

# DIPLOMA

Private staatlich anerkannte Hochschule  
University of Applied Sciences

diploma.de

Brandl / Egner

## Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Studienheft Nr. 1047  
1. Auflage 08/2020

## **Verfasser**

### **Andreas Brandl**

Osteopath und Heilpraktiker mit eigener Praxis

### **Prof. Dr. Christoph Egner**

Studiendekan der Studiengänge Medizinalfachberufe & Physiotherapie  
an der DIPLOMA Hochschule

Leseprobe

© by DIPLOMA Private Hochschulgesellschaft mbH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

### **DIPLOMA Hochschule**

University of Applied Sciences

Am Hegeberg 2

37242 Bad Sooden-Allendorf

Tel. +49 (0) 56 52 58 77 70, Fax +49 (0) 56 52 58 77 729

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>  | <b>Seite</b> |
|--|--------------|
| <i>Hinweise zur Arbeit mit diesem Studienheft</i> _____                          | <b>3</b>     |
| <i>Glossar/Abkürzungsverzeichnis</i> _____                                       | <b>7</b>     |
| <i>Abbildungsverzeichnis</i> _____   | <b>8</b>     |
| <b>1 Einleitung</b> _____  | <b>9</b>     |
| <b>2 Gewebe</b> _____  | <b>10</b>    |
| <b>2.1 Gewebearten</b> _____   | <b>10</b>    |
| 2.1.1 Embryonale Entwicklung des Gewebes _____                                   | 10           |
| 2.1.2 Epithelgewebe _____  | 12           |
| <b>2.2 Stütz- und Bindegewebe</b> _____  | <b>14</b>    |
| 2.2.1 Zelluläre Bestandteile _____   | 15           |
| 2.2.2 Extrazellulärsubstanz _____  | 16           |
| 2.2.3 Formen des Bindegewebes _____  | 18           |
| 2.2.4 Formen des Stützgewebes _____  | 19           |
| <b>2.3 Muskelgewebe</b> _____  | <b>22</b>    |
| 2.3.1 Skelettmuskulatur _____  | 23           |
| 2.3.2 Glatte Muskulatur _____  | 23           |
| <b>3 Funktionelle Anatomie der Muskulatur</b> _____                              | <b>26</b>    |
| <b>3.1 Mikroskopischer Aufbau der Skelettmuskulatur</b> _____                    | <b>27</b>    |
| <b>3.2 Muskelkontraktion</b> _____   | <b>30</b>    |
| 3.2.1 Querbrückenzyklus _____  | 31           |
| 3.2.2 Myogene Erregung _____   | 33           |
| <b>3.3 Muskeltonus und Regulation</b> _____                                      | <b>34</b>    |
| 3.3.1 Muskelspindeln _____   | 35           |
| 3.3.2 Einfluss der Nozizeption auf den Muskeltonus _____                         | 37           |
| <b>3.4 Kontraktionsformen</b> _____  | <b>39</b>    |
| <b>3.5 Muskularbeit in der Arthrokinematik</b> _____                             | <b>42</b>    |
| 3.5.1 Muskularbeit _____   | 42           |
| 3.5.2 Arthrokinematik _____  | 44           |
| <b>4 Ausgewählte physiotherapeutische Interventionen an der Muskulatur</b> _____ | <b>51</b>    |
| <b>4.1 Behandlungssysteme</b> _____  | <b>51</b>    |
| 4.1.1 McKenzie-Konzept _____   | 52           |
| 4.1.2 Brügger-Therapie _____   | 54           |
| 4.1.3 Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation _____                           | 57           |
| <b>4.2 Grundlagentechniken</b> _____   | <b>60</b>    |
| 4.2.1 Massage _____  | 61           |
| 4.2.2 Muskeldehnungen _____  | 63           |
| <b>4.3 Einflüsse manueller Techniken auf den Muskeltonus</b> _____               | <b>65</b>    |
| <b>5 Spezielle Muskeluntersuchungen</b> _____                                    | <b>68</b>    |
| <b>5.1 Untersuchungsschemata</b> _____   | <b>68</b>    |
| 5.1.1 Muskeltests nach Janda _____   | 68           |

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

|                                       |   |           |
|---------------------------------------|---|-----------|
| 5.1.2                                 | Bewegungsprüfung nach Cyriax                  | 69        |
| <b>5.2</b>                            | <b>Fallbeispiele für Muskeluntersuchungen</b> | <b>71</b> |
| 5.2.1                                 | Muskuläre Dysbalance in der Lumbalregion      | 71        |
| 5.2.2                                 | Impingement der Schulter                      | 74        |
| 5.2.3                                 | Instabilität des Knies                        | 74        |
| <b>Lösungen der Übungsaufgaben LÖ</b> |   | <b>76</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b>           |   | <b>79</b> |

Leseprobe

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## Glossar/Abkürzungsverzeichnis

|                |   |
|----------------|---|
| ACh            | Azetylcholin                                      |
| ADP            | Adenosindiphosphat                                |
| amorph         | ungeformt   |
| ASTE           | Ausgangsstellung                                  |
| ATP            | Adenosintriphosphat                               |
| BG             | Bindegewebe                                       |
| ES             | Musculus erector spinae                           |
| Fazilitation   | erleichterte Anbahnung                            |
| fMRT           | funktionelle Magnetresonanztomografie             |
| FT-Fasern      | fast-twitch-fibres, Typ-II-Fasern                 |
| GAG            | Glykosaminoglykane                                |
| GHG            | Glenohumoralgelenk                                |
| HWS            | Halswirbelsäule                                   |
| Lig.           | Ligament  |
| LMN            | 2. Motoneuron, lower motor neuron                 |
| LWS            | Lendenwirbelsäule                                 |
| M.             | Muskel  |
| MDT            | Mechanische Diagnose und Therapie nach McKenzie   |
| NSB            | Nozizeptiver Somatomotorischer Blockierungseffekt |
| P              | Phosphat  |
| PNF            | Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation        |
| RCT            | randomized controlled trial                       |
| SIAS           | Spina iliaca anterior superior                    |
| SIPS           | Spina iliaca posterior superior                   |
| SNS            | somatisches Nervensystem                          |
| ST-Fasern      | slow-twitch-fibres, Typ-I-Fasern                  |
| TGF- $\beta$ 1 | Transforming Growth Factor Beta 1                 |
| ubiquitär      | überall verbreitet                                |
| UMN            | 1. Motoneuron, upper motor neuron                 |
| VNS            | Vegetatives Nervensystem                          |
| WDR            | Wide-Dynamic-Range                                |

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abb. 1: Ursprung der Gewebe                              | 11 |
| Abb. 2: Arten von Oberflächenepithelien                  | 13 |
| Abb. 3: Tensegrity-Modell                                | 14 |
| Abb. 4: Bestandteile des Bindegewebes                    | 16 |
| Abb. 5: Struktur der Proteoglykane                       | 17 |
| Abb. 6: Zellen und Fasern des Bindegewebes               | 18 |
| Abb. 7: Kallusbildung                                    | 20 |
| Abb. 8: Einteilung des Binde- und Stützgewebes           | 21 |
| Abb. 9: Muskelgewebe                                     | 22 |
| Abb. 10: Muskelhüllen                                    | 26 |
| Abb. 11: Sarkomer  | 28 |
| Abb. 12: Muskelkontraktion                               | 30 |
| Abb. 13: Querbrückenzyklus                               | 31 |
| Abb. 14: Myogene Erregung                                | 34 |
| Abb. 15: Muskelspindel                                   | 35 |
| Abb. 16: Tiefe spinale Muskulatur                        | 36 |
| Abb. 17: Schmerz-Spasmus-Schmerz-Zyklus                  | 37 |
| Abb. 18: Schmerz-Adaptionsmodell                         | 38 |
| Abb. 19: Kontraktionsformen                              | 39 |
| Abb. 20: Superposition und Tetanus                       | 40 |
| Abb. 21: Kraft-Längen-Diagramm der Muskelkontraktionen   | 42 |
| Abb. 22: Kontraktionsformen hinsichtlich der Muskellänge | 43 |
| Abb. 23: Freiheitsgrade und Bewegungsrichtungen          | 44 |
| Abb. 24: Gelenkformen                                    | 45 |
| Abb. 25: Arthrokinesematisches Rollen                    | 46 |
| Abb. 26: Arthrokinesematisches Gleiten                   | 47 |
| Abb. 27: Rollgleiten im Kniegelenk                       | 47 |
| Abb. 28: Arthrokinesematisches Rollgleiten               | 48 |
| Abb. 29: Syndrome nach McKenzie                          | 51 |
| Abb. 30: Selbstbehandlung nach McKenzie                  | 52 |
| Abb. 31: Zahnradmodell nach Brügger                      | 54 |
| Abb. 32: Th5-Wippen nach Brügger                         | 55 |
| Abb. 33: Irradiation in der PNF                          | 57 |
| Abb. 34: Klassische Massage                              | 60 |
| Abb. 35: Querfriktionen an der Achillesferse             | 61 |
| Abb. 36: Muskelmodell nach Hill                          | 62 |
| Abb. 37: Eigendehnung des M. rectus femoris              | 63 |
| Abb. 38: Kopfstand-Ringerbrücke-Übung                    | 71 |

**Merke:** Die Abbildungen in diesem Studienheft, die mit dem Kürzel „CC BY“ gekennzeichnet sind, unterliegen der Creative-Commons-Lizenz und stehen auch Ihnen für Ihre Unterlagen zur freien Verfügung. Weitere Informationen finden Sie unter:

<https://creativecommons.org/licenses/>



# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## 1 Einleitung

In diesem Studienheft werden der theoretische Hintergrund der Muskelphysiologie erörtert, diverse therapeutische Muskeltechniken beschrieben und Hinweise zur Untersuchung der Muskulatur und ihrer umgebenden Strukturen gegeben. Die Inhalte dieser Unterlagen sind als Eingrenzung der doch recht breit gefächerten Themen zu sehen. Für jede Teildisziplin, die behandelt wird, finden Sie in den Bibliotheken zahlreiche Veröffentlichungen und Fachbücher, die in ihrer Vielfalt den Rahmen eines jeden grundständigen Studiums sprengen würden. Hinweise zu relevanter Literatur und weiterführende Lernmaterialien werden Ihnen in den jeweiligen Kapiteln zu den spezifischen Abschnitten gegeben. Was ein Studienheft des Weiteren auszeichnet, sind formulierte, spezifische Lernziele, über welches Wissen und über welche Fertigkeiten Sie verfügen sollten, wenn Sie die Unterlagen durchgearbeitet haben. Dies können Sie auch anhand der Übungsaufgaben, die Sie jeweils am Ende eines jeden Hauptkapitels finden, überprüfen.

Insgesamt umfasst dieses Studienheft fünf Kapitel, die den Bereich der Muskelphysiologie und ihre angrenzenden Themen behandeln.

Im zweiten Kapitel wird Ihr Wissen um einzelne Gewebearten im Allgemeinen und um den Aufbau und die Funktion des Muskelgewebes im Besonderen vertieft. Hier erneuern oder erweitern Sie Ihr Wissen über die einzelnen Muskelfasertypen und ihre jeweiligen spezialisierten Funktionen.

Im dritten Kapitel steht die Funktion der Muskulatur im Vordergrund. Hierzu lernen Sie die einzelnen Muskelbestandteile kennen. Zur Funktion gehören auch die physiologischen Auswirkungen der verschiedenen muskulären Kontraktionsformen und es wird ein Einblick in die Wechselwirkungen von Nozizeption und Muskeltonus gegeben. Die Muskelarbeit in der Arthrokinematik schließt dieses Kapitel ab.

Im Anschluss folgt eine Darstellung einiger ausgewählter physiotherapeutischer Interventionen an der Muskulatur, die Beschreibung von Behandlungssystemen sowie eine Vorstellung der Grundlagentechniken in Kapitel vier.

Abschließend werden in Kapitel fünf praktische Beispiele für die Untersuchung der Muskulatur gegeben und es werden einige Fälle, die diese demonstrieren, vorgestellt.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Arbeiten mit diesen Unterlagen und viel Erfolg bei Ihrem Studium, um Ihr Wissen zu erweitern und zu vertiefen.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## 2 Gewebe

### Lernziele:

Nach dem Studium dieses Kapitels haben Sie Kenntnisse in folgenden Themen erlangt:

- Gewebearten unterscheiden
- embryonalen Ursprung der Gewebe kennen
- Bestandteile des Bindegewebes kennen
- Formen des Stütz- und Bindegewebes unterscheiden
- Unterschied zwischen glatter und quergestreifter Muskulatur kennen

### 2.1 Gewebearten

Mit Gewebe bezeichnet man eine Gruppe von Zellen, die im Körper im Verbund anzutreffen sind und die eine gemeinsame Funktion erfüllen. Mehrere dieser Gewebe setzen ein Organ zusammen. Dieses wird von Blutgefäßen und Nerven versorgt, die in den bindegewebigen Stützstrukturen, dem Stroma, verlaufen. Die Zellen, die die Organfunktion erfüllen, werden auch Parenchym genannt. Alle Zellen des Gewebes besitzen einen gemeinsamen embryonalen Ursprung und scheinen als Gewebeverbund nur in komplexeren Organismen zu existieren (Betts et al., 2013).

Morphologisch und funktionell lassen sich vier große Gruppen von Geweben unterscheiden:

- **Epithelgewebe**
- **Stütz- und Bindegewebe**
- **Muskelgewebe**
- **Nervengewebe**

#### 2.1.1 Embryonale Entwicklung des Gewebes

Die befruchtete Eizelle bildet die Zygote, die allererste Zelle des neu entstehenden Organismus. Diese teilt sich ein erstes Mal (Mitose), wodurch zwei Tochterzellen entstehen, die Blastomere, welche sich schnell weiter teilen. Aus ihnen entstehen die spätere Plazenta in Form des sogenannten Trophoblasten und der eigentliche Mensch als Embryoblast. Zwischen beiden entwickelt sich die Keimblase, die Blastozyste. Die Blastozyste ist eine embryonale Stammzelle, d. h. aus ihr können sich sämtliche Gewebe des Organismus entwickeln. Man bezeichnet diese Eigenschaft auch als Pluripotenz.

Eine Woche nach der Befruchtung beginnt sich so ein Hohlraum, die Amnionhöhle, zu bilden. Auf der Seite des Embryoblasten entwickelt sich das äußere Keimblatt, das sogenannte **Ektoderm**. Aus ihm gehen das Epithel der Haut mit den Hautanhangsgebilden, der Anfang und das Ende des Magen-Darm-Trakts sowie das gesamte Nervensystem, inklusive der Sinneszellen von Ohr, Nase und Auge, hervor. Auch der Zahnschmelz, die Hypophyse und die Milchdrüsen sind ektodermalen Ursprungs.

Unterhalb des Ektoderms bildet sich das innere Keimblatt, das **Entoderm**. Aus ihm entwickeln sich die inneren Drüsenorgane Leber- und Bauchspeicheldrüse, die Schild- und die Nebenschilddrüse und der Thymus. Des Weiteren entsteht daraus das Epithel des Darms, der Bronchien und Lungen, des Kehlkopfs, der Harnröhre und -blase und des Mittelohrs.

Etwa in der dritten Woche der Keimblattentwicklung wandern einige Ektodermzellen zwischen die beiden Keimblätter und bilden ein drittes Keimblatt, das **Mesoderm**. Aus diesem leiten sich alle weiteren

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Gewebe des Körpers ab: Das Binde- und Stützgewebe, die Muskulatur, das Herz, die Nieren und die Milz sowie die Blut- und Lymphgefäße (siehe Abb. 1).

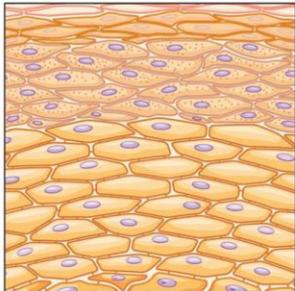
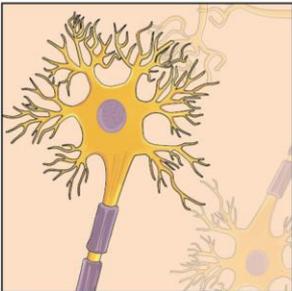
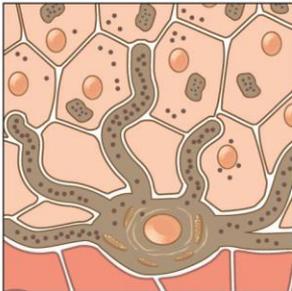
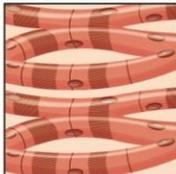
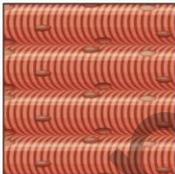
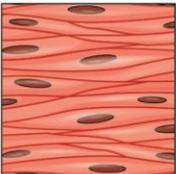
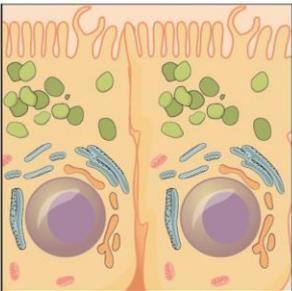
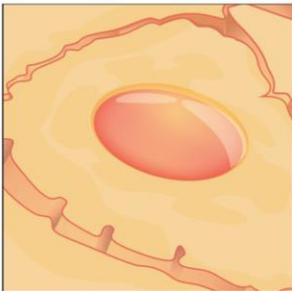
| Keimblatt | ...entwickelt sich zu folgendem Gewebe  |
|-----------|---|
| Ektoderm  | <p>Epidermis, Drüsen der Haut, einige Kopfknochen, Hypophyse, Nebennierenmark, Nervensystem, Mund zwischen Wange und Zahnfleisch, Anus</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <span>Hautzellen</span> <span>Neuronen</span> <span>Pigmentzellen</span> </div>   |
| Mesoderm  | <p>Bindegewebe, Knochen, Knorpel, Blut, Endothel der Blutgefäße, Muskeln, Synovialmembrane, Nieren, Keimdrüsen</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">      </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <span>Herzmuskelzellen</span> <span>Muskeln</span> <span>Tubuluszellen der Niere</span> <span>Erythrozyten</span> <span>glatte Muskelzellen</span> </div> |
| Entoderm  | <p>Epithel des Darmrohres (außer Mund, Rektum und Analkanal), der Bronchien und Lunge, Drüsen</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <span>Zellen der Lunge</span> <span>Zellen der Schilddrüse</span> <span>Zellen des Pankreas</span> </div>  |

Abb. 1: Ursprung der Gewebe

Quelle: In Anlehnung an OpenStax College: *Anatomy & Physiology, Connexions*. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/4-1-types-of-tissues> (Zugriff am: 07.05.2020). Lizenz: CC BY 3.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de>

Alle menschlichen Gewebe entwickeln sich aus den embryonalen Keimblättern. Während aus dem Ektoderm die Haut- und Pigmentzellen sowie das Nervensystem entstehen, aus dem Entoderm die Lunge, die Bronchien und das Darmrohr, entwickeln sich die Muskulatur und die Knochen aus dem Mesoderm.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## 2.1.2 Epithelgewebe

Die Epithelgewebe bedecken alle Körperoberflächen, sowohl innere als auch äußere. Sie können von jedem der drei Keimblätter gebildet werden. Die Haut ist dabei nicht das einzige Gewebe, welches Kontakt zur Außenwelt hat. Auch die Oberfläche des Darms oder der Atemwege, des harnableitenden Systems oder unsere Reproduktionsorgane haben Verbindungen zur Außenwelt und sind mit Epithel ausgekleidet, dem sogenannten **Oberflächenepithel**. Viele der Drüsen des Körpers entspringen dem Epithelgewebe (**Drüsenepithel**), andere sind zur Aufnahme von Stoffen fähig (**Resorptionsepithel**) oder vermitteln Informationen der Umgebung (**Sinneseptithel**).

### Oberflächenepithel

Eigenschaften:

- Auskleidung von äußeren und inneren Körperoberflächen
- geschlossene Zellverbände ohne Blutgefäßversorgung<sup>1</sup>
- besitzt eine Basallamina, die es vom darunterliegenden Bindegewebe abgrenzt

Nach der Schichtung der Zellen werden einschichtige, mehrreihige und mehrschichtige Oberflächengewebe unterschieden (siehe Abb. 2).

### Drüsenepithel

Eine Drüse besteht aus hoch spezialisierten Epithelzellen, die imstande sind, chemische Substanzen zu sezernieren. Je nachdem, ob die Stoffe an eine freie Oberfläche oder in das Blut abgegeben werden, können exokrine von endokrinen Drüsen unterschieden werden.

#### Endokrine Drüsen

- besitzen keinen Ausführungsgang
- geben Hormone an das Blut ab
- entstehen aus allen Keimblättern

#### Exokrine Drüsen<sup>2</sup>

- haben einen Ausführungsgang
- geben Schweiß, Schleim oder Sekret an die Oberfläche ab
- entstehen meist aus dem Ektoderm

### Sinneseptithel<sup>3</sup>

Das Sinneseptithel ist eine Gruppe hoch spezialisierter Epithelien, die die Sinnesorgane bilden. Hierzu zählen die somatoviszzerale Sensibilität wie die Mechanosensibilität der Haut, die Thermo- und die Propriozeption. Des Weiteren umfasst das Sinneseptithel den Geschmacks-, Geruchs-, Gehör- und Gleichgewichtssinn.

#### Weiterführende Lehrmaterialien

Video zur Anatomie und Histologie des Epithelialgewebes:

<http://openstax.org/l/etissues>



<sup>1</sup> Die Versorgung des Oberflächenepithels erfolgt durch Diffusion aus anderen Geweben.

<sup>2</sup> Exokrine Drüsen können weiter in seröse Drüsen, die ein eiweißreiches, dünnes Sekret abgeben (z. B. Tränenflüssigkeit), muköse Drüsen, die einen zähflüssigen Schleim (Muzin) produzieren, und gemischte Drüsen unterteilt werden.

<sup>3</sup> Als weiterführende Literatur ist hier zu empfehlen: Schwegler, J. S.; Lucius, R. (2016). Der Mensch – Anatomie und Physiologie. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme.

## Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

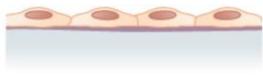
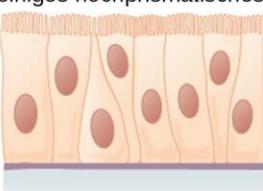
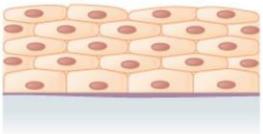
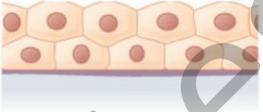
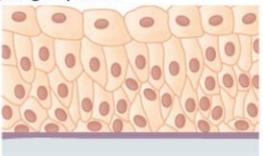
| Zellen  | Vorkommen  | Funktion  |
|---|--|---|
| einschichtiges Plattenepithel (PE)<br>   | Lungenalveolen, Blut- und Lymphgefäße, Herzinnerräume                | erlaubt die Diffusion und Filtration; Sekretion |
| einschichtiges isoprismatisches PE<br>   | Nierenkanälchen, Drüsenausführungsgänge, Pigmentepithel der Netzhaut | Sekretion und Absorption                        |
| einschichtiges hochprismatisches PE<br>  | Bronchien, Eileiter, Uterus, Magen-Darm-Trakt                        | Sekretion und Absorption                        |
| mehrreihiges hochprismatisches E<br>    | Trachea, obere Luftwege  | Schleimsekretion                                |
| mehrschichtiges Plattenepithel<br>     | Ösophagus, Mundhöhle, Vagina, Anus                                   | Schutz vor Abrasion                             |
| mehrschichtiges kubisches E<br>        | Schweißdrüsen, Speicheldrüsen, Brustdrüsen                           | Schutz des Gewebes                              |
| mehrschichtiges isoprismatisches E<br> | männlicher Harnleiter, einige Drüsen                                 | Sekretion und Schutz                            |
| Übergangsepithel<br>                   | nur in den ableitenden Harnwegen                                     | erlaubt den Harnwegen sich zu dehnen            |

Abb. 2: Arten von Oberflächenepithelien

Quelle: In Anlehnung an OpenStax College: *Anatomy & Physiology, Connexions*. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/4-2-epithelial-tissue> (Zugriff am: 07.05.2020).  
Lizenz: CC BY 3.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de>

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## 2.2 Stütz- und Bindegewebe

Diese Gewebe entwickeln sich fast komplett aus dem Mesoderm. Wie der Name schon vermuten lässt, ist eine der Hauptfunktionen des Bindegewebes, andere Gewebe und Organe zu verbinden. Das Stützgewebe hingegen besteht aus Knorpel und Knochen, welche eine den Körper stützende Funktion besitzen.

Neueren Forschungen zufolge kann man dieses Stützgerüst weniger als eine starre Säule ansehen als vielmehr als eine flexible Struktur, die im Zusammenspiel mit Muskeln und faszialen Geweben eine Tensegrity-Struktur bildet (Schleip et al., 2014). Das bedeutet, das Skelett wird nicht als starres Gerüst gesehen, an dem die Muskeln aufgehängt sind, sondern eher als dreidimensionales Netzwerk aus starren Elementen (Knochen bzw. Stützgewebe) und Kabeln (myofasziale Komponenten bzw. Bindegewebe) (siehe Abb. 3).

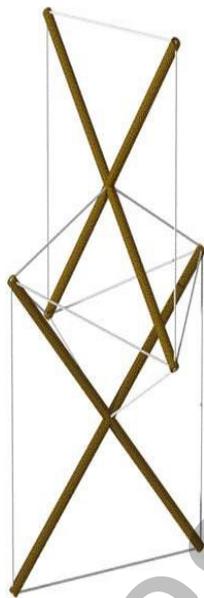


Abb. 3: Tensegrity-Modell

Quelle: Bob Burkhardt: *Kenneth Snelson's X-Module design*. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Snelson\\_XModule\\_Design\\_1948.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Snelson_XModule_Design_1948.png) (Zugriff am: 07.05.2020). Lizenz: CC BY SA 3.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de>

Leider ist die Nomenklatur bezüglich dieser Gewebe nicht immer einheitlich. Gerade der Begriff Faszie, der in den letzten Jahren immer häufiger synonym für das Bindegewebe verwendet wird, unterliegt einer unterschiedlichen Nomenklatur in der anatomischen Literatur (Schleip et al., 2012). Von Gray's Anatomy wird eine Faszie als eine Ansammlung von Bindegewebe angesehen, die groß genug ist, um sie mit dem menschlichen Auge zu sehen. Der Fascia Research Congress 2012 hingegen beschreibt Faszien als körperweites Netzwerk von fibrinösem kollagenem Bindegewebe, das fähig ist, Kräfte und Spannungen zu übertragen. Zur ursprünglichen Definition wurden auch Aponeurosen wie die proximalen Anteile der Fascia lata, das Endo- und Perimysium der Muskulatur sowie Bänder und Sehnen hinzugefügt.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

**Merke:** Die Begriffe Bindegewebe und Faszie werden oft synonym verwendet. Die Nomenklatur ist dabei in der Fachliteratur nicht immer einheitlich. Heute gilt ein erweiterter Fasziabegriff, der alle Weichteil-Komponenten des Bindegewebes umfasst.

## 2.2.1 Zelluläre Bestandteile

Das Binde- und Stützgewebe beinhaltet ortsständige, d. h. fixe Bindegewebszellen sowie Zellen, die sich frei in der Extrazellulärsubstanz bewegen können (siehe Abb. 4).

### Fixe Bindegewebszellen

Am zahlreichsten vertreten unter den fixen Zellen sind die *Fibroblasten*, das sind junge, noch nicht ausgereifte Zellen mit einigen Fortsätzen, die die Extrazellulärsubstanz bilden. Weiterhin können sie bestimmte Enzyme freisetzen und spielen eine wichtige Rolle bei der Regeneration von Geweben. Fibroblasten verändern unter mechanischem Einfluss ihr Verhalten. So kommt es unter Spannung oder Druck zunächst zu einer Vermehrung. Die Zellen richten sich entlang der erzeugten Kraftlinie aus und bilden verstärkt Kollagenfasern, um die Faszie zu stärken. Ein Beispiel hierfür ist der Tractus iliotibialis, der eine Verstärkung der Fascia lata an der Oberschenkelaußenseite darstellt. Dieser ist nicht angeboren, sondern bildet sich durch Belastung des Gewebes, sobald ein Kind zu laufen beginnt.

Eine hoch spezialisierte Version der Fibroblasten ist der *Myofibroblast*. Er besitzt kontraktile Fähigkeiten und stellt somit eine Zwischenform zwischen einem Fibroblasten und einer glatten Muskelzelle dar. Myofibroblasten sind in der Lage, lang andauernde Kontraktionen mit kleiner Amplitude, jedoch großer Kraft bei gleichzeitigem geringem Energieverbrauch auszuführen. In der Fascia thoracolumbalis könnte dabei von einem 1 413 mm<sup>2</sup> großen Stück extramuskulärer Faszie eine rechnerische Kraft von bis zu 15 N aufgebracht werden, was vermutlich kein Gelenk bewegen kann, jedoch zahlreiche (Proprio-)Rezeptoren beeinflusst. So könnten etwa Muskelspindeln des Musculus erector spinae gedehnt werden, was reflektorisch zu einer Muskelkontraktion bis hin zu einer funktionellen Skoliose führen könnte (Mense, 2019; Schleip et al., 2019; Brandl, 2020).

Bis jetzt konnten in zahlreichen Geweben diese Myofibroblasten nachgewiesen werden, z. B. in der Fascia thoracolumbalis, der Fascia cruris und der Fascia brachii. Die Kontraktionskraft der Myofibroblasten verändert sich, wenn sie unter Einfluss bestimmter chemischer Stoffe stehen. Einer der Stoffe, die dieses Verhalten am meisten triggert, ist das Zytokin Transforming Growth Factor Beta 1 (TGF- $\beta$ 1), das eine Rolle bei Prozessen der Heilung, der Fibrosierung und der Remodellierung der Faszie spielt.

Das sympathische Nervensystem hat einen Einfluss auf die Expression von TGF- $\beta$ 1. Darüber hinaus steht neueren Erkenntnissen zufolge TGF- $\beta$ 1 auch in enger Verbindung zu stressinduzierter Immunsuppression (Zhang et al., 2018).

**Merke:** Fibroblasten können kontraktile Fähigkeiten entwickeln, welche enormen Einfluss auf die Propriozeption (Tiefenwahrnehmung) haben. Die Kontraktionskraft der Myofibroblasten verändert sich unter chemischer Stimulation. Unter Stress kontrahieren sie über die Ausschüttung von TGF- $\beta$ 1.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Die reife Form des Fibroblasten ist der *Fibrozyt*, eine im Vergleich ruhende Zelle, die sich mit anderen Fibrozyten zu einem dreidimensionalen Netz verbindet. Dabei verliert sie weitestgehend die Fähigkeit, Extrazellulärsubstanz zu produzieren. Sie kann sich unter bestimmten Umständen wieder zurück in einen Fibroblasten verwandeln.

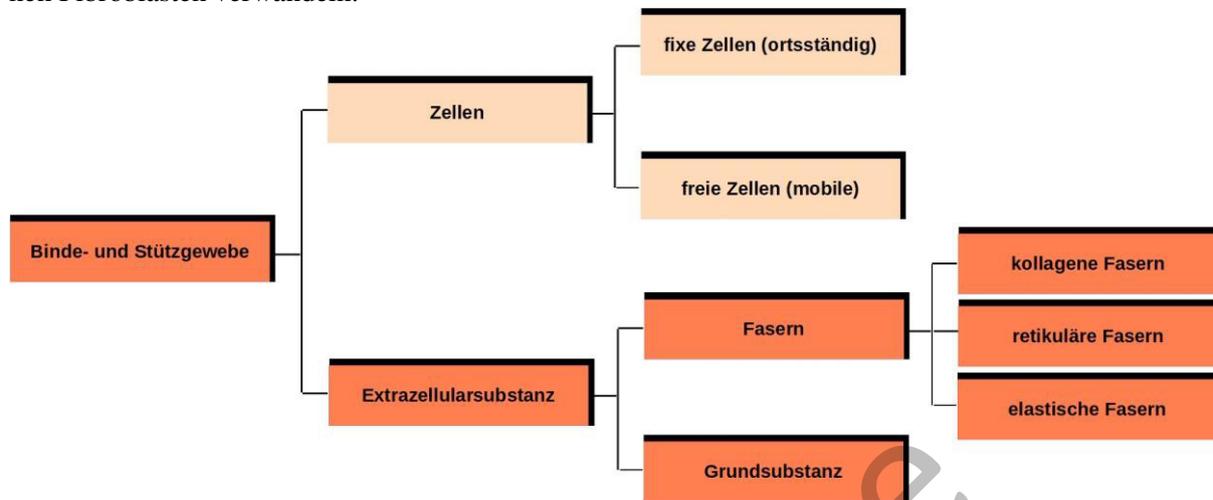


Abb. 4: Bestandteile des Bindegewebes

Quelle: Eigene Darstellung. Lizenz: CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

## Mobile Bindegewebszellen

Mobile Zellen sind besonders häufig im lockeren Bindegewebe, im blutbildenden Knochenmark und in den retikulären Geweben der Lymphorgane anzutreffen. Zu ihnen zählen:

- Makrophagen
- Monozyten
- Plasmazellen
- Lymphozyten
- Granulozyten
- Mastzellen<sup>4</sup>

## 2.2.2 Extrazellulärsubstanz

Manchmal wird die Extrazellulärsubstanz auch als Interzellularsubstanz oder extrazelluläre Matrix oder schlicht als *Matrix* bezeichnet. Sie setzt sich aus der Grundsubstanz und den Fasern zusammen.

### Grundsubstanz

Die amorphe Grundsubstanz wird von den Fibroblasten gebildet. Sie stellt eine kolloidale Lösung dar, d. h. die enthaltenen Stoffe sind in feinsten Verteilung gelöst. Überwiegend besteht sie aus Proteoglykanen. Proteoglykane bilden sich durch Bindung von Glykosaminoglykanen (GAG) an Proteinketten. Sie haben in etwa das Aussehen einer Flaschenbürste. Die GAG stellen dabei die Borsten dar, die an Kernproteine gebunden sind. Das ganze Konstrukt ist wiederum mit Hyaluronat assoziiert. Die charakteristische Form rührt von der starken negativen elektrischen Ladung der GAG her. Die Moleküle stoßen sich dabei gegenseitig ab und es entsteht eine gestreckte Form, die an eine Flaschenbürste erinnert (siehe Abb. 5).

<sup>4</sup> Mastzellen sind relativ große Zellen (Ø 20–30 µm), die eine Rolle bei der körpereigenen Abwehr spielen.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

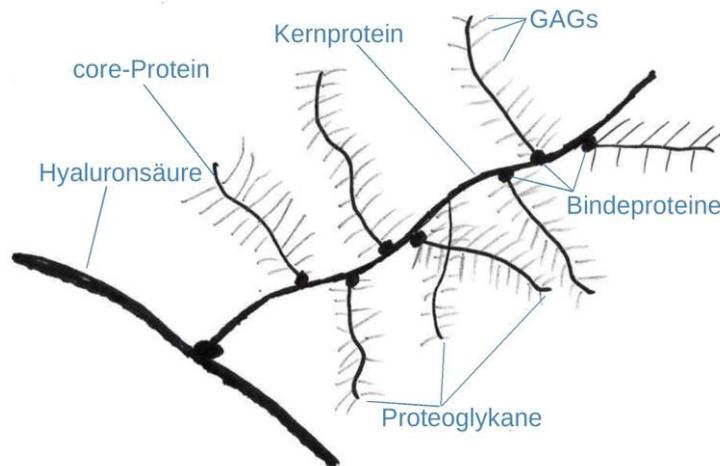


Abb. 5: Struktur der Proteoglykane

Quelle: Eigene Darstellung. Lizenz: CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Die negative Ladung der GAG ist auch dafür verantwortlich, dass in der Grundsubstanz eine hohe Wasserbindungsfähigkeit vorhanden ist. Dies verleiht ihr auch viskoelastische Fähigkeiten. Nach einer Belastung kann das Gewebe wieder zum Ausgangszustand zurückkehren. Das Wasser lässt ein reibungsfreies Gleiten der Kollagenfasern zu und dient darüber hinaus dem Transport von Nährstoffen und Stoffwechselabbauprodukten. Etwa 70 % des Gesamtwassers des menschlichen Körpers befindet sich in der Grundsubstanz, wohingegen sich lediglich 30 % in den Zellen befindet.

## Fasern

Aufgrund ihrer Eigenschaften unterscheidet man drei verschiedene Fasertypen in der Extrazellulärsubstanz: Die Kollagenfasern, die elastischen Fasern und die Retikulinfasern.

**Kollagenfasern** findet man nahezu überall im menschlichen Körper. Sie sind als weiße Verstärkungen in den Geweben sichtbar (z. B. die Marmorierung des Nackensteaks). Nach dem Wasser sind die Kollagenfasern mit 30 % das am zweithäufigsten vertretene Element des Bindegewebes. Im Zwischenzellraum bilden die Kollagenfasern Mikrofibrillen, die sich spiralförmig umeinander winden. Unter Zug drehen sich die Fasern zusammen und erhöhen dadurch ihre Festigkeit. Dabei erreichen sie Zugfestigkeitswerte, die die festesten Materialien, die wir kennen, übersteigen<sup>5</sup>.

**Retikulinfasern** stellen das Grundgerüst der lymphatischen Organe dar. Auch das Knochenmark wird vom retikulären Bindegewebe gebildet. Dabei versteift es die gitternetzartige Verbindung der Zellen untereinander. In den Zwischenräumen befinden sich Grundsubstanz und freie Zellen, welche den Austausch von Stoffen zwischen Gewebe und Lymph- oder Blutbahnen ermöglichen.

<sup>5</sup> Die Zugfestigkeit von Ligamenten beträgt bis zu 1 000 kg/m<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu hat Baustahl eine Zugfestigkeit von 300–600 kg/m<sup>2</sup>.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

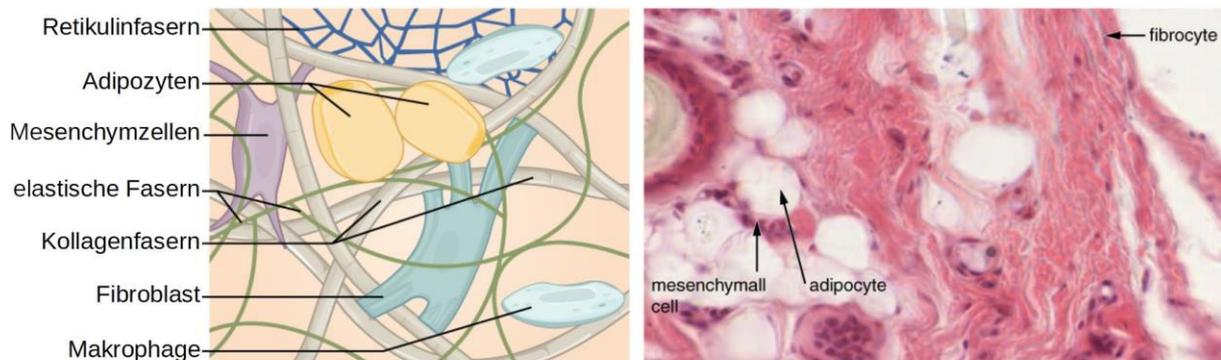


Abb. 6: Zellen und Fasern des Bindegewebes

Quelle: In Anlehnung an OpenStax College: *Anatomy & Physiology, Connexions*. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/4-3-connective-tissue-supports-and-protects> (Zugriff am: 09.05.2020). Lizenz: CC BY 3.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de>

**Elastische Fasern** kommen vor allem im lockeren Bindegewebe vor, in der Haut, in Form von elastischem Knorpel (z. B. Ohrknorpel) und in Sehnen und Ligamenten. Auch einige Ligamente der Wirbelsäule bestehen zum Großteil aus elastischen Fasern, so etwa das Ligamentum flavum, das Lig. nuchae oder das Lig. iliolumbale. Sie sind vom Elastin typischerweise gelblich gefärbt. In den Gefäßwänden haben sie einen Anteil von 50 %, wohingegen in der Haut oder in Sehnen lediglich 2–5 % in den Geweben vorhanden sind.

**Merke:** Bindegewebe besteht aus zellulären Bestandteilen, Fasern und Grundsubstanz. Kollagenfasern geben ihm eine enorme Zugfestigkeit, die sich unter mechanischer Beanspruchung verändert.

Das Bindegewebe der Sehnen und Bänder haben elastische Eigenschaften, die einer Spiralfeder ähneln. Dadurch ist es etwa möglich, dass ein Känguru weiter springen kann, als es seine Muskeln zulassen würden. Erst das Bindegewebe ermöglicht dem Körper und den Muskeln energieeffizient zu arbeiten.

## 2.2.3 Formen des Bindegewebes

Als **Mesenchym** bezeichnet man das Bindegewebe, das hauptsächlich während der Embryo- und Fetalzeit vorkommt. Aus ihm entwickeln sich die glatten Muskelzellen und die Bindegewebszellen. Eng verbunden mit dem Mesenchym ist auch das **Gallertgewebe**. Zusammen zählen sie zu dem **embryonalen Bindegewebe**. Gallertgewebe hat in den Zellzwischenräumen eine proteoglykanreiche Grundsubstanz und kommt in der Nabelschnur vor.

**Retikuläres Bindegewebe** besteht aus Retikulumzellen und Retikulinfasern (siehe 2.2.2). Retikulinzellen können dabei in eine Vielzahl spezialisierter Zellen differenzieren. So bilden fibroblastische Retikulinzellen die Retikulinfasern. Dendritische Zellen sind an der spezifischen Abwehr beteiligt und weitere Zellen haben die Fähigkeit, sich in Phagozyten oder Makrophagen umzuwandeln.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Eine Sonderform des retikulären Bindegewebes ist das **Fettgewebe**, welches ubiquitär im Körper vorkommt. Das Fett wird dabei im Zytoplasma der Adipozyten (Fettzellen) gespeichert und ist von Retikulinfasern umgeben.

Man kann weißes und braunes Fettgewebe unterscheiden. Weißes Fettgewebe teilt sich nochmals in Baufett, das z. B. im Nierenlager als Schutz des Organs vorliegt, und in Speicherfett zur Energiegewinnung und Isolation des Körpers.

**Faseriges Bindegewebe** kommt als lockeres faseriges BG ubiquitär im Körper vor. Es umhüllt Gefäße und Nerven, verbindet Organe und füllt Zwischenräume aus. Straffes faseriges BG hat nur wenige freie Zellen und ist besonders mechanisch widerstandsfähig. Es kommt z. B. in der Sklera, den Hüllen von Milz, Niere und Leber oder als Gelenkkapseln vor. Mit gerichteten Kollagenfasern ist es in den Sehnen und Bändern anzutreffen.

## 2.2.4 Formen des Stützgewebes

Zum Stützgewebe zählen der Knochen, der Knorpel, der Zahnzement und das Zahnbein.

**Hyaliner Knorpel** ist am häufigsten im Körper anzutreffen. Er verbindet z. B. die Rippen mit dem Brustbein, glättet Gelenkflächen, tritt an den Wachstumsfugen von Kindern auf und befindet sich in der Nase, dem Kehlkopf, der Trachea und den Bronchien.

**Elastischer Knorpel** enthält zusätzlich elastische Fasern, die dem Knorpel durch das Elastin eine gelbliche Färbung geben. Er befindet sich z. B. in der Ohrmuschel. Elastischer und hyaliner Knorpel können sich grundsätzlich nicht neu bilden.

**Faserknorpel** besteht aus relativ dicht aneinandergereihten Kollagenfasern. Er kommt in den Bandscheiben, den Menisken und in der Schambeinfuge vor.

Die Blutgefäße reichen nur bis zum Stratum fibrosum, der faserigen Bindegewebsschicht. Hierdurch wird Faserknorpel im Vergleich zu anderen Geweben nur wenig versorgt und regeneriert sich dadurch auch nur langsam. Es kommt jedoch vor, dass aufgrund pathologischer Veränderungen der Druckverhältnisse Gefäße in den Faserknorpel einwachsen können. Dies kann im Rahmen von Bandscheibenschäden geschehen. Es kommt zur sogenannten Angiogenese. Blutgefäße sprossen in die Bandscheibe ein, worauf durch Druck und Belastung diese Gefäße komprimiert werden. Zelltrümmer zerstören den Faserknorpel, der mehr und mehr durch Narbengewebe ersetzt wird.

|   |
|---|
| <b>Merke:</b> <b>Faserknorpel regeneriert aufgrund der schlechten Versorgung nur sehr langsam.<br/>Hyaliner und elastischer Knorpel regenerieren grundsätzlich nicht.</b> |
|---|

**Knochengewebe** entsteht aus dem Mesenchym und ist das häufigste Stützgewebe. Durch die Einlagerung anorganischer Materialien besteht die Gesamtsubstanz zu etwa 65 % aus Hydroxylapatit, Kalzium- und Magnesiumkarbonat. Hierdurch erhält der Knochen seine Festigkeit. 25 % des Knochens bestehen aus organischem Material und 10 % aus Wasser.

Nach einer Fraktur vermehren sich zunächst die Zellen des Periosts aus dem Zentralkanal und retikuläre Zellen des Knochenmarks. Es entsteht der bindegewebige Kallus. Im Anschluss entsteht ein faseriges Osteoid, welches durch Kalkeinlagerung aushärtet. Bei stark auseinanderklaffenden Bruchstellen bildet sich aus dem Kallus zunächst hyaliner Knorpel, der erst später durch Knochengewebe ersetzt wird (siehe

## Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Abb. 7). Eine Kallusbildung versucht man durch gute Fixation der frakturierten Knochenteile zu verhindern. Osteone können dann direkt in das gegenüberliegende Knochenende vordringen, ohne dass es zur Bildung eines Kallus kommt.

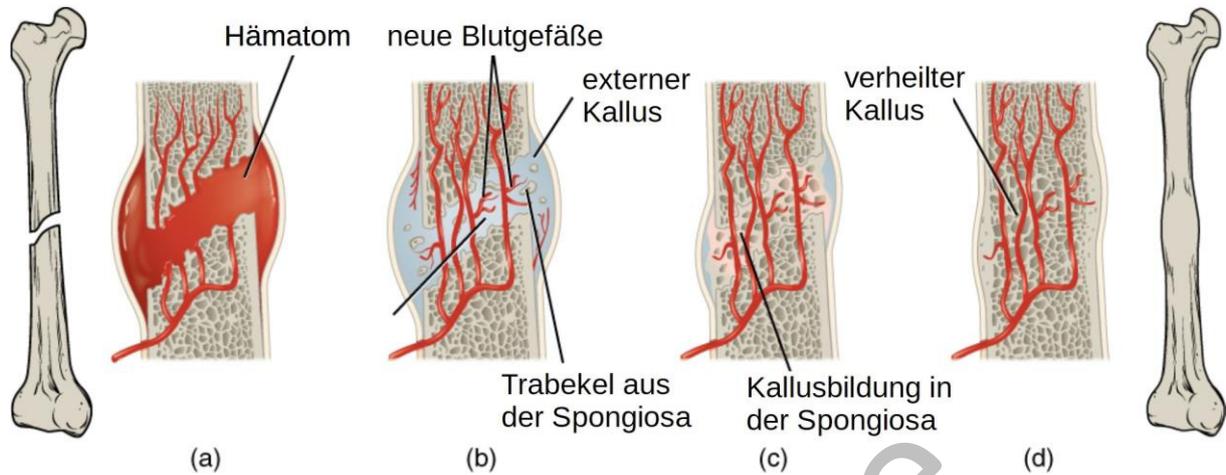


Abb. 7: Kallusbildung

Quelle: In Anlehnung an OpenStax College: *Anatomy & Physiology, Connexions*. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/6-5-fractures-bone-repair> (Zugriff am: 09.05.2020). Lizenz: CC BY 3.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de>

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Das nachfolgende Schaubild enthält zusammenfassend eine Übersicht der Binde- und Stützgewebe (siehe Abb. 8).

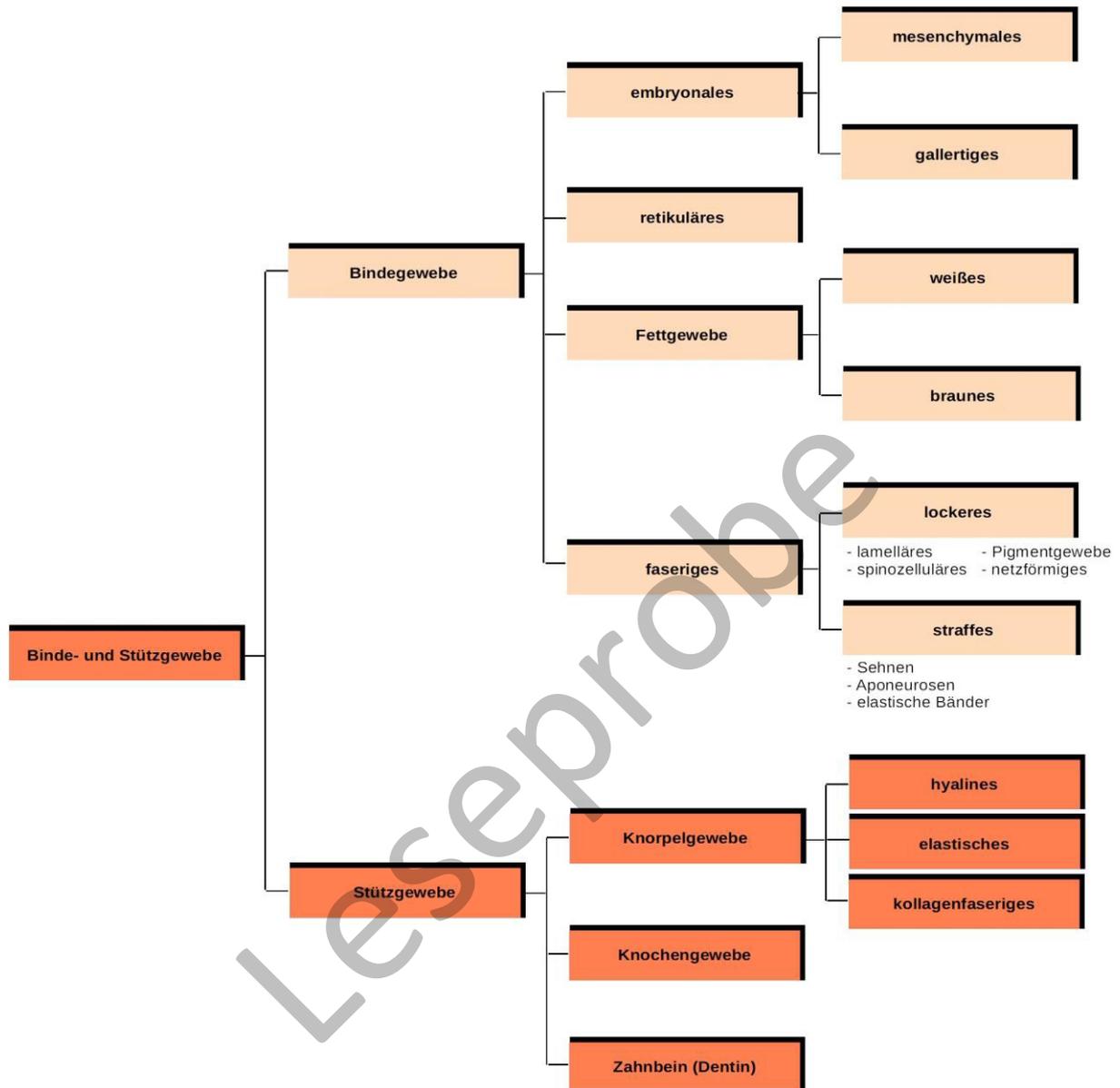


Abb. 8: Einteilung des Binde- und Stützgewebes

Quelle: Eigene Darstellung. Lizenz: CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## 2.3 Muskelgewebe

Muskelgewebe besitzt die Fähigkeit zur aktiven Kontraktion, was es von anderen Gewebearten unterscheidet. Eine Ausnahme bildet das Bindegewebe, welches aufgrund spezialisierter Myofibroblasten gewisse kontraktile Eigenschaften besitzt, wenngleich in viel geringerem Ausmaß als Muskeln (Schleip et al., 2019). Die kleinste Einheit eines Muskels bildet dessen Zelle, die Myofibrille. Sie stellt die Grundlage der Fähigkeit des Muskels dar, Arbeit zu verrichten. So werden die Zellbestandteile der Myofibrille auch anders benannt: Die Mitochondrien bezeichnet man als Sarkosome, die Membran als Sarkolemm, das Zytoplasma als Sarkoplasma und das endoplasmatische Retikulum als sarkoplasmatisches Retikulum.

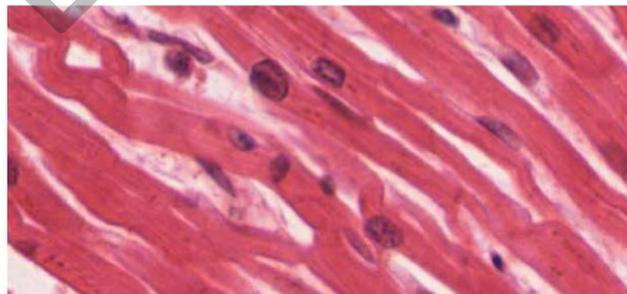
Es kann glattes von quergestreiftem Muskelgewebe unterschieden werden. Sie besitzen jeweils andere morphologische und funktionelle Eigenschaften (siehe Abb. 9).



(a)



(b)



(c)

Abb. 9: Muskelgewebe

Quelle: In Anlehnung an OpenStax College: *Anatomy & Physiology, Connexions*. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/4-4-muscle-tissue-and-motion> (Zugriff am: 28.05.2020). Lizenz: CC BY 3.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de>

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Der Skelettmuskel (siehe Abb. 9, a) besitzt ein unter dem Lichtmikroskop erkennbares, auffälliges Muster aus Querstreifen. Schwarz sind die Zellkerne zu erkennen. Dagegen besitzt die glatte Muskulatur (siehe Abb. 9, b) aufgrund der fehlenden geordneten Anordnung der Myofibrillen keine Streifung. Bei der Herzmuskulatur (siehe Abb. 9, c) ist wieder eine Querstreifung erkennbar.

## Weiterführende Lehrmaterialien

Video zur mikroskopischen Anatomie unterschiedlicher Muskelgewebe:

<http://openstax.org//musctissue>



### 2.3.1 Skelettmuskulatur

Die Skelettmuskulatur zählt zur quergestreiften Muskulatur. Folgende Strukturen können ihr zugeordnet werden:

- Muskeln des Bewegungsapparates
- Zwerchfell
- Beckenbodenmuskulatur
- mimische Muskulatur
- Muskeln der Zunge
- Schlundmuskulatur
- Muskeln des Kehlkopfs
- Muskeln der oberen Speiseröhre
- Muskeln des äußeren Auges (z. B. M. rectus superior)
- Muskeln des Mittelohrs
- Herzmuskulatur (wird im Gegensatz zu den anderen Strukturen vom vegetativen Nervensystem innerviert und besitzt nur einkernige Zellen, die Kardiomyozyten)

Die quergestreifte Muskulatur lässt sich mit Ausnahme des Herzens willkürlich über das somatische Nervensystem (SNS) ansteuern. Sie dient hauptsächlich der Willkürmotorik und der Stabilisierung des Knochenskeletts. Ihre Muskelzellen sind in der Lage, schnelle Folgen von Kontraktionen und Relaxationen durchzuführen.

Der Muskel ist aus mehreren Einzelfasern aufgebaut, die bindegewebig zu Funktionseinheiten zusammengeschlossen sind. Die Einzelfaser wiederum besteht aus der Verschmelzung mehrerer Myofibrillen, ist 10–100 µm dick und 1–12 mm lang. Durch die Verschmelzung mehrerer Einzelzellen entsteht ein sogenanntes Synzytium, eine mehrkernige Zelleinheit (siehe Abb. 9, a; Einzelheiten zum Bau und der Funktion der Skelettmuskulatur siehe Kapitel 3).

### 2.3.2 Glatte Muskulatur

Glatte Muskulatur dient hauptsächlich der Aufbringung einer konstanten Kontraktionskraft bzw. der langsamen Adaption von Spannungen. Im Magen-Darm-Trakt ist sie der Ursprung der Peristaltik und übt rhythmische Kontraktionen aus. Der Anteil der glatten Muskulatur am gesamten Körpergewicht beträgt lediglich ca. 1,5 %.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

Zu den Strukturen der glatten Muskulatur zählen:

- Muskulatur innerer Organe
- Muskeln in der Wand von Blutgefäßen
- Muskeln des inneren Auges (z. B. M. sphincter pupillae)
- Muskeln der behaarten Haut

Im Gegensatz zur quergestreiften Muskulatur liegt der Zellkern im Zentrum der Muskelzelle. Die Aktin- und Myosinfilamente, die kontraktile Einheiten der Muskelzelle, sind kreisförmig angeordnet. Im Gegensatz zur quergestreiften Muskulatur gibt es weder organisierte Myofibrillen noch Sarkomere. Die spezielle Anordnung der kontraktile Einheiten erlaubt den glatten Muskelzellen die Fähigkeit zu großen Dehnbelastungen.

Die Innervation der glatten Muskulatur erfolgt nur über das VNS. An ihrer Zelloberfläche enden postganglionäre Fasern des Sympathikus und Parasympathikus, welche über ein feines Netz aus Nervenfasern Neurotransmitter freisetzen und damit direkt Kontraktionen modifizieren.

## Hyperplasie glatter Muskelzellen in der Pubertät

Wie quergestreifte Muskelzellen können auch glatte Muskelzellen an Größe zunehmen (Hypertrophie). Glatte Muskulatur kann ebenso durch Zellteilung an Volumen zunehmen (Hyperplasie). Dies kann während der Pubertät bei jungen Frauen beobachtet werden. Korrespondierend zum Östrogenlevel werden dort mehr glatte Muskelzellen produziert, was zu einem Wachstum des Myometriums führt.

Im Rahmen dieses Studienheftes soll nur kurz auf die Physiologie der glatten Muskulatur eingegangen werden. Für weitere Informationen siehe nachfolgende Literaturempfehlung.

### Literaturempfehlung

Schmidt, R. F.; Lang, F. (Hrsg.) (2007). *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*.  
Kapitel 6.7, Bau, Funktion und Kontraktion der glatten Muskulatur.  
30. Aufl. Heidelberg: Springer Medizin. . S. 131 ff.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-32910-7>



1. Welche Arten von Geweben kennen Sie?
2. Nennen Sie die Keimblätter sowie die Gewebe, die sich daraus bilden!
3. Aus welchen Bestandteilen besteht das Stütz- und Bindegewebe?
4. Nennen Sie die Strukturen, die zur quergestreiften Muskulatur gezählt werden!
5. Wie unterscheiden sich der M. obliquus superior und der M. ciliaris hinsichtlich ihrer Morphologie?

Leseprobe

1. Epithelgewebe, Stütz- und Bindegewebe, Muskelgewebe, Nervengewebe
2. Ektoderm: Epidermis, Drüsen der Haut, einige Kopfknochen, Hypophyse, Nebennierenmark, Nervensystem, Mund zwischen Wange und Zahnfleisch, Anus  
  
Mesoderm: Bindegewebe, Knochen, Knorpel, Blut, Endothel der Blutgefäße, Muskeln, Synovialmembran, Nieren, Keimdrüsen  
  
Entoderm: Epithel des Darmrohrs außer Mund und Rektum, Bronchien, Lunge, Drüsen
3. Aus Zellen, die sich in fixe und mobile Zellen weiter unterteilen lassen. Außerdem aus Extrazellulärsubstanz, welche sich in Grundsubstanz und Fasern untergliedern lässt. Letztere werden unterteilt in kollagene, retikuläre und elastische Fasern.
4. Die Muskeln des Bewegungsapparats, das Zwerchfell, die Beckenbodenmuskulatur, die mimische Muskulatur und die Schlundmuskulatur, die Muskeln der oberen Speiseröhre, des äußeren Auges, des Mittelohrs und des Kehlkopfs. Außerdem kann noch die Herzmuskulatur zur quergestreiften Muskulatur gezählt werden.
5. Der M. obliquus superior zählt zu den äußeren Augenmuskeln, welche aus quergestreifter Muskulatur bestehen. Der M. ciliaris hingegen zählt zu den inneren Augenmuskeln und zur glatten Muskulatur. Quergestreifte Muskulatur setzt sich aus mehreren Myofibrillen zusammen, es entsteht eine mehrkernige Zelleinheit. Glatte Muskulatur hat diesen Aufbau nicht. Der Zellkern liegt im Zentrum der Zelle und die kontraktilen Einheiten sind kreisförmig angeordnet. Weiterhin können beide Muskelzellarten hinsichtlich der Innervation unterschieden werden. Quergestreifte Muskelzellen werden vom SNS innerviert, können also willkürlich angesteuert werden, während glatte Muskelzellen vom VNS unwillkürlich innerviert werden.
6. Das Endomysium umhüllt eine einzelne Muskelfaser, das Perimysium ein Muskelfaserbündel und das Epimysium den gesamten Skelettmuskel.
7. Bei einer Muskelkontraktion verkürzen sich unzählige Sarkomere bzw. deren Myofibrillen, die hintereinandergeschaltet sind. Die dünnen Aktinfilamente schieben sich dabei in die dickeren Myosinfilamente. Dabei verändert sich ihre Länge nicht (wie das Element eines Teleskopstabs). Die A-Bande bleibt konstant, während die I-Bande und die H-Zone verkürzen.
8. Aktivierte Nozizeptoren des Muskels beeinflussen höhere motorische Zentren. Diese hemmen den agonistisch arbeitenden Muskel, wenn dieser schmerzt. Nozizeptive Afferenzen können hemmende Interneurone aktivieren. Diese beeinflussen daraufhin die  $\alpha$ -Motoneurone.

# Theoretischer Hintergrund der Muskelphysiologie, Muskeltechnik und Untersuchungsschemata

## Literaturverzeichnis

Assenbrunner, C.; Aurnhammer, A.; Beyerlein, C.; Blumenstein, E.; Dennenmoser, S.; Diefenbach, E. (2018). *Physiotherapietechniken von A-Z*. Stuttgart: Thieme Verlag.

Betts, J. G.; Desaix, P.; Johnson, E.; Johnson, J. E.; Korol, O.; Kruse, D.; Poe, B.; Wise, J. A.; Womble, M.; Young, K. A. OpenStax (2013). *Anatomy and Physiology*. 1. Aufl. Houston: OpenStax.

Björnsdotter, M.; Morrison, I.; Olausson, H. (2010). *Feeling good: on the role of C fiber mediated touch in interoception*. *Experimental brain research* 207 (3–4), 149–155.

Böning, D.; Maassen, N.; Steinach, M. (2017). *The efficiency of muscular exercise*. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2017 (09), 203–214.

Borges, M. O.; Medeiros, D. M.; Minotto, B. B.; Lima, C. S. (2018). *Comparison between Static Stretching and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Hamstring Flexibility: Systematic Review and Meta-Analysis*. *European Journal of Physiotherapy* 20 (1), 12–19.

Brandl, A. (2020). *Einfluss eines myofaszialen Release an der Fascia thoracolumbalis und einer osteopathischen Behandlung bei lumbalen Rückenschmerzen auf die funktionelle Beinlängendifferenz. Eine placebokontrollierte randomisierte Studie*. Dresden: Dresden International University (Masterthesis).

Buchberger, B.; Janatzek, S.; Eikermann, M. (2018). *IGeL Monitor. Osteopathie bei unspezifischen Kreuzschmerzen*. URL: <https://www.igel-monitor.de/igel-a-z/igel/show/osteopathie-bei-unspezifischen-kreuzschmerzen.html> (Zugriff am: 17.3.2020).

Cerritelli, F.; Ginevri, L.; Messi, G.; Caprari, E.; di Vincenzo, M.; Renzetti, C.; Cozzolino, V.; Barlafante, G.; Foschi, N.; Provinciali, L. (2015). *Clinical effectiveness of osteopathic treatment in chronic migraine: 3-Armed randomized controlled trial*. *Complementary therapies in medicine* 23 (2), 149–156.

Franke, H. (2020). *Osteopathie zur Therapie bei unspezifischen Rückenschmerzen: Kritische Anmerkungen zu den Ergebnissen des IGeL-Monitors*. *Osteopathische Medizin* 21 (1), 29–33.

Garcia, A. N.; Costa, L. D. C. M.; Hancock, M. J.; de Souza, F. S.; de Oliveira Gomes, G. V. F.; de Almeida, M. O.; Costa, L. O. P. (2018). *McKenzie Method of Mechanical Diagnosis and Therapy was slightly more effective than placebo for pain, but not for disability, in patients with chronic non-specific low back pain: a randomised placebo controlled trial with short and longer term follow-up*. *British journal of sports medicine* 52 (9), 594–600.

Geri, T.; Viceconti, A.; Minacci, M.; Testa, M.; Rossetini, G. (2019). *Manual therapy: exploiting the role of human touch*. *Musculoskeletal Science and Practice* 44, 102044.

Hall, K.; Lewis, J.; Moore, A.; Ridehalgh, C. (2020). *Posterior shoulder tightness; an intersession reliability study of 3 clinical tests*. *Archives of Physiotherapy* 10 (1), 1–7.

Halliday, M. H.; Pappas, E.; Hancock, M. J.; Clare, H. A.; Pinto, R. Z.; Robertson, G.; Ferreira, P. H. (2016). *A randomized controlled trial comparing the McKenzie method to motor control exercises in people with chronic low back pain and a directional preference*. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 46 (7), 514–522.

Hodges, P. W.; van den Hoorn, W.; Wrigley, T. V.; Hinman, R. S.; Bowles, K.-A.; Cicuttini, F.; Wang, Y.; Bennell, K. (2016). *Increased duration of co-contraction of medial knee muscles is associated with greater progression of knee osteoarthritis*. *Manual Therapy* 21, 151–158.

# DIPLOMA

Private staatlich anerkannte Hochschule  
University of Applied Sciences

## DIPLOMA Hochschule

### Zentralverwaltung

Herminenstraße 17f  
31675 Bückeburg

Tel.: +49 (0)5722 28 69 97 32  
info@diploma.de  
[www.diploma.de](http://www.diploma.de)



Leseprobe



## Sie wollen mehr erfahren?

Unser aktuelles Studienangebot und weitere Informationen finden Sie auf [www.diploma.de](http://www.diploma.de) oder besuchen Sie uns zu einer persönlichen Studienberatung an einem DIPLOMA-Studienzentrum in Ihrer Nähe.