



Anatomie und Physiologie

Autor: Luca Osterloh MSc

Inhalt

Einleitung	8
1 Grundlagen von Anatomie und Physiologie	10
1.1 Einführung in Anatomie und Physiologie	10
1.2 Definition	11
1.3 Terminologie	11
1.4 Der Mensch – ein Wunder der Natur?	14
2 Zellbiologie und Gewebelehre	16
2.1 Zytologie	16
2.1.1 Zelle	16
2.1.2 Aufbau einer Zelle	18
2.1.3 Zellteilung	21
2.1.4 Proteinbiosynthese und Energiestoffwechsel	25
2.2 Histologie	29
2.2.1 Epithelgewebe	29
2.2.2 Binde- und Stützgewebe	32
2.2.3 Muskelgewebe	34
3 Bewegungsapparat	36
3.1 Skelett	36
3.2 Knochen	37
3.2.1 Röhrenknochen	38
3.2.2 Platte Knochen	39
3.2.3 Kurze Knochen	39
3.2.4 Irreguläre Knochen	39
3.2.5 Sesambeine	39
3.2.6 Knochen der oberen Extremitäten	40
3.2.7 Knochen der unteren Extremitäten	41
3.2.8 Regeneration von Knochen	42
3.3 Knochenverbindungen	44
3.3.1 Haften	44
3.3.2 Gelenke	46

3.4	Gelenke der oberen Extremitäten	48
3.4.1	Schultergelenk.....	48
3.4.2	Ellenbogengelenk.....	49
3.4.3	Handgelenk	49
3.5	Gelenke der unteren Extremitäten	49
3.5.1	Hüftgelenk	49
3.5.2	Kniegelenk.....	50
3.5.3	Sprunggelenk	51
3.6	Wirbelsäule	51
3.6.1	Typische Fehlstellungen.....	53
3.6.2	Wirbelkörper	54
3.6.3	Erster und zweiter Halswirbel	56
3.6.4	Bandscheiben.....	59
3.7	Brustkorb.....	62
3.7.1	Brustbein	64
3.7.2	Brustwirbelsäule	64
3.7.3	Rippenstrukturen	65
3.8	Schultergürtel	67
3.9	Muskeln.....	69
3.9.1	Aufbau und Funktion der Skelettmuskulatur.....	72
3.9.2	Feinstruktur der Myofibrille und des Sarkomers	76
	Kontraktionsmechanismen.....	77
3.9.3	Muskelfasertypen	80
3.10	Muskelgruppen.....	88
3.10.1	Oberkörper	88
3.10.2	Unterkörper	107
3.11	Nerven- und Muskelfunktion.....	121
3.11.1	Nervensystem	121
3.11.2	Übertragung von elektrischen Reizen	127
4	Organsysteme	134
4.1	Herz-Kreislauf-System	134
4.1.1	Herz.....	134
4.1.2	Blutkreislauf.....	136
4.1.3	Blutdruck	138
4.1.4	Herzfrequenz.....	140
4.2	Atemwege und Lunge / Atmungssystem	142

4.2.1	Obere Atemwege	143
4.2.2	Untere Atemwege	143
4.2.3	Atemmuskulatur	145
4.2.4	Atemmechanik und Sauerstoff-/Gasaustausch	146
4.2.5	Atemvolumen und Kapazität	147
4.3	Verdauungssystem	149
4.3.1	Verdauungstrakt	150
4.3.2	Unterstützende Verdauungsorgane	150
4.3.3	Mund und Speicheldrüsen	150
4.3.4	Rachen und Speiseröhre	150
4.3.5	Magen	152
4.3.6	Dünndarm	153
4.3.7	Dickdarm	154
4.3.8	Leber	155
4.3.9	Niere	157
4.3.10	Nährstoffaufnahme	159
4.4	Hormon- und Immunsystem	162
4.4.1	Testosteron	162
4.4.2	Wachstumshormon	164
4.4.3	Cortisol	165
4.4.4	Insulin	166
4.4.5	Stress und Regeneration durch Hormone	167
5	Anpassungsfähigkeit auf Reize und Belastung	169
5.1	Grundprinzipien der Anpassung	169
5.2	Mechanismen der Anpassung auf verschiedenen Ebenen	171
5.3	Anpassungen des Körpers im Überblick	173
5.4	Exkurs: Ursachen des Aufbau-Erfolgs	174
	Abbildungsverzeichnis	180
	Referenzen und Bibliografie	182

Einleitung

Inhalt, Ziel und Zweck

Der vorliegende Lehrbrief der GNBF Academy dient der fundierten Ausbildung von Fitnesscoaches. Der vorliegende Lehrbrief beschäftigt sich mit Anatomie und Physiologie des menschlichen Körpers. Ziel ist es, das Verständnis für körperliche *Strukturen und Prozesse* zu vertiefen und die wissenschaftliche Basis für die Entwicklung sicherer, effektiver und gesundheitsfördernder Trainingspläne zu schaffen. Die Inhalte sind praxisorientiert, ermöglichen jedoch auch eine präzise theoretische Auseinandersetzung mit den Strukturen und Funktionen des Körpers. Anatomie und Physiologie legen den Grundstein für ein tiefgehendes Verständnis der körperlichen Anpassungen an Training sowie der mechanischen, biochemischen und neuronalen Prozesse, die diese Anpassungen ermöglichen. Dieses Wissen ist notwendig, um zu verstehen, wie der menschliche Körper funktioniert und schafft die Basis für ein erfolgreiches Training und das Coachen von Menschen, die einen gesunden und leistungsfähigen Körper anstreben. Ziel ist es, Dich in diesem Bereich zu schulen und Dein Wissen zu fördern, damit auch Du die Gesundheit und das Leistungsniveau Deiner Klienten fördern kannst.

Aufbau des Moduls Anatomie und Physiologie

Der Inhalt dieses Lehrbriefs ist in mehrere Haupt- und Unterkategorien eingeteilt, sodass diese auch nach eigenem Wissensstand oder eigenen Prioritäten durchgearbeitet werden können. Dennoch ist der Inhalt so strukturiert, dass ein Durcharbeiten der einzelnen Themen in der hier verwendeten Reihenfolge empfehlenswert ist. Dadurch können komplexe Prozesse im Körper schrittweise erarbeitet werden. Die Kapitel folgen einer logischen Reihenfolge, beginnend mit den grundlegenden Aspekten der Anatomie und der Physiologie, um zunächst ein solides Fundament zu legen. Auf diesen Grundlagen aufbauend, vertiefen die weiteren Abschnitte spezielle Themen wie Zytologie und Histologie, die Bewegungsapparate und ihre Verbindungen, gefolgt von den Muskeln und dem

1 Grundlagen von Anatomie und Physiologie

Was Dich in diesem Kapitel erwartet:

1. Basis-Wissen über Anatomie und Physiologie
2. Unterscheidung und Zusammenwirken von Anatomie und Physiologie
3. Heranführung an Begrifflichkeiten zur Orientierung am/im Körper

1.1 Einführung in Anatomie und Physiologie

Anatomie und Physiologie bilden die wissenschaftlichen Grundpfeiler bezüglich des menschlichen Körpers und sind essenziell für ein fundiertes Wissen im Bereich Fitness und Gesundheit. Die **Anatomie** befasst sich mit dem Aufbau und den Strukturen des Körpers. Die **Physiologie** beschäftigt sich mit den Funktionsweisen dieser Strukturen und beschreibt, wie der Körper unter verschiedenen Bedingungen reagiert und funktioniert. Für Dich als Fitnesscoach ist dieses Wissen von großer Bedeutung, da es Dir zum einen das Verständnis vermittelt, dass jeder interne oder externe Einfluss eine bestimmte Reaktion mit sich bringt. Zum anderen ermöglicht dieses Wissen auch, Trainingsprogramme zu entwickeln, die auf der korrekten Funktion und der spezifischen Reaktionsweise des Körpers auf verschiedene Belastungen basieren. Ein grundlegendes Verständnis dieser Themen erlaubt es Dir, individuelle Leistungsniveaus und Bedürfnisse Deiner Klienten besser einzuschätzen und sicherzustellen, dass die geplanten Übungen gesundheitsfördernd und risikoarm gestaltet sind. Zudem trägt ein fundiertes Wissen über Anatomie und Physiologie dazu bei, das Auftreten von Überlastungsverletzungen oder Fehlhaltungen zu erkennen, zu vermeiden und zu behandeln, was Dir ein nachhaltiges Coachen Deiner Klienten ermöglicht.

2 Zellbiologie und Gewebelehre

Was Dich in diesem Kapitel erwartet:

1. Die Zelle als kleinste Einheit des Lebens
2. Zellteilung: Mitose oder Meiose?
3. Biosynthese von Proteinen: Transkription und Translation
4. Gewebe: Ansammlung von Zellen
5. Binde-, Stütz- und Muskelgewebe

Die Zellbiologie (**Zytologie**) befasst sich mit der Zelle als kleinster funktioneller Einheit des Lebens. Jede Zelle ist von einer Membran umgeben, die Stoffe gezielt aufnehmen oder abgeben kann. Diese Fähigkeit soll die Zelle schützen und ihre Funktion sichern. Im Kontext des Trainings spielen Zellprozesse wie der **Energie-stoffwechsel** und die **Proteinbiosynthese** eine wichtige Rolle, da sie für die Energieversorgung und den Aufbau von Muskelproteinen verantwortlich sind.

Die Gewebelehre (**Histologie**) betrachtet die verschiedenen Zelltypen und die Gewebe, die sie bilden. Zu den Hauptgewebearten zählen das **Epithelgewebe**, das den Körper und seine inneren Hohlräume auskleidet und eine Schutzfunktion übernimmt. Das **Binde-** und **Stützgewebe** bietet strukturelle Unterstützung in Form von Knochen und Knorpeln und verleiht dem Körper Stabilität. Weitere Hauptgewebearten sind das **Muskelgewebe**, das für Dich hier mit am interessantesten sein wird und für Bewegung und Kraftübertragung verantwortlich ist, sowie das **Nervengewebe**, das elektrische Impulse übertragen kann und das somit die Steuerung des Körpers erst ermöglicht.

2.1 Zytologie

2.1.1 Zelle

Die Zelle ist die grundlegende Einheit des Lebens und bildet das Fundament aller biologischen Strukturen und Funktionen. Sie ist die kleinste sich selbst erhaltende, strukturell abgrenzbare und sich fortpflanzende Einheit, also die Grundeinheit

3 Bewegungsapparat

Was Dich in diesem Kapitel erwartet:

1. Das Skelett und eine Übersicht über die Knochen
2. Knochenverbindungen, Gelenke und wesentliche Körperregionen
3. Wissenswertes über Muskeln und ein Überblick über Muskelgruppen
4. Die Verbindung von Nerven und Muskeln

Der sogenannte Bewegungsapparat des menschlichen Körpers ist ein komplexes System aus Knochen, Gelenken und Muskeln, das die Grundlage für Bewegungen, Stabilität und Körperhaltung bildet. Er besteht aus dem *passiven* (Knochen, Gelenke und Knorpel) und dem *aktiven Bewegungsapparat* (Muskeln, Sehnen und Bändern). In diesem Abschnitt konzentrieren wir uns auf die Struktur und Funktion der Knochen und Gelenke, ihre Gelenktypen und die Regenerationsmechanismen und anschließend auf das Herzstück: die Muskeln.

3.1 Skelett

Das Skelett wird in das axiale und das appendikuläre Skelett eingeteilt – dies dient einer ersten Einteilung und leichten Kommunikation in der Medizin.

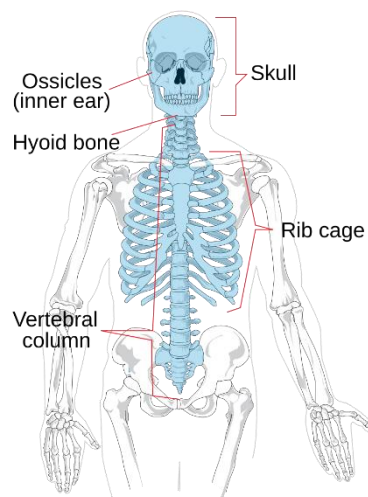


Abbildung 12: Axiales Skelett

By LadyofHats Mariana Ruiz Villarreal - i did it myself, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1521979>

3.9 Muskeln

Was Dich in diesem Unter-Kapitel erwartet:

1. Muskeln bestehen aus Fasern, und nicht aus Zellen?
2. Unterschiedliche Arten von Muskelgewebe
3. Skelettmuskeln: Aufbau und Funktion
4. Power im kleinen Maßstab: Aktin und Myosin als Kraftproduzenten
5. Verschiedene Typen von Muskelfasern
6. Training, Regeneration und Superkompensation

Nun hast Du das menschliche Grundgerüst kennengelernt. Im Folgenden gehen wir der für Dich vermutlich spannendsten Frage nach: Was sind Muskeln, wie funktionieren diese und wie wirkt sich Training auf sie aus? Dafür beginnen wir mit der Struktur und Funktion der Muskeln und den Arten von Muskelgewebe. Anschließend gehen wir auf den Kontraktionsmechanismus ein und auf die Auswirkung von Belastung, bevor es dann zu den einzelnen Muskeln geht.

Struktur und Funktion

Zurück zur kleinsten funktionellen Einheit des Menschen, der Zelle. Muskelzellen (*Muskelfasern*) sind langgestreckte, vielkernige Zellen, die zahlreiche *Myofibrillen* enthalten. Diese Myofibrillen sind in funktionelle Abschnitte, die sogenannten *Sarkomere*, unterteilt. Sie sind die kontraktile Grundeinheit des Muskels. Ein Skelettmuskel ist von einer bindegewebigen Hülle, dem *Epimysium*, umgeben, das in die *Muskelfaszie* übergeht. Im Inneren besteht der Muskel aus mehreren *Muskelfaserbündeln*, die jeweils vom *Perimysium* umgeben sind. Jedes Bündel enthält zahlreiche Muskelfasern, die ihrerseits von einer feinen Bindegewebsschicht, dem *Endomysium*, umhüllt werden.

3.10 Muskelgruppen

Was Dich in diesem Unter-Kapitel erwartet:

1. Ein Überblick über wichtige Muskeln des menschlichen Körpers
2. Eine kurze Beschreibung der Funktion dieser Muskeln
3. Die Darstellung, wo sich diese Muskeln befinden und wie sie verlaufen

3.10.1 Oberkörper

3.10.1.1 Nackenmuskulatur

Kopfwendemuskel - Musculus sternocleidomastoideus

Der Kopfwendemuskel findet seinen Ursprung am Brustbein und Schlüsselbein, sein Ansatz befindet sich am Warzenfortsatz des Schläfenbeins. Seine Aufgabe ist die Seitwärtsneigung und Drehung des Kopfes, sowie die Beugung des Kopfes nach vorne. Im Bodybuilding findet dieser Muskel seine Aufgabe in der Optik eines kräftigen Nackens. Trainierbar ist dieser Muskel grundlegend mit beispielsweise Nackenstrecken mit Widerstand, in der Regel wird hierfür jedoch kein separates Training benötigt, um einen guten Look zu ermöglichen.

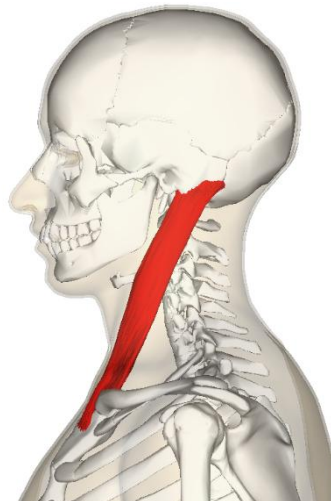


Abbildung 37: Kopfwendemuskel (Musculus sternocleidomastoideus)

By Anatomography - Anatomography (setting page of this image.), CC BY-SA 2.1 jp,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22018787>

3.11 Nerven- und Muskelfunktion

Was Dich in diesem Unter-Kapitel erwartet:

1. Vorstellung des zentralen und peripheren Nervensystems
2. Erregungsübertragung, Neuronen und Gliazellen
3. Reflexe und Sensomotorik
4. Nervensystem und Leistungssteigerung

Das Nervensystem spielt eine entscheidende Rolle in der Steuerung von Muskelfunktionen, der motorischen Kontrolle und der Verarbeitung sensorischer Informationen. Es ermöglicht die Anpassung an Belastungen, steuert Reflexe und gewährleistet eine optimale Bewegungskoordination. Insbesondere im Sport und Training ist ein tiefes Verständnis dieser Mechanismen essenziell, um Leistung zu optimieren und Verletzungen zu vermeiden.

3.11.1 Nervensystem

Das Nervengewebe ist verantwortlich für die Signalübertragung und Kommunikation im Körper. Es besteht aus spezialisierten Zellen, die elektrische und chemische Signale leiten, und bildet das zentrale Nervensystem (ZNS) sowie das periphere Nervensystem (PNS).

3.11.1.1 Zentrales Nervensystem

Das ZNS besteht aus zwei Hauptbestandteilen: Dem Gehirn, der Steuerzentrale für bewusste und unbewusste Prozesse (z. B. Bewegung, Denken, Emotionen) und dem Rückenmark, dem Vermittler zwischen Gehirn und peripherem Nervensystem/Reflexzentrum. Die Aufgabe des ZNS ist die Verarbeitung und Integration sensorischer Informationen und der daraus folgenden Steuerung motorischer Befehle an die Muskulatur, sowie die Regulation vegetativer Funktionen (z. B. Atmung, Herzfrequenz). Durch Training kann zum einen die Neuroplastizität erhöht werden, denn regelmäßiges Training verbessert die Anpassungsfähigkeit des Gehirns, steigert die neuronale Effizienz und fördert das motorische Lernen. Zum anderen steigern sich die kognitiven Prozesse: Koordinationsübungen, und komplexe Bewegungen (z. B. Tanz, Sportspiele) fördern die Gehirnaktivität.

4 Organsysteme

Was Dich in diesem Kapitel erwartet:

1. Beschreibung von Herz und Kreislauf
2. Beschreibung von Lunge und Atemwegen
3. Verdauungstrakt und unterstützende Verdauungsorgane
4. Aufnahme unterschiedlicher Nährstoffe

4.1 Herz-Kreislauf-System

Das Herz-Kreislauf-System ist verantwortlich für den Transport von Blut, Nährstoffen, Sauerstoff und Abfallstoffen im Körper. Es besteht aus dem Herzen und dem Blutkreislauf und umfasst Prozesse wie die Regulierung des Blutdrucks und der Herzfrequenz, die an die Bedürfnisse des Körpers angepasst werden.

4.1.1 Herz

Das Herz ist ein kegelförmiges, muskulöses Hohlorgan, das aus vier Kammern besteht: dem rechten Vorhof (Atrium dextrum), dem linken Vorhof (Atrium sinistrum), der rechten Herzkammer (Ventriculus dexter) und der linken Herzkammer (Ventriculus sinister). Es spielt die zentrale Rolle im Blutkreislauf, indem es das Blut kontinuierlich durch den Körper pumpt. Dadurch wird der Transport von Sauerstoff und Nährstoffen zu den Zellen sowie der Abtransport von Kohlendioxid und Stoffwechselprodukten sichergestellt. Die Größe und das Gewicht des Herzens variieren je nach Körpergröße, Geschlecht und Trainingszustand. Das durchschnittliche Volumen liegt bei ca. 650 bis 800 ml, bei Sportlern bis zu 900 ml. Die Masse ist stark abhängig von der Person, lässt sich jedoch wie folgt grob kategorisieren:

- Neugeborene: Etwa 20 g
- Untrainierte Erwachsene: Etwa 300 g
- Trainierte Personen: Bis zu ca. 500 g

Bei Überschreiten der kritischen Herzmasse von mehr als 500 g kann die ausreichende Durchblutung des Herzmuskels gefährdet sein.

4.4 Hormon- und Immunsystem

Was Dich in diesem Unter-Kapitel erwartet:

1. Testosteron: Proteinsynthese für Aufbau und Reparatur
2. Wachstumshormon: Muskelwachstum, Fettverbrennung, Regeneration
3. Das Stress-Hormon Cortisol
4. Insulin als Blutzucker-Regulator
5. Hormonausschüttung und Immunsystem

Hormon- und Immunsystem sind der Schlüssel zu Gesundheit und Leistung im Natural Bodybuilding. Sie bilden die Grundlage zahlreicher physiologischer Prozesse: Sie regulieren Stoffwechsel, Wachstum, Anpassung an Training sowie die Regeneration. Im Natural Bodybuilding ist ein tiefes Verständnis der hormonellen Steuerung essenziell, um den Muskelaufbau zu maximieren und die Regeneration zu fördern, während gleichzeitig gesundheitliche Risiken minimiert werden.

Hormone sind chemische Botenstoffe, die von Drüsen oder spezialisierten Zellen produziert werden und ihre Wirkung auf die Zielzellen über den Blutkreislauf entfalten. Sie beeinflussen nahezu alle körperlichen Funktionen und sind von Training, Ernährung und Lebensstil abhängig.

4.4.1 Testosteron

Männer produzieren Testosteron hauptsächlich in den Leydig-Zellen der Hoden (ca. 95 %), den Rest in der Nebennierenrinde. Bei Frauen wird eine geringere Menge in den Eierstöcken (ca. 25 %), der Nebennierenrinde (ca. 25 %) und durch Umwandlung von Vorstufen (ca. 50 %) generiert. Testosteron fördert die Proteinsynthese für Muskelaufbau und -reparatur. Es verbessert die Knochendichte und ist verantwortlich für die Libido und das allgemeine Energieniveau eines Athleten. Es unterstützt die Fettverbrennung und den sogenannten „Drive“ in Alltag und Training und wirkt der Fettanlagerung gegenüber hemmend.

5 Anpassungsfähigkeit auf Reize und Belastung

Was Dich in diesem Kapitel erwartet:

1. Darstellung des Zusammenspiels von Reiz (Training) und Reaktion (Regeneration und Superkompensation)
2. strukturelle und funktionelle Veränderungen in der Muskulatur
3. körperliche Anpassungen im Überblick
4. eine Darstellungs-Methode zur Gedanken-Strukturierung, angewendet auf Belastung, Regeneration und Superkompensation

5.1 Grundprinzipien der Anpassung

Reizsetzung (Belastung): Jede Anpassung beginnt mit einem überschwelligen Trainingsreiz, der die aktuelle Belastungskapazität des Körpers übersteigt. Der Reiz kann aus mechanischer Belastung (z.B. Widerstandstraining), metabolischem Stress (z.B. Intervalltraining) oder neuro-muskulärer Aktivierung (z.B. plyometrisches Training) bestehen.

Beispiel: Krafttraining setzt mechanische Reize, die Mikrotraumata¹³ in den Muskelfasern verursachen, während Ausdauertraining die mitochondriale Kapazität herausfordert. Die Reaktion des Körpers: Er reagiert sofort auf die Belastung durch Aktivierung verschiedener Systeme.

- **Muskulatur:** Mikrotraumata in den Muskelfasern initiieren Reparaturmechanismen.
- **Herz-Kreislauf-System:** Steigerung der Herzfrequenz und des Herzzeitvolumens, um Sauerstoff und Nährstoffe bereitzustellen.
- **Hormonsystem:** Ausschüttung von Testosteron, Wachstumshormon und Cortisol, um die Energiebereitstellung und Anpassung zu fördern. Diese unmittelbare Reaktion wird als *akute Anpassung* bezeichnet.

¹³ mikroskopisch kleine Verletzungen der Muskelfasern