympischen Spielen teilnehmen konnten, unterzogen sie sich einer Massagebehandlung, ebenso im Anschluss an die Wettkämpfe. Dies war nichts anderes als eine frühe Form der heutigen Sportmassage **(s. S. 451)**.

Von den Griechen aus kam die Massage zu den Römern. Auch Julius Caesar ließ sich täglich behandeln, um seine Kopfschmerzen und Neuralgien zu mildern und epileptischen Anfällen vorzubeugen.

1.2 Das Mittelalter

Im Mittelalter wurde die Massage als Heilmethode zunehmend populärer, allerdings verband man mit ihr gleichzeitig den Gedanken des Übernatürlichen. Der kirchliche Glaube sah die Heilkraft durch Massage als teuflische Kraft an, und nicht wenige Heilkundige, die diese Praktiken anwendeten, wurden hingerichtet.

Erst im 16. Jahrhundert erlangte die Massage wieder Anerkennung durch den französischen Chirurgen Ambroise Paré (1517-1590). Dieser wendete verschiedene Massagetechniken an, um nach Operationen eine bessere Wundheilung zu erzielen. Damit war er so erfolgreich, dass er zum Hofarzt von vier Königen ernannt wurde.

Noch heute wird an der Vielzahl der französischen Begriffe in der Massagetherapie wie z. B. Effleuragen (Streichungen), Pétrissagen (Knetungen) und Tapotagen (Klopfungen) der französische Einfluss sichtbar.

1.3 Die Neuzeit

Die Anerkennung der Massage durch die Schulmedizin erreichte der schwedische Gymnastiklehrer Per Henrik Ling (1776-1839). Er erlernte verschiedene Massagetechniken und experimentierte ständig weiter. Unter Einbeziehung seiner eigenen Erfahrungen mit gymnastischen Übungen erschuf er die so genannte Schwedische Massage, deren Grundtechniken heute noch Gültigkeit besitzen. Mit der Gründung des Zentralinstituts für Gymnastik in Stockholm (1813) wurden die Schweden Vorreiter für die Ausbildung von therapeutischen Massagetechniken in ganz Europa.

Ungefähr zur gleichen Zeit begannen auch wissenschaftliche Untersuchungen zu den Wirkprinzipien der Massage.

1856 wurden die schwedischen Massagetechniken durch die Brüder Charles F. und George H. Taylor in die USA gebracht. Anschließend veröffentlichte Dr. John Harvey Kellogg (1852-1943) mehrere Artikel und Bücher über Massage und Hydrotherapie.

Albert Hoffa (1859-1907) veröffentlichte 1893 ein Buch für Ärzte, in dem er die fünf Handgriffe: Streichen, Klopfen, Kneten, Reiben und Erschütterungen in übersichtlicher Form zusammenstellte. Dieses Werk mit dem Titel „Technik der Massage" wurde ein Standardwerk und erschien später in weiteren Auflagen, jeweils herausgegeben von seinen Nachfolgern H. Gocht (1925), H. Storck (1937) und H. J. Lüdke (1966).

Sigmund Freud (1856-1936) untersuchte 1895 in einer Studie den Nutzen von Massage in der Behandlung von neurotischer Hysterie.

1914 erschien von A. Müller das „Lehrbuch der Massage". Damit begann man, die Massage nicht nur als eine bloße Behandlungstechnik anzusehen, sondern sie zu einer medizinischen Spezialwissenschaft zu erklären. Für Müller war insbesondere der Hypertonus eine Erkrankung, deren „wahrhaft spezielle Behandlungsweise" die Massage war (Haman, 1980).

Ebenfalls ein Vorläufer der heutigen Spezialmassagemethoden war F. Hartmann. Er untersuchte in den zwanziger Jahren die Gelosen der Körperdecke und beschrieb deren Auswirkungen auf verschiedene Organe und Dermatome. Für ihn war es ein Kunstfehler, die Gelosen der Körperdecke nicht mit Massage zu behandeln.

Auch M. Lange beschäftigte sich mit der Entstehung und Heilung der Gelosen. Seine Art der Behandlung bestand in der so genannten Gelotripsie, d. h. dem Zerdrücken der Verhärtungen mit Hilfe der Fingerkuppen oder der Knöchel.

Die Entstehung der Spezialmassagemethoden schritt voran und es bildeten sich verschiedene Schulen mit unterschiedlichen Methoden und Techniken.

Um 1920 entwickelte die deutsche Physiotherapeutin Elisabeth Dicke in Zusammenarbeit mit H. Teirich-Leube die Bindegewebsmassage; ungefähr zur gleichen Zeit arbeiteten der Däne Emil Vodder und seine Frau an einer neuen Technik, die eine leichte Massage entlang der oberflächlichen Lymphwege darstellte. Diese Technik wird heute noch praktiziert und als manuelle Lymphdrainage bezeichnet.

1942 veröffentlichten Dicke und Leube eine Darstellung über die Massage reflektorischer Zonen im Bindegewebe, fünf Jahre später folgte J. v. Puttkamer mit Berichten über die Beeinflussung von Organen durch Massage. 1953 beschrieben Vogler und Krauss ihre Methode der Periostbehandlung als eine weitere Spezialmethode in der Massage.

Seit den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts stieg die Akzeptanz der Massage als Therapieform verschiedenster Erkrankungen stetig an, nicht zuletzt aufgrund der Ausweitung der Untersuchungen über die Effekte der Massage. So eröffnete 1991 an der Universität von Miami das Touch Research Institute unter der Leitung von Dr. Tiffany Field. Dies ermöglichte die Durchführung von zahlreichen Studien zu den Wirkprinzipien der Massage, ganz besonders im Bereich der Schmerzhemmung.

ZUSAMMENFASSUNG

Geschichte der Massage

- Bereits im Jahr 2700 v. Chr. wurde Massage als eine der vier klassischen medizinischen Behandlungsformen in der chinesischen Medizin beschrieben.
- Hippokrates betrachtete um 400 v. Chr. die Massage als die Kunst des Streichens.
- Im zweiten Jh. n. Chr. wurden durch Galen die ersten frühen Formen der heutigen Sportmassage an Gladiatoren durchgeführt.
- Die Anerkennung der Massage in Europa erreichte im 16. Jahrhundert der französische Chirurg Ambroise Paré, indem er durch Massagebehandlungen nach Operationen eine bessere Wundheilung erzielte.
- Die Anerkennung der Massage durch die Schulmedizin erreichte der Schwede Per Henrik Ling. Er war Begründer der Schwedischen Massage.
- In Deutschland erschien 1893 durch Albert Hoffa mit dem Buch „Technik der Massage" ein erstes Standardwerk der Massage für Ärzte.
- 1914 folgte von A. Müller das „Lehrbuch der Massage", wodurch Massage als eine medizinische Spezialwissenschaft anerkannt wurde.
- Um 1920 entwickelte die deutsche Physiotherapeutin Elisabeth Dicke in Zusammenarbeit mit H. Teirich-Leube die Bindegewebsmassage.
- Gleichzeitig entwickelte der Däne E. Vodder die Technik der manuellen Lymphdrainage.
- T. Field untersucht seit 1991 im eigenen Institut die Effekte der Massage.

ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welche Bedeutung haben Berührungen der Haut?
- Welche Forschung trug dazu bei, dass Massage heutzutage anerkannt ist?

2 Anatomie und Physiologie

2.1 Die Haut

LERNZIELE

- Aufbau der Haut
- Lokalisation und Aufgabe der verschiedenen Zelltypen
- Blut- und Lymphgefäße der Haut
- Die Haut als Sinnesorgan
- Bau und Funktion der Rezeptortypen

Mit einer Fläche von 1,5 bis 1,8 m² und einem Anteil von 16 % des Körpergewichts ist die Haut das größte Einzelorgan des Menschen.

Ihre Funktionen sind sehr vielfältig: Von großer Bedeutung ist der Schutz des Körperinneren. Die Haut bildet sozusagen die Grenzschicht zwischen dem Körperinneren und dem –äußeren. Sie schützt den Körper vor mechanischen Einflüssen sowie vor UV-Strahlung, Kälte, Wärme, Verdunstung und dem Eindringen von Bakterien, Viren oder Pilzen.

In Abhängigkeit vom zentralen Nervensystem kontrolliert und reguliert die Haut die Körpertemperatur. Aufgrund des Vorhandenseins von zahlreichen Rezeptoren und freien Nervenendigungen fungiert sie auch als Sinnesorgan. Sie erkennt Reize aus dem Bereich des Tastsinnes und des Temperatursinnes. Durch ihre Fähigkeit zur Vitamin-D-Synthese hat sie einen bedeutenden Anteil am Aufbau und an der Stabilität der Knochen.

Aufbau

Die Haut besteht aus mehreren Schichten, die in der Regel gut gegeneinander abgegrenzt sind (**s. Abb. 1.1**):

- Die Epidermis, auch Oberhaut genannt,
- die Dermis, auch als Lederhaut oder Corium bezeichnet und
- die Hypodermis, auch Unterhaut oder Subkutis genannt.

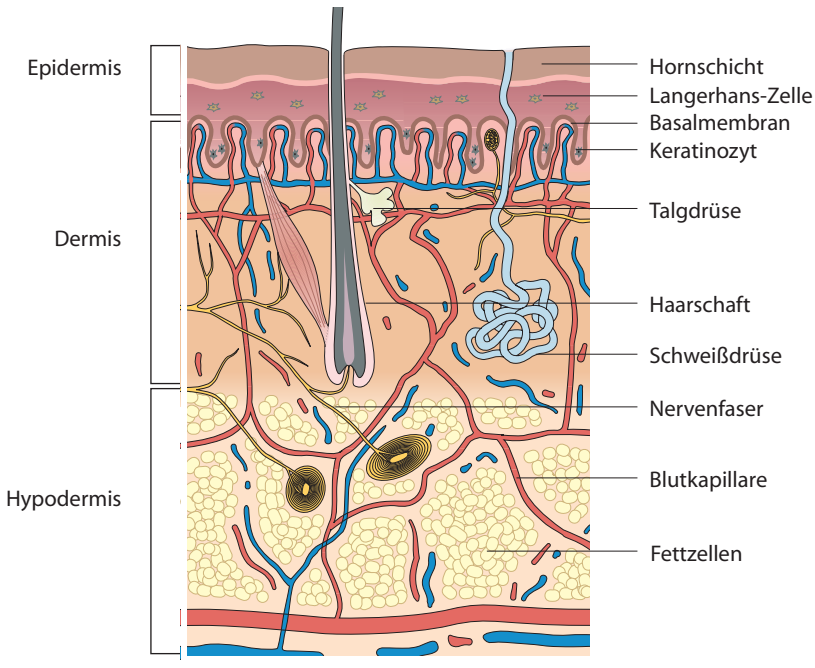


Abb. 1.1. Aufbau der Haut im Querschnitt

Epidermis und Dermis sowie die zwischen ihnen liegende Basalmembran **(s. Abb. 1.1)** fasst man auch unter dem Begriff Kutis, das heißt Haut im engeren Sinne, zusammen.

Die **Epidermis** ist je nach Körperteil und mechanischer Beanspruchung 0,1 bis 1,5 mm dick und besteht aus mehreren Schichten verhornendem Plattenepithel. Die Umgestaltung der Zellen geht in der Epidermis sehr rasch vonstatten, ständig werden in den basalen Bereichen neue Zellen gebildet, die in einem Zeitraum von ca. drei Wochen an die Oberfläche wandern und sich währenddessen umwandeln. Letztendlich liegen sie als Hornschuppen vor und werden abgestoßen. Durch diese ständigen Neu- und Umbildungsvorgänge liegen in jeder Schicht der Epidermis Zellen, die sich gerade in der Umwandlung befinden.

Den Aufbau der Epidermis veranschaulicht **Abb. 1.2.** Direkt oberhalb der Basalmembran befindet sich das **Stratum basale**, häufig auch Stratum germinativum genannt. Die Zellen dieser Schicht sind kubisch bis hochprismatisch und durch zahlreiche Desmosomen (= Haftplatten, Zellverbindungen) untereinander verbunden, was einen gewissen Grad an Stabilität bewirkt. Als Hemidesmosomen bezeichnet man speziell die Verbindungselemente zwischen den Zellen des Stratum basale und der Basalmembran. Wird die Epidermis an einer bestimmten Körperstelle sehr stark beansprucht, so können sich diese Hemidesmosomen lösen, die Bildung einer Blase wird erkennbar.

Ein weiterer Stabilitätsfaktor sind die **Tonofilamente**. Darunter versteht man lockere Bündel aus Prokeratin, die im Cytoplasma der Zellen liegen und über Zellbrücken mit benachbarten Zellen in Verbindung stehen.

Neben den das verhornende Plattenepithel bildenden **Keratinozyten** findet man im Stratum basale noch drei weitere Zelltypen:

Melanozyten, die Pigment produzieren und somit die Haut bis zu einem gewissen Grad vor schädlichen UV-Einwirkungen schützen können.

Langerhans-Zellen (Makrophagozyten) aktivieren das Immunsystem, indem sie die Information über lokale Antigene an die T-Lymphozyten weiterleiten und – ähnlich den Makrophagen – Interleukin 1 produzieren. Sie locken so die umliegenden Lymphozyten an.

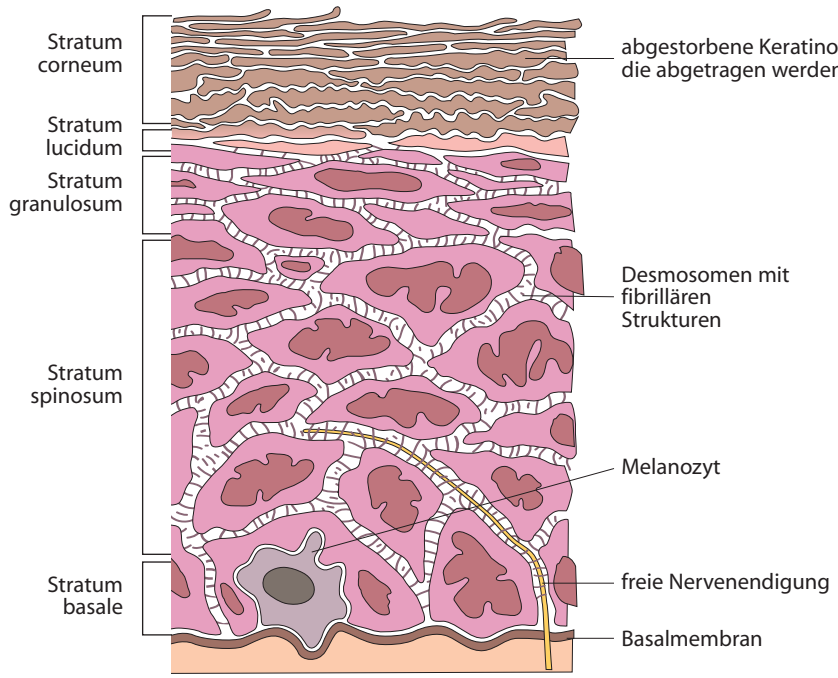


Abb. 1.2. Schichten der Epidermis

Die ebenfalls im Stratum basale liegenden **Merkel-Zellen** sind die einzigen Hautrezeptoren in der Epidermis. Sie reagieren auf Tastreize, indem sie Neurotransmitter ausschütten, die über die in der Nähe liegenden freien Nervenendigungen die Information zum zentralen Nervensystem weiterleiten.

Oberhalb des Stratum basale liegt das **Stratum spinosum**, die Stachelzellschicht. Hier werden die Zellen bereits etwas flacher. Den Namen bekommt diese Zellschicht durch ihr stacheliges Aussehen im Lichtmikroskop; die Stacheln werden gebildet durch zahlreiche und lange Cytoplasmaausläufer. In dieser Schicht gibt es weiterhin die Tonofilamente. Sie ziehen in die Fortsätze hinein, kreuzen aber nicht die Interzellularspalten. Aufgrund ihrer besonderen räumlichen Anordnung stabilisieren sie die Haut insbesondere gegen Scherkräfte wie z. B. Abschürfungen.

Das **Stratum granulosum** enthält die letzten lebenden Zellen in der Epidermis. Sie sind hier bereits stark abgeflacht und umgeben von Keratohyalingranula, die den Interzellularraum abdichten und dafür sorgen, dass kein unkontrollierter Flüssigkeitsaustausch zwischen dem inneren und dem äußeren Milieu stattfindet.

Das **Stratum lucidum** ist meist nur an Körperstellen mit dicker Epidermis wie Hand- und Fußsohlen vorhanden. Es handelt sich hierbei um eine sehr dünne Schicht mit sehr flachen Zellen und zahlreichen dicht gepackten Filamenten.

Die oberste Schicht der Epidermis ist das **Stratum corneum**, die Hornschicht. In dieser Zone werden die Verhornungsvorgänge abgeschlossen. Je nach Körperregion und mechanischer Beanspruchung variiert die Zahl der Zellschichten im Stratum corneum; an der Bauchhaut sind es meist nur 15–20 Schichten, an Hand- oder Fußsohle können es mehrere hundert sein. Die obersten zwei bis drei Schichten des Stratum corneum werden täglich abgestoßen und durch die darunter liegenden Zellen ersetzt. Im Durchschnitt wird einmal im Monat die gesamte Epidermis neu gebildet. Diese schnelle Regeneration erfordert eine ständige Zellteilung, die besonders in den unteren Schichten, nämlich dem Stratum basale und in geringerem Maße auch im Stratum spinosum stattfindet.

Die **Basalmembran** stellt die Verbindung zwischen Epidermis und Dermis dar. Sie ist in der Regel dreischichtig und besteht aus Kollagen und Glykoproteinen, die von Fibroblasten produziert werden und die Haftung zwischen den verschiedenen Schichten bewirken.

Die aus Bindegewebe bestehende **Dermis** hat eine sehr große Zerreißfestigkeit und trägt so wesentlich zur Stabilität der Haut insgesamt bei. Von dieser Eigenschaft machen die Gerber Gebrauch, indem sie die Dermis der Tierhaut zur Herstellung von Leder verwenden.

In der Dermis findet man einen zweischichtigen Aufbau: das dünne **Stratum papillare**, welches in Form von Papillen in die Epidermis hineinragt sowie das **Stratum reticulare** als tiefere und dickere Dermisschicht. Im Stratum papillare gibt es verschiedene Zellarten, unter anderem die die Immunabwehr beeinflussenden Lymphozyten und Plasmazellen, Makrophagen und Mastzellen. Daneben findet man zahlreiche Gefäße, Nerven und nervale Rezeptoren wie Ruffini-Körperchen, Meissner-Tastkörperchen und Vater-Pacini-Körperchen **(s. S. 10)**. Das Stratum reticulare besteht aus kräftigen Kollagenfaserbündeln, deren Anordnung regional unterschiedlich ist, und elastischen Fasern, die der Haut nach einer Dehnung wieder ihr ursprüngliches Aussehen verleihen. Neben den arteriellen und venösen Gefäßen bilden auch zahlreiche Lymphgefäße dichte Netze in der Dermis. Der Lymphabfluss geschieht insbesondere über die Subkutis.

Die vorwiegend aus lockerem Bindegewebe und Fettzellen bestehende **Hypodermis** stellt die Verbindung zu den Körperfaszien bzw. dem Periost dar. Die Fettschicht hat hier die Funktion eines Druckpolsters und Wärmeisolators. Da auch das Fettgewebe gut durchblutet ist, kann bei Bedarf Fett in die Blutbahn abgegeben werden.

MEMO

Blaue Flecke

So genannte „blaue Flecke" sind Blutergüsse (Hämatome) in der stark durchbluteten Dermis und/oder der Hypodermis.

Durchblutung

Blutgefäße findet man in der Haut nur im Bereich der Dermis und der Subkutis; die Epidermis ist selbst nicht vaskularisiert und wird ausschließlich über Diffusion und Osmose mit Nährstoffen versorgt.

Im oberen Teil der Subkutis bilden die Arterien ein Gefäßnetz, das **Rete cutaneum**, aus dem heraus Äste bis ins Stratum papillare und die Hautanhangsgebilde wie Haarwurzeln und Schweißdrüsen reichen **(s. Abb. 1.3)**. Diese Äste bilden ihrerseits wieder ein Geflecht, auch **Rete subpapillare** genannt, welches immer kleiner werdende Blutkapillaren bis in die Papillen der Dermis entsendet. Die beiden Netzwerke, Rete subpapillare und Rete cutaneum, stehen untereinander durch natürliche Verbindungen, so genannte **Anastomosen**, in Kontakt.

Auch die Venen bilden Gefäßnetze in Dermis und Subkutis. Zwei venöse Geflechte liegen neben dem Rete subpapillare und dem Rete cutaneum, ein drittes befindet sich etwa in der Mitte der Dermis. Über zahlreiche arterio-venöse Anastomosen kann das arterielle Blut den direkten Weg in die venöse Strombahn nehmen. Daneben hat jede arterielle Kapillare in den Papillen der Dermis Verbindung zu einem venösen Gefäß. Somit ist der Austausch von Nährstoffen und Abfallprodukten gewährleistet, mit Hilfe von Diffusion und Osmose werden über die Basalmembran auch die Zellen der Epidermis versorgt.

Die zahlreichen arterio-venösen Anastomosen spielen auch eine wichtige Rolle bei der Thermoregulationsfunktion der Haut. Sinkt die Umgebungstemperatur ab, so drosselt der Körper die Durchblutung der Kapillaren und leitet das Blut direkt über die arterio-venösen Anastomosen. Damit versucht er, die Wärmeabgabe über die Haut nach außen zu mindern und die Temperatur des Körperkerns möglichst konstant zu halten. Diese verminderte Durchblutung der Haut wird nach außen sichtbar durch eine Veränderung der Hautfarbe. Die Haut wird blass, die Lippen scheinen blau.

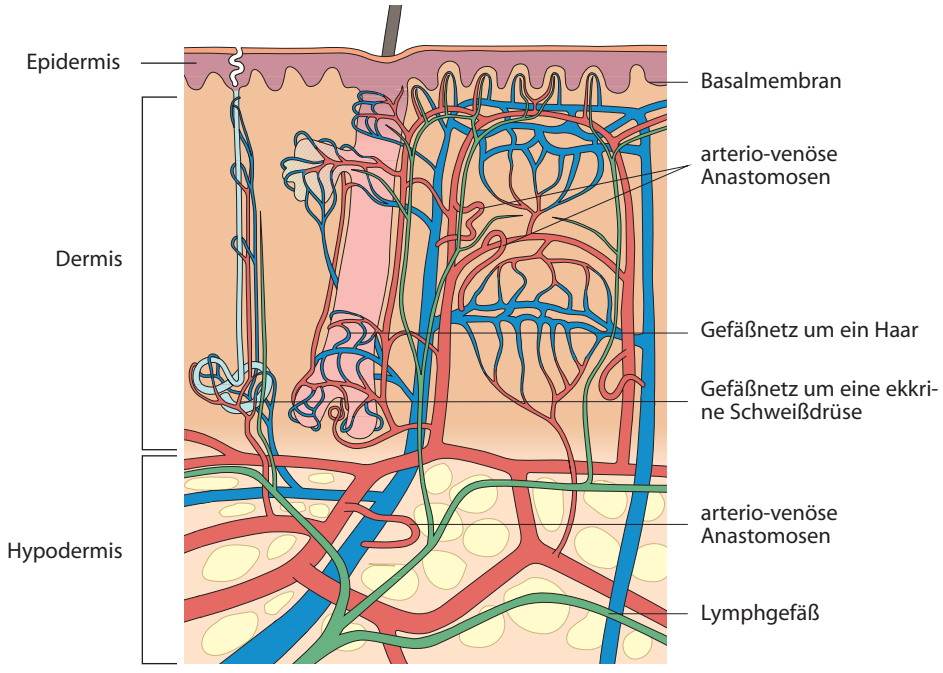


Abb. 1.3. Das Gefäßsystem der Haut

Steigt dagegen die Umgebungstemperatur deutlich an, so werden die arterio-venösen Anastomosen geschlossen und das Blut wird in die Kapillaren in den Papillen geleitet. Darüber kann die Wärme nach außen abgegeben werden, die gut durchblutete Haut sieht äußerlich rot aus.

Die Dichte der Kapillarschlingen im Stratum papillare der Dermis schwankt zwischen 20 und 60 Schlingen pro mm². Sie sind in der Regel immer geöffnet, da der Blutdruck in den Kapillaren normalerweise größer ist als der Gewebedruck. Kommt es aber vor, dass der Gewebedruck oder der äußere Druck deutlich ansteigt, so bewirkt dies eine Verminderung des Blutflusses durch die Kapillaren. Hält dieser Zustand über eine längere Zeit an, wie es z. B. bei bettlägerigen Patienten vorkommt, so wird die Haut nicht mehr ausreichend ernährt. Dies kann relativ schnell zu Geschwüren, dem so genannten Dekubitus, führen.

Lymphsystem

Die Lymphgefäße der Haut sind ebenfalls netzförmig angeordnet. Sie liegen in zwei Geflechten parallel zu den arteriellen Gefäßnetzen. Kleine Lymphgefäße beginnen blind in den Papillen der Dermis, nehmen die Lymphflüssigkeit auf und leiten sie über die beiden Gefäßnetze in die subkutanen Lymphbahnen ab.

Innervation/Rezeptoren

Wie bereits erwähnt, ist die Haut ein Sinnesorgan. Sie besitzt zahlreiche Rezeptoren und erfasst Druck- und Berührungsreize, Schmerzreize, Wärme- und Kältereize. Die einzelnen Rezeptoren und freien Nervenendigungen sind jedoch innerhalb der verschiedenen Hautschichten unterschiedlich verteilt.

Die Epidermis besitzt freie Nervenendigungen und als einzige Rezeptoren die **Merkel-Zellen (s. Abb. 1.4, 1.5)**. Diese liegen in den basalen Bereichen der Epidermis, jeweils in unmittelbarer Nähe von freien Nervenendigungen. Merkel-Zellen reagieren auf mechanische Reize, insbesondere auf Druck- und Berührungsreize und vermitteln somit den feinen Tastsinn. Auf einen Reiz hin schütten sie Neurotransmitter aus, welche direkt von den freien Nervenendigungen aufgenommen werden und hier ein Aktionspotential auslösen. Eine Reizadaptation erfolgt hier nur sehr langsam, das heißt, auch bei länger anhaltenden gleichartigen Reizen wird die Empfindung immer noch wahrgenommen.

Die **freien Nervenendigungen** reagieren auf Schmerz, Wärme- und Kältereize. In der Epidermis finden sich vorwiegend freie Nervenendigungen, die für Kältereize empfindlich sind. Unter einer freien Nervenendigung versteht man die dendritische Endigung des ersten Neurons der afferenten Leitung. Sie sind unmyelinisiert, da sie ihre Myelinscheide beim Eintritt in die Epidermis verloren haben. In der Epidermis können die freien Nervenendigungen bis zum Stratum corneum vorkommen. Zum Teil bilden sie auch Nervengeflechte um die Haarfollikel herum. Schmerzreize werden von freien Nervenendigungen hauptsächlich in der Epidermis, weniger auch in der Dermis vermittelt.

ZUSAMMENFASSUNG

Funktionen der Haut

- Sinnesorgan
- Temperaturkontrolle
- Schutz des Körperinneren
- Grenzschicht

Aufbau der Haut

1. Epidermis mit Stratum basale, Stratum spinosum, Stratum granulosum und Stratum corneum
2. Dermis mit Stratum reticulare und Stratum papillare
3. Hypodermis

Durchblutung und Lymphsystem der Haut

- Blutgefäße findet man in der Haut nur im Bereich der Dermis und der Subkutis; die Epidermis ist selbst nicht vaskularisiert und wird ausschließlich über Diffusion und Osmose mit Nährstoffen versorgt. Es gibt zwei Gefäßnetze (Rete cutaneum und Rete subpapillare), die untereinander durch Anastomosen in Verbindung stehen.
- Die Lymphflüssigkeit zirkuliert ebenfalls in Geflechten, welche parallel zu den arteriellen Gefäßnetzen liegen.

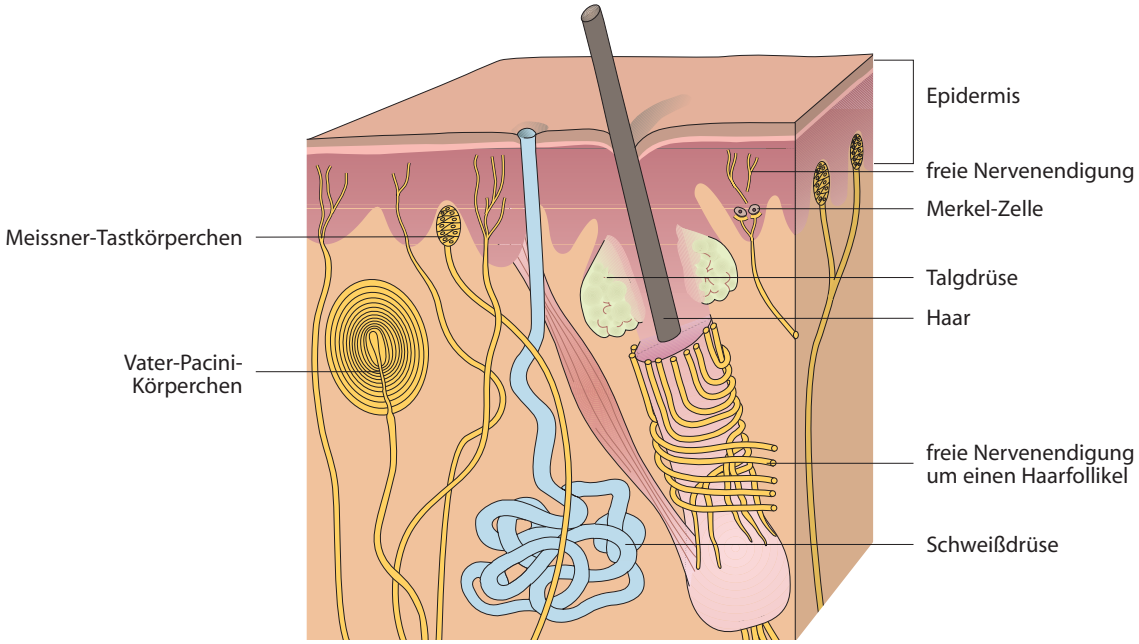


Abb. 1.4. Die Nervenzellen der Haut

In der Dermis haben freie Nervenendigungen vorwiegend die Funktion der Aufnahme und Weiterleitung von Wärmereizen. Andere freie Nervenendigungen in der Haut üben auch efferente Funktionen aus. So können beispielsweise freie Nervenendigungen des Sympathikus in der Haut die Aktivität der Schweißdrüsen und der Mm. arrectores pilii beeinflussen. Zu den Rezeptoren der Dermis gehören auch die **Vater-Pacini-Körperchen (s. Abb. 1.4, 1.6)**. Sie sind ca. 1 mm groß und bestehen aus vielen Schichten flachen Bindegewebes. Vater-Pacini-Körperchen sind spezialisiert für die Aufnahme und Weiterleitung von Druckreizen. Da sie aber schnell adaptieren, wird ein lang andauernder gleichbleibender Reiz relativ schnell nicht mehr wahrgenommen. Eine optimale Stimulation erfahren die Vater-Pacini-Körperchen durch intermittierende Druckreize, wie es z. B. bei Vibrationen der Fall ist. Noch größer als die Vater-Pacini-Körperchen können die **Ruffini-Körperchen (s. Abb. 1.7)** werden. Die bis zu 2 mm großen Rezeptoren in der Dermis reagieren auf Druck- und Zugreize. Sie adaptieren wie die Merkel-Zellen nur sehr langsam. Ruffini-Körperchen bestehen aus einer einfachen Bindegewebskapsel, die Bündel von langen Kollagenfasern und Flüssigkeit umgibt. Die jeweils zugehörige Nervenfaser ist myelinisiert, hat aber (wie bei den Vater-Pacini-Körperchen auch) an dem Teil, der sich im Ruffini-Körperchen befindet, keine Myelinscheide. Eine Signalübertragung wäre sonst nicht möglich. Als weitere Rezeptorenart der Haut sind die **Meissner-Tastkörperchen (s. Abb. 1.4, 1.8)** zu nennen. Sie sind wesentlich kleiner und treten meist in unbehaarten Hautregionen auf. Sie bestehen aus einer bindegewebigen Kapsel, die im Inneren Stapel von modifizierten Schwann'schen Zellen enthält. Unter Schwann'schen Zellen im eigentlichen Sinne versteht man Zellen, die die Markscheiden der peripheren Nervenfasern bilden. Nervenfasern, die von einer solchen Myelinscheide umhüllt werden, leiten die Impulse wesentlich schneller weiter als unmyelinisierte Fasern. Die im Meissner-Tastkörperchen enthaltenen modifizierten Schwann'schen Zellen werden auch als terminale Schwann-Zellen bezeichnet. Der ankommende myelinisierte Nerv verläuft in mehreren Richtungen innerhalb dieses Zellstapels. Die Meissner-Tastkörperchen vermitteln den feinen Tastsinn. Sie reagieren auf Druck- und Berührungsreize und adaptieren ähnlich den Vater-Pacini-Körperchen sehr schnell.

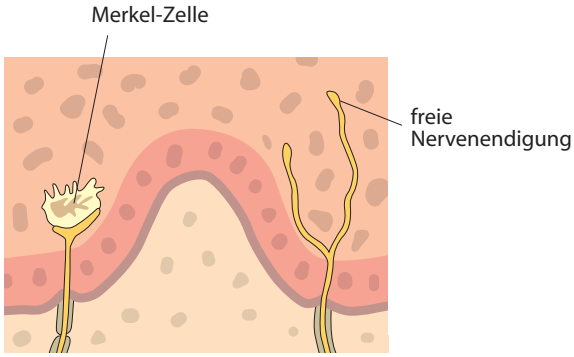


Abb. 1.5. Merkel-Zelle und freie Nervenendigung

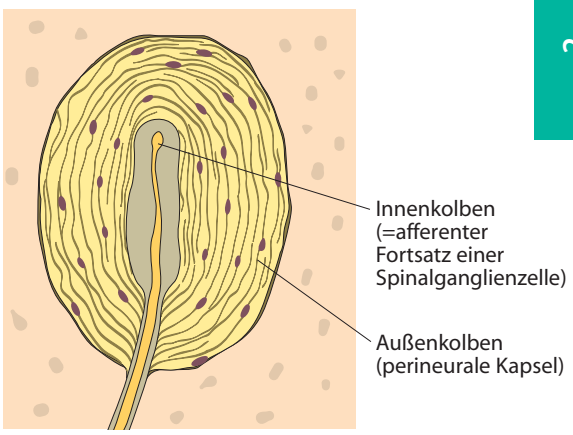


Abb. 1.6. Vater-Pacini-Körperchen

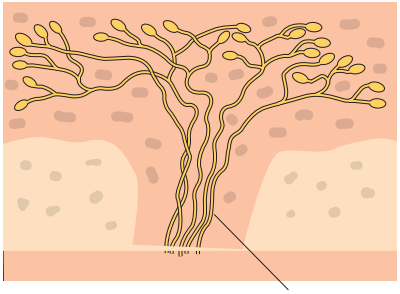


Abb. 1.7. Ruffini-Körperchen

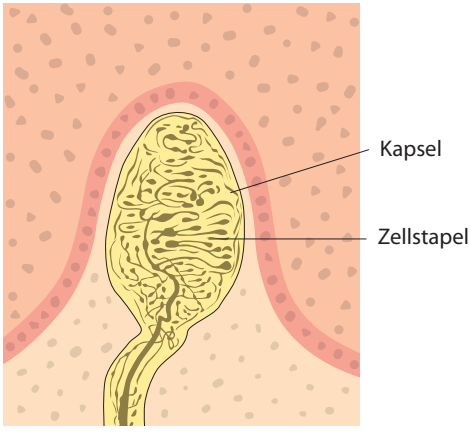


Abb. 1.8. Meissner-Tastkörperchen

ZUSAMMENFASSUNG

Rezeptoren der Haut

- Merkel-Zellen: Druck- und Berührungsreize (Tastsinn)
- Vater-Pacini-Körperchen: Überwiegend Druckreize, adaptieren aber schnell, optimal reizbar durch Vibrationen.
- Ruffini-Körperchen: Reagieren auf Druck und Zug und adaptieren sehr langsam.
- Meissner-Tastkörperchen: Reagieren auf feine Berührungs- , Tast- und Druckreize, adaptieren schnell.
- Freie Nervenendigungen: Reagieren auf Schmerz-, Wärme- und Kältereize. Kälterezeptoren sind eher in der Epidermis, Wärmerezeptoren in der Dermis lokalisiert.

ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welche Funktionen übt das Organ Haut aus?
- Wie heißen die einzelnen Schichten der Epidermis und der Dermis?
- In welchen Hautschichten sind Blut- und Lymphgefäße lokalisiert?
- Welche verschiedenen Rezeptortypen der Haut kennen Sie?
- Welche Rezeptoren reagieren auf Druckreize?

2.2 Die Muskeln

LERNZIELE

- Anatomie des quergestreiften Skelettmuskels und seiner kontraktilen Elemente
- Erregungsleitung in der Muskelfaser
- Ablauf der Muskelkontraktion
- Nervale Rezeptoren im Muskel

Die Muskulatur des Menschen zeigt je nach auszuübender Funktion eine unterschiedliche Struktur. Da im Bereich der Massagebehandlung die quergestreifte Muskulatur von Bedeutung ist, soll diese hier eingehend beschrieben werden.

Der Mensch benötigt die quergestreifte Skelettmuskulatur sowohl für die dynamische als auch für die statische Muskelarbeit. Unter dynamischer Muskelarbeit versteht man Muskelarbeit, die Bewegung beinhaltet. Die statische Muskelarbeit dient im Gegensatz dazu der Stabilisierung der Körperhaltung.

Mit Hilfe der Sklettmuskulatur überwindet der Mensch die Schwerkraft der Erde und richtet sich auf. Aber dies ist nicht die einzige Funktion der Muskulatur. Sie dient ebenfalls der Fortbewegung und dem Schutz des Skeletts. Möglich wird dies durch die beeindruckenden funktionellen Eigenschaften der Skelettmuskulatur: Kontraktion, Dehnbarkeit, Elastizität. Bei Männern beträgt der Anteil der Skelettmuskulatur am gesamten Körpergewicht je nach Trainingszustand 40–50 %, bei der Frau 25–35 %.

Die quergestreifte Skelettmuskulatur setzt sich aus Bündeln langer vielkerniger Zellen zusammen.

Die Bezeichnung „quergestreift“ beruht auf der Anordnung der Aktin- und Myosinfilamente, die lichtmikroskopisch betrachtet erkennbar werden.

Um die teilweise komplizierten, aber genauso auch faszinierenden Vorgänge der Muskelkontraktion verstehen zu können, ist es notwendig, sich mit der Struktur des gesamten Muskels und der Muskelzelle im Einzelnen zu befassen.

Aufbau des quergestreiften Skelettmuskels

Ein Muskel besteht aus vielen **Muskelfaserbündeln (s. Abb. 1.9)** und Bindegewebe. Außen ist der Muskel umhüllt von dichtem Bindegewebe (Epimysium). Von diesem ausgehend ziehen Bindegewebsstränge in das Innere des Muskels hinein (Perimysium) und grenzen die einzelnen Muskelfaserbündel voneinander ab. Innerhalb eines Muskelfaserbündels werden wiederum die einzelnen **Muskelfasern** von dünnen bindegewebigen Septen umhüllt (Endomysium).

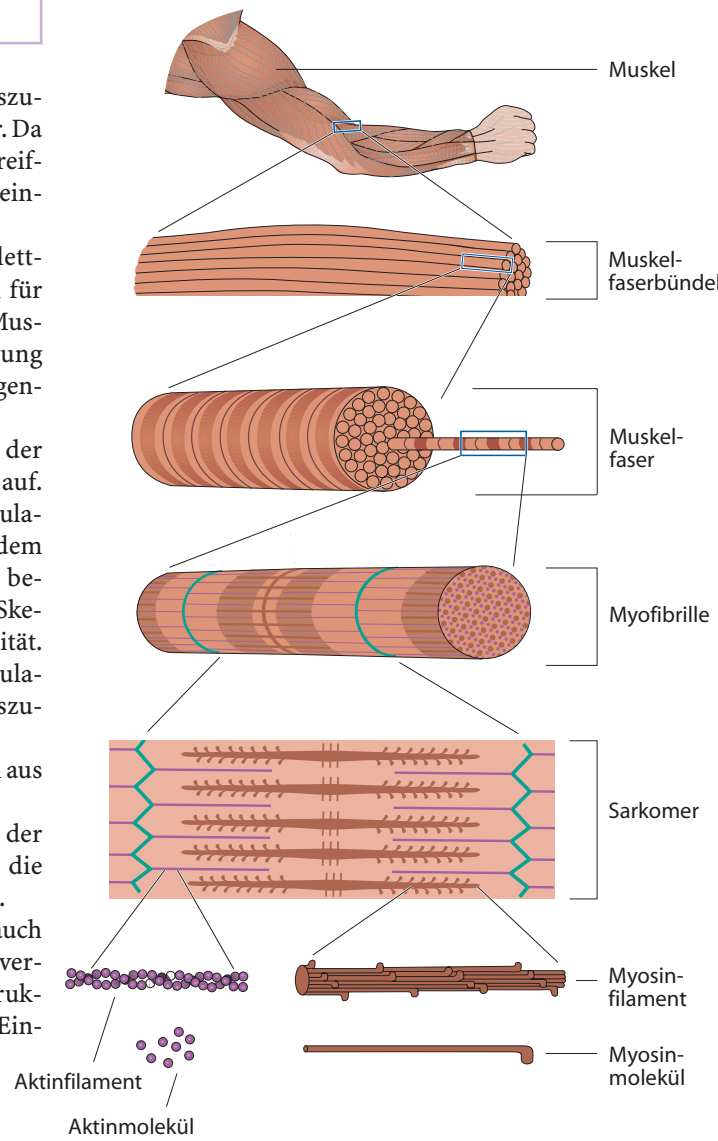


Abb. 1.9. Aufbau des quergestreiften Skelettmuskels

Dem Bindegewebe des Muskels kommen wichtige Funktionen zu: zum einen führt es Nerven und Gefäße, zum anderen bewirkt es den Zusammenhalt der einzelnen Komponenten und ermöglicht gleichzeitig die Verschieblichkeit der Muskelfasern untereinander und des ganzen Muskels gegenüber seiner Umgebung. Nicht zuletzt überträgt das Bindegewebe die Muskelkraft sowohl von einer Muskelfaser auf die andere als auch vom Muskel auf die Umgebung. Die Gefäße, die im Bindegewebe verlaufen, verzweigen sich im Muskel zu feinsten Kapillarnetzen. Sie liegen parallel zur Faseroberfläche einer jeden einzelnen Muskelfaser. Auch die Nerven verzweigen sich stark. Ein Motoneuron sendet seine zahlreichen motorischen Endplatten zu den einzelnen Muskelfasern. Letztendlich sitzt auf der Oberfläche jeder einzelnen Muskelfaser eine motorische Endplatte. Dabei bildet das Motoneuron zusammen mit seinen zugehörigen Muskelzellen die so genannte **motorische Einheit** (motor unit, MU). Die verschiedenen Muskelzellen einer motorischen Einheit liegen allerdings verstreut in verschiedenen **Faszikeln** (= Muskelfaserbündeln). Dadurch ist gewährleistet, dass die Erregung eines Motoneurons eine Kontraktion im gesamten Muskel und nicht nur in einem Faszikel hervorruft.

Struktur der Muskelzelle (= Muskelfaser)

Die vielkernige Muskelzelle entstand aus der Verschmelzung vormals einkerniger Myoblasten (Muskelstammzellen). Sie kann bis zu 20 cm lang sein und hat eine zylindrische Form. Ihr Durchmesser reicht von 10 bis 100 µm. Das Zytoplasma der Muskelzelle wird als **Sarkoplasma** bezeichnet, das endoplasmatische Retikulum heißt entsprechend **sarkoplasmatisches Retikulum**. Die Kerne der Muskelzelle liegen direkt unterhalb der Zellmembran **(Sarkolemm)**.

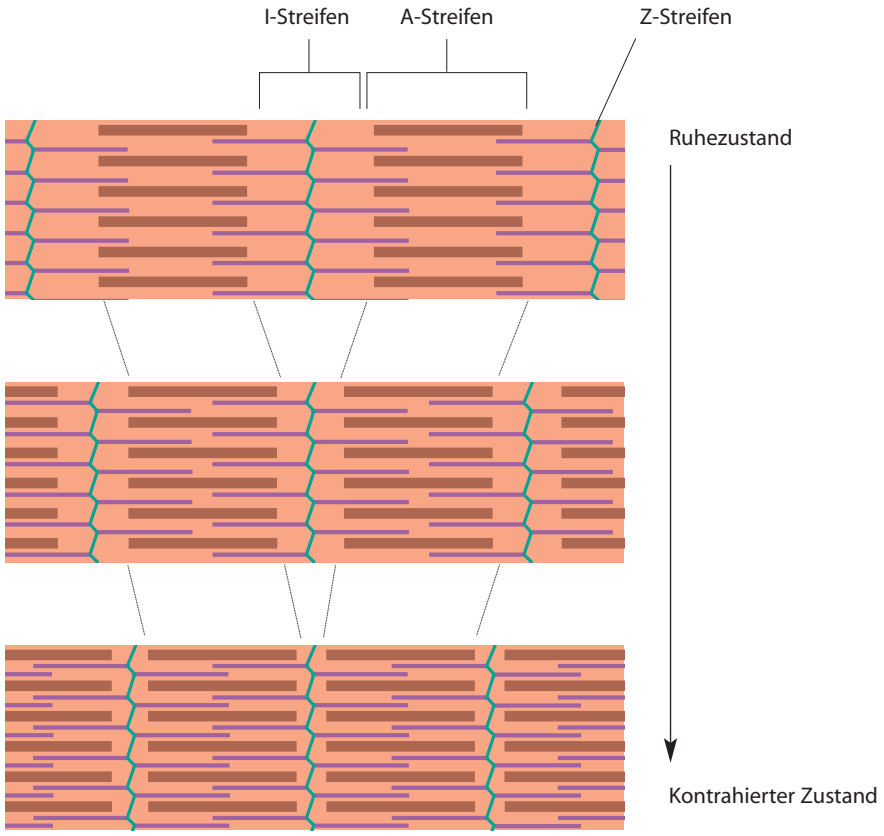


Abb. 1.10. Sarkomer mit Aktin- und Myosinfilamenten

Das Sarkolemm ist eine Membran, die in der Lage ist, durch Öffnen und Schließen ihrer Kanäle auf Reize zu reagieren. Sie wird durch eine Basalmembran vom Endomysium getrennt.

Die Muskelzelle besteht aus vielen faserartigen **Myofibrillen**, die dünn oder dick sein können und miteinander verzahnt sind. Myofibrillen enthalten zwei verschiedene proteinhaltige Filamente: dicke vorwiegend myosin-haltige Filamente und dünne Filamente, die aus Aktin, Troponin und Tropomyosin bestehen. Die Querstreifung der einzelnen Myofibrillen beruht auf der speziellen Anordnung ihrer Myofilamente (**s. Abb. 1.10**). Man bezeichnet die dunklen Banden als A-Streifen, da sie anisotrop, d. h. stark lichtbrechend sind. Entsprechend werden die hellen Banden als I-Streifen bezeichnet. Sie sind isotrop, d. h. weniger stark lichtbrechend. Mitten im I-Streifen findet man eine dunkle Linie, an der die Aktinfilamente angeheftet sind. Dieses ist die Z-Linie, sie beschreibt Anfang und Ende eines Sarkomers. Jede Myofibrille besteht also aus mehreren aneinandergereihten Sarkomeren. Da die verschiedenen Myofibrillen in einer Muskelfaser parallel zueinander verlaufen, liegen in der Regel die jeweiligen A- und I-Streifen genau übereinander. Dadurch wird die Querstreifung auch bei großer Vergrößerung im Lichtmikroskop erkennbar.

Das ca. 2 µm lange **Sarkomer** ist die kleinste funktionelle Einheit in einer Myofibrille. Es umfasst einen halben I-Streifen, einen vollständigen A-Streifen und wieder einen halben I-Streifen.

MEMO

- Muskelfaser = bis zu 20 cm lange, zylindrische, vielkernige (mehrere 1000 Kerne) Muskelzelle, Durchmesser von 10 bis 100 µm. Besteht aus vielen Myofibrillen. Jede Faser wird von Sarkolemm, Basalmembran und Endomysium umschlossen.
- Faszikel = Muskelfaserbündel, von Perimysium umhüllt
- Myofibrille = ist quergestreift; besteht aus Myosin- und Aktinfilamenten. Die Myofibrille ist zylindrisch, hat einen Durchmesser von 0.5–2 µm und liegt in Längsrichtung in der Muskelfaser.
- Sarkomer = kleinste funktionelle Einheit des kontraktilen Elements, läuft von einer Z-Linie bis zur nächsten Z-Linie. Es umfasst einen halben I-Streifen, einen vollständigen A-Streifen und wiederum einen halben I-Streifen.
- Sarkolemm = Zellmembran der Muskelzelle
- Sarkoplasma = Zytoplasma der Muskelzelle. Enthält Zellorganellen, Myofibrillen, Glykogen als Energiedepot und Myoglobin als Sauerstoffträger
- Aktin, Myosin, Troponin, Tropomyosin = kontraktile Proteine
- Sarkoplasmatisches Retikulum = glattes endoplasmatisches Retikulum der Muskelzelle

ZUSAMMENFASSUNG

Aufbau des Muskels

- Ein Muskel besteht aus vielen Muskelfaserbündeln und Bindegewebe.
- Als Epimysium, Perimysium und Endomysium umhüllen Bindegewebsstränge die einzelnen Elemente.
- Ein Muskelfaserbündel umfasst zahlreiche Muskelfasern, die auch als Muskelzellen bezeichnet werden. Jede einzelne Muskelfaser ist über eine motorische Endplatte mit einer Nervenfaser (Motoneuron) verbunden.

Innervation und Muskelkontraktion

Bei der Betrachtung des Vorgangs der Muskelkontraktion muss man unterscheiden zwischen der **isotonischen Kontraktion**, bei der eine Längenveränderung des Muskels erfolgt und der **isometrischen Kontraktion**, die eine Kraftentwicklung ohne Veränderung der Muskellänge bewirkt.

Die isometrische Muskelarbeit bezeichnet man auch als statische Muskelarbeit oder -kraft. Demgegenüber stehen die konzentrische und die exzentrische Muskelkraft. Das folgende Beispiel soll dies verdeutlichen:

Hebt man mit gebeugtem Arm einen schweren Gegenstand hoch, so arbeitet der Bizeps (Beugemuskel) **konzentrisch**: die kontraktilen Elemente verkürzen sich (Ansatz und Ursprung nähern sich).

Wird nun der Arm in der erreichten Stellung gehalten, arbeitet der Muskel **statisch** (isometrisch): es kommt zu keiner Längenveränderung des Muskels, aber die Spannung muss aufrecht erhalten werden, um die Last zu halten.

Wird der schwere Gegenstand wieder abgestellt, muss sich der Muskel unter Anspannung verlängern, er arbeitet nun exzentrisch (Ansatz und Ursprung entfernen sich).

MEMO

- Die konzentrische Muskelarbeit überwindet Widerstände und führt zu einer Bewegung in den beteiligten Gelenken bei Muskelverkürzung.
- Bei exzentrischer Muskelarbeit verlängert sich der Muskel unter Anspannung.
- Die statische (isometrische) Muskelarbeit ist eine reine Haltearbeit.

Am Anfang jeder Art von Muskelkontraktion steht die entsprechende Erregung des Muskels und seiner kontraktilen Elemente durch motorische Nerven (= Motoneurone). Ein Neuron verzweigt sich in viele kleine Äste mit motorischen Endplatten; jeweils eine motorische Endplatte sitzt auf der Oberfläche einer Muskelfaser. Mehrere Muskelzellen werden von einem motorischen Neuron innerviert.

MEMO

- Motoneuron + mehrere Muskelzellen = motorische Einheit = motor unit (MU) = physiologische funktionelle Einheit des Muskels
- Die verschiedenen Muskelzellen einer motorischen Einheit liegen nicht alle in einem Faszikel (Muskelfaserbündel), sondern verstreut in diversen Faszikeln. Damit verursacht die Aktivität jeder motorischen Einheit eine globale Kontraktion des Muskels und bleibt nicht nur auf einen Faszikel beschränkt.

Vorgang der Innervation zur Muskelkontraktion

Für die Erregungsleitung in der Muskelfaser haben das Sarkolemm und das sarkoplasmatische Retikulum eine bedeutende Funktion. Das Sarkolemm umgibt die Muskelfaser ähnlich einer Zellmembran. Es ist eine reizbare Membran, das heißt, Erregungsreize werden aufgenommen und weitergeleitet. Dies wird ermöglicht über das so genannte **transversale Tubulussystem** oder T-System. Darunter versteht man senkrechte Einstülpungen an vielen Stellen des Sarkolemms, die als Kanäle fungieren und sich in Abhängigkeit von Aktionspotentialen öffnen und schließen **(s. Abb. 1.11)**.

Das sarkoplasmatische Retikulum bildet einen weiteren Teil des Erregungsleitungssystems in der Muskelfaser. Es formiert sich als so genanntes **longitudinales Tubulussystem** zu einem Netzwerk von Kammern (Bläschen), die parallel zu den Myofibrillen liegen und in der Nähe der Z-Scheiben (d. h. an jedem Ende eines Sarkomers) in einer sackartigen Erweiterung münden. Diese nennt man terminale Zisterne. Sie bildet einen Ring um die ganze Fibrille.

Das longitudinale Tubulussystem hat die Funktion eines Kalzium-Speichers. Im Ruhezustand werden die Kalzium-Ionen im sarkoplasmatischen Retikulum gelagert.

Jede Muskelfaser hat an ihrer Oberfläche eine motorische Endplatte. Löst nun ein ankommender Nervenimpuls hier ein Aktionspotential aus, so wird dieses mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1–2 m/s entlang der Zellmembran (des Sarkolemms) weitergeleitet. Es dringt über das T-System in die Tiefe und erreicht dann das longitudinale Tubulussystem. Durch die damit verbundene Aktivierung der Membran des sarkoplasmatischen Retikulums werden Kalzium-Ionen freigesetzt, zuerst in den Zisternen, danach im übrigen sarkoplasmatischen Retikulum. Dies bewirkt eine schlagartig erhöhte intrazelluläre Kalzium-Konzentration, die wiederum eine Kettenreaktion (s. u.) startet, wodurch letztendlich die Muskelkontraktion ausgelöst wird. Sobald das freigesetzte Kalzium durch die Kalziumpumpe (= Retikulummembran) wieder in das sarkoplasmatische Retikulum zurückgepumpt wird, setzt die Muskelrelaxation ein. Geschieht dies nicht, kommt es zu einer Dauerkontraktion des Muskels.

MEMO

Den Vorgang von der Auslösung eines Aktionspotentials bis zur Auslösung der Muskelkontraktion nennt man elektromechanische Koppelung.

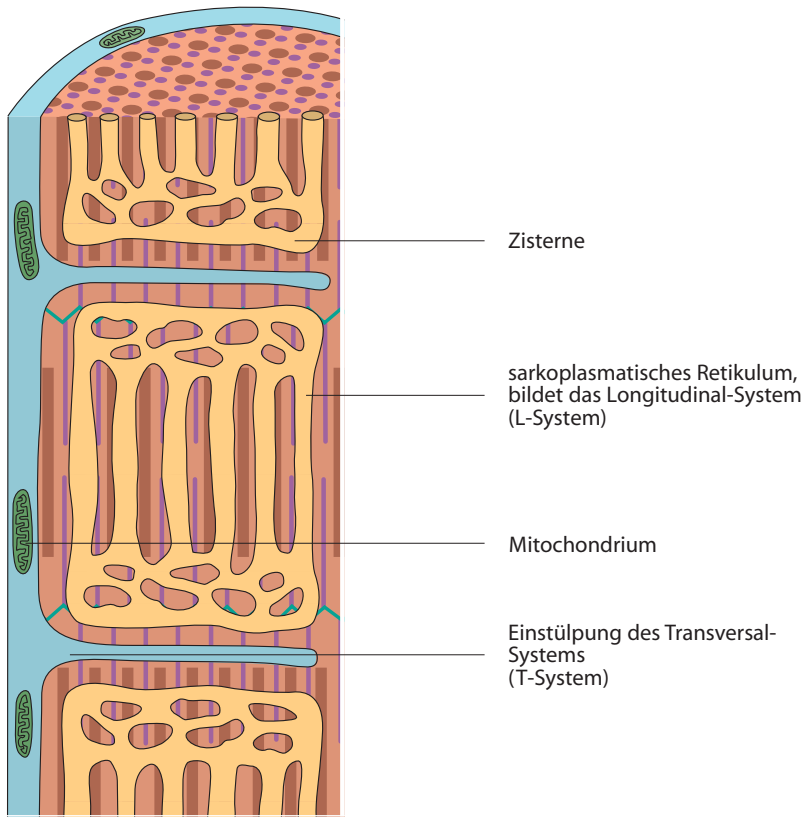


Abb. 1.11. Das Erregungsleitungssystem einer Myofibrille

Vorgang der Muskelkontraktion

Zur isotonischen Muskelkontraktion ist heute immer noch die 1954 von Hugh Huxley et al. begründete **Sliding-Filament-Theorie** von allgemeiner Gültigkeit. Laut dieser Theorie kann sich ein Muskel verkürzen oder ausdehnen, indem die Filamente ineinander gleiten, ohne dass diese ihre jeweiligen Längen verändern (Huxley et al., 1954 a, b).

Demnach gibt es drei Stadien im Vorgang der Muskelkontraktion:

1. die Erregung
2. die Kontraktion
3. die Relaxation

Erregung:

Die Erregung beginnt mit der Depolarisierung des Sarkolemms. Das Aktionspotential breitet sich entlang des T-Systems aus und wird weiter übertragen auf die treminale Zisterne des sarkoplasmatischen Reticulums. Dieser Vorgang löst die Freisetzung von Kalzium aus dem sarkoplasmatischen Retikulum in das Sarkoplasma aus.

Kontraktion:

Der eigentliche Kontraktionsmechanismus geschieht im A-Streifen **(s. Abb. 1.10)** Normalerweise liegt der Troponin-Tropomyosin-Komplex auf dem Aktin und hält ihn sozusagen besetzt, so dass Myosin nicht direkt mit Aktin reagieren kann. Sobald vermehrt Kalzium freigesetzt wird, binden die Kalziumionen an die entsprechende Stelle des Troponins. Dadurch verändert Troponin seine räumliche Anordnung und rutscht tiefer in die Aktinhelix hinein, Aktin wird an der Oberfläche frei und kann mit Myosin reagieren. Es kommt zur Brückenbildung zwischen dem Myosinkopf im dicken und dem Aktinmolekül im dünnen Filament. Durch ATP-Spaltung wird Energie freigesetzt und der Myosinkopf ein kleines Stück umgebogen. Das anhängende Aktinfilament wird bei dieser Verformung über das Myosinfilament gezogen. Der Muskel verkürzt sich **(s. Abb. 1.12 a–d)**.

Es sind nicht immer gleichzeitig alle Myosinköpfe mit Aktin in Verbindung. Während Aktin entlang des Myosins gezogen wird, treten andere Myosinköpfe mit Aktin in Kontakt und verbinden sich. Das geht aber erst dann, wenn noch ein ATP-Molekül zur Verfügung steht. Es werden also ständig Brücken gebildet und wieder gelöst (= Ankuppeln-Entkuppeln-Pro-

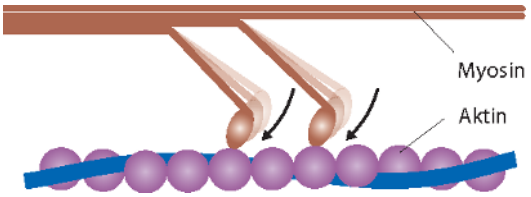


Abb. 1.12a. Phase 1: Bindung von Myosin an Aktin (Ankuppeln)

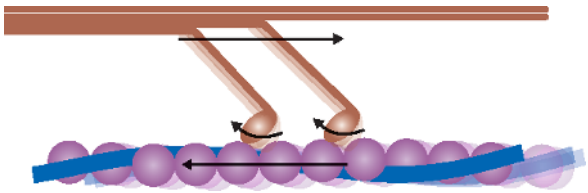


Abb. 1.12b. Phase 2: Umbiegen des Myosinkopfes. Demzufolge gleiten die Enden des Sarkomers aufeinander zu.

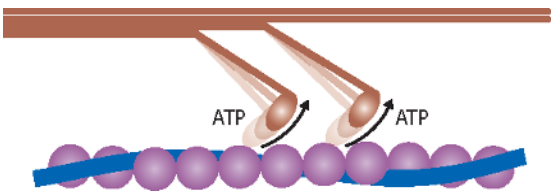


Abb. 1.12c. Phase 3: ATP löst die Bindung (Entkuppeln)

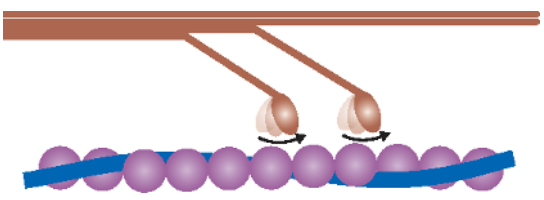


Abb. 1.12d. Phase 4: Das Sarkomer erreicht wieder seine Ausgangslänge (Relaxation)

zess). Sobald kein ATP mehr zur Verfügung steht oder alle Kalziumionen verschwunden sind, werden keine Brücken mehr gebildet, der Myosin-Tropomyosin-Komplex liegt wieder auf dem Aktinfilament. Dies bedeutet das Ende der Kontraktion.

Relaxation:
Nachdem das Kalzium wieder in das sarkoplasmatische Retikulum zurückgepumpt worden ist, lösen sich die Bindungsbrücken wieder auf. Die Hemmung der Myosin- und Aktinbindung ist wieder hergestellt, die aktive Spannung verschwindet und der Muskel erreicht wieder seine Ausgangslänge.

Das bisher Gesagte betrifft den Vorgang der isotonischen Kontraktion. Betrachtet man noch einmal das Modell **(s. Abb. 1.10, S. 13)**, wird deutlich, dass während einer Kontraktion der A-Streifen immer die gleiche Länge behält. Der I-Streifen verkürzt sich bei der konzentrischen Kontraktion und kann sogar ganz verschwinden, während er sich bei der exzentrischen Kontraktion verlängert.

Bei der isometrischen Kontraktion reagieren jedoch immer wieder die gleichen Stellen zwischen Myosinköpfchen und Aktinmolekül. Es kommt auch zu einer Drehbewegung des Myosinkopfes, allerdings wird die Kraft, die dabei entsteht, nach außen abgegeben. Es findet kein Verschieben statt und die Sarkomerlänge bleibt gleich. Die Stärke der Kraftentwicklung hängt ab von der Zahl der beteiligten Aktin-Myosin-Verbindungen pro Sarkomer.

ZUSAMMENFASSUNG

Innervation und Muskelkontraktion

- Die nervale Erregung erreicht die Muskelzelle über das Sarkolemm sowie das longitudinale und transversale Tubulussystem.
- Es folgt eine Erhöhung der intrazellulären Kalzium-Konzentration.
- Diese wiederum ruft Änderungen der räumlichen Anordnung in den Filamenten hervor, wodurch Energie freigesetzt wird und der Muskel sich kontrahiert.

Rezeptoren

Alle Bewegungen der Skelettmuskulatur können nur ausgeführt werden, wenn die entsprechenden Informationen, die aus dem ZNS zum Muskel geleitet werden, dort auch erkannt werden können. Dafür besitzt der Skelettmuskel verschiedene Arten von Rezeptoren:

- Muskelspindeln
- Golgi-Sehnenorgane

Muskelspindeln

Muskelspindeln bestehen aus einer bindegewebigen Kapsel, die eine spindelartige Form aufweist **(s. Abb. 1.13)**. Sie sind ca. 5–10 mm lang und 0,2 mm dick. In dieser Spindel befinden sich 10–20 sehr dünne Muskelfasern. Diese **intrafusalen Muskelfasern** sind abzugrenzen von den gewöhnlichen **extrafusalen Muskelfasern** (außerhalb der Spindel) der Skelettmuskulatur. Die intrafusalen Muskelfasern besitzen nur in ihren Endbereichen quergestreifte Myofibrillen, in der Mitte fehlen diese kontraktilen Elemente. Aus diesem Grund sind die intrafusalen Muskelfasern auch nicht fähig zur Kontraktion. Die intrafusalen Muskelfasern lassen sich selbst noch einmal in zwei Gruppen unterteilen: die **Kernsackfasern** und die **Kernkettenfasern**.

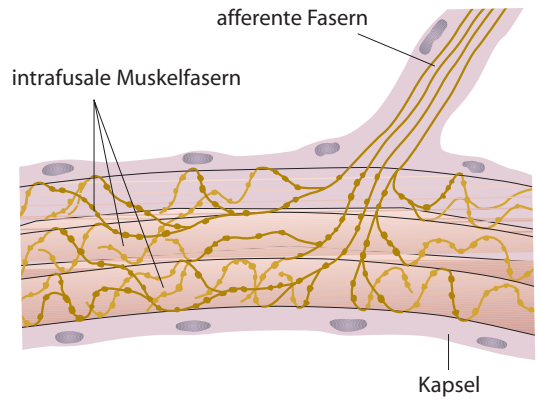


Abb. 1.13. Muskelspindel

Pro Muskelspindel gibt es ca. ein bis zwei Kernsackfasern. Sie besitzen in der Mitte eine sackartige Erweiterung, in der bis zu 50 Zellkerne liegen. Alle anderen intrafusalen Fasern einer Spindel sind die Kernkettenfasern, deren Zellkerne längs hintereinander angeordnet sind.

Die intrafusalen Muskelfasern haben sowohl zu afferenten als auch zu efferenten Nervenfasern Kontakt. Afferente Neurone sind hier z. B. die **A-Alpha- und A-Beta-Fasern**, die kurz nach dem Eintritt in die Muskelspindel ihre Schwann'sche Scheide verlieren. Sie treten mit ihren verzweigten Endigungen an die Fasern heran. Efferente Neurone sind die motorischen **A-Gamma-Fasern**. Sie bilden über motorische Endplatten oder auch Endnetze den Kontakt zu den intrafusalen Fasern.

Die Aufgabe der Muskelspindeln ist hauptsächlich die eines Dehnungsrezeptors. Muskelspindeln registrieren die Länge eines Muskels und damit dessen Dehnung und geben diese Informationen an das ZNS weiter: Wird ein Muskel gedehnt, so dehnen sich die darin liegenden Muskelspindeln mit. Dadurch werden in den zugehörigen afferenten Fasern Aktionspotentiale ausgelöst.

Die ankommenden Aktionspotentiale der efferenten Gamma-Fasern bewirken an den Enden der intrafusalen Fasern eine Kontraktion. Dadurch wird der zentrale Bereich dieser Fasern gedehnt und führt zu einer Erregung der in diesem Bereich liegenden Dehnungsrezeptoren. Es ist leicht verständlich, dass die Skelettmuskulatur der Augen oder der Hände, die sehr differenzierte Bewegungen ausführen müssen, eine höhere Dichte an Muskelspindeln besitzt als z. B. die Muskulatur des Rumpfes.

Golgi-Sehnenorgane

Die als Golgi-Sehnenorgane bezeichneten Rezeptoren liegen in Serie zu den Muskelfasern zwischen den kollagenen Fasern der Sehnen. Sensorische Nerven und kollagene Faserbündel sind umgeben von einer bindegewebigen Hülle **(s. Abb. 1.14)**. Die dazugehörigen Nervenfasern sind ebenfalls myelinlos, d. h., sie verlieren bei Eintritt in das Sehnenorgan ihre Schwann'sche Scheide. Mit ihren kolbenförmigen Endungen bilden sie zwischen den kollagenen Fasern ein Netzwerk.

Die Golgi-Sehnenorgane registrieren die Spannung des Muskels. Wird er kontrahiert, so werden die entsprechenden Sehnen gespannt. Sie nähern sich aneinander an, damit kommt es zu einer räumlichen Verengung im Bereich der Sehnen. Die Sehnenorgane werden komprimiert und stimuliert. Auf Neurone, die die Skelettmuskulatur versorgen (Alpha-Motoneurone), haben Golgi-Sehnenorgane eine hemmende Wirkung.

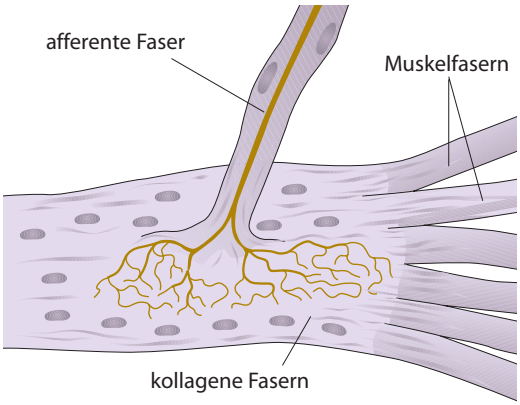


Abb. 1.14. Golgi-Sehnenorgan

ZUSAMMENFASSUNG

Rezeptoren des Muskels

- Muskelspindeln sind hauptsächlich Dehnungsrezeptoren: sie registrieren die Länge und damit die Dehnung eines Skelettmuskels. Muskelspindeln findet man am zahlreichsten in Körperregionen, die differenzierte Bewegungen ausüben müssen.
- Golgi-Sehnenorgane registrieren die Muskelspannung. Sie liegen zwischen den kollagen Fasern der Sehnen und bilden hier ein Netzwerk.

ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welches sind die kontraktilen Elemente einer Muskelfaser?
- Was versteht man unter konzentrischer, exzentrischer und isometrischer Muskelarbeit?
- Was besagt die Sliding-Filament-Theorie?
- Welche Rezeptoren im Muskel registrieren die Dehnung?

2.3 Die Sehnen

LERNZIELE

- Anatomie der Sehne
- Differenzierung des Muskel-Sehnen-Übergangs und der Insertion
- Insertionstendopathien

Die Befestigung der Muskeln am Knochen geschieht durch die aus dichtem (straffem) parallelfaserigem Bindegewebe bestehenden Sehnen. In ihnen setzen sich die Bindegewebsfasern des Muskels fort. Ebenso erlauben die Sehnen die Verbindung von Muskelbäuchen untereinander. Die Aufgabe der Sehnen als Verbindungselement zwischen Muskeln und Knochen besteht darin, mit Hilfe der Muskelkraft die Knochen zu bewegen.

MEMO

- Den Ansatz der Sehne am Knochen nennt man auch Insertionszone oder kurz Insertion.
- Die Befestigung der Sehne am Muskel wird als muskulotendinöser Übergang oder Muskel-Sehnen-Übergang bezeichnet.

Aufbau

Sehnen bestehen aus dichten, straffen kollagenen Bindegewebsfasern, die durch das **Peritendineum internum** (= das die Sehne umhüllende Bindegewebe) zu Bündeln zusammengefasst sind. Sie liegen parallel nebeneinander und laufen in eine definierte Richtung. Die Faserbündel werden gemeinsam umhüllt vom **Peritendineum externum**. Peritendineum internum und externum bestehen aus lockerem Bindegewebe. In ihnen werden Nerven und Blutgefäße in die Sehnen geführt.

Zwischen den einzelnen Fasern liegen die so genannten **Flügelzellen** (auch Sehnenzellen genannt) in langen Reihen angeordnet **(s. Abb. 1.15)**. Ihre äußere Form weist schmal ausgezogene, zipfelige Enden auf, die Flügel. Diese ermöglichen es den Sehnenzellen, sich der Form der sie umgebenden Kollagenfaserbündel anzupassen und sich entsprechend anzulagern.

Je nach ihrer Lokalisation besitzen die Sehnen unterschiedliche Formen von rundlich (z. B. die Sehnen der Extremitätenmuskeln) über flachoval bis flächenförmig (z. B. die Sehnen der Abdominalmuskeln).

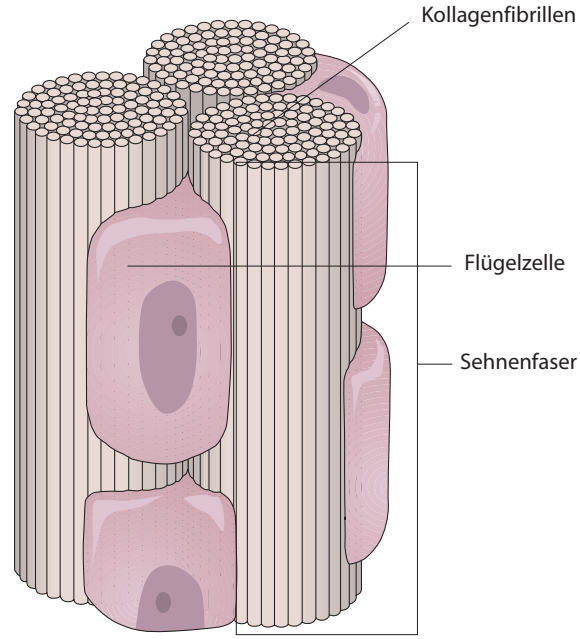


Abb. 1.15. Aufbau einer Sehne

Muskel-Sehnen-Übergang

Die Skelettmuskelfaser bildet mitsamt der Basalmembran an den Enden tiefe Einstülpungen, die wie die Finger eines Handschuhs in das Muskelinnere ragen **(s. Abb. 1.16)**. In diese Einstülpungen wiederum ragen gebündelte kollagene Fasern der Sehnen und befestigen sich an der Basalmembran. Retikuläre Fasern der Muskelfaseroberfläche verlaufen auf der Oberfläche der Sehne weiter.

Insertion

Die Insertionszone beschreibt die Verbindungsstelle der Sehne zum Knochen. Da Sehne und Knochen eine sehr unterschiedliche Elastizität aufweisen, besteht die Funktion der Insertionszone darin, über die Befestigung hinaus den Ausgleich zwischen diesen beiden Systemen herzustellen. Hieraus wird leicht verständlich, dass diese Zone einer hohen Beanspruchung unterliegt und damit leicht verletzbar ist. Störungen in diesem Bereich bezeichnet man als **Insertionstendopathien**. Sie entwickeln sich vor allem durch hohe und sich schnell wiederholende Zugwirkungen. Auf solche Reize reagiert das Sehnengewebe mit Entzündungen und Verschleißerscheinungen **(s. Memo)**. Im Besonderen gilt dies für die Achillessehne, Supraspinatussehne, Quadrizepssehne, Patellarsehne, Adduktorensehnen und die Sehne des M. extensor carpi radialis. Im akuten Stadium behandelt man Insertionstendopathien mit Schonung und partieller Ruhigstellung. Sobald möglich, beginnt man mit lockernden dynamischen Übungen im beschwerdefreien Bewegungsbereich. Im chronischen Stadium kommen Friktionen und die Behandlung mit Ultraschall zur Anwendung. Damit verfolgt man das Ziel, die Durchblutung anzuregen und die Wundheilung zu optimieren.

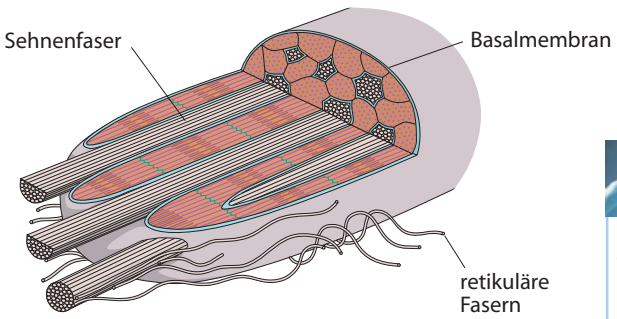


Abb. 1.16. Muskel-Sehnen-Übergang

MEMO

- Reißen aufgrund plötzlicher Überbelastung einzelne Sehnenfaserbündel ein, so kann dies sehr schmerzhaft sein und wird als Zerrung bezeichnet.
  Von einer Sehnenruptur hingegen spricht man, wenn die komplette Sehne gerissen ist.
- Bei langjähriger chronischer Überbeanspruchung (beispielsweise bei Leistungssportlern) unterliegen die Sehnen frühzeitigen degenerativen Veränderungen (=Verschleißerscheinungen). Die Kollagenfibrillen spleißen an einigen Stellen des Sehnengewebes auf. Dies vermindert die Stabilität und Funktionalität der Sehne, sodass sie in der Folge schon bei geringen Belastungen reißen kann.

ZUSAMMENFASSUNG

- Sehnen befestigen die Muskeln am Knochen sowie die Muskeln untereinander.
- Sie bestehen aus dichtem kollagenen Bindegewebe und zeigen je nach Lokalisation eine unterschiedliche äußere Form.
- Die Verbindung der Sehne zum Muskel nennt man Muskel-Sehnen-Übergang, die Befestigung der Sehne am Knochen wird als Insertion bezeichnet. Verletzungen in diesem Bereich werden unter dem Begriff Insertionstendopathien zusammengefasst.

ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Aus welchem Gewebe bestehen Sehnenfasern?
- Was versteht man unter einer Insertion?
- Wie verändern sich die Sehnen bei chronischer Überbeanspruchung?

3 Wirkprinzipien der Massage

Die Massagebehandlung beruht auf vielfältigen Vorgängen, die z. T. eng miteinander verflochten sind und sich auch gegenseitig beeinflussen. Von daher lassen sie sich nur bedingt in unterschiedliche Kategorien einteilen. Um aber eine Übersicht über die einzelnen Wirkprinzipien zu schaffen und das Geschehen verständlich zu gestalten, ist im Folgenden eine Differenzierung der Effekte dargestellt:

- Mechanische Effekte
- Biochemische Effekte
- Reflektorische Effekte
- Psychologische Effekte
- Immunmodulierende Effekte

3.1 Mechanische Effekte

LERNZIELE

- Physiologie der Steigerung des Blut- und Lymphflusses
- Auswirkung auf den Stoffwechsel

Unter mechanischen Effekten versteht man die Effekte, die durch die Bewegung der Hände auf der Haut entstehen.

Mobilisationseffekt

Die Massage bewirkt eine Verschiebung der verschiedenen Gewebe gegeneinander, beispielsweise bei der Mobilisation von Kutis und Subkutis gegenüber der Körperfaszie oder dem Periost. Ein solcher Mobilisationseffekt ist erwünscht bei der manuellen Narbenbehandlung oder auch verschiedenen Anwendungen der Bindegewebsmassage.

Der Mobilisationseffekt lässt sich in zwei Schritte aufgliedern:

1. Verklebungen zwischen den einzelnen Gewebsschichten können aufgelöst werden. Solche Verklebungen werden z. B. durch Ablagerungen von Hyaluronsäure oder Fett verursacht.
2. Bei längerer Ruhigstellung gebildete pathologische Crosslinks (anpassungsbedingte wasserunlösliche strukturelle Veränderungen, die das Bewegungsausmaß deutlich einschränken) zwischen den kollagenen Fasern des Bindegewebes z. B. im Muskel werden gelöst durch die Freisetzung von Kollagenase aus Fibroblasten und Makrophagen.

Ausstreichende Wirkung

Die Steigerung der Durchblutung und des Lymphflusses sind zwei der am meisten untersuchten Effekte der Massage. Die verbesserte Durchblutung in den oberflächlichen Hautgefäßen ist ein sofort sichtbares Ereignis, die Haut wird gerötet und erwärmt. Die tiefliegenderen Gefäße werden ebenfalls beeinflusst, was auch einen länger anhaltenden Effekt erzielt. So kann z. B. der verlangsamte Blutfluss in erweiterten Venen durch bestimmte Massagetechniken beschleunigt werden. Dabei bewirkt die mechanische Kompression des Gewebes in Richtung des Herzens eine Entleerung der venösen Gefäße. Demzufolge sinkt kurzfristig der venöse Druck, und die Venen können wieder gefüllt werden. Insgesamt wird auf diese Weise das venöse Blut schneller abtransportiert und ersetzt. Mit dem Blut werden die Endprodukte des Stoffwechsels schneller ausgeschieden und die Gewebezellen besser mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt.

Der Effekt beruht jedoch nicht nur auf der Anregung des Blutflusses in den bestehenden Gefäßen. Földi beschrieb bereits 1978, dass Massage in der Lage ist, Blutkapillaren zu öffnen, die vorher geschlossen waren (Földi, 1978). Dies bewirkt eine Vergrößerung der totalen Kapillaroberfläche. Zusammen mit dem durch die Gewebekompression gleichzeitig steigenden venösen Druck wird folgende Situation erzielt: Die Durchblutung steigt und Stoffwechselendprodukte werden vermehrt ausgeschieden. Die bei Ödemen vermehrte Flüssigkeit wird über die ableitenden Harnwege ausgeschieden. Klinisch zeigt sich dies in einem gesteigerten Harnvolumen.

Bei all diesen Vorgängen ist natürlich neben der Anregung des venösen Blutflusses die Anregung des Lymphflusses von großer Bedeutung: In den Lymphgefäßen ist die Zirkulation normalerweise sehr langsam, sie wird durch Massage zum einen vermehrt und

zum anderen beschleunigt. Dieser gesteigerte Lymphfluss bewirkt eine Verkleinerung des Interstitialraums, dadurch sind die Diffusionswege für Sauerstoff und Nährstoffe kürzer, und die Versorgung geschieht entsprechend schneller und effektiver. Das zentrale Anwendungsgebiet der manuellen Lymphdrainage ist daher die Therapie von Ödemen, d. h. den vermehrten Ansammlungen von Flüssigkeit im Interstitialraum, und chronischen Stauungen. Nach Untersuchungen von Kurz et al. ist durch Massage (hier die manuelle Lymphdrainage) bei bestehendem Lymphödem eine Steigerung des Harnvolumens um das Drei- bis Vierfache möglich (Kurz et. al., 1978).

MEMO

Das Ansteigen der Blut- und Lymphzirkulation sind die am häufigsten untersuchten und beschriebenen physiologischen Effekte der Massage. Damit eng verbunden ist der verbesserte Abtransport von Stoffwechselendprodukten sowie die verbesserte Versorgung der Zellen mit Sauerstoff und Nährstoffen.

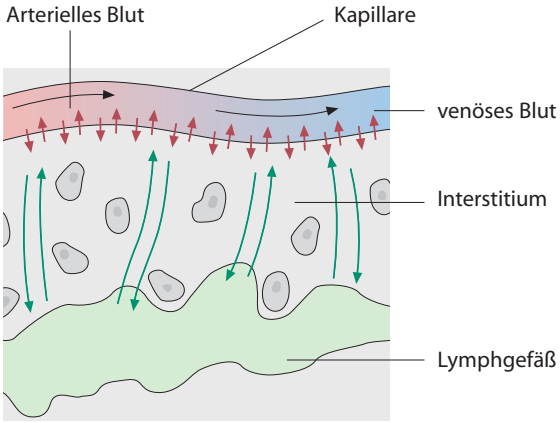


Abb. 1.17. Diffusionswege zwischen dem Blutgefäßsystem und dem Interstitium:
Aufgrund der Anregung des Blutflusses steigt der Druck in den Kapillaren. Dies bewirkt eine verbesserte Diffusion der Nährstoffe aus dem Blut in die Zellen.

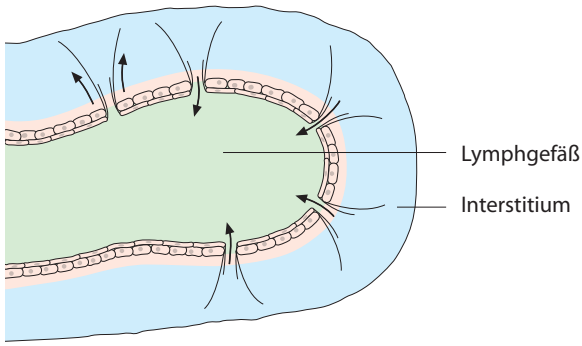


Abb. 1.18. Wirkungen der Massage auf die Flüssigkeitsbewegungen zwischen Bindegewebe und Lymphgefäßen:
Die Anregung des Lymphflusses bewirkt eine Verkleinerung des Interstitialraums. Klinisch zeigt sich dies in einer Verminderung der Ödeme bzw. der Aufhebung einer Stauung. Auch hier resultiert eine Verkürzung der Diffusionswege für Nährstoffe.
Durch Lücken zwischen den Endothelzellen tritt die Flüssigkeit in das Lymphgefäß ein.

ZUSAMMENFASSUNG

Mechanische Effekte

- Lösen von Verklebungen zwischen Gewebsschichten
- Lösen von pathologischen Crosslinks
- Steigerung der Durchblutung
- Vermehrung und Beschleunigung des Lymphflusses
- Abbau von Ödemen
- Gesteigerte Ausscheidung von Stoffwechselendprodukten
- Verbesserung der Versorgung mit Nährstoffen

ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Was versteht man unter einem Crosslink?
- Wie ist es zu erklären, dass nach einer Massagebehandlung die Versorgung mit Nährstoffen im behandelten Gebiet verbessert wird?

3.2 Biochemische Effekte

LERNZIELE

- Stimulation der Freisetzung von Entzündungsproteinen, Endorphinen und Serotonin als positiven Effekt der Massage
- Einfluss unterschiedlicher Massagetechniken auf das Gewebe

Stimulation der Freisetzung von Entzündungsmediatoren

Die Behandlung der Gewebe mit verschiedenen Massagetechniken bewirkt neben der bereits erwähnten Steigerung des Blut- und Lymphflusses als weiteren Effekt auch eine Freisetzung verschiedener Proteine.

Massagetechniken wie die Friktionen, insbesondere die Querfriktionen, führen zu einer (minimalen) Verletzung des Gewebes, vergleichbar einer leichten traumatischen Veränderung. Einzelne Zellen werden geschädigt, wodurch verschiedene Substanzen freigesetzt werden **(s. Abb. 1.19)**. Eine davon ist die lysosomale Phospholipase A_2, die unter anderem aus den Granulozyten stammt und nun aktiviert wird. Sie bewirkt die Stimulierung von Mastzellen, aus denen als weiterer Schritt Arachidonsäure freigesetzt wird. Arachidonsäure ist ein Bestandteil der Membran-Phospholipide aller Zellen und bildet das Ausgangsmaterial zur Synthese von sehr wirksamen und weit verbreiteten Entzündungsmediatoren (wie Prostaglandin E_2 und die hoch entzündlichen Leukotriene B_4, C_4 und D_4).

Eine weitere bedeutende Substanz für die biochemischen Effekte der Massage ist das Histamin. Histamin ist ein Entzündungsmediator, für dessen Freisetzung bereits allein der mechanische Reiz durch die Massage ausreichend ist. Die Wirkung des Histamins zeigt sich in der Erweiterung der Kapillaren und Arteriolen sowie der Permeabilitätssteigerung der Gefäßwände.

Dies lässt sich an einem ganz einfachen Experiment veranschaulichen: Reibt man etwas stärker z. B. die Haut des Unterarms, so treten an den entsprechenden Stellen Rötungen und evtl. auch Schwellungen auf. Das Ganze wird meist von einer leichten Überwärmung und einem mäßigen Juckreiz begleitet. All diese klinischen Zeichen finden ihre Ursache in der Ausschüttung von Histamin. Es bewirkt eine Steigerung der Hautdurchblutung durch Erweiterung der Arteriolen und eine Eröffnung ruhender Kapillaren. Die über diesen Weg ausgelöste Rötung hält ca. 20–30 Minuten an. Man versucht, durch spezielle Massagetechniken noch weitere Mediatoren freizusetzen und die Wirkungsdauer zu verlängern.

Zusammenarbeit der Entzündungsmediatoren

Die Prostaglandine steigern synergistisch zum Histamin die lokale Durchblutung durch Erweiterung der Gefäße und sind dadurch für die rasche Hyperämie nach einem Entzündungsreiz verantwortlich. Leukotriene wirken ebenfalls durchblutungssteigernd. Sie brauchen dafür einen längeren Zeitraum als das Histamin, zeigen aber auch einen länger anhaltenden Effekt.

PRAXISTIPP

Gewünscht ist die Stimulation von Entzündungsfaktoren durch Massage z. B. beim Vorliegen von Verletzungen im chronifizierten Stadium. Darunter versteht man den Zustand, in dem es nach einer Traumatisierung zu keiner ausreichenden Entzündungsreaktion des Gewebes kommt. Dies kann nach der Verabreichung von entzündungshemmenden Medikamenten oder nach ausgiebigen Eisanwendungen der Fall sein und tritt besonders in schlecht durchbluteten Geweben wie den Ansatzstellen von Sehnen und Bändern am Knochen auf.

MEMO

Keine intensive Massage nach einer frischen Verletzung! Es kann sonst zu einer überschießenden Entzündungsreaktion kommen, die das Gewebe noch weiter schädigt.

Stimulation der Freisetzung von Endorphinen

Neben den Entzündungsmediatoren hat man weitere biochemische Substanzen als Ursache für die Wirkung der Massagebehandlung identifiziert.

Die Endorphine beispielsweise sind als opiatähnliche Substanzen bekannt für ihre schmerzhemmende Wirkung. In verschiedenen Studien (Field, 2000) wurde ihre vermehrte Freisetzung unter Massage untersucht. Ihre Ausschüttung wird ebenfalls gesteigert durch Akupunkturbehandlungen und bei körperlicher Betätigung.

Stimulation der Freisetzung von Serotonin

Serotonin ist ein biogenes Amin, welches aus der Aminosäure Tryptophan gebildet wird. Es kommt vor in speziellen Zellen der Darmschleimhaut, im ZNS, in Thrombozyten und in den Granula der basophilen Granulozyten. Im Gehirn dient Serotonin als Neurotransmitter und wirkt u. a. antidepressiv, antriebssteigernd und angstlösend. Die schmerzhemmende Wirkung des Serotonins beruht darauf, dass es die Weiterleitung von Schmerzreizen zum Cortex unterbricht.

Untersuchungen im Touch Research Institute beschreiben die vermehrte Freisetzung von weiteren neuroendokrinen Substanzen wie Dopamin, Adrenalin, Noradrenalin, Oxytocin, Kortisol und Wachstumshormon, induziert durch Massage (Field, 2000).

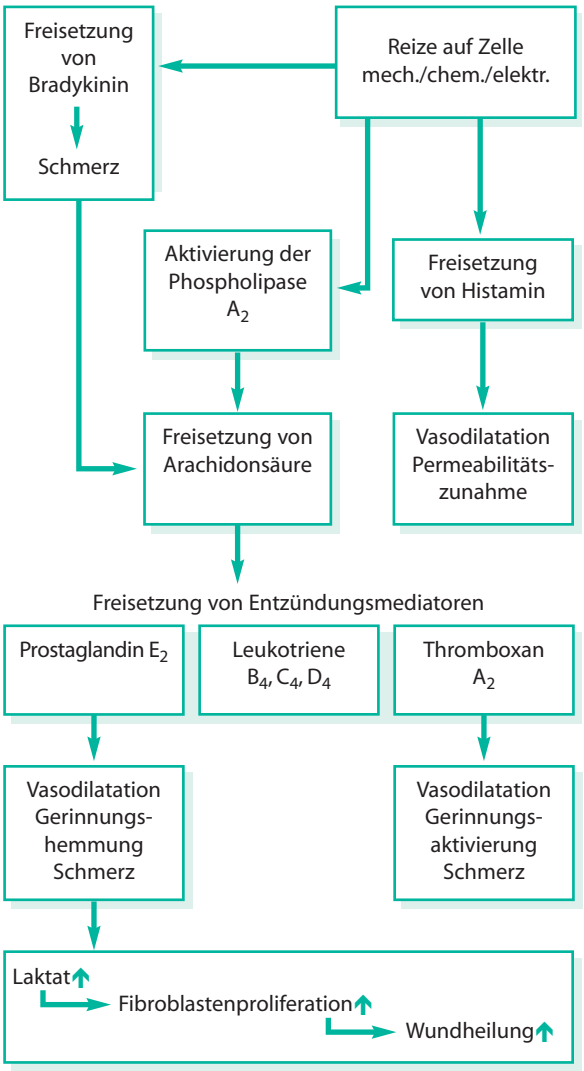


Abb. 1.19. Biochemische Effekte der Massage

ZUSAMMENFASSUNG

- Als biochemische Effekte der Massage beschreibt man die Freisetzung von verschiedenen Substanzen wie Entzündungsmediatoren, Endorphinen und Serotonin und deren Wirkung im Bereich der Gewebedurchblutung, Wundheilung und Schmerzhemmung.
- Dabei spielt die Art der Massagebehandlung sowie deren Intensität und zeitliche Dauer eine wichtige Rolle.
- Insbesondere die Querfriktionen zeigen einen positiven Einfluss auf die verbesserte Durchblutung und Wundheilung. Setzt man sie allerdings nach einer Verletzung zu früh ein oder behandelt zu intensiv, so kann es zu einer überschießenden Entzündungsreaktion mit nachfolgender Gewebeschädigung kommen.

ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welche Rolle spielt das Histamin bei den Wirkprinzipien der Massage?
- Was kann geschehen, wenn nach einer Verletzung zu früh mit Massage begonnen wird?
- Welchen Effekt hat die vermehrte Freisetzung von Endorphinen während bzw. nach einer Massagebehandlung?

3.3 Reflektorische Effekte

LERNZIELE

- Reflektorische Effekte der Massage: schmerzhemmend, sympathikushemmend und tonusregulierend
- Grundlagen der Schmerzphysiologie

Wie bereits im Kapitel über die Anatomie beschrieben, stimulieren bei einer Massage die mechanischen Reize die Rezeptoren und freie Nervenendigungen in Haut und Muskulatur. Es folgt die nervale Weiterleitung der Impulse zum ZNS, welche wiederum verschiedenste reflektorische Effekte hervorrufen. Dieses sind im Einzelnen analgetische (= schmerzhemmende), sympathikushemmende und den Muskeltonus regulierende Effekte.

Schmerzhemmende Effekte

Es hat sicher jeder Mensch die Erfahrung gemacht, dass akute Schmerzreize gemindert werden, wenn man mit der Hand über die schmerzende Stelle reibt oder einen leichten Druck darauf ausübt. Um dieses Phänomen zu verstehen, muss man sich den Weg von der Entstehung des Schmerzes bis zu dessen Wahrnehmung auf nervaler Ebene betrachten **(s. Exkurs „Was ist Schmerz?", S. 28)**.

Ihre schmerzhemmende Wirkung erreicht die Massage über verschiedene Wege:

Stimulation von Rezeptoren der Haut

Massagebehandlungen stellen einen mechanischen Reiz über die Haut dar. Es werden z. B. die A-Beta-Fasern angesprochen, die die Hautafferenzen für Berührung und Druck repräsentieren. Sie leiten die Impulse über das Rückenmark zum Gehirn. Aufgrund ihres großen Durchmessers haben sie eine sehr hohe Leitungsgeschwindigkeit, können also die Impulse sehr schnell übertragen. Da sie auch wesentlich schneller sind als die schmerzleitenden A-Delta– und C-Fasern, dominieren sie über dem langsameren Stimulus bereits an den Synapsen auf Rückenmarksebene.

Sie gewinnen sozusagen gegenüber dem Konkurrenten und blockieren die Schmerzimpulse der A-Delta- und C-Fasern. Diesen Vorgang bezeichnet man als präsynaptische Hemmung **(s. Abb. 1.20)**. Die Schmerzimpulse können nicht mehr über den Thalamus zum Großhirn weitergeleitet werden, damit wird der Schmerz auch nicht mehr bewusst wahrgenommen. Die erfolgreiche Schmerzhemmung zieht noch einen weiteren Effekt nach sich: die Aktivität des Sympathikus lässt nach und der Muskeltonus sinkt **(s. S. 33)**.

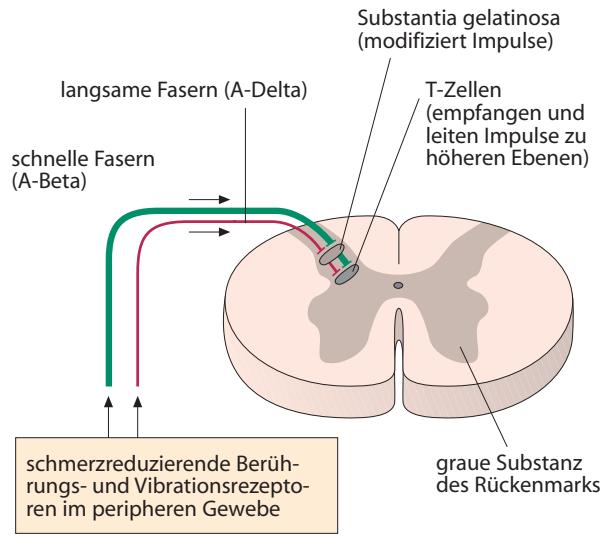


Abb. 1.20. Verschaltung der Schmerzreize (präsynaptische Hemmung)

VORSICHT

An dieser Stelle ist zu beachten, dass das oben Gesagte nur für den akuten, nicht aber für den chronifizierten Schmerz gilt. In jenem Fall sind die afferenten Zellen im Rückenmark so sensibilisiert, dass sie auch auf Reize aus den dickeren A-Beta-Fasern mit der Wahrnehmung von Schmerzen reagieren.

PRAXISTIPP

In verschiedenen Untersuchungen hat man festgestellt, dass neben den Berührungs- und Druckreizen ganz besonders die Vibrationsreize einen effektiven schmerzhemmenden Effekt zeigen. Allerdings sollte bei der Vibrationsmassage darauf geachtet werden, dass die Frequenz variiert. Bei konstanter Frequenz adaptieren die Rezeptoren relativ schnell, was bedeutet, dass die schmerzhemmende Wirkung bald wieder nachlässt.

Stimulation von Rezeptoren in der Muskulatur

Durch die Massagebehandlung werden auch im Muskelgewebe Rezeptoren stimuliert. Dazu gehören z. B. die Pacini-Körperchen im Bindegewebe des Muskelbauches. Sie leiten die Impulse ebenfalls über dicke myelinisierte Fasern zum ZNS und erreichen über den Weg der präsynaptischen Hemmung, dass die bewusste Wahrnehmung des Schmerzes eingeschränkt bzw. ganz vermieden wird **(s. auch Gate-Control-Theorie S. 29)**.

Stimulation von Rezeptoren im Bereich der Gelenke

Auch die Stimulierung von bestimmten Rezeptoren in der Gelenkkapsel kann einen schmerzhemmenden Effekt auslösen. Es handelt sich hier um die so genannten dynamischen Mechanorezeptoren. Unter den verschiedenen Massagetechniken, bei denen auch die Gelenke bewegt werden, sind beispielsweise die Manipulative Massage, die Pumpmassage, die Funktionsmassage und die spezifische hemmende Mobilisationstechnik zu nennen.

Lokale Durchblutungssteigerung

Des Weiteren bewirkt die Massage schmerzender Körperbereiche eine örtliche Durchblutungssteigerung. Damit werden Endprodukte des Stoffwechsels, sofern sie im geschädigten Gebiet vorhanden sind, verringert oder beseitigt **(s. auch Kap. 3.1, 3.2, Mechanische Effekte, Biochemische Effekte)**.

Es ist noch nicht bewiesen, dass Massage auch direkt die höheren Zentren beeinflusst oder evtl. einen direkten Einfluss auf die endogene Opiatausschüttung hat.

In den letzten Jahren wurde in zahleichen Studien der Einfluss von Massage auf die Schmerzwahrnehmung und die Schmerzschwelle untersucht. Dabei zeigte sich, dass bei Patienten, die an Tumorschmerzen litten, diese zumindest für kurze Zeit durch Massage reduziert werden konnten (Weinrich und Weinrich, 1990). Puustjarvi et al. berichteten ebenfalls, dass bei Frauen mit chronischem Spannungskopfschmerz nach mehreren Massagebehandlungen sowohl die Schmerzintensität als auch die Schmerzhäufigkeit vermindert wurde (Puustjarvi et al., 1990).

Eine Studie an Gesunden ergab, dass mit Massage behandelte Menschen eine höhere Schmerzschwelle haben (Carreck, 1994). Besonders jene Studie zeigt, wie wertvoll Massage für Patienten im Umgang mit ihren Schmerzen sein kann.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Schmerzweiterleitung von den Geweben an das ZNS über dünne unmyelinisierte Nervenfasern kann gehemmt werden durch Stimulation von Rezeptoren der Haut, Muskeln und Gelenke, die über dicke myelinisierte Nervenfasern ihre Informationen zum ZNS leiten. Dabei bestimmt der Durchmesser der Nervenfaser ihre Leitungsgeschwindigkeit, d. h. dicke Fasern leiten Impulse schnell weiter, dünne Fasern leiten Impulse nur langsam weiter. Auch die durch Massage erzielte lokale Durchblutungssteigerung bewirkt eine Schmerzhemmung.

Exkurs: Was ist Schmerz?

Laut Definition ist Schmerz eine komplexe Sinneswahrnehmung unterschiedlicher Qualität, die in der Regel durch Störung des Wohlbefindens gekennzeichnet ist und in ihrer chronischen Form ein eigenständiges Krankheitsbild darstellt. Darüber hinaus ist Schmerz aber auch mehr; es ist eine subjektive Empfindung und zugleich ein Gefühl, welches entsteht durch die psychische Wahrnehmung realer, aber durchaus auch vorgestellter (irrealer) Schmerzen.

Entstehung des Schmerzes

Schadensrezeptoren (= Nozizeptoren) in der Haut und in anderen Geweben erkennen Störungen über mechanische, thermische oder chemische Reize. Von dort aus werden die Impulse über die so genannten **afferenten Neurone** zum zentralen Nervensystem weitergeleitet. Dort wird der Reiz als Schmerz wahrgenommen.

Afferente Neuronen sind:

- die schnell leitenden dicken A-Delta-Fasern
- die langsam leitenden dünnen (unmyelinisierten) C-Fasern

A-Delta-Fasern haben einen Durchmesser von 1–7 µm und sind myelinisiert. Die auch als Markscheide bezeichnete Myelinschicht besteht aus Schwann'schen Zellen. Sie umhüllt die Axone der Nervenzellen und bildet damit eine Art Isolierung der Zelle. Die Myelinscheide ist in regelmäßigen Abständen durch Einschnürungen in Segmente getrennt, entlang derer die Weiterleitung von Reizen abläuft. Ein Abbau der Myelinschicht würde für eine solche Nervenzelle den Funktionsverlust bedeuten. Die mittlere Leitungsgeschwindigkeit der A-Delta-Fasern liegt bei ca. 15 m/s. Sie stellen Hautafferenzen für Temperatur und Schmerz dar und reagieren auf intensive Stimuli, wie z. B. einen Nadelstich auf der Haut mit schnellen Reflexen und anderen Verhaltensreaktionen.

In der Gruppe der A-Fasern gibt es weiterhin noch die **A-Beta-Fasern**. Sie sind Hautafferenzen für Berührung und leichten Druck und spielen eine wichtige Rolle in der Hemmung des Schmerzes. Ihr mittlerer Durchmesser beträgt 8 µm, sie leiten die Impulse mit einer mittleren Geschwindigkeit von 50 m/s weiter, sind also wesentlich schneller als die schmerzleitenden Fasern einschließlich der A-Delta-Fasern.

Die **C-Fasern** sind Hautafferenzen allein für Schmerzreize. Ihr Durchmesser beträgt 0,5–1 µm, ihre mittlere Leitungsgeschwindigkeit liegt bei ca. 1 m/s. Da die C-Fasern keine Myelinscheide besitzen, bezeichnet man sie als marklose Fasern.

MEMO

Die Myelinisierung und damit der Durchmesser der Nervenfasern bestimmen die Geschwindigkeit, mit der die Impulse weitergeleitet werden. Dicke Fasern leiten die nervalen Reize schnell weiter, dünne Fasern nur langsam.

Schmerzqualitäten

Mit dem Begriff „Qualität des Schmerzes" beschreibt man die verschiedenen Schmerzarten, wie z. B. stechender, drückender oder ziehender Schmerz.

Die verschiedenen Schmerzqualitäten werden verursacht durch die unterschiedlichen Nervenfasern, die die jeweiligen Schmerzreize weiterleiten. So wird der akute Schmerz in seiner scharfen und stechenden Ausprägung von den A-Delta-Nervenfasern weitergeleitet; der tiefe Schmerz hat einen dumpfen und drückenden Charakter und wird hauptsächlich von den C-Fasern übermittelt. Schmerzreize, die über die A-Delta-Fasern übermittelt werden, lösen in der Regel affektive Reaktionen wie schnelle Reflexe aus. Dazu gehören z. B. der Fluchtreflex und der Beugereflex als Schutzmechanismus vor Verletzungen. Bei dem über die C-Fasern weitergeleiteten Tiefenschmerz (wie z. B. Kopfschmerz) machen solche Reaktionen keinen Sinn, man kann sich nicht durch Weglaufen dem Schmerz entziehen. In diesem Fall treten eher vegetative Reaktionen wie Übelkeit oder Schweißausbrüche auf.

Hemmung des Schmerzes

Wie bereits erwähnt, sind die A-Beta-Fasern, die Berührungs- und Vibrationsreize übermitteln, um ein Vielfaches schneller als die schmerzleitenden A-Delta- und C-Fasern.

Dies bedeutet: Eine Schadensmeldung tritt auf, die Reize werden über die A-Delta- und C-Fasern zum ZNS weitergeleitet, und erst bei Ankunft im Großhirn wird die Wahrnehmung des Schmerzes bewusst. Wird nun die schmerzende Stelle z. B. durch Streicheln oder Druck massiert, so werden diese Impulse über die A-Beta-Fasern zum ZNS geleitet. Da sie aber wesentlich schneller sind als die schmerzleitenden Fasern, dominieren sie über den langsameren Stimulus bereits an den Synapsen auf Rückenmarksebene. Sie gewinnen sozusagen gegenüber den Konkurrenten, Impulse der A-Delta- und C-Fasern werden nicht mehr weitergeleitet. Die Folge ist, dass der Schmerz nicht mehr wahrgenommen wird. Diesen Vorgang bezeichnet man als präsynaptische Hemmung **(s. Abb. 1.20, S. 26)**.

Bereits 1965 fassten Melzack und Wall die Mechanismen von Entstehung und Hemmung des Schmerzes in der so genannten **Gate-Control-Theorie** zusammen (Melzack und Wall, 1965). 1983 legten sie eine überarbeitete Version vor. Danach wird die Rückenmarksebene als ein Tor (= gate) beschrieben, in dem von peripher ankommende Nervenimpulse zum zentralen Nervensystem hin umgeschaltet werden **(s. Abb. 1.21)**. Gleichzeitig wirken an dieser Stelle verschiedene Mechanismen ein, die die Schmerzweiterleitung kontrollieren. Dazu gehören zum einen die oben erwähnten A-Beta-Fasern, die an den Synapsen mit den schmerzleitenden Fasern konkurrieren und über den Weg der präsynaptischen Hemmung den Schmerz verhindern. Zum anderen sind es absteigende Bahnen aus dem Hirnstamm, dem Mittelhirn und dem Kortex, die an diesem Tor die Schmerzweiterleitung blockieren.

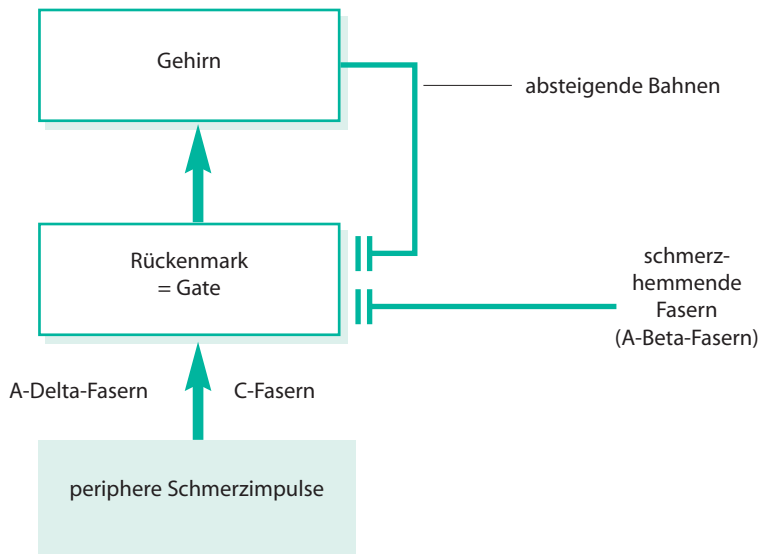


Abb. 1.21. Entstehung und Hemmung des Schmerzes nach der Gate-Control-Theorie in vereinfacht dargestellter Form

Sympathikushemmende Effekte

Es ist unumstritten, dass eine enge Beziehung zwischen den inneren Organen und den somatischen Geweben wie Haut, Muskeln, Sehnen usw. besteht. Dies äußert sich insofern, als Veränderungen an den inneren Organen auch Veränderungen z. B. an der Haut hervorrufen. Ebenso zeigen umgekehrt Manipulationen am somatischen System einen direkten Einfluss auf die inneren Organe. Beispielsweise kann eine Veränderung im Bereich des Magens eine Hyperalgesie (d. h. ein gesteigertes Schmerzempfinden) auf der linken Vorderseite des Rumpfes von der Brust bis unterhalb des Rippenbogens auslösen. Genauso kann eine Massagebehandlung der beschriebenen Körperoberfläche eine harmonisierende Wirkung auf den Magen haben.

Diese segmentalen Beziehungen finden ihren Ursprung in der frühen Embryonalentwicklung und sind Ausdruck der vegetativen Reflexe des Rückenmarks.

Unter einem **Reflexbogen** versteht man die synaptische Verschaltung zwischen den zuführenden Leitungsbahnen (= **Afferenzen**) und den zum Zielorgan hinführenden Bahnen (=**Efferenzen**). Der vegetative Reflexbogen besitzt einerseits einen somato-viszeralen und andererseits einen viszero-somatischen Anteil, die beide über den Sympathikusnerv ihr Zielorgan beeinflussen. Somato-viszeral bedeutet, dass Reize, die auf ein somatisches Organ treffen (wie Haut, Muskeln, Sehnen usw.), weitergeleitet werden zum Rückenmark (= **somatische Afferenz**). Von dort aus wirken sie über den Sympathikus auf die inneren Organe wie z. B. den Darm (= **sympathische Efferenz**).

Der Reflexbogen funktioniert auch umgekehrt, er wird dann als viszero-somatischer Reflex bezeichnet. Dies bedeutet: Eine Störung an den inneren Organen wirkt über diesen Reflexbogen auch auf die Haut, auf periphere Gelenke und die Wirbelsäule.

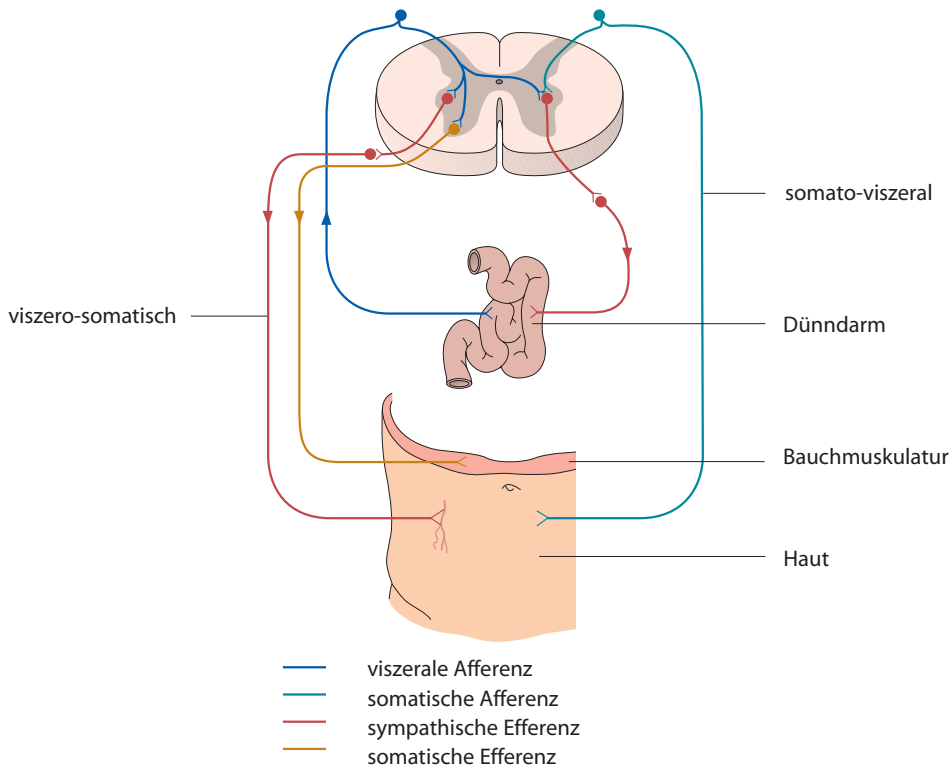


Abb. 1.22. Vegetativer Reflexbogen

Seit langer Zeit schon beschäftigen sich Wissenschaftler mit diesen viszero-somatischen Zusammenhängen. Es gelang sogar, bestimmte Gebiete zu definieren, die fest miteinander in Beziehung stehen. Man bezeichnet sie als **Reflexzonen**. Dazu gehören auch die so genannten Bindegewebszonen, Head-Zonen, Muskelzonen und Periostzonen.

Die Wege des vegetativen Reflexbogens verlaufen über das sympathische Nervensystem. Da sie auf die Rückenmarksebene beschränkt bleiben, gelangen die Reize nicht ins Gehirn und bleiben somit außerhalb des Bewusstseins. Abb.1.22 veranschaulicht das Prinzip der segmental-spinalen Reflexe.

Wo liegt nun die Bedeutung dieser neuronal reflektorischen Vorgänge für die Massage? Die Massagebehandlung selbst stellt einen somatischen Reiz im oben beschriebenen Sinne dar. Über den vegetativen Reflexbogen werden Effekte an den entsprechenden Organen erzielt. Sato und Schmidt untersuchten 1973 die Wirkung der somatischen Reize auf die Aktivität des Sympathikus. Dabei beobachteten sie Folgendes: Reize über dicke Fasern führen kurzfristig zu einer Aktivitätssteigerung, dann aber sofort zu einer starken Aktivitätsminderung des Sympathikus. Reize über dünne unmyelinisierte Fasern führen dagegen direkt zu einer deutlichen und dauerhaften Steigerung der sympathischen Reflexaktivität (Sato und Schmidt, 1973).

MEMO

Massage bewirkt überwiegend eine Stimulation der dicken Fasern. Dies führt zu einer Schmerzhemmung und Minderung der sympathischen Reflexaktivität.

PRAXISTIPP

Die Wirkung auf den Sympathikus ist bei Massage direkt in dessen Ursprungsgebiet, also im BWS-Bereich, besonders stark. Deshalb sollte man mit der Massage immer zuerst an einer anderen Stelle beginnen und sich dann langsam an diese Bereiche herantasten. Dabei richtet man sich kontinuierlich nach der Reaktion des Patienten.

VORSICHT

- Zu den dicken Fasern gehören auch die A-Delta-Fasern, die den scharfen Schmerz vermitteln. Dies bedeutet, dass im Rahmen einer Massagebehandlung auch ein kurzfristiger scharfer Schmerz auftreten kann. Er wird vom Patienten aber nur wahrgenommen, solange der Reiz ausgeübt wird, nicht mehr danach.
- Im Gegensatz dazu steht der dumpfe Schmerz, der über die dünnen C-Fasern vermittelt wird. Dieser hält länger an, verstärkt die Aktivität des Sympathikus und ist im Rahmen einer Massagebehandlung unerwünscht.
- Fazit: Das so genannte Nachgefühl (Schmerz oder Druckgefühl, welches nach der Behandlung weiter besteht), darf nicht auftreten.

Tonusregulierende Effekte

Die eigentliche direkte manuelle Wirkung der Klassischen Massage dient der Regulierung des Muskeltonus. Massage ermöglicht sowohl eine tonussteigernde als auch eine tonussenkende Wirkung. Auch dieser Vorgang beruht ebenfalls auf reflektorischen Vorgängen.

Wie bereits mehrfach erwähnt, setzt die Massage einen mechanischen Reiz an der Muskulatur, genauer gesagt an der Muskelspindel **(s. Kap. 2.2)**. Von hier aus wird der so genannte **myostatische Reflex** ausgelöst. Bei diesem Reflexbogen liegen Effektor und Rezeptor im gleichen Organ, nämlich der Muskulatur. Der mechanische Reiz wird von den kontraktilen Elementen der Muskelspindel registriert und als sensible Afferenz zum Hinterhorn des Rückenmarks geleitet. Auf der Ebene des Rückenmarks erfolgen polysynaptische Verschaltungen; letztendlich wird über die Motoneurone im Vorderhorn des Rückenmarks wieder die Muskelspindel beeinflusst und der Muskeltonus reguliert bzw. die Kontraktionsbereitschaft des Muskels verändert.

Durch verschiedene Techniken der Klassischen Massage ist es möglich, den Tonus der Muskulatur zu senken oder zu steigern.

Das **Senken des Tonus** ist möglich durch rhythmische Dehnung der Muskelspindeln oder rhythmische Kompression. Des Weiteren trägt die Schmerzhemmung durch Massage zu einer Muskeltonussenkung bei. Über die Wirkung auf das limbische System und die Formatio reticularis setzt ein Gefühl der Entspannung ein.

Die **Steigerung des Tonus** ist möglich durch stärkere und intensivere Techniken wie Kneten oder Klopfen und wird z. B. als Vorbereitung für sportliche Aktivitäten genutzt. Die Stimulation der Muskelspindeln durch kurze und aggressive Reize löst in der Regel eine Muskelkontraktion aus.

ZUSAMMENFASSUNG

- Vegetative Reflexe sind zum einen somato-viszeral, d. h. somatische Reize (wie die Massagebehandlung als mechanischer Reiz) üben eine Wirkung auf innere Organe aus.
- Zum anderen gibt es den viszero-somatischen Weg, der zeigt, wie Störungen der inneren Organe einen Einfluss auf die Haut, auf periphere Gelenke und die Wirbelsäule haben können.
- Die Aktivität des Sympathikus wird gemindert durch somatische Reize, die über dicke schmerzhemmende Fasern weitergeleitet werden.

Weg des myostatischen Reflexes

Sensible Afferenz der Muskelspindel ⇨ Hinterwurzel ⇨ Hinterhorn ⇨ polysynaptische Verschaltungen ⇨ Muskelspindel

ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welche Nervenfasern leiten den Schmerz an das Gehirn weiter?
- Wodurch kann dieser Vorgang unterbrochen werden?
- Welche verschiedenen afferenten Neurone kennen Sie?
- Worin unterscheiden sie sich?
- Was besagt die Gate-Control-Theorie?
- Auf welchem Weg können durch Massage Störungen an inneren Organen beeinflusst werden?
- Wie kommt es während einer Massage zu einer Senkung des Muskeltonus?