

www.sport-training.de

Sportwissenschaftliche Skripte



Sportmedizin 1

im Grundstudium

Zusammengestellt von

Michael Fröhlich und Markus Klein

Saarbrücken

2002

Sportmedizin 1

Inhalt

1	ZELLENLEHRE (CYTOLOGIE)	7
1.1	LIPIDDOPPELSCHICHT	8
1.2	DIFFUSION UND OSMOSE.....	8
1.3	CYTOPLASMA.....	9
1.3.1	<i>Mitochondrien</i>	9
1.3.2	<i>Endoplasmatisches Retikulum (ER)</i>	9
1.3.3	<i>Lysosomen</i>	9
1.3.4	<i>Golgi-Apparat</i>	9
1.3.5	<i>Ribosomen</i>	10
1.3.6	<i>Zentralkörperchen (Zentrosom)</i>	10
1.4	ZELLKERN (NUCLEUS)	10
2	GEWEBE	12
2.1	EPITHELGEWEBE	12
2.1.1	<i>Funktion:</i>	12
2.1.2	<i>Einschichtiges Epithelgewebe</i>	12
2.1.3	<i>Mehrschichtiges Epithelgewebe</i>	12
2.1.4	<i>Differenzierung der Epitheloberfläche</i>	12
2.2	STÜTZ- UND BINDEGEWEBE	13
2.2.1	<i>Bindegewebe</i>	13
2.2.2	<i>Fettgewebe</i>	13
2.2.3	<i>Knorpelgewebe</i>	13
2.3	MUSKULATUR.....	14
2.3.1	<i>Unterschiedliche Skelettmuskelfaser:</i>	15
2.3.2	<i>Muskelformen</i>	15
2.4	NERV	15
2.4.1	<i>Aufbau</i>	15
2.4.2	<i>Erregungsvorgang</i>	16
2.5	KNOCHEN	16
2.5.1	<i>Form</i>	17
3	GELENKE	18
3.1	GELENKAUFBAU	18

3.2	GELENKARTEN.....	18
3.3	GELENKVERLETZUNGEN UND -ERKRANKUNGEN	19
4	HERZ-KREISLAUF-SYSTEM (ANATOMIE) - CARDIO-PULMONALES-SYSTEM	20
4.1	GEFÄßE.....	20
4.1.1	<i>Arterien, Arteriolen.....</i>	20
4.1.2	<i>Venen, Venolen.....</i>	20
4.1.3	<i>Kapillare.....</i>	20
4.1.4	<i>Arterio-venöse Anastomosen.....</i>	20
4.2	HERZ.....	21
4.3	KÖRPERKREISLAUF (VGL. FALLER 1988, 197 FF)	21
4.3.1	<i>Arterien.....</i>	21
4.3.2	<i>Venen.....</i>	22
4.3.3	<i>Blutkreislauf.....</i>	23
4.3.4	<i>Lymphkreislauf.....</i>	24
5	HERZPHYSIOLOGIE	25
5.1	BLUTDRUCK.....	27
5.1.1	<i>Blutdruckamplitude.....</i>	27
5.1.2	<i>Messung des Blutdrucks (RR):.....</i>	27
5.2	TRAININGSEFFEKTE	27
6	BLUT	29
6.1	BLUTKÖRPERCHEN.....	30
6.1.1	<i>Erythrozyten (rote Blutkörperchen).....</i>	30
6.1.2	<i>Leukozyten (weiße Blutkörperchen).....</i>	30
6.1.3	<i>Abwehrfunktion des Blutes.....</i>	31
6.1.4	<i>Immunisierung.....</i>	32
6.1.5	<i>Thrombozyten (Blutplättchen).....</i>	32
6.1.6	<i>Blutstillung.....</i>	32
6.2	BLUTPLASMA.....	33
6.3	BLUTSERUM.....	33
6.4	BLUTGRUPPEN	34
6.4.1	<i>Rhesusfaktor.....</i>	34

7	DAS VERDAUUNGSSYSTEM.....	35
7.1	MUNDVERDAUUNG	35
7.2	SPEISERÖHRE	36
7.3	MAGEN	36
7.3.1	<i>Makroskopische Anatomie</i>	36
7.3.2	<i>Regulation der Sekretion</i>	38
7.4	DÜNNDARM	38
7.5	LEBER	39
7.6	DICKDARM (INTESTINUM CRASSUM, COLON ODER GRIMMDARM).....	40
8	DAS NERVENSYSTEM.....	41
8.1	ZENTRALES NERVENSYSTEM	41
8.2	PERIPHERES NERVENSYSTEM.....	41
8.2.1	<i>Synapse</i>	42
8.3	VEGETATIVES NERVENSYSTEM.....	42
8.3.1	<i>Sympathikus</i>	42
8.3.2	<i>Parasympathikus</i>	43
8.4	REFLEX	43
9	DAS GEHIRN.....	44
9.1	HIRNSTAMM.....	44
9.2	KLEINHIRN (CEREBELLUM).....	44
9.3	ZWISCHENHIRN	44
9.4	GROßHIRN	44
9.4.1	<i>Impulsleitung von der Großhirnrinde</i>	44
10	STOFFWECHSEL.....	45
10.1.1	<i>Anabolismus (Baustoffwechsel)</i>	45
10.2	KATABOLISMUS (BETRIEBSSTOFFWECHSEL)	45
10.2.1	<i>Kohlenhydrate</i>	46
10.2.2	<i>Fett</i>	46
11	ENERGIEGEWINNUNG	47
11.1	ANAEROB	47
11.2	AEROB.....	47
12	DRÜSEN UND HORMONE	49

12.1	HIRNANHANGDRÜSE (HYPOPHYSE)	49
12.1.1	<i>Hypothalamus</i>	49
12.1.2	<i>Hypophysenhinterlappen</i>	50
12.2	SCHILDDRÜSE	50
12.3	NEBENSCHILDDRÜSE	50
12.4	NEBENNIEREN	51
12.4.1	<i>Nebennierenrinde</i>	51
12.4.2	<i>Nebennierenmark</i>	52
12.5	BAUCHSPEICHELDRÜSE	52
12.6	KEIMDRÜSEN (GONADEN)	53
12.7	THYMUSDRÜSE	55
13	BELASTBARKEIT VON KINDERN UND JUGENDLICHEN	56
13.1	MAXIMALE SAUERSTOFFAUFNAHME (VO ₂ MAX.)	56
13.2	KOORDINATION	56
13.3	FLEXIBILITÄT	56
13.4	AUSDAUER	56
13.5	KRAFT	56
13.5.1	<i>Krafttraining im Kindesalter</i>	57
13.6	HERZFREQUENZ.....	57
13.7	STOFFWECHSEL	57
13.7.1	<i>Anaerob- laktazider Bereich</i>	57
13.7.2	<i>Anaerob- alaktazider Bereich</i>	57
13.8	AUFGABEN UND INHALTE DES SCHULSPORTS	57
13.8.1	<i>Thema „Schulsportbefreiung“</i>	58
14	BEGRIFFE	59
15	TESTFRAGEN.....	65

1 Zellenlehre (Cytologie)

Die Zellenlehre besagt, dass alle Lebewesen aus Zellen und ihren Produkten aufgebaut sind:

- alle Zellen stimmen in den Grundzügen ihres Baus überein
- die Leistungen der Lebewesen sind das Ergebnis der Leistungen ihrer Zellen
- Zellen entstehen nur aus bereits vorhandenen Zellen

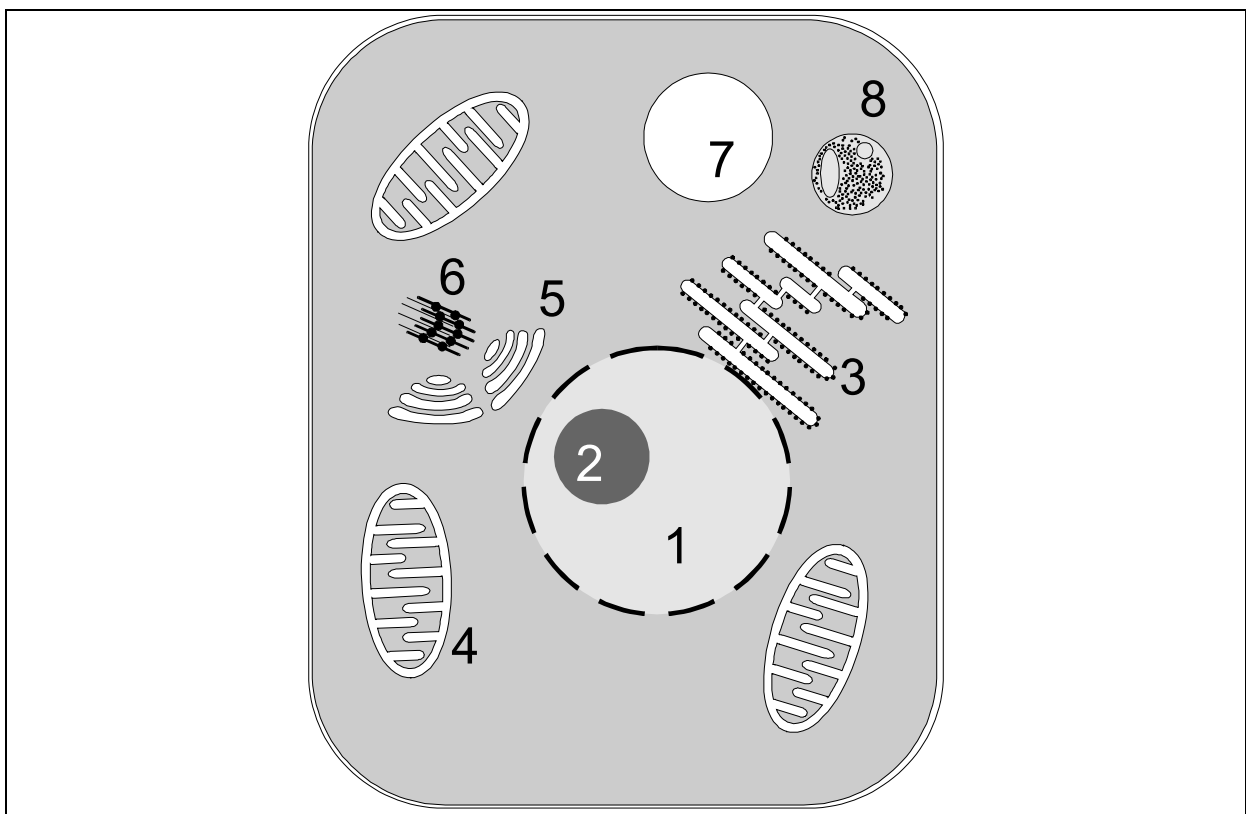


Abb. 1: Aufbau einer Zelle. 1) Zellkern, 2) Nucleolus, 3) mit Ribosomen besetztes (rauhes) endoplasmatisches Retikulum, 4) Mitochondrium, 5) Lamellensystem des Golgi-Feldes, 6) Zentrosom, 7) große Vakuole, 8) Lysosom

Definition: Die Zelle oder der Protoplast ist ein Bezirk kernhaltigen Cytoplasmas, der immer von einer Zellmembran (Plasmalemma), bei Pflanzen zusätzlich von einer Zellwand, umschlossen ist, einzeln oder im Verband vorkommt und Strukturen verschiedener Art einschließt.

Kennzeichen des Lebendigen:

- Fortpflanzung gekoppelt mit Vermehrung und Vererbung
- Stoff- und Energiewechsel
- Reizbarkeit und Eigenbewegung

Zelle = kleinster Baustein des Lebens, kleinste lebende Einheit

Gewebe = mehrere Zellen mit gleicher Funktion

Organ = mehrere verschiedene Gewebe

Organismus = viele Organe

Zellmembran

1.1 Lipiddoppelschicht

- Eiweißkörper
- Permeabel für bestimmte Stoffe
- Rezeptoren (Schlüssel-Schloß-Prinzip)

Stoffaustausch zwischen intra- und extrazellulärem Raum

- aktiv durch Rezeptoren, die auf der Zellmembran lokalisiert sind, membranständige Rezeptoren
- passiv mit Hilfe eines Konzentrationsgefälles

1.2 Diffusion und Osmose

Diffusion und Osmose sind passive Transportvorgänge ohne Energiezufuhr.

Diffusion:

Sehr kleine Moleküle können zwischen den Membranmolekülen hindurchtreten und durch Diffusion ausgetauscht werden. Die durch die Eigenbewegung der Teilchen herbeigeführte Durchmischung bezeichnet man als Diffusion. Sie tritt dort auf, wo ein Konzentrationsgefälle herrscht.

Osmose:

Eine Diffusion durch eine semipermeable Membran heißt Osmose. Sie ist zu beobachten, wenn eine wäßrige Lösung hoher Konzentration (z.B. Zuckerlösung) durch eine Membran von Wasser getrennt ist und die Membranporen für Wasser leicht, für größere Moleküle dagegen nicht durchlässig ist = semipermeable Membran.

Die Konzentration der Wassermoleküle ist auf der einen Seite mit reinem Wasser größer als auf der der Zuckerlösung. Es diffundieren mehr Wasserteilchen in die Lösung, um das Konzentrationsgefälle auszugleichen. Durch das Einfließen des Wassers entsteht ein zunehmender Überdruck bis endlich gleichviel Wasser ein wie ausströmt. Man bezeichnet dies als osmotischen Druck. Er steigt mit der Konzentration der gelösten Teilchen. Wenn im Inneren einer Zelle die Konzentration der gelösten Stoffe höher ist als in ihrer Umgebung und die Zellmembran näherungsweise als semipermeabel angesehen werden darf, dringt durch Osmose fortgesetzt Wasser in das Zellinnere.

1.3 Cytoplasma

Das Zellplasma ist der Lebensstoff, es besteht aus 75 % Wasser und 25 % Eiweiß, Lipoiden, Kohlenhydraten und Salzen. Zellorganellen sind Bestandteile des Zellplasmas:

1.3.1 Mitochondrien

Besitzen eine Doppelmembran; Kraftwerke des menschlichen Organismus, ellipsenförmig bis 10 µm lang, innere Membran ist faltenförmig, schlauchförmig oder unregelmäßig eingestülpt: schlauchförmig - tubulärer Typ

septenartig - cristal Typ

sackartig - sakkulärer Typ

Einstülpungen vergrößern die Oberfläche der Membran, so dass an ihr mehr Reaktionen ablaufen können. ATP entsteht in den Mitochondrien.

Innere Membran gibt Leisten ins Zellinnere ab; Mitochondrien besitzen viele Enzyme, die die Fettoxidation, den Citratzyklus und die Atmungskette katalysieren; Nebenfunktion ist die Calciumspeicherung. Die Enzyme sitzen auf diesen Leisten. In den Mitochondrien entsteht die meiste Energie des menschlichen Organismus in Form von ATP. Herzmuskel und rote Muskelfasern besitzen sehr viele Mitochondrien. In den Mitochondrien laufen ausschließlich aerobe Prozesse ab. ATP entsteht aus organischen Molekülen, deren Energie die Zelle nicht freizusetzen vermag, was dann in Form von ATP möglich ist. Ausdauertraining beeinflusst die Zahl und Größe der Mitochondrien in positiver Weise.

1.3.2 Endoplasmatisches Retikulum (ER)

Kanalsystem, welches die gesamte Zelle durchzieht; glatt, keine Granula; rau, mit Granula (Ribosomen); Funktion der Hormon und Eiweißsynthese. Kann in bestimmten Zystemen Calcium speichern - wichtig für die Muskelkontraktion. Hauptteil des Calciums im ER. ER in der Muskelzelle heißt Sarkoplasmatisches Retikulum (SR). Das sarkoplasmatische Retikulum des Skelettmuskels ist sehr viel stärker ausgebildet als das SR des Herzmuskels, der Herzmuskel braucht Calcium von außen.

1.3.3 Lysosomen

Werden aus dem ER gebildet und stellen bläschenförmige Gebilde dar. Enthalten Enzyme, die Stoffe abbauen (Hydrolasen). Verdauungssystem der Zelle - wenn in der Zelle etwas abstirbt, gelangt es in die Lysosomen. Aus ihnen gehen die Verdauungsvakuolen hervor. Stirbt die Zelle, löst sich die Lysosommembran auf und die freiwerdenden Enzyme verdauen die Zellstruktur - Autolyse (Selbstauflösung der Zelle). Intrazelluläres Verdauungssystem.

1.3.4 Golgi-Apparat

Netzförmiges Gebilde in Zellkernnähe, ist am Aufbau der Zellmembran beteiligt. Umfaßt die Gesamtheit mehrerer Stapel von schlüsselförmigen, membranbegrenzten Räumen, die am

Ende Bläschen abschnüren (Golgi Vesikel) und sich ihrerseits am ER-Säckchen bilden. Abgabe und Bildung von Sekreten, sowie Produktion von Lysosomen.

1.3.5 Ribosomen

Körnchen, die an der Außenfläche der Lamellen des ER sitzen. Können auch vereinzelt oder in Gruppen im Cytoplasma liegen. Enthalten Ribonukleoproteine. Ort der Eiweißbildung.

1.3.6 Zentralkörperchen (Zentrosom)

Spielen bei der Zellteilung und Bildung von Flimmerhaaren eine Rolle. Haben mit den Bewegungsvorgängen im Cytoplasma zu tun.

1.4 Zellkern (Nucleus)

Umgeben von der Kernmembran mit Kernporen, die den Durchtritt von Makromolekülen erlauben \Rightarrow Austausch zwischen Cytoplasma und Kerninhalt. Ist Steuerzentrum für die Stoffwechselfvorgänge in der Zelle. Enthält kleinere Kerne (Nucleoline), die meist aus Ribonukleinsäure = RNS bestehen. Enthält Chromatingerüst (Chromosomen). Chromatin besteht vor allem aus Desoxyribonukleinsäure = DNS und Proteinen. Bei der Zellteilung wird das Chromatin zusammengezogen und bildet die Chromosomen. Die DNS der Chromosomen enthält die Erbinformation. Es gibt insgesamt 23 Chromosomenpaare - 46 Chromosomen. Diploider Chromosomensatz bis auf reife Geschlechtszellen, die haploid sind, da Meiose erfolgt ist - 23 Chromosomen. 22 Autosomenpaare - 1 Geschlechtschromosomenpaar, bestimmt ob männlich oder weiblich. Frau XX; Mann XY. Chromosomentests bei Sportveranstaltungen (Haarzellentest, Blutabstrich); Muskelbildung ist anhängig vom Geschlechtszellenpaar.

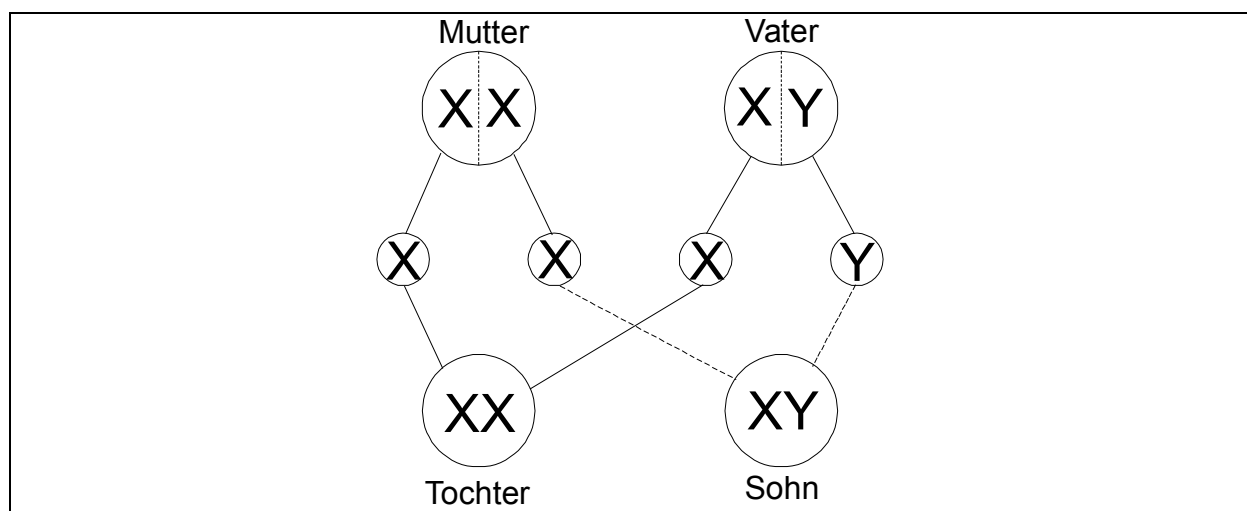


Abb. 2: Einfache Darstellung der Geschlechtsbestimmung durch die Geschlechtschromosomen (aus Faller 1988, 15)

Mutation = Veränderung des Erbgutes, auch durch Strahlen möglich, beim Menschen meist negative Auswirkungen.

Chromosomenstörung durch: Medikamente, Alkohol, Drogen, Nikotin und Schwermetalle.

Die Vermehrung der Körperzellen erfolgt durch MITOSE (Pro-, Meta-, Ana-, Telophase).

Prophase = Knäuelstadium (Anschwellen des Kerns durch Wasseraufnahme, Zentralkörperchen teilt sich, Kernmembran löst sich auf, Kernkörperchen verschwindet)

Metaphase = Muttersternstadium (Diplosomen gehen in Polstellung, Ausbildung eines Spindelapparates, der Chromosomen in Äquatorialebene anordnet)

Anaphase = Tochtersternstadium (längsgespaltene Chromosome wandern zu den Polen)

Telophase = Abschlussstadium (Abschluss der Polwanderung, Spindelapparat verschwindet, Zytoplasma beginnt sich durchzuschnüren)

Es folgt eine *Rekonstruktionsphase*, wobei sich in beiden Tochterzellen erneut Arbeitskerne bilden, in denen keine Kernschleifen mehr unterschieden werden können.

Die Zellteilung der Heterosomen erfolgt durch Meiose (Reduktionsteilung). Hierbei entstehen durch die Verschmelzung von Zellen mit haploiden Chromosomensätzen (Samen- und Eizelle) Zellen mit diploidem Chromosomensatz (befruchtete Eizelle)

2 Gewebe

Gewebe = Zellverbände aus Zellen gleicher Gestalt und Leistung

2.1 Epithelgewebe

Dazu gehören die Haut, die obere Schicht der Schleimhaut als abschließende Hülle, und die Hüllen um Blut- und Lymphgefäße. Kleiden die Körperhöhlen und die Hohlorgane aus (Luft-, Harn-, Geschlechtswege, Darmrohr, Blutgefäße). Jedes Organ hat sein bestimmtes Epithelgewebe. Eine Sonderform der Deckgewebszellen sind die Drüsenzellen. Die Lebensdauer der Epithelzellen ist gering. Sie sterben ab und werden sofort wieder ersetzt (physiologische, vollkommene Regeneration). Epithelgewebe der Haut wird auch Epidermis genannt. Epithelgewebe, das die Blutgefäße auskleidet und somit dem Blut am nächsten liegt, nennt man Endothel.

2.1.1 Funktion:

- Schutz - Epidermis der Haut
- Stoffabgabe (Sekretion) - Drüsen
- Stoffaufnahme (Resorption) - Epithel der Darmzotten
- Reizaufnahme - Sinneszellen

2.1.2 Einschichtiges Epithelgewebe

- Plattenepithel (Blut- und Lymphgefäße);
- Pflasterepithel (Bauchfell)
- Zylinderepithel (Darmepithel)
- Kubisches Epithel (Sammelröhre der Nieren)

2.1.3 Mehrschichtiges Epithelgewebe

Typisch für Gewebe, dessen Zellen kurzlebig sind und nach dem Tode aus dem Verband ausgestoßen werden (z.B. Nasenschleimhaut). Zellen werden nach oben hin immer flacher, nur bei Wirbeltieren, Bindegewebe ernährt Epithelgewebe, mehrschichtiges Zylinderepithel, mehrschichtiges Plattenepithel (verhornt).

2.1.4 Differenzierung der Epitheloberfläche

Flimmerepithel (geißel- oder cilienbesetzt) dienen dazu, Inhaltsstoffe in Hohlräumen fortzubewegen, Flimmerhärchen in Richtung Körperausgang (Bronchien, Eileiter, Samenröhre). Bürstensäume (Nieren) und Stäbchensäume (Dünndarm) vergrößern als cytoplasmatische

Fortsätze (Mikrovilli) die Oberfläche resorbierender Zellen um ein Vielfaches. Ausstülpungen, schützende Schicht aus dichterem Zellplasma (Crusta).

2.2 Stütz- und Bindegewebe

2.2.1 Bindegewebe

Bindegewebe dient zur Stützung des Körpers, zur Verbindung von Organen und zur Ausfüllung von Zwischenräumen: Binfunktion, Stoffwechselfunktion, Wasserhaushalt, Wundheilung, Abwehr, Zwischenzellsubstanz, Gerüstsubstanz, Sehnen aus Kollagen und elastischem Bindegewebe.

2.2.2 Fettgewebe

Funktionen sind Wärmeschutz durch Isolationsfett, Energiegewinnung (Speicherung im Bauchraum), Abpolsterung (Po, Handteller, Fußsohle, Gesäß).

Männer ca. 15 %, Frauen ca. 25 %.

Binde und Stützgewebe bilden eine Einheit. Frauen haben mehr Fettgewebe, daher ist die Muskulatur bei Männern besser sichtbar. Nimmt mit steigendem Alter zu.

2.2.3 Knorpelgewebe

Alle Gelenke sind mit Knorpel überzogen. Knorpelgewebe besitzt keine Blutgefäße, Knorpelhaut dagegen besitzt Blutgefäße. Ernährung geschieht durch Osmose, wächst sehr schlecht nach - Vermeiden von Übungen, die Knorpelschäden hervorrufen (tiefe Kniebeuge), geringer Stoffwechsel (bradytroph), in Gelenken hyaliner Knorpel, befindet sich an der Gelenkoberfläche und an inneren Organen z.B. Kehlkopf, Knorpel dient der Knochenbildung.

- Hyaliner Knorpel - Rippenknorpel, Gelenkknorpel
- Elastischer Knorpel - Ohr
- Faserknorpel - Zwischenwirbelscheiben, Menisken

2.3 Muskulatur

<i>Quergestreifte Skelettmuskulatur</i>	<i>Herzmuskulatur</i>	<i>Glatte Muskulatur</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Lange, quergestreifte Fasern mit zahlreichen, randständigen Zellkernen • Arbeitet rasch, an keinen Rhythmus gebunden und ist willkürlich ansteuerbar • Nervenimpuls des zerebrospinalen Nervensystems überträgt sich über motorische Endplatte auf Muskelzelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeigt Eigentümlichkeiten sowohl der glatten als auch der quergestreiften Muskulatur • Nahezu synzytialer Aufbau, jedoch mit zentralen Zellkernen und Glanzstreifen (Zellgrenzen) • Arbeitet rasch, rhythmisch und autonom • Erregung breitet sich auf alle Muskelzellen aus 	<ul style="list-style-type: none"> • Muskelschicht der Hohlorgane und Gefäße • Spindelförmige Zellen mit zentral gelegenem Zellkern • Arbeitet langsam, rhythmisch und unwillkürlich • Peristaltische Bewegungen • Steuerung durch vegetatives Nervensystem

Grundbaustein der quergestreiften Muskelfaser ist das Sarkomer (siehe Abb. 3). Es besteht hauptsächlich aus den parallel angeordneten, ineinandergreifenden Aktin- und Myosinfilamenten. Die Myosinfilamente liegen dabei zentral im Sarkomer, die Aktinfilamente sind an den Rändern und setzen an den Z-Scheiben an. (Nach derzeitigem Kenntnisstand scheint eine mikrotraumatische Schädigung der Z-Scheiben eine Ursache des Muskelkaters zu sein)

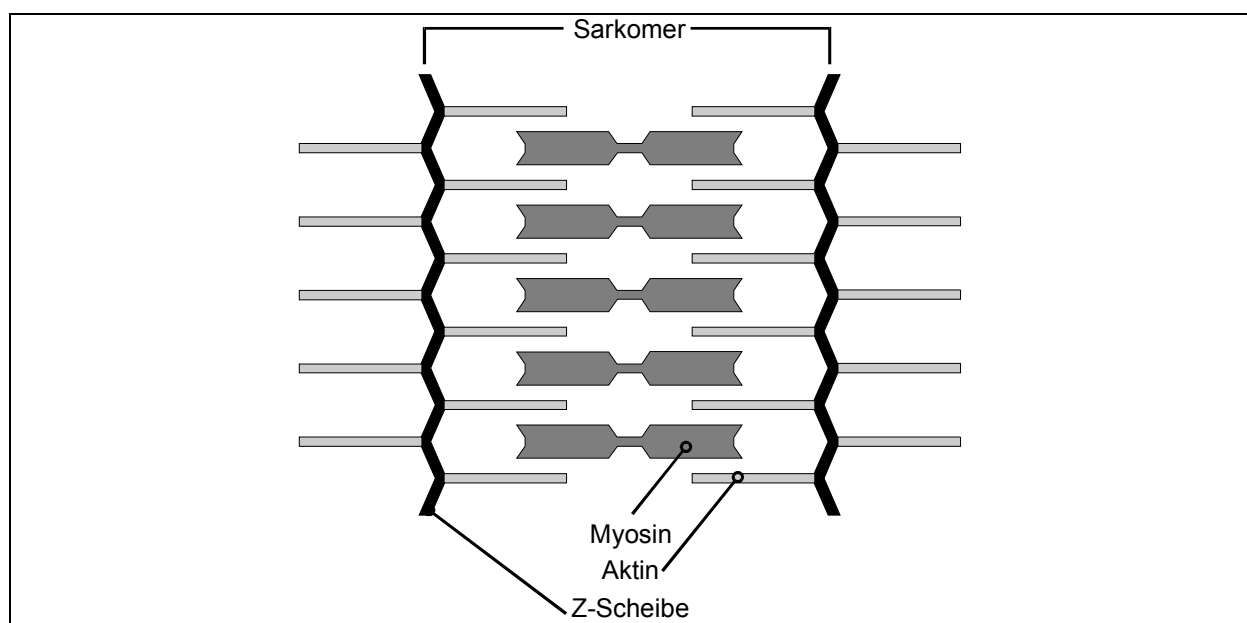


Abb. 3: vereinfachte schematische Darstellung eines Sarkomers

2.3.1 Unterschiedliche Skelettmuskelfaser:

- slow twitch - langsame Kontraktion (rote Muskelfaser, Typ I), aerober Stoffwechsel
- fast twitch - schnelle Kontraktion (weiße Muskelfaser, Typ II a und b), anaerober Stoffwechsel.

2.3.2 Muskelformen

- einfachgefindert
- zweifachgefindert
- spindelförmig

2.4 Nerv

2.4.1 Aufbau

Ein Neuron besteht aus Nervenzellen und Fortsätzen. Die kurzen Fortsätze nennt man Dendriten, sie empfangen die Erregungen anderer Nervenzellen. Den langen Fortsatz nennt man Neurit, er leitet die Erregung weg von der Zelle (efferent, afferent). Nervenzellen befinden sich in der „grauen Substanz“ vom Rückenmark. Synapsen sind Berührungsstellen, an denen Nervenimpulse von einem Neuron zum anderen oder von einem Neuron zu einem Erfolgsorgan überspringen.

Untergegangene Nervenfasern sind nicht mehr regenerierbar. Nervenstränge können sich jedoch wieder regenerieren. Dient der Erregungsleitung und Reizverarbeitung (NS). Reizleitung erfolgt über periphere Nerven:

- afferent - zum Zentrum, aufsteigend, sensibel
- efferent - zur Peripherie, absteigend, motorisch

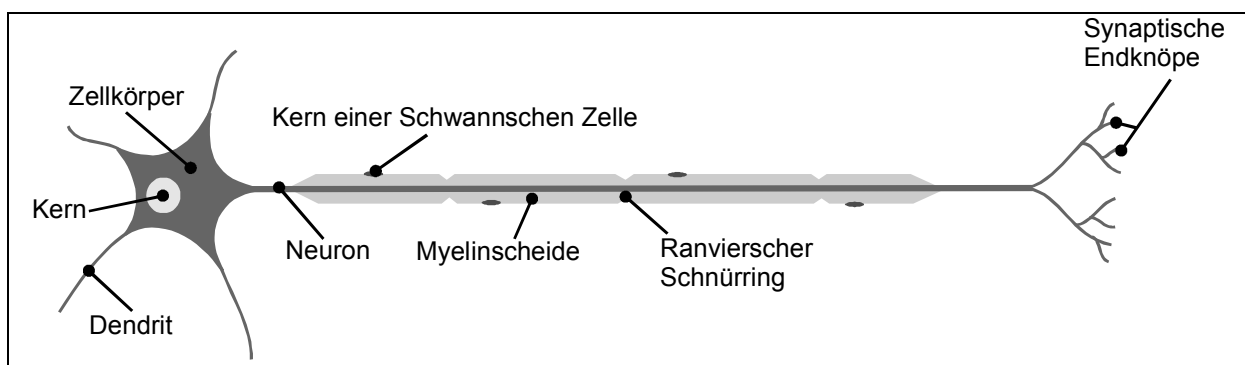


Abb. 4: Schematischer Aufbau einer Nervenzelle (mot. Neuron)

2.4.2 Erregungsvorgang

Die Erregung beruht auf elektrischen Vorgängen. Voraussetzung ist das Vorhandensein einer Potentialdifferenz innerhalb und außerhalb der Zellmembran. Dies wird durch unterschiedliche Ionenkonzentrationen (in der Regel. K^+ , Na^+ , Cl^- sowie verschiedene großmolekulare Anionen A^-) ermöglicht. Aufgrund der unterschiedlichen Durchlässigkeit der Membran gegenüber den verschiedenen Ionen (in Ruhe für K^+ -Ionen durchlässig, für Na^+ -Ionen nicht) ist in Ruhe die Zelloberfläche gegenüber dem Zellinnern positiv geladen.

Da die Aufrechterhaltung des *Ruhepotentials* (ca. $-70mV$ beim Axon, ca. $80mV$ bei der Muskelfaser) an die Präsenz von Sauerstoff gebunden ist, nimmt man energieverbrauchende Prozesse (Ionenpumpen in der Zellwand) an, die dieses Ruhepotential erhalten

Bei der *Erregung* kommt es nun zur *Depolarisation* des Ruhemembranpotentials. Diese Depolarisation tritt jedoch erst bei Überschreiten eines bestimmten Schwellenwertes auf (ca. $-50mV$). Der Vorgang der Depolarisation wird als Aktionspotential bezeichnet und pflanzt sich über benachbarte Membranbezirke fort.

2.5 Knochen

Knochengrundsubstanz beim Erwachsenen ist 1/3 organisch und 2/3 anorganisch (Mineralsalze). Bindegewebsfasern sorgen für Biegefestigkeit. Knochen ist gefäßreich und daher gut regenerierbar. Bindegewebsknochen, Knochen der aus Bindegewebe hervorging. Ersatzknochen, knorpelig, umgebildet.

Diaphyse: Mittelstück des Röhrenknochens

Epiphyse: Kopfstück des Röhrenknochens

Epiphysenfuge: Längenwachstum, wird hormonell gesteuert, besteht aus Knorpel und Knochen.

Osteoplasten: knochenbildende Zellen (Breitenwachstum)

Osteozyten: sobald die Osteoblasten allseitig von der Knochengrundsubstanz umschlossen sind, nennt man sie Osteozyten

Osteoklasten: mehrkernige, knochenabbauende Zellen

Apophysen: Knochenfortsätze, hier setzen Sehnen an, z.B. an Oberschenkelknochen, Dornfortsätze am Wirbel, sind in der Wachstumsphase noch Knorpel.

Periost: Knochenhaut (nervenreich, schmerzempfindlich).

Knochenmark: Blutbildendes Organ, besonders rote Blutkörperchen.

Knochenbildung ist ständigem Auf- und Abbau unterworfen. Abbau ist notwendig, da nicht ständig Knochensubstanz angelagert werden kann. Durch die permanenten Auf-, Um- und Abbauprozesse behält der Knochen seine ihm eigentümliche Form

2.5.1 Form

- platte Knochen - Schulterblatt,
- kurze Knochen - Wirbel, I
- lange Knochen - Röhrenknochen, Oberarmknochen

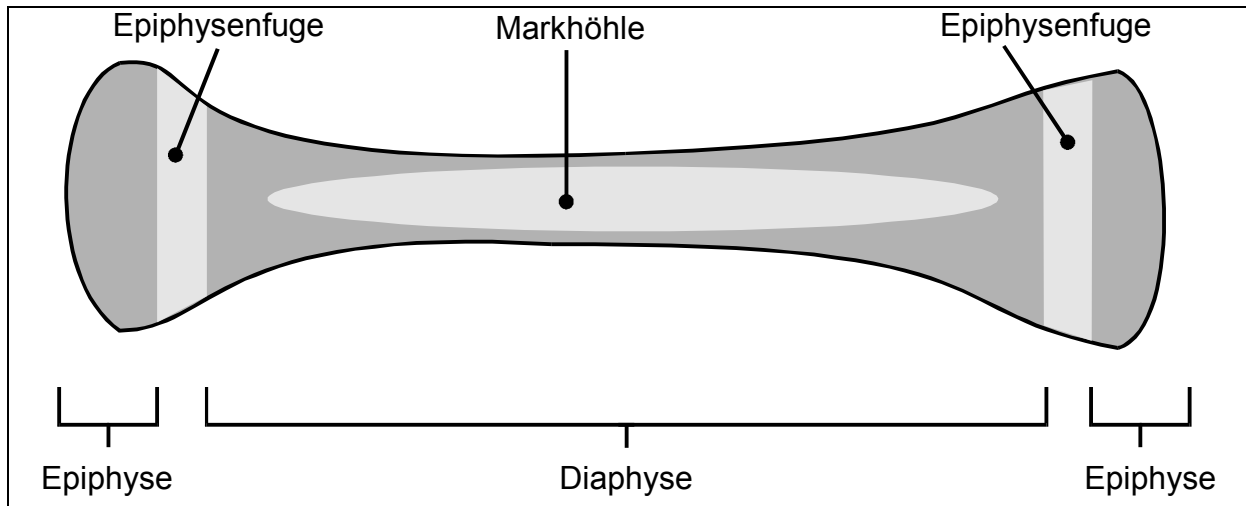


Abb. 5: schematischer Aufbau eines Röhrenknochens

3 Gelenke

3.1 Gelenkaufbau

Der Gelenkkörper besteht aus dem Gelenkkopf und der Gelenkpfanne, beide sind mit einer hyalinen Knorpelschicht überzogen. Zwischen Kopf und Pfanne liegt ein Gelenkspalt. Die Gelenkkapsel, bestehend aus Bindegewebe, schließt das Gelenk nach außen hin ab. Die innere Schicht der Kapsel (Synovialhaut) sondert die Gelenkschmiere ab. Sie vermindert Reibung von Kopf und Pfanne. Die Beweglichkeit des Gelenks hängt von der Art des Gelenkes ab und von seiner Führung:

- Knochenführung - z.B. Hüftgelenk
- Bänderführung - z.B. Kniegelenk
- Muskelführung - z.B. Schultergelenk

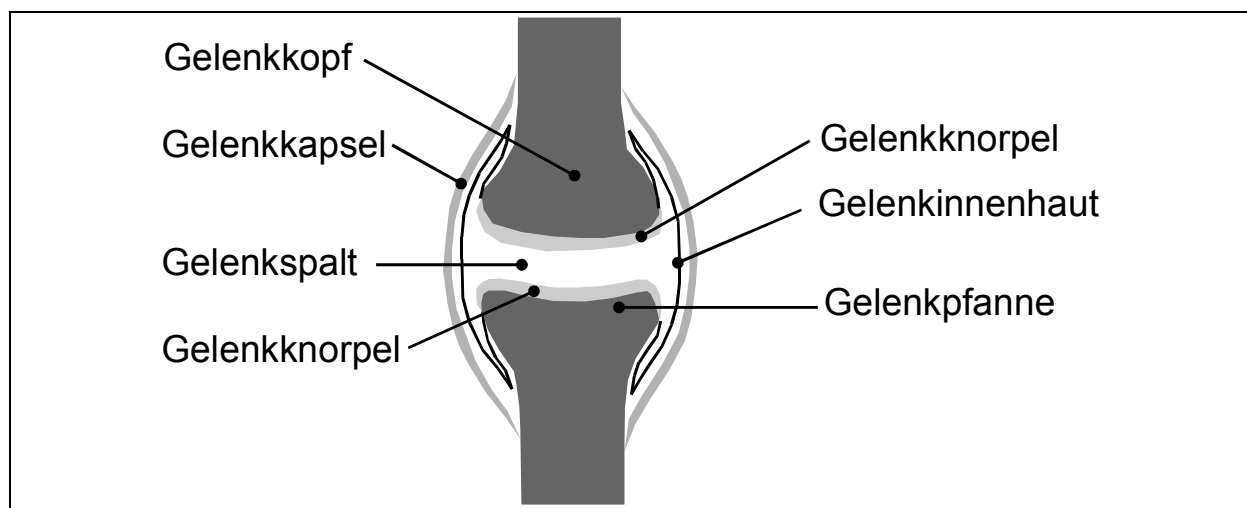


Abb. 6: schematischer Aufbau eines Gelenkes

3.2 Gelenkarten

- Kugelgelenk - Hüft- und Schultergelenk; Bewegung um drei Achsen möglich
- Sattelgelenk - Daumengrundgelenk; Bewegung um zwei Achsen möglich
- Schaniergelenk - Ellbogengelenk; Bewegung um eine Achse möglich
- Zapfengelenk - 1. Und 2. Halswirbel (Atlas und Axis); Bewegung um eine Achse möglich

3.3 Gelenkverletzungen und -erkrankungen

Distorsion = Verstauchung

Luxation = Verrenkung (Häufigkeit: 50 % aller Luxationen betreffen das Schultergelenk, 25 % das Ellbogengelenk, nur sehr selten das Hüftgelenk)

Arthritis = entzündliche Gelenkveränderung

Arthrose = Gelenkverschleißerkrankung

4 Herz-Kreislauf-System (Anatomie) - Cardio-Pulmonales-System

4.1 Gefäße

Funktion: Stoffaustausch, Leitungsfunktion

Der Stoffaustausch erfolgt nur in den *Kapillaren*! Die Leitungsfunktion wird verwirklicht durch *Venen, Arterien, Arteriolen, Venolen*

4.1.1 Arterien, Arteriolen

Arterien - verlaufen vom Herzen weg, meist sauerstoffreiches Blut (außer Lungenarterien) - *Arteriolen* - kleine Arterien.

Intima - innere Schicht, sie kleidet die Blutgefäße von innen aus; *Endothel*

Media - zweite Schicht, sie ist die dickste Schicht, sie enthält entweder viele elastische Fasern - elastische Gefäße - herznahe Gefäße, oder sie enthält viele Muskelfasern - herzferne Gefäße. Man unterscheidet also zwischen dem elastischen Typ und dem muskulären Typ. Die Media hat die Aufgabe, die Blutgefäße sich zusammenziehen und sich entspannen zu lassen.

Adventitia - dritte Schicht, äußere Schicht, mit der Aufgabe, die Blutgefäße zu verankern; sie besteht aus lockerem Bindegewebe.

4.1.2 Venen, Venolen

Venen - laufen vom Herzen hin, meist sauerstoffarmes Blut (außer Lungenvene) - *Venolen* - kleine Venen

Die drei Schichten sind hier nicht so genau unterscheidbar. Die Venenwände sind sehr viel dünner und daher dehnbarer. Der Durchmesser ist größer als der der Arterien. Sie haben zusätzlich noch Venenklappen (Taschenklappen). Ihre Aufgabe liegt in der Verhinderung des Blutrückstromes. Ausnahme: Die Lungenvenen besitzen diese Klappen nicht. 80-85 % des Blutes fließt im venösen Bereich.

4.1.3 Kapillare

Kapillaren, hier findet der Stoffaustausch statt. Kapillare sind Haargefäße, sie besitzen die dünnsten Gefäßwände, reine Intimaschläuche, die allerdings nicht dicht sind - dadurch ist ein Austausch von Stoffen (Nährstoffe, Wasser ...) möglich = Diffusion.

4.1.4 Arterio-venöse Anastomosen

Kurzschlußverbindungen zwischen Arterien und Venen, wobei das Kapillarsystem umgangen wird. Bei körperlicher Belastung sind die arterio-venösen Anastomosen geöffnet, um die Körpertemperatur niedrig zu halten, (bei der Haut-Temperaturregulation) Steigerung der

Hautdurchblutung, um bei körperlicher Belastung möglichst viel Wärme abstrahlen zu können.

4.2 Herz

Endokard - Herzinnenhaut, dünne Schicht, die auch die Herzklappen überzieht (bildet durch ihre Ausstülpungen die Klappen). Sie kleidet den Herzinnenraum aus.

Endokarditis - Herzinnenhautentzündung (kann zu Herzklappenfehlern führen)

Myokard - Herzmuskelschicht, dicke linke Kammer 10 mm, rechte Kammer 5 mm

Myokarditis - Herzmuskelentzündung, kann zu Herzerweiterung und lebensbedrohlichen Rhythmusstörungen kommen

Herzbeutel *Epikard* = innere Schicht

Perikard = äußere Schicht

Atrium - Vorhof

Ventrikel - Kammer

Körper → rechter Vorhof → rechte Kammer → Lunge

Lunge → linker Vorhof → linke Kammer → Körper

Anatomisch 1 Herz/ Funktionell 2 Herzen

Die Herzklappe zwischen dem rechten Vorhof und dem rechten Ventrikel besteht aus 3 Segeln = *Tricuspidalklappe*

Die Herzklappe zwischen dem linken Vorhof und dem linken Ventrikel besteht aus 2 Segeln = *Mitralklappe*

Taschenklappe zwischen rechter Kammer und Lungenschlagader = *Pulmonalklappe*

Taschenklappe zwischen linker Kammer und Hauptschlagader = *Aortenklappe*

Taschenklappen bestehen aus 3 Taschen, öffnen sich nur in eine Richtung, vergleichbar mit einem Ventil.

4.3 Körperkreislauf (vgl. Faller 1988, 197 ff)

4.3.1 Arterien

Aortenbogen (Arcus aortae): entspringt aus der linken Herzkammer, steigt auf, durchläuft einen Bogen und geht schließlich in die absteigende Aorta (*Aorta descendens*) über, die links vor der Wirbelsäule abwärts verläuft. Aus dem Aortenbogen entspringen zunächst die Koronararterien, die den Herzmuskel versorgen. Es folgt der gemeinsame Stamm der rechten Schlüsselbeinarterie und der rechten Carotis (*Truncus brachiocephalicus*), danach links der gemeinsame Carotisstamm (*Carotis communis*) sowie die linke Schlüsselbeinarterie (*A. subclavia sinistra*)

Kopfschlagader (A. carotis): versorgt Gehirn (vorderes und mittleres Drittel) und die Augen (Augenast zweigt ab) - innere Kopfschlagader (*A. carotis interna*).

Linke Schlüsselbeinschlagader (A. subclavia sinistra): versorgt das hintere Drittel des Gehirns. An der Gabelung der Kopfschlagader (in Höhe des Schilddrüsenknorpels) sitzen Rezeptoren für den Blutdruck. Drückt man beim Puls messen zu stark, bedeutet das für die Rezeptoren einen zu starken Blutdruck, der Blutdruck wird gesenkt (Gefahr des Kollabierens). Tritt in einem der Blutäste zum Gehirn ein Gerinnsel auf, kommt es zu einem Schlaganfall (Lähmung meist nur einseitig). Sind in den Herzkranzgefäßen Einengungen, kommt es zu Störungen der Durchblutung des Herzens bis hin zum Herzinfarkt. Störungen bei körperlicher Belastung z. B: Angina pectoris. Durchblutungsstörungen der Beine, die zum Stehenbleiben zwingt - Claudicatio intermittens (Schaufensterkrankheit).

Zwischenrippenarterien: Versorgung der Muskeln im Brustraum, verlaufen zwischen den Rippen.

Nierenarterien: große Gefäße, da Nieren ein Reinigungsorgan sind. $\frac{1}{4}$ des Blutes das Herz auswirft, fließt durch die Nieren.

Innere Beckenschlagader (A. iliaca interna): versorgt alles, was im Becken sitzt (Geschlechtsorgane, (Hüftkopfschlagader), Harnblase)

Äußere Beckenschlagader (A. iliaca externa): versorgt die unteren Extremitäten, unter dem Leistenband am Schambein wird sie zur Oberschenkelarterie; zieht auf der Rückseite zur Kniekehle (Kniekehlenarterie), weiter zum Unterschenkel, verzweigt sich hinter dem Innenknöchel und auf dem Fußrücken in verschiedene Äste.

Kniekehlenarterie (A. poplitea): in der Kniekehle

Arterien am Fuß: (*Rr. malleolares medialis*) hinter dem Innenknöchel, (*A. dorsalis pedis*) auf dem Fußrücken

Puls (fühlbare Arterien)

Hauptschlagader in Höhe des Schilddrüsenknorpels (*A. carotis*) am vorderen Ende des Kopfnickermuskels (beim Älteren nicht zu fest fühlen, einseitig fühlen).

Radialarterie (A. radialis) an der Beugeseite des Handgelenks an der Daumenseite. Hüftkopfschlagader (äußere Beckenschlagader) unter dem Leistenband am Schambein, hinter dem Innenknöchel. In der Kniekehle.

4.3.2 Venen

Einer Arterie sind meist zwei Venen zugeordnet - mehr Venen. Ihre Anordnung entspricht größtenteils der der Arterien; das Körpervenenblut wird durch zwei große Venen zum Herzen zurückgeführt = obere und untere Hohlvene. Hier sammelt sich das ganze Blut des gesamten Körpers; alle kleinen Venen und Venolen enden hier, sie sind die beiden letzten Venen vor dem Herzen (rechter Vorhof).

Die obere Hohlvene führt das Blut des Kopfes und der oberen Extremitäten zum Herzen zurück.

Die untere Hohlvene führt das Blut der unteren Extremitäten, des Beckens und der Bauchorgane zum Herzen zurück.

4.3.3 Blutkreislauf

Linke Kammer - Aorta - Arterien - Arteriolen - Kapillare - Venolen - Venen - untere Hohlvene, obere Hohlvene - rechter Vorhof - rechte Kammer - Lungenschlagader - Lungenvenen - linker Vorhof.

- *Großer Körperkreislauf:* beginnt in der linken Herzkammer und endet im rechten Vorhof
- *Kleiner oder Lungenkreislauf:* beginnt in der rechten Kammer und endet im linken Vorhof. Hier erfolgt der Gasaustausch (CO₂ Abgabe und O₂ Aufnahme). Das sauerstoffreiche Blut fließt dann über vier Lungenvenen in den linken Vorhof. Diese Venen unterscheiden sich von den anderen, da sie keine Klappen besitzen.
- *Hochdruck- oder Widerstandssystem:* hoher Blutdruck - hoher Gefäßwiderstand, beginnt in der linken Herzkammer und endet in den Kapillaren.
- *Niederdruck- oder Kapazitätssystem:* beginnt in den Kapillaren und endet in der linken Herzkammer.

In den Venen ist der Blutdruck niedriger. In den beiden Kammern herrschen Druckunterschiede (links herrscht ein höherer Druck).

Pfortadersystem: Das Blut der Bauchorgane besitzt einen besonderen Kreislauf, welchem auch die anatomische Anordnung entspricht (unpaarige Bauchorgane). Die Venen des Magens, Darms, Milz und der Bauchspeicheldrüse sammeln sich erst in der Pfortader (Vena portae), der normale Weg des Blutes ist hier durch eine Zwischenstufe unterbrochen. Die Vena portae führt das Blut in die Leber, wo es erneut durch das Kapillargeflecht der Leber geleitet wird. Das Blut wird hier von den Giftstoffen, die im Magen und Darm zusammen mit den Nährstoffen aufgenommen wurden, befreit. Die Nährstoffe werden verarbeitet oder an die betreffenden Organe weitergeleitet - Nährstoffangebot ist größer. Von der Leber strömt das Blut zur unteren Hohlvene.

Die Leber hat zwei Venen:

- eine nährstoffreiche und sauerstoffarme (Pfortader von den Bauchorganen)
- eine nährstoffarme

Die Leber enthält arterielles und venöses Blut

- arterielles aus dem Bauchteil der großen Aorta, Leberarterie
- venöses Blut von den Venen der Baueingeweide

4.3.4 Lymphkreislauf

Lympe: fettreiche Flüssigkeit, die im peripheren Gewebe entsteht; in der Peripherie beginnen die Lymphgefäße und enden auch hier - Blindsäcke. Die Lympe enthält Eiweiße und Lymphozyten. Sie versorgt die Gewebe mit Nahrungsstoffen und entfernt nicht verwertbare Stoffe.

Lymphgefäßsystem: Neben dem Blutgefäßsystem ein zweites Röhrensystem. Es beginnt in der Peripherie des Körpers mit einem dichten Netzwerk von Lymphkapillaren. Diese führen über Leitgefäße (mit Klappen) in immer größere Transportgefäße. Die Lympe gelangt schließlich über Sammelgefäße (zentrale Lymph-stämme) in den venösen Kreislauf.

Die Lymphgefäße vereinigen sich zum Milchbrustgang (*Ductus thoracicus*) und dieser führt entlang der Wirbelsäule nach oben und endet in der oberen Hohlvene - Vermischung mit venösem Blut (abfangen der Giftstoffe). In das Lymphgefäßsystem sind Lymphknoten zwischengeschaltet. Sie sind „Siebe“ bzw. Abfangfilter mit der Fähigkeit der Phagozytose. Zudem können sie Lymphozyten produzieren und sind an Immunreaktionen beteiligt. Bei Entzündungsprozessen schwellen die Lymphknoten an, werden heiß und sind druckempfindlich. Die Lymphgefäße werden daher als rote und meist druckempfindliche Streifen sichtbar (Krebs breitet sich auf dem Lymphweg im gesamten Körper aus, es bilden sich daher häufig Tochtergeschwülste in den Lymphknoten - Metastasen).

5 Herzphysiologie

Systole: Kontraktionsphase des Herzens
Anspannungsphase, Austreibungsphase

Blut fließt nur in der Austreibungsphase aus dem Herzen

Diastole: Erschlaffungsphase (Entspannung)
Füllungsphase - Blut strömt ins Herz ein

Druck auf die Coronargefäße geringer - größerer Blutfluß - bestmögliche Durchblutung

Anspannungsphase: geschlossen: Segelklappen, Taschenklappen
offen: (keine)

Austreibungsphase: geschlossen: Segelklappen
offen: Taschenklappen
1. Hälfte - Druck steigt
2. Hälfte - Druck sinkt

Entspannungsphase: geschlossen: Segelklappen, Taschenklappen
offen: (keine)
Druck fällt ab - geringer als Vorhofdruck

Füllungsphase: geschlossen: Taschenklappen
offen: Segelklappen

HF = Herzfrequenz in Ruhe ca. 60-70 Schläge pro Minute

HMV = Herzminutenvolumen (in Ruhe normalerweise 5-7 l)

$$HMV = SV \times HF$$

ESV = Endsystolisches Volumen (Restvolumen des Blutes, welches im Herz bleibt)

EDV = Enddiastolisches Volumen (Blutmenge, die am Ende der Füllungsphase im Herzen ist)

$$EDV = SV : ESV = 2 : 1$$

Beispiel: EDV = 150 ml

$$HF = 60 / \text{min}$$

$$HMV = 6 \text{ l} = 6000 \text{ ml} \rightarrow SV? (100 \text{ ml})$$

AVDO₂ = Arterio-venöse Sauerstoffdifferenz

Differenz des O₂- Gehaltes zwischen Arterie und Vene - ca. 5 Vol%. AVDO₂ der Skelettmuskulatur ist relativ hoch, da zur Arbeit der Muskeln O₂ notwendig ist. In Hauptgefäßen bei körperlicher Belastung erfolgt wenig Stoffaustausch, Kapillaren werden umgangen - AVDO₂ ist sehr gering, wegen Thermoregulation. In den Nieren ist die AVDO₂ auch sehr niedrig, da hier eine starke Durchblutung vorherrscht und der O₂-Verbrauch relativ gering ist, da die Nieren nur oder hauptsächlich Reinigungsfunktion hat.

Person steht auf - SV nimmt ab, da beim Aufstehen Blut in den peripheren Blutgefäßen versackt, es fließt weniger Blut zum Herzen zurück, → EDV auch geringer

Person hält die Luft an und preßt - SV nimmt ab; es kommt weniger Blut zum Herzen zurück

Jede verminderte Blutzufuhr, z.B. mangelnde Regulationsfähigkeit mit Versacken des Blutes in den abhängigen Partien des Körpers, führt zu einer Herzverkleinerung, vor allem aber kommt es bei jeder Pressung durch starke Steigerung des Drucks im Brustraum zu einem verminderten Rückfluß des Blutes zum Herzen. Es kommt dabei zu einer Rückstauung des Blutes in das venöse System, sichtbar an den stark gefüllten Venen am Hals und am Kopf. Infolge des geringen Blutangebotes kann es zu einem (nicht vollständigen) „Leerschlagen“ des Herzens kommen und in extremen Fällen zu einem Kollaps führen, da eine ungenügende Blutversorgung des Gehirns vorliegt. Auf Trimm-dich-Pfaden sind daher Klimmzüge weniger günstig. Gewichtheben ist für Personen mit Gefäßverengung nicht geeignet.

Herzfrequenz ist abhängig von:

- Alter (mit steigendem Alter sinkt die Herzfrequenz)
- Geschlecht (beim Mann niedriger)
- Größe des Herzens (Ausdauertrainierter bei gleicher Leistung niedrigere HF)
- Belastung (max. HF wird durch Training nicht beeinflusst)
- Temperatur (kälter - niedrigere HF); R-G-T-Regel: Reaktionsgeschwindigkeit verdoppelt sich bei einer Temperaturerhöhung um 10° C
- Atmung (einatmen - höhere HF/ ausatmen - niedrigere HF/ respiratorische Schwankung der HF)
- Artspezifische Unterschiede: Fink 900/ min, Elefant 25-30/ min, Schildkröte 15/ min
- Hängt mit dem vegetativen Nervensystem zusammen (Sympathikus, Parasympathikus).
- HF normal: | | | | | | | | | | | | | |
- Extrasystolen: | | || | | ||| | | ||| | |unregelmäßig
- Die max HF ist ein altersabhängiger Parameter: 220 - Lebensalter.
- Mehr als 230 HF ist krankhaft oder ein Messfehler, die max. HF erreicht man in der Regel nur beim Laufen oder anderen Belastungen großer Muskelgruppen.

- Trainingsherzfrequenz = 180 - Lebensalter beim Radfahren, beim Laufen 200 - Lebensalter, betrifft die ausdauerorientierten Sportarten, bei der Arbeit mit kleinen Muskelgruppen liegt die Trainingsherzfrequenz niedriger, notwendig um ein effektives Training zu erreichen.

5.1 Blutdruck

	ideal	obere Grenze
systolischer Wert	120 mmHg	140 mmHg
diastolischer Wert	80 mmHg	90 mmHg

Die systolischen Werte entstehen durch Kontraktion des Herzens

Die diastolischen Werte entstehen durch den sogenannten biologischen Windkessel: in der Systole erweitert sich die Aortenwand und speichert Blut. In der Diastole strömt dann das gespeicherte Blut wieder aus. Je elastischer die Gefäße - desto höher der diastolische Blutdruck.

5.1.1 Blutdruckamplitude

Differenz zwischen systolischem und diastolischem Wert - normalerweise 40 mmHg. Im Alter erhöht sich der systolische Wert und senkt sich der diastolische Wert, Blutdruckamplitude vergrößert sich - Gefäßwand wird starrer.

5.1.2 Messung des Blutdrucks (RR):

Arterie wird durch die aufgeblasene Manschette komprimiert, so dass kein Blut mehr durch die Arterie fließt. Dann wird der Druck langsam verringert, bis der erste Ton zu hören ist = systolischer Wert. Der Druck wird weiter verringert, nach dem letzten Ton, der zu hören ist, hat man den diastolischen Wert.

$RR = H_{MV} \times R$ (Gefäßwiderstand)

Bei körperlicher Belastung steigt das H_{MV} - es steigt auch der RR; der Gefäßwiderstand sinkt in geringem Maße, da sich die Arterien weiten.

5.2 Trainingseffekte

Die größten Anpassungserscheinung ist die Vergrößerung des Herzens = Sportherz, d.h. die Herzmuskulatur verstärkt sich - Hypertrophie. Alle 4 Herzhöhlen erweitern sich, sie werden dilatiert - Dilatation. Es handelt sich um ein allseitsvergrößertes Herz, dessen Auslöser eine vermehrte Volumenbelastung ist. Kritisches Herzgewicht: Bei dieser Vergrößerung gibt es einen Grenzwert, der bei +/- 7,5g/kg Körpergewicht liegt. Das Sportherz findet man bei den Sportarten mit wesentlicher Ausdauerkomponente, wie Radrennfahren, Marathon, Skilanglauf, Rudern, wenn sie leistungsorientiert trainiert werden. Bei Schnellkraft-Sportarten, wie

Sprint, Turnen, Gewichtheben ... bildet sich kein Sporthertz: Messungen der Herzgröße ist durch Röntgenverfahren oder Ultraschall möglich.

relatives Herzvolumen

normales Herz
m 10-12 ml/kgKG
w 9-11 ml/kgKG

Sporthertz
m bis 20 ml/kgKG
w bis 18 ml/kgKG

absolutes Herzvolumen

normal
m 700-800 ml
w 500-600 ml

Herz regelmäßig trainiert (kein Sporthertz):

HF sinkt
SV steigt
HMV konstant
AVDO₂ konstant
HV konstant

Sporthertz

HF sinkt weiter
SV steigt weiter
HMV konstant
AVDO₂ konstant
HV steigt

Absinken der HF und Ökonomisierung der Herztätigkeit also auch ohne Sporthertz möglich!

6 Blut

Blutvolumen beträgt ca. 6-8% des Körpergewichts → ca. 5-6 l

Aufgaben:

- Atemfunktion (O₂ und CO₂- Transport)
- Nährfunktion (Aufnahme und Transport von Nährstoffen, Pfortaderkreislauf)
- Spülfunktion (Entgiftung und Reinigung)
- Wärmefunktion (Temperaturregulation, je mehr durchblutet, desto bessere Wärmeabgabe)
- Abwehrfunktion (Antikörper im Blut enthalten, Abtöten der Krankheitserreger)
 - aktive Impfung: Erreger werden abgeschwächt eingespritzt → Antikörper werden gebildet (erst in einigen Wochen wirksam)
 - passive Impfung: Antikörper werden sofort gespritzt (sofort wirksam - bei Notfällen). Antikörper der aktiven Impfung leben länger als bei der passiven Impfung.
- Pufferfunktion: (Konstanthaltung des pH-Wertes bei ca. 7,4)
 - Bei aerober Belastung erhöht sich die Milchsäureproduktion. Das Blut ist bestrebt, diese Ansäuerung zu vermindern, es baut die Wasserstoffionen ab.
 - Durch „Abatmen“: Säure $H^+ + HCO_3^-$
 - ↓↑
 - H₂CO₃ (Kohlensäure)
 - ↓↑
 - H₂O + CO₂ wird abgeatmet

Hämatokrit: Verhältnis von Blutzellen (fest) zu Blutplasma (flüssig). Normwert: w 40% m 45% Blutkörperchen (Rest ist Plasma). Bei intensiver körperlicher Belastung - Flüssigkeitsverlust - Erhöhung des Hämatokrits (scheinbarer Anstieg der Blutkörperchen) - Organe werden weniger durchblutet.

Höhentraining: Erhöhung der Viskosität (relativ gering) → eher Erhöhung der Gesamtblutmenge → Erhöhung der Bluttransportkapazität.

Blutsenkung: BSG = Blutsenkungsgeschwindigkeit

Beim gesunden Menschen ist die Blutsenkungsgeschwindigkeit langsam (Blutkörperchen sinken), abhängig von Eiweißkörperchen im Blut; bei entzündlichen Erkrankungen können verschiedene Eiweiße vermehrt werden → die BSG steigt.

6.1 **Blutkörperchen**

6.1.1 **Erythrozyten (rote Blutkörperchen)**

- kernlose, rundliche Scheiben (\varnothing ca. 8 μm)
- gebildet im Knochenmark
- Lebensdauer ca. 100 Tage - Blutmauserung - Zellen sterben in best. Zeitabständen ab und werden neu gebildet
- ihr Inneres besteht aus einem Gerüst von Lipiden und Proteinen, dessen Hohlräume mit dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin (Hb) ausgefüllt sind.
- Funktion des Sauerstofftransports. Jedes Hämoglobinmolekül hat vier Sauerstoffbindungsstellen. Hämoglobin = ein Protein, das aus dem Protein Globin und einer prosthetischen Gruppe, dem Häm besteht. Das Häm ist eine Eisenporphyrinverbindung, in der das Eisen (Fe^{2+}) als Zentralatom vier Liganten besitzt.
- Konzentration: ca. 5 Millionen pro mm^3 - W ca. 14g/dl -M ca. 16g/dl

Sauerstofftransportkapazität ist bedingt durch:

- Herzminutenvolumen (HMV)
- AVDO_2 (u.a. abhängig vom Hb-Gehalt)
- $\text{VO}_2 = \text{HMV} \times \text{AVDO}_2$ -

Eisenmangel (Anämie) = Verringerung der Erythrozyten, häufig bei Langstreckenläufern

6.1.2 **Leukozyten (weiße Blutkörperchen)**

- werden im Knochenmark gebildet (Lymphdrüsen)
- keine feste Form
- besitzen Zellkerne
- amöboide Eigenbewegung
- können Blutgefäße verlassen und in andere Gewebe eindringen
- Lebensdauer ca. 10 Tage
- Konzentration 5000- 10.000/ mm^3
- Aufgabe: Abwehrfunktion
- Zellkerne sind nicht einheitlich

Formen: Granulozyten
Lymphozyten
Monozyten

Granulozyten	Lymphozyten	Monozyten
ca. 60 % es gibt neutrophile, eosinophile und basophile Granulozyten Vermehrung zu Beginn einer Infektion, granulozytäre Kampfphase (Ø ca. 10 µm)	ca. 30-40 % Funktionsträger des spezifischen Immunsystems (Ø ca. 10 µm)	großer Zellkern Räumung der Zelltrümmer, momozytäre Übergangsphase (Ø ca. 20 µm)

Schutzfunktion: Durch die Möglichkeit der Gestaltwandelung und der Eigenbewegung haben sie die Fähigkeit, sich durch engste Gewebslücken zu zwängen und sind in der Lage, in den Körper eingedrungene Bakterien unschädlich zu machen. Sie umschließen diese mit ihrem Zelleib, durch Absonderung von Fermenten werden sie aufgelöst und verdaut. Bei einer bakteriellen Entzündung vermehren sich zuerst die Granulozyten, sie versuchen, die Keime zu vernichten. Dann vermehren sich die Monozyten, sie versuchen, die Zelltrümmer abzubauen. Letztlich, beim Heilungsprozeß, erfolgt die Vermehrung der Lymphozyten (aufgrund des Reizzustandes). Somit ist genau feststellbar, in welchem Stadium einer Krankheit sich ein Mensch befindet (je nach dem welcher Zelltyp vermehrt vorliegt).

- Leukozytose = Vermehrung der Leukozyten bei einer bakteriellen Entzündung. Bei einer Viruserkrankung erfolgt keine Vermehrung der gesamten Leukozytenzahl, sondern nur eine Vermehrung der Lymphozyten.
- Leukopenie = Verminderung der Leukozytenzahl unter 4000/µl
- Leukämie = Vermehrung der Leukozyten, diese sind aber unreif

6.1.3 Abwehrfunktion des Blutes

Nach Eindringen fremder Substanzen (z.B. Bakterien, Fremdeiweiß usw.) kommt es entweder zur *unspezifischen Abwehrreaktion* (durch Fresszellen: Granulozyten, Monozyten) oder zur *spezifischen Abwehrreaktion* (Immunreaktion). Zur Durchführung dieser Immunreaktion verfügt das Immunsystem des Menschen über eine Vielzahl (ca. 1 Billion) Lymphozyten (hauptsächlich in Lymphknoten, Milz und Knochenmark) sowie über etwa 10^{20} *Antikörper*.

Bei den Lymphozyten unterscheidet man eine *T-Form* (Träger der spezifischen zellulären Abwehr) von einer *B-Form* (spezifische humorale Abwehr mittels Antikörper). Weiterhin gibt es noch unspezifische Nullzellen (ca. 10% der Lymphozyten). Die T-Lymphozyten realisieren die spezifische zelluläre Abwehr und Helfen weiterhin den B-Zellen bei deren Aufgabe (*Helfer-Zellen*) bzw. sie bremsen überschießende Antikörperwirkung als *Supressorzellen*. Die B-Lymphozyten binden über zahlreiche Oberflächenrezeptoren körperfremde Substanzen (sog. *Antigene*). Daraufhin vergrößern diese sich zu Plasmazellen, welche Antikörper (Immunglo-

bulin) bilden. Die Antigene werden durch Zusammenballung oder Ausfällung unwirksam. Der Organismus ist schließlich gegen das entsprechende, die *Antigen-Antikörperreaktion* auslösende Antigen immun.

6.1.4 Immunisierung

6.1.4.1 Aktive Immunisierung

Verabfolgung abgeschwächter (noch lebender) Erreger (*Lebendvakzine*) oder Toxinen aus den Erregern, welche die Immunglobulinbildung auslösen (*Totvakzine*), ohne dass es jedoch zu ernsthaften Erkrankungen kommt. Folge: *Immunität* gegen entsprechende Antigene

Bsp. Lebendvakzine: Tuberculose, Poliomyelitis (Kinderlähmung), Masern; Totvakzine: Tetanus (Wundstarrkrampf), Diphtherie

6.1.4.2 Passive Immunisierung

Verabfolgung von Immunglobulinpräparaten (Antikörper), die gegen das spezielle Antigen gebildet wurden. Folge: sofort wirksame antitoxische Immunität.

6.1.5 Thrombozyten (Blutplättchen)

Die Blutplättchen sind für die Blutgerinnung verantwortlich.

Vorläufige Blutstillung: Bildung eines Gerinnungspfropfens, Blutgefäße ziehen sich zusammen.

Endgültige Blutstillung: Fibrinogen wird umgewandelt in Fibrin. Katalysator dieser Reaktion ist das Enzym Thrombin. Die Vorstufe zum Thrombin ist Prothrombin. Dieses wird durch die Thrombokinasen (Enzyme) in Thrombin umgewandelt. Die Thrombozyten tragen zur Bildung der Thrombokinasen bei.

Anzahl: 300.000-500.000/ mm³

Kleine, kernlose Zellen (Ø ca. 2-4 µm)

Lebensdauer 4-8 Tage

6.1.6 Blutstillung

Nach Verletzung von Gewebe mit Eröffnung von Gefäßen kommt es zu

- *Gefäßverengung* vor und hinter der Verletzungsstelle (lokales Absinken des Blutdrucks)
- *Thrombozytenanlagerung* an Bindegewebsfasern der Wundränder (Stillstand der Blutung, nicht jedoch bei größeren Arterien). Ein dauerhafter Verschluss der Wunde ist erst möglich, wenn der entstandene Wundpfropf aus Thrombozyten (Thrombus) mit Fibrin-Fäden netzförmig durchzogen wird.

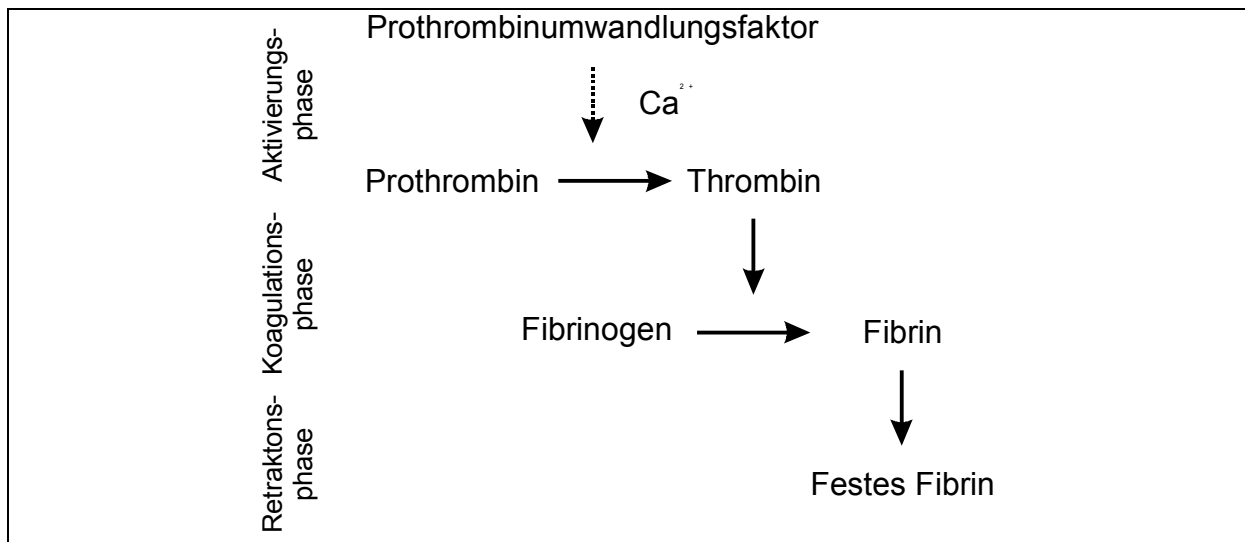


Abb. 7: vereinfachter Überblick der Blutgerinnung

6.2 Blutplasma

Flüssigkeit (Wasser - 90 %)

Feste Bestandteile (10 % Salze, Elektrolyte, Eiweißkörper 7g/ 100 ml Blut)

- Eiweißmangel - Aufschwellung des Körpers (z.B. unterernährte Kinder in der 3. Welt). Die Eiweiße binden die Flüssigkeit in der Blutbahn (kolloid-ostotisch). Herrscht Eiweißmangel, so wird die Flüssigkeit nicht in der Blutbahn gehalten, sondern dringt in den Körper ein (Ödeme).
- Salze: sind wassergebunden, auch osmotisch bedingt, sie bauen einen bestimmten osmotischen Druck auf (Proteine auch), notwendig für die Funktion der Erregbarkeit (zu wenig Elektrolyte = Muskelkrämpfe).
- Hämolyse: Die Blutkörperchen platzen durch unterschiedlichen osmotischen Druck: Wasser dringt in die Erythrozyten zum Konzentrationsausgleich ein- die Blutkörperchen platzen.
- Physiologische Kochsalzlösung: 0,9 % Kochsalzlösung, ist dem Blut isoton und kann bei Blutverlust bedenkenlos verabreicht werden - keine Hämolyse.

6.3 Blutserum

Beim Gerinnen des Blutes bildet sich der Blutkuchen. Es wird der Blutfaserstoff Fibrin gebildet. Er entsteht aus dem Fibrinogen und bildet ein Netz, in dem sich die Blutkörperchen verfangen. Läßt man das Blut in einem Gefäß gerinnen, setzt sich das Fibrin zusammen mit den Blutzellen am Boden ab. Darüber bleibt eine schwach gelb gefärbte Flüssigkeit stehen - das Blutserum. Es entspricht dem Blutplasma ohne Fibrinogen, welches zu Fibrin geworden ist.

6.4 Blutgruppen

A	Merkmal A	Antikörper: Anti B	ca. 40 % der Menschen
B	Merkmal B	Antikörper: Anti A	ca. 15 %
AB	Merkmal A + B	Keine Antikörper, Universalempfänger	ca. 5 %
O	Keine Merkmale	Antikörper A+B, Universalspender	ca. 40 %

Blutgruppe O kann für Menschen mit A gespendet werden, obwohl hier auch Anti A enthalten ist. Die Mengenverhältnisse sind aber so günstig, dass dies nicht schlimm ist. Dasselbe gilt für B.

AB hat keine Antikörper, womit es das verabreichte Blut anderer Blutgruppen verklumpen könnte.

6.4.1 Rhesusfaktor

Der Rhesusfaktor ist an die roten Blutkörperchen gebunden. Das Rhesusaffenblut regt das Blut des Meerschweinchens (Kaninchens) zur Antikörperbildung an. Menschen mit dem Rhesusfaktor bezeichnet man als Rh-positiv, ohne ihn als Rh-negativ.

Rh-positiv ca. 80 %

Rh-negativ ca. 20 %

RH-positiv ist dominant gegenüber Rh-negativ. Ist die Mutter Rh-negativ und der Vater Rh-positiv, so ist das 1. Kind Rh-positiv und nicht gefährdet. Schon während der Schwangerschaft bildet sich im mütterlichen Blut Antikörper (Rh-positiv). Bei einem 2. Kind kann es nun zu Komplikationen kommen, wenn, was meist zutrifft, das Kind wieder Rh-positiv ist. Die Antikörper der Mutter zerstören das Blut des Kindes. Es kann für das Kind zu schwerwiegenden Folgen kommen (Gelbsucht; Hirnschäden). Heute können Rh-negative Mütter mit Rh-positiven Männern trotzdem mehrere Kinder bekommen. Es besteht einmal die Möglichkeit einer Blutaustausch-Transfusion (Austausch des ganzen Blutes). Weiterhin besteht die Möglichkeit einer Rhesus-Desensibilisierung durch die Anti-D-Prophylaxe (Verabreichung von Anti-D-Immunglobulin innerhalb der ersten 72 Stunden nach der Geburt eines rhesuspositiven Kindes).

7 Das Verdauungssystem

Man unterscheidet zwei Vorgänge

<i>chemische Vorgänge</i>	<i>mechanische Vorgänge</i>
Bilden der Verdauungsenzyme	Zerkleinerung der Nahrung
Aufspalten der Nahrung	Peristaltik der Verdauungsorgane
Resorbieren der ausgenommen Nahrung	

Die Aufspaltung ist notwendig für die Resorption im Darm

<i>Kohlenhydrate</i>	<i>Fette</i>	<i>Eiweiße</i>
Glucose	Glyzerin	Aminosäuren
Fruktose	freie Fettsäuren	
Galaktose		

Diese Aufspaltung ist nur möglich durch Verdauungsfermente. Diese sind in der Regel nicht limitiert. Hydrolytische Spaltung - unter Aufnahme von Wasser.

7.1 Mundverdauung

mechanischer Vorgang: Kauen

großer Kaumuskel (*m. masseter*); Kiefer besitzt auch einen Meniskus (*Diskus articularis*); Kieferluxation = „Maulsperre“

chemischer Vorgang:

Der Mundspeichel wird in zahlreichen kleinen Drüsen in den Wänden der Mundhöhle und der Zunge, vor allem aber in drei großen Speicheldrüsen gebildet.

Ohrspeicheldrüse (Glandula parotis): liegt zwischen aufsteigendem Unterkieferast und äußerem Gehörgang sowie dem Kopfdreher (*M. sternocleidomastoideus*). Ausführungsgang mündet in Höhe des 2. oberen Mahlzahnes in die Mundhöhle. Es sind *seröse* Drüsen

Ihr Speichel ist dünnflüssig und enthält das Enzym *Ptyalin* zur Andauung der Stärke. Diese wird bis zur Stufe der Dissaccharide gespalten (Maltose). Bei Mumps (*Parotitis epidemica*) schwillt die Ohrspeicheldrüse an. Sie kann auch zu einer Keimdrüsenentzündung führen - Gefahr der Sterilität. Im Ausführungskanal können sich Steine bilden, ähnlich den Nierensteinen. Bei älteren Menschen (die wenig essen) kann es zu einer bakteriellen Entzündung der Ohrspeicheldrüse kommen.

Unterzungenspeicheldrüsen (Glandula sublingualis): liegt unterhalb der Zunge und besteht hauptsächlich aus mukösen Anteilen, die Schleim (*Muzin*) bilden. Der Ausführungsgang mündet an einer kleinen Warze unterhalb der Zungenspitze in den Mund

Unterkieferspeicheldrüsen (Glandula submandibularis): liegt dicht unterhalb des Unterkiefers und umfährt den hinteren Rand des Mundbodenmuskels (*M. mylohyoideus*). Es sind gemischte Drüsen, die sowohl seröse als auch muköse Anteile enthält. Sie sondern Enzymspeichel und Schleim ab. Der Ausführungsgang mündet an derselben Stelle in den Mund, wie die Unterzungenspeicheldrüse.

7.2 Speiseröhre

Sie liegt direkt hinter der Luftröhre. Wenn der Speisebrei die Hinterwand des Gaumens erreicht, muß sich der Kehlkopfdeckel schließen, damit die Nahrung in die Speiseröhre gelangt. An der Gaumenhinterwand sitzen Rezeptoren: Deckel schließt sich. Der Schluckreflex läuft über das Gehirn und funktioniert bei Bewußtlosen nicht mehr. Kommt Blut oder Nahrungsreste in die Lunge, spricht man von Aspiration. Der geschluckte Bissen wird durch peristaltische Bewegungen der Muskelwand magenswärts befördert. Es wird also aktiv eine Kontraktionswelle (peristaltische Welle) befördert.

7.3 Magen

7.3.1 Makroskopische Anatomie

- rechte Magenkante wird als kleine Magenstraße oder kleine Curvatur bezeichnet.
- Linke Magenkante wird als große Magenstraße oder große Curvatur bezeichnet.
- Oberer Teil wird als Magenfundus oder Fundus bezeichnet
- der mittlere Teil heißt Corpus
- am Magenpfördner (Pylorus) endet der Magen am Zwölffingerdarm

Fundus und Corpus bilden den verdauenden Magenabschnitt. Die glatte Muskelwand ermöglicht die peristaltischen Bewegungen. Sie wird aus Längs-, Ring-, und Schrägfasern aufgebaut. Der Magenpfördner besitzt einen kräftigen Schließmuskel.

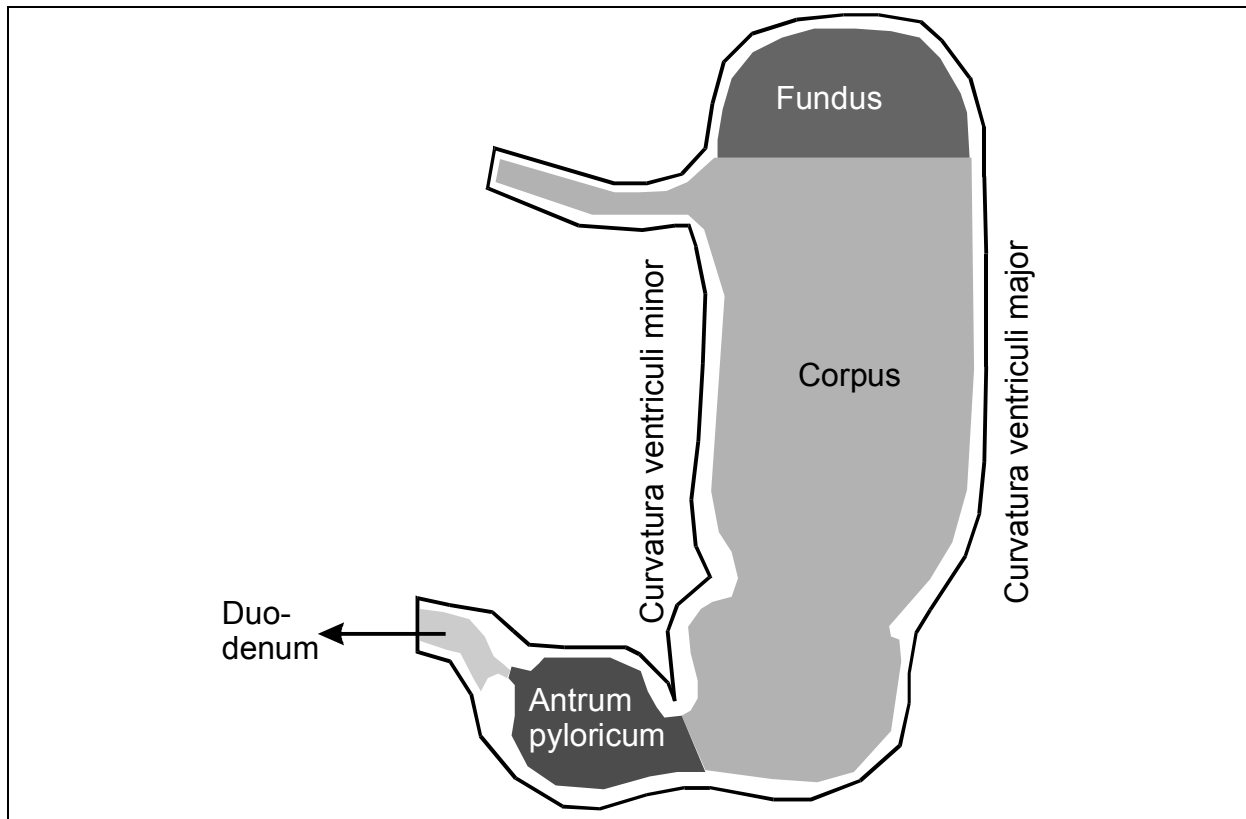


Abb. 8: makroskopische Anatomie des Magens

Magenschleimhaut (Sie besitzen Drüsen) bestehend aus:

- Hauptzellen - produzieren Pepsinogen
- Belegzellen - produzieren Vorstufe der Salzsäure
- Nebenzellen - produzieren Schleim

Pepsinogen wird umgewandelt zu Pepsin; Pepsin spaltet Eiweiße

HCL wandelt Pepsinogen zu Pepsin und tötet Bakterien ab, so ist der Magen steril

Der *Schleim* hat Schutzfunktion und legt sich wie ein Film auf die Magenschleimhaut

Veränderungen der Verhältnisse können zu Magenschleimhautentzündungen (Gastritis) oder Magengeschwüren (bis hin zu Magenkrebs) führen.

Ursachen für Magen-Darm-Geschwüre sind: entzündliche Vorgänge (bakteriell)

- Streß
- Alkohol
- Nikotin
- Koffein

Diese Faktoren führen zu einer vermehrten Produktion von HCL. Die Schleimproduktion ist gestört.

7.3.2 Regulation der Sekretion

7.3.2.1 Erste Phase - Cephalische Phase - nervös-reflektorische Phase

Geruchs- oder Geschmackseindrücke, die Erinnerung oder der Gedanke an Essen, lösen die Bildung von Magensaft aus. Die Steuerung geschieht über den Nervus Vagus. Er innerviert die Magenschleimhaut dazu, HCL und Pepsinogen zu produzieren, er steigert auch die motorische Funktion des Magens. Die Nahrung wird durch Erschlaffung und Kontraktion im Magen gemischt. Der Sympathikus (Arbeitsnerv) hemmt die Drüsenfunktion. Magenknurren: motorische Funktion und die Sekretion sind durch den Nervus Vagus angeregt, der Magen ist jedoch ohne Inhalt.

7.3.2.2 zweite Phase - Gastrale Phase - Dehnung der Magenwand

Sobald die Speise in den Magen gelangt, lösen sie dort einen Reiz auf die Schleimhaut aus, so dass die Sekrete gebildet werden. Im pylorusnahen Teil wird durch den Reiz der Nahrung das Hormon Gastrin gebildet. Es bewirkt die Magensaftbildung im Corpus des Magens. Gastrin wird ins Blut abgegeben, kommt über den Blutkreislauf zurück und stimuliert die weitere Bildung von Gastrin.

7.3.2.3 dritte Phase - Intestinale Phase

Wenn der Speisebrei den Magen verlassen hat und in den Dünndarm (Zwölffingerdarm) gelangt, kommt eine Rückmeldung auf dem Blutweg an den Magen. Hormon der Rückmeldung: Enterogastrin

Es erfolgt eine Hemmung der motorischen und nervösen Aktivität. Der Magen dient als Vorratsspeicher, der die Nahrung sammelt und nur allmählich, in kleinen Mengen, an den Darm abgibt. Bei einer fettreichen Nahrung erfolgt eine ausgeprägte Hemmung - die Verdauung dauert länger. Bei einer kohlenhydratreichen Ernährung erfolgt die geringste Hemmung - wird am schnellsten verdaut. Eine eiweißreiche Mahlzeit bildet die Mittelstellung. Auch deshalb empfiehlt es sich für Sportler, an Wettkampftagen KH-reich zu essen.

pH-Wert: im Blut alkalisch: 7,4
 im Muskel: 6,9
 im Magen sauer: 1-2 durch HCL

Verdauungsschnaps: gut nach fettreichem Essen, denn Alkohol vermehrt die Bildung von HCL und Pepsinogen, besonders für ältere Menschen empfehlenswert.

7.4 Dünndarm

- C-förmig
- ringförmige Querfaltung der Schleimhaut und *Mikrovilli* (Zotten) als cytoplasmatische Fortsätze, dienen zur Vergrößerung der Oberfläche
- Sekretion von Darmsaft

- der Kopf der Bauchspeicheldrüse mündet hier ein. Es wird *Amylase* gebildet. Die Fermente zur Spaltung von KH, Fett und Eiweiß werden hier und in der Bauchspeicheldrüse gebildet, (auch *Insulin* und *Glukagon* = Hormone der Bauchspeicheldrüse).
- Die Fermente gelangen über den Bauchspeicheldrüsengang in den Zwölffingerdarm.
- Der große Gallengang mündet auf Höhe des Bauchspeicheldrüsengangs in den Zwölffingerdarm ein. Die Gallenflüssigkeit wird in den Leberzellen gebildet und gelangt in die Gallenblase = Reservoir für die Galle. Hier geht ein kleiner Gang ab, der in den großen Gallengang führt.
- Die Gallenflüssigkeit dient der Emulgierung der Fette = Tröpfchenbildung. Somit vergrößert sich deren Oberfläche und die Fermente haben nun eine größere Angriffsfläche.
- Zwölffingerdarm (*Duodenum* 15-20 cm) - Gesamter
- Leerdarm (*Jejunum*) - Dünndarm (*Intestinum tenue*)
- Krummdarm (*Ileum*) - 7m lang
- Der Dünndarm ist der Hauptresorptionsort der Nahrung - im Magen wird keine Nahrung resorbiert.

7.5 **Leber**

- größte Anhangdrüse des Verdauungsapparates (produziert Gallenflüssigkeit, etwa 1 Liter in 24 Stunden)
- Stoffwechsellabor
- Entgiftungsstation; Endprodukte des Eiweißstoffwechsels (Ammoniak) wird zu Harnsäure umgewandelt, dieser wird über die Nieren ausgeschieden.
- Leber synthetisiert Eiweiß
- Fibrin wird in der Leber aus dem Eiweiß der Nahrung gebildet
- Speicher für Glykogen
- Glukoneogenese = Zuckerneubildung aus Aminosäuren
- Fette werden in Transportfette umgewandelt (Lipolyse)
- Pfortadersystem: beteiligt sind die unpaarigen Bauchorgane: Magen, Darm, Bauchspeicheldrüse, Milz

7.6 Dickdarm (*Intestinum crassum*, Colon oder Grimmdarm)

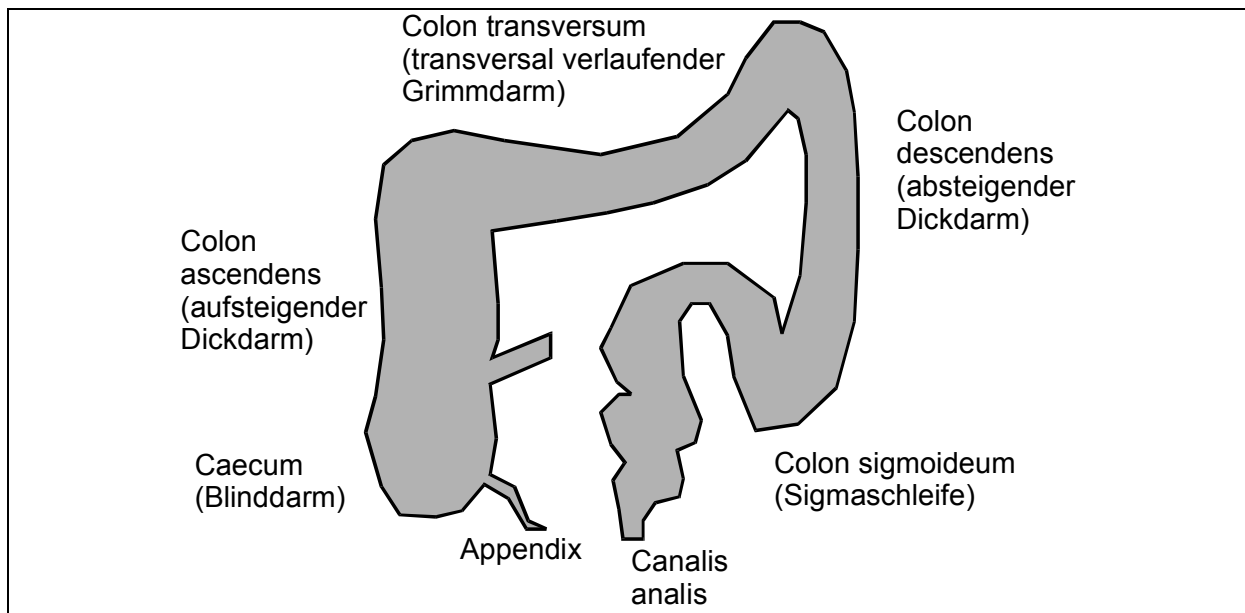


Abb. 9: schematische Darstellung des Dickdarms

- *Appendix* (Wurmfortsatz) hat keine funktionelle Bedeutung - rudimentär
- Darmspiegelung = Coloskopie
- wenn Appendix platzt - Bauchfellentzündung, oft tödlich
- nach außen Auswüchungen = Fettbürstel

Funktion:

- bildet keine Verdauungsfermente - keine Aufspaltung, keine Resorption
- Wasser wird resorbiert
- Elektrolyte werden resorbiert

Bei einer Dickdarmentzündung tritt ein großer Wasserverlust aufgrund von Durchfall ein, vermehrtes Trinken erforderlich

- Der Dickdarm hat eine physiologische Darmflora (viele Bakterien, nicht steril)
- Fäulnis- und Gärungsprozesse durch Bakterien
- Fäulnis steht bei eiweißreicher Kost im Vordergrund
- Gärung steht bei kohlenhydratreicher Kost im Vordergrund
- Entstehung von Gasen z.B. H₂S

8 Das Nervensystem

Das Nervensystem (NS) ermöglicht die Koordination, das Zusammenspiel zwischen Nerven und der Muskulatur

Nervensystem					
Zentrales Nervensystem		Peripheres Nervensystem		Vegetatives Nervensystem	
Gehirn	Rückenmark	Hirnnerven (12)	Rückenmarksnerven (31)	Sympathikus	Parasympathicus

8.1 Zentrales Nervensystem

Rückenmark (RM): liegt im Rückenmarkskanal (Wirbelkanal) der Wirbelsäule, ist schmetterlingsförmig, besteht aus weißer und grauer Substanz, zwischen den Wirbeln entspringen 31 Nerven, jeder Rückenmarksnerv hat eine vordere und eine hintere Wurzel.

- Hinterhörner: empfangen alle afferenten Impulse
- Vorderhörner: Ausgangspforte für efferente Impulse
- Vordere Wurzel: enthält motorische , efferente Nervenfasern
- Hintere Wurzel: enthält sensorische, afferente Axone

Die Zellkörper der motorischen Neuriten liegen im vorderen Teil der grauen Substanz, die der sensiblen Axone in der hinteren Wurzel, wo sie die Spinalganglien bilden. Die graue Substanz besteht im wesentlichen aus Nervenzellen und einem Geflecht von Dendriten und Axonen. Die weiße Substanz besteht aus Axonen. Die vordere und hintere Wurzel vereinen sich kurz nach dem Austritt aus dem RM zum Nervenstamm. Der periphere RM-Nerv besteht aus afferenten und efferenten Neuriten (bewußt) und symthatischen Nervenfasern (unbewußt).

8.2 Peripheres Nervensystem

Hirnnerven: Es gibt 12 Hirnnerven, die im Hirnstamm entspringen und in die Peripherie ziehen (außer 1. und 2. Nerv).

Rückenmarksnerven: entspringen aus dem Rückenmark (31 Stück).

Aufbau (vgl. Abb. 4 auf Seite 15): Neuronen = Nervenkörper mit kurzen Fortsätzen, die man Dendriten nennt und einem langen Fortsatz den Neurit oder Axon nennt. Der Neurit kann von einer Markscheide umgeben sein, muß aber nicht. Dicke oder dünne Markscheiden bestimmen, ob ein Nerv groß oder klein ist, schnell (saltatorische = über die Schwann'schen Markscheiden springend = saltatorische Fortleitung) oder langsam leitet. Dendriten empfangen Erregungen - Soma (Zelleib) - Axon dient zur Erregungsleitung. Enthält sensible, efferente und sympathische Nervenfasern.

1. Riechnerv (*Bulbus* und *Tractus olfactorius*): sensibel

2. Sehnerv (*N. opticus*): sensibel, versorgt Retina
3. *N. oculomotorius*, 4. *N. trochlearis* und 6. *N. abducens* an Augenmuskelbewegung beteiligt, efferent, d.h. motorisch
5. *Nervus trigeminus*: vorwiegend sensibel, aber auch motorisch, zuständig für die Mimik des Gesichtes
7. *Nervus facialis*: mehr motorisch als sensibel; zuständig für die Mimik des Gesichtes
8. Gehör- und Gleichgewichtsnerv (*N. vestibulocochlearis*): rein sensibel
9. *N. glossopharyngeus*: Hauptgeschmacksnerv der Zunge. Nerv für Empfindlichkeit und Beweglichkeit des Schlundes
- 10 *Nervus vagus*: Teil des Parasympathikus, enthält auch motorische Nervenfasern (Kehlkopfmuskulatur)
- 11 *N. accessorius*: Ergänzung des 10. Nerven. Nerv für *M. trapezius* und *M. sternocleidomastoideus*
- 12 *N. hypoglossus*: Nerv für Zungenmuskulatur

Der Neurit innerviert mehrere Muskelfasern. Eine *motorische Einheit* besteht aus einem Neuron des motorischen Vorderhorns, Neurit, Verzweigungen und mehreren innervierten Muskelfasern (unterschiedliche Anzahl, je nach Feinsteuerung).

8.2.1 Synapse

Kontaktstelle zwischen Neuronen

Kontaktstelle zwischen Neuron und Muskulatur (*motorische Endplatte*)= chemische Synapse (Transmittersubstanz)

Hemmung der Acetylcholinausschüttung durch Acetylcholinesterase

Nervensystem aus funktioneller Sicht (Bsp. Reflex)

Impulse → afferente (sensibel) Nervenfasern bzw. afferente Neurone (beginnt mit Rezeptor) → RM → efferente Nervenfasern (motorische Neurone) → Erfolgsorgan

8.3 Vegetatives Nervensystem

starke Autonomie

unwillkürlich

8.3.1 Sympathikus

Sympathische Ganglien zu beiden Seiten der Wirbelsäule untereinander verbunden - Grenzstrang. Überträgerstoff des Sympathikus ist Noradrenalin und Adrenalin. Sie wirken auf die glatte Muskulatur der Eingeweide und Ausscheidungsorgane, sowie auf Verdauungsdrüsen hemmend, auf alle anderen Organe aktivierend.

8.3.2 Parasympathikus

Parasympathische Ganglien liegen verstreut in der Nähe der zu versorgenden Organe. Mit Ausnahme der Blutgefäße werden alle Organe, die vom Sympathikus innerviert werden auch vom Parasympathikus innerviert. Überträgersubstanz ist Acetylcholin, hat auf die einzelnen Organe entgegengesetzte Wirkung.

8.4 Reflex

Definition: unbewusste Reaktion, an der das Gehirn nicht beteiligt ist. Reflexe werden über das RM geleitet. Standardreaktion auf einen Standardreiz. Motorische Antwort auf sensorischen Reiz.

Reflexbogen: Muskelspindeln: Rezeptoren (umgewandelte Muskelfasern im Zentrum der Muskeln). Reiz (Dehnung der Muskeln) → sensible Nervenfasern (Ia-Fasern) zur grauen Substanz, Umschaltung auf ein motorisches α -Neuron über motorische Nervenfasern zum Streckmuskel (Effektor) → Kontraktion, Bein schnell hoch → sofortige Reaktion.

Eigenreflex: meist monosynaptisch, die Reaktion tritt an dem „Organ“ auf, an dem auch der Reiz erfolgt.

Fremdreflex: Sinnesorgan und Erfolgsorgan sind an verschiedenen Stellen, z.B. Niesen.

9 Das Gehirn

9.1 Hirnstamm

Besteht aus verlängertem Mark (*medulla oblongata*), geht über in die Brücke (*Pons*) und schließlich ins Mittelhirn (*Mesencephalon*). Es hat mit dem Bewußtsein nichts zu tun, sondern besitzt eine motorische Funktion - *Stützfunktion*. Ebenso befinden sich im Hirnstamm *vegetative Zentren* (Kreislauf, Atmung, Schluckreflex, Wachen, schlafen usw.). Im Hirnstamm entspringen auch die Hirnnerven. Wenn das Großhirn geschädigt ist, kann der Mensch trotzdem weiterleben, ihm wird allerdings nichts mehr bewußt.

9.2 Kleinhirn (*Cerebellum*)

Das Kleinhirn liegt im Hinterkopf oberhalb des Hirnstamms. Seine Funktion ist vor allem die „Feinabstimmung“ Zielmotorik und die Gleichgewichtsregulation. (Abstimmung von Ziel- und Stützmotorik, beteiligt am motorischen Lernprozess)

9.3 Zwischenhirn

Das Zwischenhirn liegt zwischen Großhirn und dem Hirnstamm. Hier liegen auch Hypothalamus und Hypophyse. Im Hypothalamus findet die Temperaturregulation, Hunger-, Durst-, Sättigungsempfinden statt.

9.4 Großhirn

Das Großhirn ist unterteilt in Großhirnrinde (graue Substanz) und Großhirnmark (weiße Substanz). Die Großhirnrinde stellt die oberste Instanz dar. In ihr läuft das Denken und das Bewußtwerden ab. Die Großhirnrinde ist in verschiedene Felder unterteilt, z.B. motorisches, akustisches, sensorisches und optisches Feld. Diese Felder können sich überlappen. Alle Tätigkeiten des Menschen sind in diese Felder projizierbar.

9.4.1 Impulsleitung von der Großhirnrinde

9.4.1.1 Die Pyramidenbahn (*Tractus corticospinalis*)

Die pyramidale Reizleitung beginnt im Großhirn. Von den Pyramidenzellen steigt eine Pyramidenbahn ab und wechselt zu zwei Dritteln im verlängerten Mark die Seite (Kreuzung). Das erste Neuron endet im Rückenmark. Dort wird auf die Vorderhörner des RM geschaltet. Von dort aus werden die Reize weiter in die Peripherie und zu den Erfolgsorganen geleitet. Die Pyramidenbahnen sind jeweils beidseitig.

Das extrapyramidale System ist aus kürzeren Bahnen aufgebaut. Das erste Neuron endet bereits im Zwischenhirn. Dort kommt es zu mehrfachen Umschaltungen. Vom extrapyramidalen System werden vor allem erlernte, automatisierte Bewegungen übernommen, die aber immer noch unter Kontrolle des Bewußtseins ablaufen.

10 Stoffwechsel

10.1.1 Anabolismus (Baustoffwechsel)

- in Wachstumsphasen, Sport und Schwangerschaft besonders gefordert
- Neubildung von Geweben (z.B. Hypertrophie bei Krafttraining)
- wichtigster Nährstoff ist Eiweiß

Pflanzliche Eiweiße sind weniger wertvoll als tierische, da in tierischen Eiweißen mehr essentielle Aminosäuren enthalten sind. Essentielle Aminosäuren kann der Körper selbst nicht herstellen (Valin, Leucin, Isoleucin, Methionin, Thyreonin, Phenylalanin, Tryptophan).

Funktionelle Gruppe der Eiweiße: Aminogruppe NH_2

Carbonsäuregruppe COOH

(Fleisch hat ca. 20 % Eiweiß)

Biologische Wertigkeit: Wieviel g körpereigenes Eiweiß aus 100 g zugeführtem Eiweiß gebildet werden kann. BW von tierischen Eiweiß ca. 90-95 %, von pflanzlichem Eiweiß ca. 70 %. Vollei 100 %, durch Kombination von tierischem und pflanzlichem Eiweiß ist eine $\text{BW} \geq 100$ % möglich. (Bsp.: 36% Eiprotein + 64% Kartoffelprotein entspricht einer BW von 137)

Täglicher Eiweißbedarf: 0,7 g/Kg KG physiologisch unterste Grenze

1 g/Kg KG Normalbedarf

1,5 g/Kg Kg Leistungssportler (Ausdauersportler sogar mehr als Kraftsportler)

Der tägliche Eiweißbedarf ist durch ausreichende Kalorienaufnahme nahezu immer automatisch gedeckt. Als reiner Vegetarier (Veganer) ist kein Kraftsport möglich, nur bei Lacto-Vegetariern (kein Fleisch aber Milchprodukte).

10.2 Katabolismus (Betriebsstoffwechsel)

Abbau von Kohlenhydraten und Fetten (und Eiweißen) zur Energiegewinnung

Eiweißkörper bestehen aus Aminosäuren und können maximal ca. 10 % auch zur Energiegewinnung beitragen, aber erst wenn Kohlenhydrate nicht mehr ausreichen (*Glukoneogenese*). Aminosäuren werden abgebaut zu Glucose - Zuckerneubildung (z.B. bei Ausdauerbelastungen). Diese ist sehr wichtig für das Gehirn, denn die Hirnzellen können nur aus Zucker Energie bilden. Beim Abbau der Aminosäuren entsteht in der Muskulatur Ammoniak. In der Leber wird aus Ammoniak der Harnstoff gebildet, welcher über die Nieren ausgeschieden wird. Leberkranke können Ammoniak nicht vollständig abbauen. Geht in die Blutbahn - Gehirn -

Hirnschäden. Bei hohen, längeren Belastungen steigt der Harnstoffspiegel als Ausdruck der Kohlenhydratverarmung.

10.2.1 Kohlenhydrate

Monosaccharide = Einfachzucker	Glucose (Traubenzucker) Galaktose Fructose (Fruchtzucker)
Disaccharide = Zweifachzucker	Maltose - 2 Glukosemoleküle Lactose - 1 Glucose, 1 Galaktose Saccharose - 1 Glucose, 1 Fructose
Oligosaccharide	2-10 Einfachzucker miteinander verbunden
Polysaccharide = Vielfachzucker	Stärke Glykogen (Speicherform der Glucose)

- Speicherung von Glykogen ca. 400 g; davon 80-100 g in der Leber, der Rest in der Skelettmuskulatur.
- Beim Abbau von Glykogen kann als Zwischenprodukt Maltose entstehen.
- Bei zu hoher Zufuhr von Kohlenhydraten werden diese in Fett umgewandelt.

10.2.2 Fett

Fette liegen im Körper als *Triglyceride* vor (Speicherform des Fettes). Beim Abbau der *Triglyceride* spalten sie sich in *Glycerin* (1 Teil) und *freie Fettsäuren* (3 Teile). Den Vorgang der Spaltung nennt man *Lipolyse*. Triglyceride findet man im Depotfett, Muskeln und im Blut. Glycerin und freie Fettsäuren sind bei der Energiegewinnung im Blut zu finden. Die freien Fettsäuren sind das entscheidende Produkt für die Muskulatur bei der Energiegewinnung (Glycerinspiegel steigt an): Glycerin wird mehr in der Leber abgebaut, denn dort ist das entscheidende Ferment Glycerolkinase vorhanden, welches für die Spaltung notwendig ist. Fett als Energiequelle ist im Körper weitaus häufiger vorhanden (10.000 g) als Kohlenhydrate (ca. 400 g), ermöglicht allerdings nur eine langsame Energieausbeute.

11 Energiegewinnung

11.1 anaerob

Anaerob - anoxidativ, O₂ spielt keine Rolle

<i>anaerob alaktazid</i>	<i>anaerob laktazid</i>
ohne Bildung von Milchsäure (Laktat)	Bildung von Milchsäure (Laktat)
KP (Kreatinphosphat) und ATP (Adenosintri-phosphat) sind die Energiespeicher der Muskelzelle	Glykolyse = Abbau der KH; Glucose und Glykogen über die Brenztraubensäure (Pyruvat = Salz der BTS) zu Laktat
ATP → ADP + Kreatin	KH → BTS → Laktat (außerhalb der Mitochondrien)
z.B. ca. erste 20 m beim Sprint	z.B. bei Sprints über 60 m; Glykolyse

Die höchste Laktatbildung findet bei 400 m statt. Die Ansäuerung nennt man Azidose. Der Grad der Ansäuerung ist am pH-Wert feststellbar. Je saurer, desto niedriger der pH-Wert. PH-Wert = $\log [H^+] =$ Wasserstoffionenkonzentration.

Normaler Wert: im Blut 7.
 im Muskel 6,9

Das Laktat wird zu einem ganz geringen Teil wieder ausgeschwitzt. Laktat kann aber auf aerobem Weg (im Skelett- und Herzmuskel) verbraucht werden und dient somit der Energiegewinnung; (Energie für Herz bei Belastung 2/3 tel aus dem Laktat, in Ruhe 1/3 tel). Zum anderen wird es wieder umgebaut in BTS und als Glykogen in der Leber gespeichert.

11.2 aerob

Bei allen Belastungen, die länger als 2 min. dauern, überwiegt die aerobe Energiegewinnung.

Beispiel: 3000m Lauf: zu Beginn überwiegen die anaeroben Prozesse, dann gewinnen aerobe Mechanismen immer mehr an Gewicht. KH werden durch die Glykolyse bis zu BTS gespalten. BTS wird dann in aktivierte Essigsäure umgewandelt und in dieser Form in den Citratzyklus eingeschleust. Bei der Umwandlung in aktivierte Essigsäure kommt es zu einer Decarboxylierung, d.h. CO₂ wird abgespalten.

Pyruvat

↓ CO₂ (Vitamin B sehr wichtig)

aktivierte Essigsäure



Zitronensäurezyklus (Decarboxylierung - CO₂)



u.a. Oxalessigsäure (Dehydrogenase - H₂ Bildung)

H₂ - Atmungskette = 2 H₂ + ½ O₂ → 2 H₂O, es entsteht ATP

Für diesem gesamten Vorgang sind Enzyme notwendig, die in den Mitochondrien zu finden sind. Ab aktivierter Essigsäure laufen die weiteren Vorgänge in den Mitochondrien ab. Glykolyse außerhalb der Mitochondrien in Zellplasma. Stoffwechselendprodukte sind CO₂ und H₂O. Bei der aeroben Energiebereitstellung aus 1 mol Glucose entstehen 36 mol ATP, bei der Laktatbildung entstehen 2 mol ATP.

Fettabbau

In der Abbaukette (β- Oxidation) entsteht aktivierte Essigsäure, diese geht in den Citratzyklus ein (wie bei KH) → keine Laktatbildung !!

Fette können nicht anaerob abgebaut werden (nur Glucose bzw. Glykogen)

Beim Marathonlauf: Energiebereitstellung fast ausschließlich aerob (Fettabbau). Beim Endsprint eventuell noch anaerob- laktazide Energiebereitstellung.

Glycerinkonzentration steigt, FFS leicht steigend, eher gleich

Muskelfaserstruktur

Fast twitch (weiß, TypII)	Slow twitch (rot, Typ I)
anaerobe Energiebereitstellung	aerobe Energiebereitstellung
weniger Mitochondrien	viele Mitochondrien
weniger aerobe Enzyme	hoher Glykogengehalt
nicht so stark durchblutet	hoher Fettgehalt
niedrigere Fettkonzentration	viele aerobe Enzyme
hohe Aktivität von anaeroben Enzymen	

Der Anteil von FT- zu ST- Muskelfasern ist im Erbgut festgelegt, durch Training kann nur noch das metabolische Profil (Zahl der Mitochondrien) verändert werden (Enzymbesatz). Bei erfolgreichen Schnellkraftsportlern liegt der FT- Faseranteil höher, bei erfolgreichen Sportlern in Disziplinen mit hoher Anforderung im aeroben Bereich findet sich ein hoher ST- Faseranteil. Das ST/FT Verhältnis ändert sich auch in Abhängigkeit der Muskulatur (z.B. höherer in Bauch-, geringerer in langer Wadenmuskulatur).

12 Drüsen und Hormone

Definition: Hormone sind spezielle Substanzen (Eiweiße), die in speziellen Organen (Drüsen) gebildet und ins Blut abgegeben werden. Auf diese Weise wirken sie regulierend auf andere Organe ein. Hormone dienen der Feinsteuerung und ermöglichen die korrekte Zusammenarbeit von Organen und dem Stoffwechsel.

Der Hormonhaushalt muss geregelt sein. Von den Organen muss eine Rückmeldung erfolgen. Der Hormonhaushalt wird reguliert durch das Regelkreisprinzip (feed-back Mechanismus):

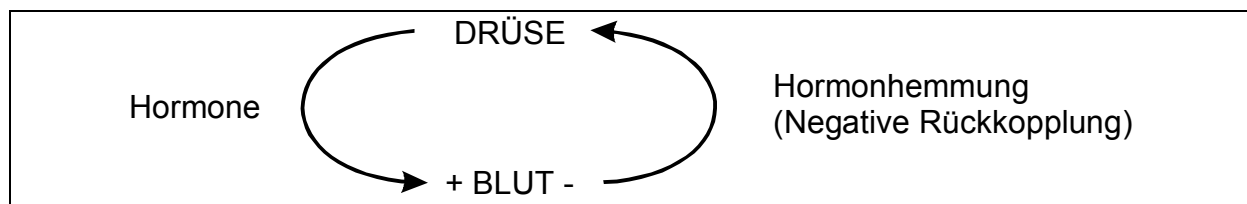


Abb. 10: vereinfachtes Schema der hormonellen Regulation

Im Folgenden werden die hormonbildende Drüsen näher besprochen

12.1 Hirnanhangdrüse (Hypophyse)

Sehr kleine Drüse, die an der Basis im Zwischenhirn liegt, hängt wie eine Beere an einem Stiel. Hypophyse teilt sich in Hypophysenvorderlappen- und Hypophysenhinterlappen (beide bilden Hormone, haben aber eine unterschiedliche histologische Entwicklung).

12.1.1 Hypothalamus

stimuliert oder hemmt die Hypophyse durch hemmende oder stimulierende (= releasing) Hormone.

12.1.1.1 Hypophysenvorderlappen

Keimdrüsenstimulierende Hormone LH (luteinisierendes Hormon), FSH (follikelstimulierendes Hormon) - gonadotrop

Schilddrüsenstimulierendes Hormon TSH (glandotrop)

Nebennierenstimulierendes Hormon ACTH (glandotrop)

β - Endorphin (körpereigenes Opiat) - wird gemeinsam mit ACTH gebildet

STH - somatotropes Hormon = auf den Stoffwechsel und das Wachstum wirkend; STH greift in den Abbau von Kohlenhydraten und Fetten ein. Es stimuliert die Glykogenolyse und die Lipolyse.

In der Kindheit: zu wenig STH = Kleinwuchs, wohlproportioniert

zu viel STH = Gigantismus, Riesenwuchs

Nach der Pubertät: zu viel STH = Wachstum von Fingern, Kinn und Nase

STH ist ein wichtiges Hormon bei Belastungen - Energiebereitstellung

STH- Spiegel nachts während des Schlafes am höchsten

STH kann auf das Hundertfache ansteigen

12.1.2 Hypophysenhinterlappen

Oxytozin → glatte Muskulatur der Gebärmutter (Wehen)

Adiuretin → glatte Muskulatur der Arterien (Blutdruck steigt); Rückgewinnung von Wasser in den Nierenkanälchen

Inkretin → Steuerung der Bindung von Insulin in den B-Zellen des Pankreas.

12.2 Schilddrüse

- Hufeisenförmiges Organ, liegt vor der Luftröhre unterhalb des Kehlkopfs, besteht aus zwei Seitenlappen und einer Verbindungsbrücke vor dem Schildknorpel des Kehlkopfes.
- Schilddrüsenhormon: Thyroxin, Calcitonin
- Thyroxin kurbelt den Stoffwechsel an und damit die Verbrennung (steigert die Stoffaufnahme der Zelle)
- zu viel Thyroxin = Schilddrüsenüberfunktion, dies führt zu Gewichtsverlust, Puls kann steigen, Nervosität, Augen treten hervor (Froschaugen), Durchfall, Schlaflosigkeit, Herzrasen, vermehrtes Schwitzen, Anstieg des Blutdrucks.
- zu wenig Thyroxin = Schilddrüsenunterfunktion, führt zu Gewichtszunahme, Müdigkeit, Grundumsatz sinkt, Puls niedrig.
- Das Schilddrüsenhormon besteht aus Jod. Bei zu wenig Jod vergrößert sich das Schilddrüsenengewebe, um der Nahrung vermehrt Jod entziehen zu können. Kinder die mit einer Schilddrüsenunterfunktion zur Welt kommen, sind geistig behindert. Störungen können auch die sportliche Leistungsfähigkeit behindern.
- Calcitonin hemmt den Knochenabbau, senkt den Calciumspiegel im Blut, fördert Wachstum und Skelettreife.

12.3 Nebenschilddrüse

- an der Hinterwand der Schilddrüse
- erbsengroß
- meist vier Stück
- lebensnotwendig
- Bildet Parathormon, Gegenspieler des Calcitonin

- Das Parathormon spielt eine wesentliche Rolle bei der Konstanthaltung des inneren Milieus bezüglich des Mineralstoffwechsels. Es regelt den Calcium- und Phosphathaushalt. Bei Fehlen des Parathormons kommt es zu einer Erniedrigung des Calciumgehaltes im Blut bei einer gleichzeitigen Erhöhung des Phosphorgehaltes.
- Erniedrigung des Calciumgehaltes: schwere Übererregbarkeit und Krämpfe (Tetanie)
- Erhöhung des Calciumgehaltes: vermehrte Ausscheidung von Calcium durch die Nieren, Knochen werden brüchig.

12.4 Nebennieren

- Nebennierenrinde und Nebennierenmark haben völlig unterschiedliche Funktionen, unterschiedliche histologische Entwicklung (bei manchen Tieren sogar zwei verschiedene Organe!)
- Sie liegen oberhalb der Nieren, mit Nieren leicht verwachsen (2 Stück), sie sitzen kappenförmig auf.

12.4.1 Nebennierenrinde

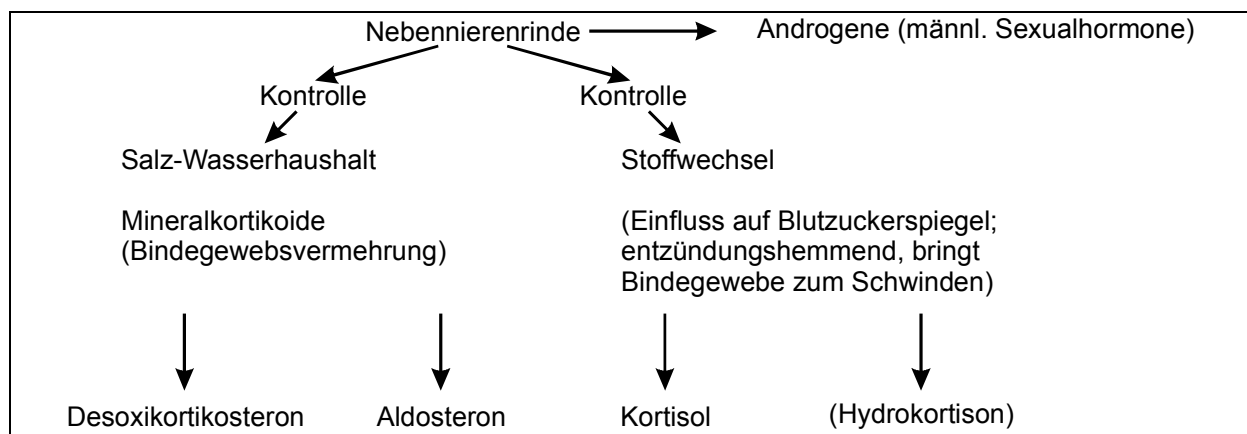


Abb. 11: Überblick über die Nebennierenrindenfunktionen

12.4.1.1 Aldosteron:

$H^+ \downarrow, K^+ \downarrow; Na^+ \uparrow$ 2. $H_2O \uparrow$

Natrium wird vermehrt in den Nieren rückresorbiert und Kalium wird unter dem Einfluß von Aldosteron vermehrt ausgeschieden. Wasser wird vermehrt rückresorbiert, z.B. damit der Körper bei Belastung nicht so viel Wasser und Kochsalz verliert.

12.4.1.2 Kortisol

- katabole Wirkung - Abbau von Eiweißen
- fördert die Glukoneogenese - Zuckerneubildung aus Aminosäuren
- wichtig bei langanhaltender Belastung (Marathon, Radrennen)
- wichtig für das Gehirn, denn das Gehirn kann nur Zucker und Ketonkörper verwenden

- wenn der Blutzuckerspiegel sinkt kommt es zur Abnahme der Leistungsfähigkeit
- Kortisol hat nur einen geringen Einfluß auf den Mineralhaushalt. Kalium kann durch lange Einnahme von Kortisol verringert werden
- Einfluß auf Lipolyse - mehr freie Fettsäuren
- Kortison-Spritzen hemmen die reaktive Entzündung - weniger Schmerzen, schnellere Heilung, hemmt die Abwehrvorgänge im Organismus. Mehr als zwei Spritzen verhindern allerdings den Heilungsprozess, eigene NNR verkleinert sich. Die Wirkung des Kortisols als Dopingmittel (euphorisierende Wirkung) ist zweifelhaft, da Eiweiße abgebaut werden.
- Verringerte Belastbarkeit des Sehnen- und Bandapparates bei Kortison-Therapie

12.4.1.3 Androgene

- anabole Wirkung
- gebildet in NNR, Hoden und Ovarien
- für die Entwicklung der Muskelkraft erforderlich

Die Nebennierenrinde steht unter dem Einfluss des Hypophysenvorderlappens (ACTH)

12.4.2 Nebennierenmark

Nebennierenrindenmark	
Katecholamine	
Adrenalin (ca. 60 – 80%)	Noradrenalin (ca. 20 – 40%)

Stresshormon, auch an den Nervenenden des Sympathikus gebildet (Noradrenalin)

vermehrte Ausschüttung (z.B. bei Belastungen):

- Herzfrequenz steigt an
- Kontraktionskraft des Herzens steigt
- Bronchialerweiterung
- Magen-Darm-Trakt erschlafft, Relaxation = Erschlaffung
- Förderung der Lipolyse und Glykogenolyse

12.5 Bauchspeicheldrüse

(bildet neben Hormonen auch Verdauungsenzyme)

endokrine Funktion (Hormonbildung)

exokrine Funktion (Enzymbildung)

Im Gewebe der BSD findet man Zellanhäufungen (inselförmig eingestreut), die nach ihrem Entdecker Langerhans'sche Inseln genannt werden. In den Zellen werden Hormone gebildet (Insulin/ Glukagon).

- in den sogenannten A-Zellen wird Glukagon gebildet
- in B-Zellen wird Insulin gebildet (sind Gegenspieler)
- vermehrte Glukosespeicherung, Glykogen in der Leber und der Muskulatur
- der Glukosespiegel im Blut sinkt
- die Glukoseverwertung wird verbessert
- antilipolytischer Effekt

Diabetes mellitus: ungenügende Insulinbildung (Jugendliche = Typ I), Rezeptoren funktionieren nicht mehr richtig, zu hoher Insulinspiegel (bei Älteren = Typ II). *Alterdiabetiker*: Insulin wird ausreichend gebildet, aber die Insulinrezeptoren sind unempfindlich geworden; bei Übergewichtigen - durch Training werden Rezeptoren empfindlicher.

Glukagon - mobilisiert Leberglykogen, Abbau zu Glukose,

zu hoher Blutzuckerspiegel: (hyperglykämische Wirkung = metabolische Azidose) vorzeitige Gefäßerweiterung, kann bis zu Koma führen.

Hormone, die auf den Blutzuckerspiegel Einfluss nehmen:

- Glukagon ↑
- Insulin ↓
- Kortisol ↑
- Adrenalin ↑
- Noradrenalin ↑
- Wachstumshormon ↑

Hormone, die auf den Wasserhaushalt einwirken:

- Aldosteron
- Adiuretin

12.6 Keimdrüsen (Gonaden)

Keimdrüsen des Mannes = Hoden (Testes)

Keimdrüsen der Frau = Eierstöcke (Ovarien)

Testes: männliche Sexualhormone: Androgene - Testosteron ist das wichtigste; wirken anabol = muskelbildend.

In den Testes gibt es Zellen, die Samen bilden und Zellen, die Testosteron bilden: Die Bildung des Testosterons erfolgt unter dem Einfluss des Hormons des HVL (LH).

Testosteron - Doping: Pilleneffekt - Hypophyse wird stillgelegt

eigene Testosteronbildung wird gehemmt

Rückbildung des Hormonbildungsapparates = längerfristige Verkleinerung der Hoden, Testosteron ist wichtig für die Entwicklung der Muskelkraft; Beginn der Bildung in der Pubertät durch Reifung der männlichen Keimdrüsen.

Stimmbruch:

Durch Testosteron Kehlkopfumbildung, (Eunuchen = kein Stimmbruch). In den männlichen Keimdrüsen werden auch in sehr kleinen Mengen weibliche Hormone gebildet. Bei einer schweren Lebererkrankung können die weiblichen Hormone nicht abgebaut werden, vermehrte Konzentration - Brustbildung (Gynäkomastie).

Weibliche Sexualhormone: Östrogene (z.B. Östradiol)

Gestagene (Progesteron) katabol

In den Ovarien werden auch männliche Sexualhormone gebildet - wichtig für die Muskelbildung der Frau

Menstruationszyklus:

Der Menstruationszyklus wird durch Hormone aus dem Hypothalamus gesteuert. Kommt es zum Eisprung (*Ovulation*) bildet sich an der Stelle des Eisprungs im Eierstock der sogenannte Gelbkörper, der Progesteron produziert.

Dieses Hormon bewirkt eine starke Durchblutung der Gebärmutter Schleimhaut, die unter dem Einfluss von Östrogenen und Gestagenen gebildet wird. Die Konzentration von Progesteron steigt weiter an. Wird das Ei nicht befruchtet, wird die voll entwickelte Schleimhaut nach ca. 14 Tagen abgebaut - es kommt zur Menstruationsblutung.

Das Ei kann nur innerhalb 24- 48 Stunden nach dem Eisprung befruchtet werden. Die Eizelle gelangt in den Eileiter, wird dort befruchtet und nistet sich im Bereich der Gebärmutter Schleimhaut ein. Hier werden dann für die Schwangerschaft verantwortliche Hormone gebildet. Choriongonadotropin (HCG) ist im Urin nachweisbar und dient somit als Schwangerschaftstest). Die Schleimhaut wird weiterentwickelt - die negative Rückkopplung wird durchbrochen.

Bei der Einnahme der Pille kommt es nicht zum Eisprung. Die Pille enthält eine Östrogen-Gestagen-Kombination.

- Erhält und baut die Gebärmutter Schleimhaut auf

- negative Rückkopplung an die Hypophyse - keine Ausschüttung von stimulierenden Hormonen
- kein Wachstum der Follikel
- kein Eisprung
- bei Absetzen der Pille sinkt die Konzentration der Hormone (Östrogen + Gestagen) - Abbruchsblutung

Bei einer regelmäßigen Menstruation findet der Eisprung um den 14. Tag statt. Zwischen dem 12. und 16. Tag sind die fruchtbaren Tage der Frau. Der 1. Tag der Menstruation = der 1. Tag der Blutung. Ogino-Knaus-Methode (Temperaturmeß-methode) zur Empfängnisverhütung hat nur eine Sicherheit von 80 % aufgrund von provozierten Eisprünge, z.B. durch Streß. Die Temperatur steigt zur Zeit des Eisprungs um 0,5 °C an. Wenn überhaupt, ist der größte Leistungseinbruch in der Zeit kurz vor der monatlichen Regelblutung festzustellen.

12.7 Thymusdrüse

Liegt im Bereich zwischen dem linken und dem rechten Lungenflügel; sie kann beim Kind stark ausgebildet sein; bildet sich mit zunehmendem Alter zurück; hat Abwehrfunktion - (T-Lymphozyten); Lymphozyten, die aus dem Knochenmark stammen, werden hier geschult.

13 Belastbarkeit von Kindern und Jugendlichen

13.1 Maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2 max.)

- bis zur Pubertät bei Mädchen und Jungen etwa gleich groß
- dann steigt die VO_2 max bei Jungen noch stark an, während sie bei Mädchen einen stabilen Endwert ansteuert
- auf das Körpergewicht bezogen, verhält sich die VO_2 max. bei Jungen ab der Pubertät wie bei Erwachsenen bis zum 3. Lebensjahrzehnt
- Werte beim Erwachsenen im 3. Lebensjahrzehnt:

Männer: 40-45 ml/min/kg Körpergewicht

Frauen: 35-40 ml/min/kg Körpergewicht

Kinder haben einen größeren O_2 Verbrauch (höherer Grundumsatz, schlechtere Koordination)

Wirkung von Training auf VO_2 max.: ab der Pubertät sind bei Jugendlichen ähnliche Anpassungen wie bei Erwachsenen zu beobachten

13.2 Koordination

das Erlernen von Bewegungsabläufen ist im vorpuberalen Kindesalter am leichtesten (Entwicklung des ZNS +/- abgeschlossen)

13.3 Flexibilität

Auch hier ist das beste Trainingsalter das vorpuberale Kindesalter

13.4 Ausdauer

- aerobe Ausdauer ist bei Kindern und Jugendlichen sehr gut zu trainieren
- ihr Körper reagiert auf Trainingsreize wie ein Erwachsener. Es kommt zu einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit, eventuell sogar zu einer Sportherausbildung
- bei Jugendlichen im Ausdauerleistungssport erkennt man gleiche körpergewichtsbezogene Herzgrößen wie bei erwachsenen Leistungssportlern. Ein eventueller Leistungsunterschied ist auf eine noch nicht so gute Ausbildung der peripheren Stoffwechselmechanismen zurückzuführen.

13.5 Kraft

- bis zur Pubertät sind keine Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen festzustellen (haben etwa gleiche Menge männlicher Sexualhormone)

- dann ähnlicher Verlauf wie bei der aeroben Leistungsfähigkeit (durch vermehrte Bildung von Testosteron)

13.5.1 Krafttraining im Kindesalter

- Kraftzuwachs über neuronale Mechanismen möglich
- Hypertrophie ist kaum zu erreichen (Mangel an Testosteron)

13.6 Herzfrequenz

- Kinder haben grundsätzlich eine höhere Trainings- und Maximalherzfrequenz als Erwachsene (siehe Faustformel $220 - \text{Lebensalter}$).
- einen Mindestwert der Trainingsherzfrequenz kann man bei 160 angeben, darunter sind keine Anpassungserscheinungen zu erwarten.

13.7 Stoffwechsel

beim Kohlenhydratstoffwechsel und bei Fettstoffwechsel ist ein gleiches Verhalten wie beim Erwachsenen festzustellen.

13.7.1 Anaerob- laktazider Bereich

- die maximal mögliche Laktatkonzentration ist stark vom Alter abhängig
- sie ist bei Kindern geringer, bei Jugendlichen mittel und bei Erwachsenen stark ausgeprägt
- die anaerobe Kapazität ist im Heranwachsendenalter nicht so gut ausgebildet wie im Erwachsenenalter
- also sind Heranwachsende bei anaerob- laktaziden Belastungen benachteiligt
- daraus folgt die Notwendigkeit einer sorgfältigen Dosierung bei anaerob- laktazidem Training für Heranwachsende

13.7.2 Anaerob- alaktazider Bereich

im anaeroben- alaktaziden Bereich sind keine Unterschiede in der Trainierbarkeit und Leistungsfähigkeit im Vergleich zu Erwachsenen zu erkennen.

13.8 Aufgaben und Inhalte des Schulsports

- Erlernen von gesundheitlich wertvollen Aufgaben (Ausdauer) in spielerischer Form
- vielseitige Koordinations- und Flexibilitätsübungen
- dynamische Kraftübungen ohne Fremdlast
- Schnelligkeit vor Schnelligkeitsausdauer
- Gesundheitserziehung

- Minimum 3 x 45 min. pro Woche

13.8.1 Thema „Schulsportbefreiung“

- weniger pauschale Freistellung anzustreben
- weniger zeitlich unbegrenzte Freistellung
- keine Freistellung bei: Kreislaufregulationsstörungen, funktionellen Herzgeräuschen

14 Begriffe

Arthritis: Gelenkentzündung

Abbruchkriterien (3 B's): Beobachtung, Belastungs-EKG, Blutdruckverhalten.

Afferenz: afferente Nerven, Nerv, der sensible oder sensorische Informationen von einem Rezeptor zum ZNS leitet.

Aktive Immunisierung: Erreger werden abgeschwächt gespritzt, Antikörper werden gebildet, erst nach einigen Wochen wirksam, hält länger an.

Aldosteron: Hormon der Nebennierenrinde (Mineral-Kortikoide), Na und H₂O Rückresorption, K Ausstoß.

Alkalose: Untersäuerung, infolge eines pH-Wert Anstieges von ca. 7,4 auf 7,43 im Blut.

Anämie: Blutarmut, infolge einer Verringerung der Konzentration an Hämoglobin und/oder der Zahl an roten Blutkörperchen (Sichelzellenanämie, Eisenmangelanämie).

Anatomischer Totraum: Mund, Nase, Rachen, Kehlkopf, Luftröhre, Bronchien; Raum, in dem kein Gasaustausch stattfindet.

Aneurisma: Ausbuchtung der Bauchaorta.

Aortenklappe: Taschenklappe zwischen linker Kammer und Hauptschlagader.

Apnoe: Atemstillstand.

Apnoe: Aussetzen des Atemantriebs, z.B. als Folge einer Hyperventilation.

Apophysen: Knochenfortsätze, hier setzen meist Sehnen und Bänder an.

Apophysen: Knochenfortsätze, meist Befestigungsstellen von Sehnen.

Arthrose: Degenerative Prozesse an einem Gelenk, die gleichzeitig mit Entzündungsvorgängen einhergehen können.

Aspiration: Blut oder Nahrungsreste in der Lunge.

Atemäquivalent: Die Menge Luft, die aufgenommen werden muß, um einen Liter Sauerstoff aufzunehmen. In Ruhe Verhältnis 20:1; bei Belastung 40:1.

Atemfrequenz: Anzahl der Atemzüge pro Minute, ca. 10-15 mal.

Atemgrenzwert: max. Luftmenge die in einer Minute ventiliert werden kann, gemessen über 10 sec.

Atemgrenzwert: max. Luftmenge, die in einer Minute ventiliert werden kann, gemessen über 10 Sekunden, max. schneller und tiefer Atmung (Wert mal 6)..

Atemminutenvolumen: Atemzugvolumen X Atemfrequenz, ca. 5-7 l, bei Belastung Untrainierter 80-100l, Trainierter -200l.

Atemzugvolumen: Lungenvolumen, das bei normaler Atmung ein und ausgeatmet wird, ca.

500ml

Ausbelastungskriterien: max. Hf. (220-LA), max. Laktatkonzentration (Untrainierter 8-10 mmol/l), respiratorische Parameter (RQ, AÄ, AMV).

Autolyse: Selbstaflösung der Zelle.

AVD₀₂: Arterio-venöse-Sauerstoffdifferenz: Sauerstoffdifferenz zwischen Arterie und Vene, ca. 5 Vol%. Der Trainierte hat eine Verbesserte AVD₀₂.

Azidose: Übersäuerung infolge eines pH-Wert Abfalls von ca. 7,4 auf ca. 6,8 im Blut

Bauchspeicheldrüse: A-Zellen (Glukagon), B-Zellen (Insulin).

Blutserum: Ist das Blutplasma ohne Fibrinogen, welches zu Fibrin geworden ist.

Bradykardie: Verlangsamte Herzfrequenz von weniger als 60 Schlägen pro Minute, im Gegensatz zur Tachykardie.

bradytroph: Gewebe, welches wenig durchblutet wird, und somit schlecht regenerierbar isr.

Cervikalsyndrom: Oberbegriff für alle Beschwerden, die in die Kopf-Schulter-Hals-Region ausstrahlen.

Crossing-Effekt: Übertragung von Kraftzuwachs auf die nicht trainierte Seite.

Dilatation: Aufweitung, speziell beim Herzen eine Erweiterung aller vier Herzhöhlen.

Distorsion: Zerrung/Stauchung

Duktus thoracicus: Milchbrustgang.

Dyspnoe: Atembeschwerden.

EDV: Enddiastolisches Volumen: Blutmenge, die am Ende der Füllungsphase im Herzen ist. (EDV = SV : ESV = 2 : 1).

Einsekundenkapazität: Volumen, welches in 1 sec. Nach max. Einatmung max. ausgeatmet werden kann, wird in % der Vitalkapazität angegeben (normal ca. 80%).

Eiter: abgestorbene Leukozyten, Bakterien und Gewebeteile.

Endokard: innerste Herzwandschicht

Epikard: innere Schicht des Herzbeutels

Essentielle Aminosäuren: AS, die der Körper selbst nicht herstellen kann, und somit mit der Nahrung zugeführt werden müssen. (Valin, Leucin, Isoleucin, Methionin, Thyreonin, Phenylalanin, Tryptophan, Lysin).

ESV: Endsystolisches Volumen: Restvolumen, welches im Herzen bleibt.

Expiration: Ausatmung.

Expiratorisches Reservevolumen (ERV): Volumen, das nach normaler Ausatmung noch zusätzlich ausgeatmet werden kann, ca. 1500 ml.

Funktion der Nasenhöhlen: Erwärmung, Anfeuchten, Reinigung, Riechorgan, Resonanzor-

gan.

Gastrin: Hormon, welches im Magen in der gastralen Phase gebildet wird, und die Magensaftbildung im Corpus bewirkt.

Gewebe: Zellverbände aus Zellen mit gleicher Gestalt und Leistung (Funktion).

glandotrop: Drüsenstimulierend

Glanzstreifen: Zellgrenzen bzw. Verbindungen zwischen Herzmuskelzellen, ähnlich den Z-Streifen.

Glukoneogenese: Synthese von Glukose aus Aminosäuren, Laktat und Pyruvat.

Glykogenese: Aufbau von Glykogen aus Glukose.

Glykogenolyse: Abbau von Glykogen zu Glukose.

Gynäkomastie: Brustbildung beim Mann.

Hämatokrit: Verhältnis von Blutkörperchen zu Plasma. Bei Frauen ca. 40%, bei Männer ca. 45% Blutkörperchen, Rest ist Plasma.

Hämatom: Bluterguß.

Hämolyse: Aufplatzen der Blutkörperchen, infolge eines Wassereinstroms durch Osmose.

Herzbeutel: Innere Schicht ist das Epikard, die äußere Schicht ist das Perikard.

Herzinnenhaut: Endokard, Herzinnenhautentzündung ist die Endokarditis.

Herzmuskelschicht: Myokard, Herzmuskelentzündung ist die Myokarditis.

Hirnnerven: 1. Riechnerv, 2. Sehnerv, 3,4,6 Augenmuskelbewegung, 5. N. trigeminus Gefühle im Gesicht, 7. N. facialis Mimik im Gesicht, 8. Gehör- und Gleichgewichtsnerv, 9. Schlucknerv, 10. Vagus, 11. N. Trapezmuskel, 12. N. Zungennerv.

HMV: Herzminutenvolumen. Setzt sich zusammen aus Schlagvolumen mal der Herzfrequenz in einer Minute.

Hydrolasen: Enzyme, welche Stoffe durch Wassereinlagerung spalten.

Hydrolyse: Chemische Reaktion, in deren Verlauf große Moleküle durch die Einlagerung von Wasser gespalten werden.

Hyperplasie: Zunahme der Zellzahl

Hypertonisch: Lösung mit höherem osmotischem Druck.

Hypophysenhinterlappen: Oxytozin, Adiuretin, Inkretin.

Hypophysenvorderlappen: Keimdrüsenstimulierende Hormone (LH, FSH), Schilddrüsenstimulierendes Hormon (TSH), Nebennierenstimulierendes Hormon (ACTH), Beta-Endorphin, Wachstumshormon (STH).

Hypotonisch: Lösung mit niedrigerem osmotischem Druck.

Hypoxämie: Verminderte Sauerstoffversorgung des Blutes.

Hypoxie: Inadäquate Versorgung der Gewebe mit Sauerstoff.

Hypoxische Schädigung: Schädigung infolge von Sauerstoffmangel.

Inspiration: Einatmung

Inspiratorisches Reservevolumen (IRV): Volumen, das nach normaler Einatmung noch zusätzlich eingeatmet werden kann, ca. 2000 ml

Interscapulär: Zwischen den Schulterblättern.

Ischialgie: Schmerzhaftes Lumbalsyndrom unter Einbeziehen der Ischiasnerven.

Isotonisch: Lösungen, die den gleichen osmotischen Druck haben.

Keimdrüsen: Hoden (Testes) Testosteron; Eierstöcke (Ovarien) Östrogene, Gestagene.

Kontusion: Prellung oder Quetschung.

Kritisches Herzgewicht: bei ca. 500g Absolut, oder 7,5g pro Kg Körpergewicht, darüber unzureichende Sauerstoffversorgung.

Leukämie: Vermehrung der Leukozytenzahl, diese sind aber unreif.

Leukopenie: Verminderung der Leukozytenzahl unter 4000/ μ l

Leukozytose: Vermehrung der Leukozytenzahl, bei einer bakteriellen Entzündung. Bei einer Viruserkrankung erfolgt keine Vermehrung der gesamten Leukozytenzahl, sondern nur eine Vermehrung der Lymphozyten.

Levelling-off: Abflachung der O₂ Kurve im max. Bereich.

Lipolyse: Spaltung der Fette in 1 Teil Glycerin und 3 Teile freie Fettsäuren.

Lumbago: Hexenschuß, Rückenschmerzen durch Bandscheibenverlagerung.

Luxation: Verrenkung

Magenschleimhaut: Hauptzellen (Pepsinogen), Belegzellen (HCL), Nebenzellen (Schleim).

Mitralklappe: Segelklappe zwischen dem linken Vorhof und der linken Kammer.

Myokard: Herzmuskel

Myokarditis: Herzmuskelentzündung

Myoglobin: Roter, sauerstoffbindender Farbstoff, höhere Sauerstoffaffinität als Hämoglobin.

Nebennieren: Nebennierenrinde, Nebennierenmark.

Nebennierenmark: Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin).

Nebennierenrinde: Desoxykortikosteron, Aldosteron, Kortisol, Hydrokortison.

Nebenschilddrüse: Parathormon.

Normalventilation: den Stoffwechselbedürfnissen angepaßte Atmung. O₂ Konzentration in

Alveolen 14%; CO₂ Konzentration 7%.

Ödem: Wasseransammlung im Gewebe.

Osmose: Durch Eigenbewegung der Teilchen herbeigeführte Durchmischung.

Osteoplasten: Knochenbildende Zellen.

Passive Immunisierung: Antikörper werden sofort gespritzt (sofort wirksam)

Perikard: äußere Herzbeutelsschicht

Phagozytose: Umschließen der Zellen und auflösen dieser.

Physiologischer Totraum: zusätzlich zum anatomischen Totraum, jene Alveolen in denen kein Gasaustausch stattfindet.

Pleuralspalt: Spalt zwischen Rippenfell und Brustfell, sondert Flüssigkeit ab.

Pneumothorax: Loch im Pleuralspalt, Unterdruck entweicht, Lunge fällt zusammen.

Polypnoe: Mehratmung.

Ptyalin: Enzym des Mundspeichels, und der BSD, das Kohlenhydrate zu Disacchariden spaltet.

Pulmonalklappe: Taschenklappe zwischen rechten Kammer und Lungenschlagader

Refraktärzeit: Periode der Unerregbarkeit bzw. Mindererregbarkeit eines Nerven oder einer Muskelfaser.

Residualvolumen: Volumen, das auch bei tiefster Ausatmung noch in der Lunge zurückbleibt.

Respiratorischer Quotient: Quotient aus CO₂ Abgabe und O₂ Aufnahme.

Schilddrüse: Thyroxin, Calcitonin.

spinale Motorik: Bewegungen, gesteuert auf Rückenmarksebene.

Spondylarthrose: Verschleißerscheinung der kleinen Wirbelbogengelenke.

Spondylyse: Wirbelgleiten eines Lendenwirbels infolge Spaltbildung.

Supination: Außenrotation des Radius um die Ulna.

supraspinale Motorik: Bewegungen, gesteuert von höheren Zentren.

SV: Schlagvolumen. Volumen das bei der Kontraktion aus dem Herzen ausgeworfen wird, in Ruhe ca. 60-100 ml, bei Trainierten bis 200 ml.

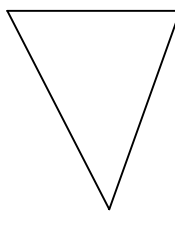
Totalkapazität: Volumen, aus AZV, IRV, ERV, RV, ca. 5,2l

Tricuspidalklappe: Segelklappe zwischen dem rechten Vorhof und der rechten Kammer.

Verbotene Wirkstoffgruppen (Doping): Stimulanzien, Narkotika, Beta-Endorphin, Anabolika, Peptidhormone, Diuretika.

Vitalkapazität: Volumen, daß nach max. Einatmung max. ausgeatmet werden kann.

Energieversorgung und Muskelkontraktion

Energiebereitstellung	Flussrate (mol ATP)	Geschwindigkeit
ATP, KP	1,6-2,0	
Anaerobe Glykolyse	1	
Aerobe Glykolyse	0,5	
Fettsäure Oxidation (β-Oxidation)	0,25	

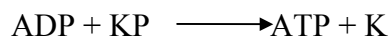
1. Die Anaerobe Energiegewinnung



Myosin ATP-Ase

ca. 6 mmol pro Kg Muskelfeuchtgewicht, reicht für max. 2-3 Sekunden

2. ATP-Resynthese



Kreatinase

ca. 20-30 mmol pro Kg Muskelfeuchtgewicht, reicht für max. 20 Sekunden

Bis zu 7 Sekunden erfolgt die Energiebereitstellung anaerob alaktazid (anaerobe Glykolyse).

15 Testfragen

I Erklären Sie folgende Begriffe:

1. Abwehrfunktion des Blutes; Aldosteron; Alles-oder-Nichts-Gesetz; Glykolyse; Diaphyse; Kugelgelenk; rote Muskelfaser; Pronation; Trainingsbradikardie; Pfortaderkreislauf
2. Apophyse, Endoplasmatisches Retikulum; Hirnstamm; Lysosom; pH-Wert; Vogotonus; Motorische Einheit; Miniskus; Hämatokrit; Geschlechtschromosom
3. Distorsion; Epiphyse; Lymphozyten; Muskelspindel; Flimmerepithel; Supination; passive Immunisierung; O₂-Bindungskurve; Vitalkapazität; Hämatom
4. Hypertrophie; Hyperplasie; Gastrin; Blutdruckamplitude; physiologischer Totraum; Neuron; Osteoplasten; Osmose; Hypoglykämie

II Erklären Sie folgende Begriffe und stellen Sie die Unterschiede dar:

Herzmuskel - Skelettmuskel; Muskelspindel - Sarkomer; Hypertrophie - Hyperplasie; Epiphyse - Apophyse; aktive Immunisierung - passive Immunisierung; Pronation - Supination

III weitere Fragen

1. Erläutern Sie die Mechanismen, die zu einer Mehrdurchblutung des Muskels bei Belastung führen.
2. Wie wird Sauerstoff und Kohlendioxid im Blut transportiert? Welchen Einfluß hat der Aufenthalt in mittleren Höhen (z.B. Alpen) auf die Sauerstoffsättigung des Hämoglobins?
3. Erläutern Sie die Erregungsübertragung zwischen Nerv und Muskel.
4. Erklären Sie mit Hilfe des HAGEN-POISSEUILLE-Gesetzes das Stromzeitvolumen, die Druckdifferenz und den Strömungswiderstand.
5. Erläutern Sie die Trainierbarkeit sowie die Belastbarkeit von Heranwachsenden im Vergleich zu Erwachsenen bezüglich Ausdauer, Kraft und Schnelligkeit. Begründen Sie die Unterschiede.
6. Erklären Sie die Sauerstoffbindungskurve und deren Zusammenhänge mit der Leistungsfähigkeit in einer Höhe von 2500m.
7. Wie wird aus Glykogen die energiereiche Verbindung ATP gewonnen?
8. Wie verändern sich Herzfrequenz und Blutdruck bei verschiedenen Belastungen zwischen dem zweiten bis sechsten Lebensjahrzehnt?
9. Wie und welche Hormone wirken auf die Glukosekonzentration im Blut in Ruhe und unter Belastung?
10. Wie verändern sich die Laktatkonzentrationen und die pH-Werte im Blut bei folgenden Belastungen: 500m Eisschnelllauf; 30km Skilanglauf; Weitsprung; Fußball; 2000m Rudern; 100m Sprint; 100m Schwimmen; 30 min. Jogging?

11. Erläutern Sie die aerobe sowie die anaerobe Leistungskapazität von Kindern und Jugendlichen
12. Erläutern Sie die Erregungsbildung und -ausbreitung der Herztätigkeit.
13. Beschreiben Sie die mechanischen und chemischen Prozesse der Magenverdauung.
14. Beschreiben Sie die Veränderung der Herzfrequenz in Abhängigkeit von Alter und Trainingszustand während und nach verschiedenen Belastungen.
15. Wie verändern sich die Laktatkonzentrationen und die pH-Werte im Blut bei folgenden Belastungen: maximale Läufe (30m, 100m, 400m, 1500m, 3000m, 5000m, 10000m, Marathon), Handball, Fußball, Hochsprung, Kugelstoßen?
16. Erläutern Sie die unterschiedliche Trainierbarkeit und Belastbarkeit von Frauen und Männern bezüglich Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit.