


Folie 1



Anatomie und Physiologie des passiven und aktiven Bewegungsapparates

Matthias Coenen
ZAS Frankfurt am Main

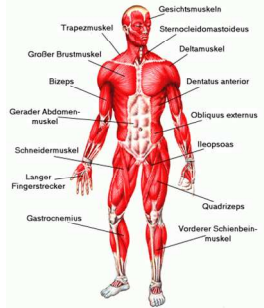
Folie 2

Inhalte...

- Aktiver Bewegungsapparat
- Passiver Bewegungsapparat
- Muskulatur
- Training
- Knochen
- Gelenke
- Pathophysiologie

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 2

Folie 3



Labels in the diagram:
Gesichtsmuskeln
Sternocleidomastoideus
Trapezmuskel
Deltamuskel
Großer Brustmuskel
Bizeps
Dentatus anterior
Gerader Abdomenmuskel
Obliquus externus
Schneidermuskel
Ileopsoas
Langer Fingerstrecker
Quadrizeps
Gastrocnemius
Vorderer Schienbeinmuskel

20.01.2009 3

Folie 4

Muskulatur - allgemein

- Muskelgewebe besteht aus hochdifferenzierten, langgestreckten Zellen
- kontraktile Proteine:
 - Aktin
 - Myosin
- bilden gemeinsam Muskelfibrillen
- Muskelzellen enthalten Myoglobin:
 - kann Sauerstoff binden; - sorgt für rote Farbe

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 4

Folie 5

Muskulatur - allgemein

- Muskelzellen sind in der Lage sich zu verkürzen und Spannung zu entwickeln
- Sie verwandeln chemische Energie in mechanische Energie
- Sie sind in der Lage Kraft zu entfalten
- Wichtig: Bindegewebe:
 - gliedert Muskeln; - dient Muskelzellen zur Befestigung;
 - überträgt die Verkürzung auf die Umgebung

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 5

Folie 6

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- Die Zellen der Muskulatur werden als Muskelfasern bezeichnet
- Die Muskulatur des Bewegungsapparates besteht aus quergestreifter Muskulatur
- Quergestreift: in der Skelettmuskulatur sind die Myofibrillen „quer“ angeordnet
- Muskelfaser (Muskelzelle) der Skelettmuskulatur ist bis 15 cm lang und 10 bis 100µm dick

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 6

Folie 7

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- Ein Hüllsystem aus Bindegewebe fasst die Muskelfasern zu Muskelbündeln und Muskeln zusammen
- Myofilamente:
 - dünne Filamente: Aktinfilamente bestehen aus Aktin, Tropomyosin und Troponin
 - dicke Filamente: Myosinfilamente die aus Myosin bestehen

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 7

Folie 8

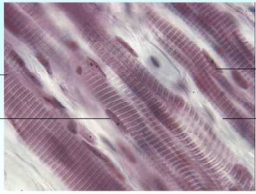
Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- Aktin- und Myosinfilamente sind reihenförmig angeordnet
- gleichzeitig miteinander verzahnt
- So verzahnt das jeweils ein Aktinfilament zwischen zwei Myosinfilamente ragt
- Die Kontraktion geht auf die Verschiebung der Aktinfilamente zurück

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 8

Folie 9

Quergestreifte Skelettmuskulatur, Meerschweinchen, Metallimprägnierung



1 — 1
2 — 2
3 — 3

1 Quergestreifte Muskelfaser, 2 Kerne der Muskelfasern
3 Bindegewebe

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 9

Folie 10

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- Kontraktion:
- **Isometrisch:** Kraftentfaltung ohne Verkürzung
- **Isotonisch:** Kraftentfaltung mit Verkürzung

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 10

Folie 11

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- **Isotonische Kontraktion:**
- Sliding-Filament-Theorie: Ausmaß der Überlappung der Filamente verändert sich
- Kommt durch einströmen von Kalzium-Ionen zustande
- Kalziumionen lösen Verbindung zwischen Aktin und Myosin aus und führen zur ATP-Spaltung

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 11

Folie 12

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- Das Myosinköpfchen „knickt“ ein und zieht damit die Aktinfilamente zwischen zwei Myosinfilamente
- Das sarkoplasmatische Retikulum speichert Kalziumionen
- **Depolarisation** führt zur Freisetzung der Ionen
- **Repolarisation** führt zur aktiven Wiederaufnahme der Ionen

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 12

Folie 13

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- In der Muskulatur befindet sich ein Kanalsystem das für eine gleichmäßige Kontraktion sorgt
- Das Aktionspotential (Erregung) wird über das somatische Nervensystem generiert und ausgelöst
- An der Muskulatur wird sie über die motorische Endplatte übertragen
- Acetylcholin

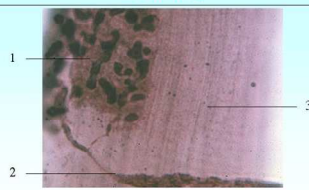
20.01.2009

©Matthias Coenen 8/2005

13

Folie 14

Motorische Endplatte, Skelettmuskulatur, Ratte, Versilberung



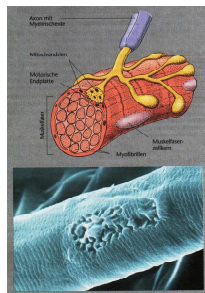
1 Motorische Endplatte; 2 Motorischer Nerv; 3 Skelettmuskulatur

20.01.2009

©Matthias Coenen 8/2005

14

Folie 15



20.01.2009

©Matthias Coenen 8/2005

15

Folie 16

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- Isometrische Kontraktion:
- **Keine** Längenänderung der kontraktilen Filamente!
- Kraftentfaltung kommt durch **zyklische Drehbewegung** der Myosinköpfe an immer der selben Stelle der Aktinfilamente zustande.

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 16

Folie 17

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- Nicht alle Skelettmuskelfasern sind gleich!
- **Fasertyp I (rote Muskulatur):** viel Mitochondrien, viel Myoglobin, langsame, langandauernde und kräftige Kontraktion
- **Fasertyp II (weiße Muskulatur):** wenig Mitochondrien, wenig Myoglobin, schnelle, kurze, weniger kraftvolle Kontraktion

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 17

Folie 18

Skelettmuskulatur (quergestreifte)

- **motorische Einheit:** alle von einer Nervenfasern innervierten Muskelfasern
- Jede Muskelfaser hat mindestes eine Synapse
- besonders feinarbeitende Muskelfasern (Hände) mehrere
- **Denervierte** Muskulatur atrophiert!

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 18

Folie 19


Glatte Muskulatur

- Kommt dort vor wo ohne großen Energieaufwand ein Tonus gehalten werden muß
- In **Gefäßwänden** und den inneren Organen (nicht: Herz!)
- Glatte Muskulatur **ermüdet nicht!**
- Kann auch im Kontraktionszustand verharren (Kolik)

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 19

Folie 20

Glatte Muskulatur, Harnblase, Schaf, H.E.-Färbung



20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 20

Folie 21

Glatte Muskulatur

- Glatte Muskelzellen sind 30 – 200µm lang und haben einen Durchmesser von 5 – 10µm
- Aktin- und Myosinfilamente haben **nicht** die Anordnung wie bei der Skelettmuskulatur
- verlaufen **Gitterartig**
- Sind ebenfalls zur Hypertrophie befähigt (Uterus)

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 21

Folie 22

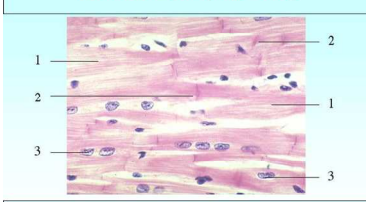
Glatte Muskulatur

- Innervation erfolgt über das **vegetative** Nervensystem
- Transmitter: Noradrenalin!
- Spontane Eigenkontraktion!

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 22

Folie 23

Herzmuskulatur, Rind, H.E.-Färbung



20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 23

Folie 24

**Aktiver Bewegungsapparat -
allgemein**

- Muskelfasern setzen sich in Sehnenfasern fort
- Sehnenfasern vereinigen sich zu einer **Sehne**- diese setzt am Knochen an
- **Hüllsysteme** des Muskels ermöglichen Abgrenzung und Gleitbewegung gegeneinander
- Sehnen haben beachtliche **Zugfähigkeit**

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 24

Folie 25

**Aktiver Bewegungsapparat -
allgemein**

- **Faszien:** umschliessen Muskeln oder Muskelgruppen
- **Schleimbeutel:** Spalträume die mit Synovia ausgekleidet sind (wie Gelenke)
- Erleichtern Verschieblichkeit, verteilen Druck
- **Sehnenscheiden:** Führungsröhren aus Bindegewebe für lange Sehnen der Extremitätenmuskulatur

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 25

Folie 26

**Aktiver Bewegungsapparat -
Mechanik**

- Muskelfasern können sich maximal auf die **Hälfte** verkürzen
- Volumen bleibt konstant, also muss sie sich **verdicken**
- **Hubkraft:** die bei maximaler Innervation aller Muskelfasern übertragene Kraft an die Endsehne
- Hängt vom **physiologischen Querschnitt** ab

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 26

Folie 27

**Aktiver Bewegungsapparat -
Mechanik**

- Der physiologische Querschnitt kann durch **Training** vergrößert werden
- Durch Betätigung der Muskulatur kommt es zur **Hypertrophie** der Muskelfasern
- Die Kapillare nehmen zu- Steigerung der Durchblutung
- Das führt zu weiterem Wachstum

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 27

Folie 28

**Aktiver Bewegungsapparat -
Mechanik**

- Muskeln können über ein oder mehrere **Gelenke** hinwegziehen und als Hebelsystem diese aktiv bewegen
- Die **Hebelwirkung** wird beeinflusst durch die Hubkraft des Muskels und den wirksamen Hebelarm

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 28

Folie 29

**Aktiver Bewegungsapparat -
Energiespeicher**

- Muskulatur speichert **Glykogen** in hoher Menge
- Kann bei Bedarf zur direkten **Energiegewinnung** freigesetzt werden
- Aerobe und Anaerobe Glycolyse
- **Muskelzittern** verbraucht Energie und setzt Wärme frei

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 29

Folie 30

**Aktiver Bewegungsapparat -
Pathologie**

- Hypertrophie
- Atrophie
- Bewegungseinschränkungen
- Weichteilrheuma
- Tumore
- Weichteilverletzungen
- Hypoxie

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 30

Folie 34

**Passiver Bewegungsapparat -
allgemein**

- Knochen **paßt** sich Druck-, Zug-, und Biegebeanspruchung an!
- Wirbelkörper: **senkrecht** um den Druck zu halten
- Femur: **bogenförmige** Anordnung
- Obere / Untere Extremitäten: **Rohrform** um den Druck gleichmäßig zu verteilen

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 34

Folie 35

**Passiver Bewegungsapparat -
allgemein**

- Im Zusammenspiel mit der Muskulatur werden die Biege-, Zug-, und Druckkräfte verringert
- **Zuggurtung**

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 35

Folie 36

**Passiver Bewegungsapparat –
Organnatur der Knochen**



20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 36

Folie 37

Passiver Bewegungsapparat – Organnatur der Knochen

- **Periost (Knochenhaut):**
- Fasern die in Knochenhartsubstanz einstrahlen
- Verteilt Zugkräfte auf den Knochen gleichmäßig
- Enthält Gefäße und Kapillaren zur Knochenversorgung
- Enthält sensible Nervenfasern
- Differenziert Osteoblasten

20.01.2009

©Matthias Coenen 8/2005

37

Folie 38

Passiver Bewegungsapparat – Organnatur der Knochen

- **Kortikalis (Knochenhartsubstanz):**
- Knochenlamellen: liegen vor als:
- Speziallamellen (in einem Osteon),
- Schalllamellen zwischen den Osteonen,
- Generallamellen an der äußeren und inneren Knochenoberfläche
- Osteon: 4-20 Speziallamellen um einen Haverskanal

20.01.2009

©Matthias Coenen 8/2005

38

Folie 39

Passiver Bewegungsapparat – Organnatur der Knochen

- **Im Haverskanal:** Blutgefäße, Nerven und Bindegewebe
- Schalllamellen: füllen den Raum zwischen den Osteonen
- Generallamellen umfassen den Knochen als ganzes, liegen direkt unter dem Periost

20.01.2009

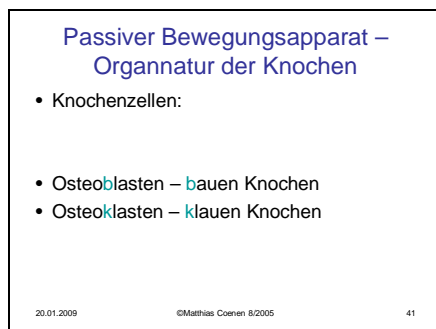
©Matthias Coenen 8/2005

39

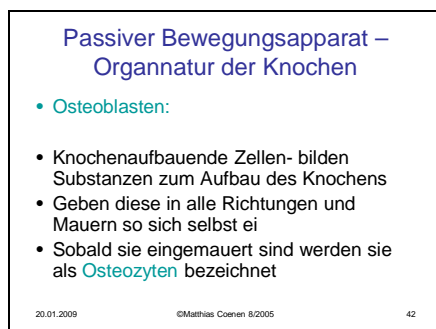
Folie 40



Folie 41



Folie 42



Folie 43

**Passiver Bewegungsapparat –
Organnatur der Knochen**

- **Osteoklasten:**
 - Vielkernige Riesenzellen
 - Stammen von Makrophagen ab
 - Enthalten Knochenauflösende Substanzen

- Ständiger Auf-, und Abbau!!

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 43

Folie 44

**Passiver Bewegungsapparat –
Organnatur der Knochen**

- **Spongiosa:**
 - Knochenbälkchen die nach Zugrichtung angeordnet sind
 - **Schwammartiges** Gewebe
 - Gewichteinsparung
 - Anheftungsstelle für das **Knochenmark**

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 44

Folie 45

**Passiver Bewegungsapparat –
Organnatur der Knochen**

- Knochenmark:
 - **1. gelbes Knochenmark: Fett**
 - Fettspeicher; - Umwandlung zu rotem Knochenmark bei starken Blutverlusten;
 - **2. rotes Knochenmark: blutbildendes Mark**
 - blutbildende Zellen; - beim Säugling überall; - beim Erwachsenen vorwiegend in den platten und kurzen Knochen; - wird durch gelbes Mark ersetzt

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 45

Folie 46

**Passiver Bewegungsapparat –
Organnatur der Knochen**

- **Desmale Ossifikation:**
- Direkte Knochenbildung
- Sehr häufig
- Ursubstanz verdichtet sich und wird kapillarisiert
- Es entstehen **Osteoblasten**
- Diese bilden Phosphat und Kalzium welches schliesslich zur **Mineralisation** des Knochens führt
- Von Innen nach Außen

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 46

Folie 47

**Passiver Bewegungsapparat –
Organnatur der Knochen**

- **Chondrale Ossifikation:**
- Typisch für lange und kurze Knochen
- Knochen wird über eine **knorpelige Vorstufe** gebildet
- In die Knorpelzone wandern dann ebenfalls **Osteoblasten** ein
- Führen zur **Mineralisation**

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 47

Folie 48

**Passiver Bewegungsapparat –
Organnatur der Knochen**

- **Knochenbruchheilung:**
- Geht vom Periost aus
- Bluterguss
- Makrophagen räumen zerstörtes Gewebe ab
- Knorpelbildung
- Ossifikation
- Kallus
- Geflechtknochen
- Lamellenknochen

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 48

Folie 49

**Passiver Bewegungsapparat –
Gelenklehre**

- Unterscheidung in:
 - 1. **Synarthrosen**: Gelenk ohne Gelenkspalt
 - 2. **Diarthrosen**: Gelenk mit Gelenkspalt

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 49

Folie 50

**Passiver Bewegungsapparat –
Gelenklehre**

- 1. **Synarthrosen**
 - In Fugen und Haften ist die Beweglichkeit sehr gering
 - Werden unterschieden in:
 - a. **Syndesmose**: Bandhaft
 - b. **Synchondrose**: Knorpelhaft
 - c. **Synostose**: Knochenhaft

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 50

Folie 51

**Passiver Bewegungsapparat –
Gelenklehre**

- a. **Syndesmose**:
 - Die Knochenverbindung wird durch straffes Bindegewebe hergestellt (Schädelknochen)
- b. **Synchondrose**:
 - Die Knochenverbindung besteht aus Knorpel. (Zwischenwirbelscheiben)

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 51

Folie 52

Passiver Bewegungsapparat – Gelenklehre

- c. **Synostose:**
- Durch Knochengewebe ersetzt
Zwischengewebe einer Synarthrose
(Verknöcherung des Schädelknochens)

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 52

Folie 53

Passiver Bewegungsapparat – Gelenklehre

- 2. **Diarthrosen:**
- Charakteristikum: Gelenkspalt
- Wesentliche Funktionen: Vermittlung der Beweglichkeit und Aufnahme des Drucks bei Kraftübertragung
- **Merke:** Zu einer Diarthrose gehören immer: Gelenkknorpel, Gelenkhöhle, Gelenkkapsel und Gelenkbänder!

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 53

Folie 54

Passiver Bewegungsapparat – Gelenklehre



The diagram shows a cross-section of a joint. Labels include: **Gelenksinnenhaut** (articular synovium) at the top, **Knorpel** (articular cartilage) in the center, and **Gelenksflüssigkeit** (articular fluid) at the bottom.

20.01.2009 ©Matthias Coenen 8/2005 54

Folie 55

Passiver Bewegungsapparat – Gelenklehre

- Die Bewegungsmöglichkeiten eines Gelenkes werden durch die Form der Gelenkflächen sowie durch die Anordnung von Bändern und Muskeln bestimmt!
- Gelenktypen unterscheiden sich vor allem durch ihre Freiheitsgrade!

20.01.2009

©Matthias Coenen 8/2005

55

Folie 56

Passiver Bewegungsapparat – Gruppenarbeit!



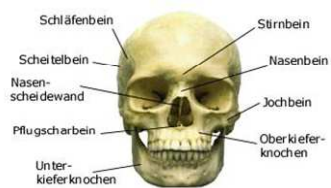
20.01.2009

©Matthias Coenen 8/2005

56

Folie 57

Passiver Bewegungsapparat – Skelett

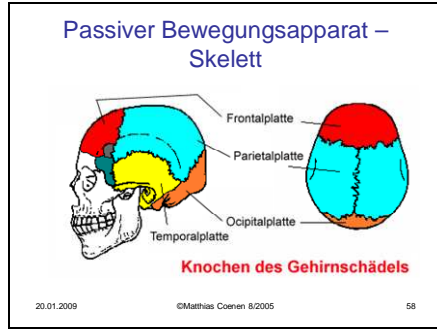


20.01.2009

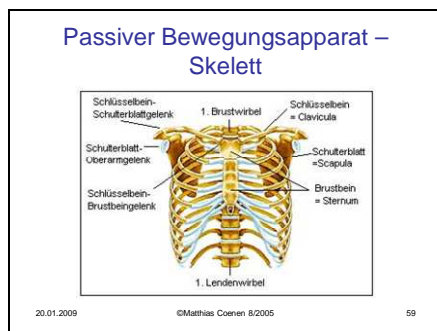
©Matthias Coenen 8/2005

57

Folie 58



Folie 59



Folie 60

