

Muskel-Sehnen-Faszien

Monika Lucia Bayer

Institute of Sports Medicine Copenhagen
Bispebjerg Hospital, University of Copenhagen

starFachtagung Zürich November 17 2018

Monika.lucia.bayer@regionh.dk

Überblick und zentrale Begriffe

- Überblick: Muskeln - Bindegewebe
- Grundlagen von Muskulatur/ Bindegewebe
- Wie passen sich Muskeln und das Bindegewebe and Belastung an?
- Wie und wieviel kann man sich verbessern durch Training?
- Was sind Faszien?
- Kann man Faszien trainieren und was ist der wissenschaftliche Beleg dafür?

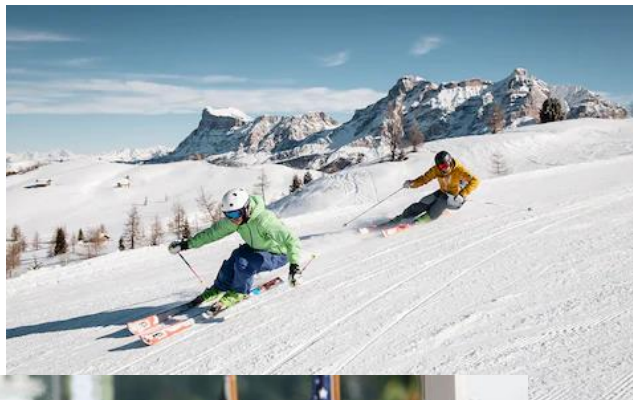
Überblick und zentrale Begriffe

- 1RM = 1 Repetition Maximum: Maximale Belastung die ein Athlet **einmal** ausüben kann
- Myosin Heavy Chain: MHC
- Progression: Auf ein Ziel zuarbeiten kontra Beibehaltung
- Hohe Belastung: 70-100% des 1RM, < 10 Wiederholungen
- Geringe Belastung: mehr als 10 Wiederholungen möglich

Welche Faktoren kann ich durch Training verbessern?

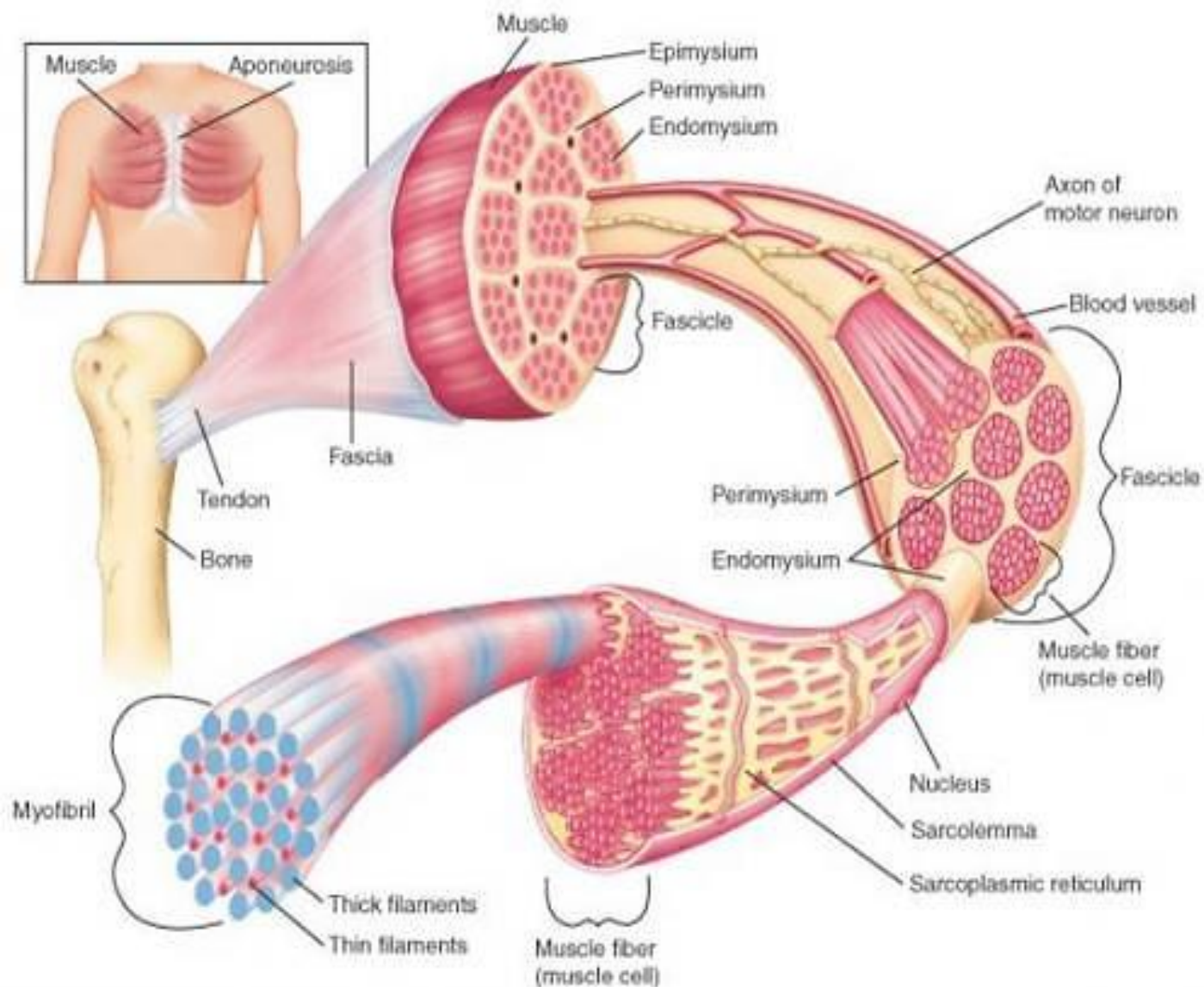


Was ist das Ziel?



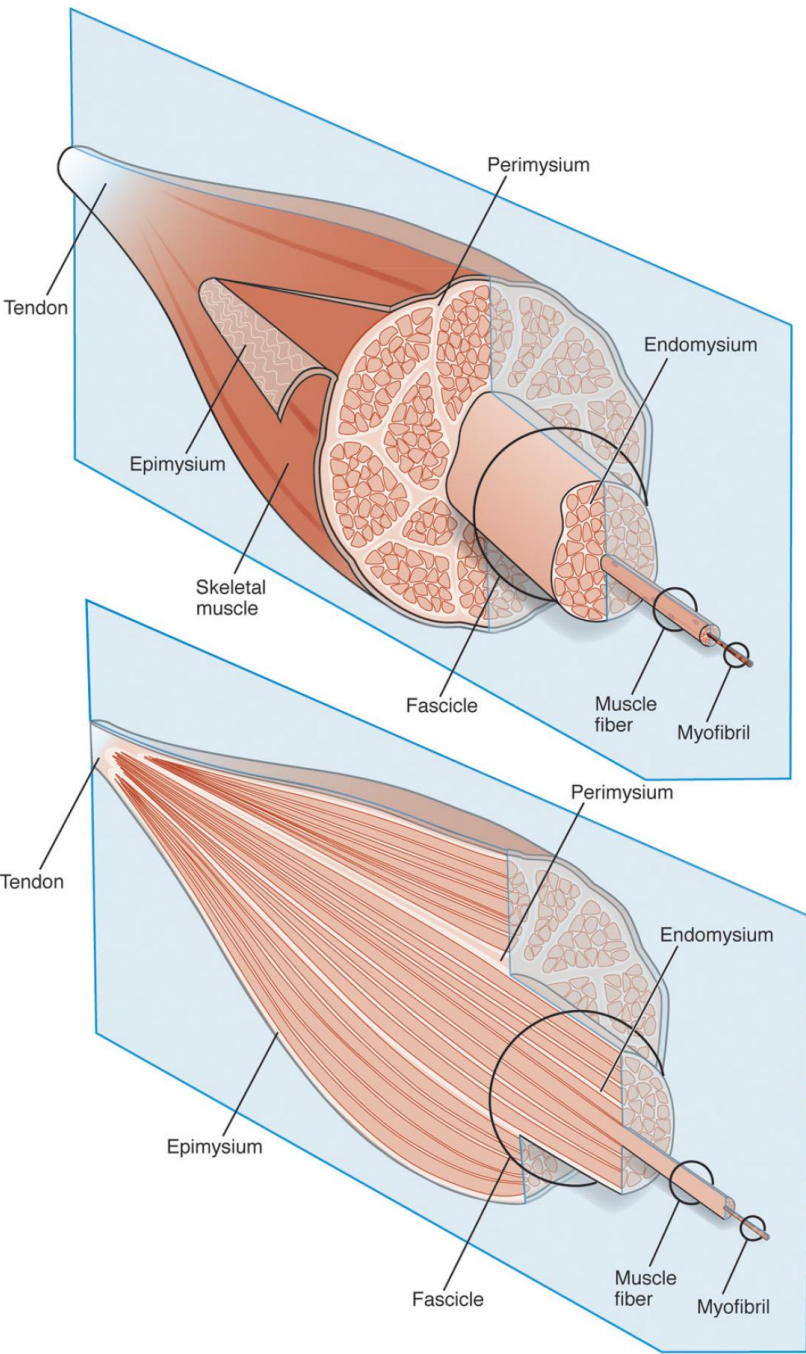
Welche Gruppe von Personen trainiere ich?



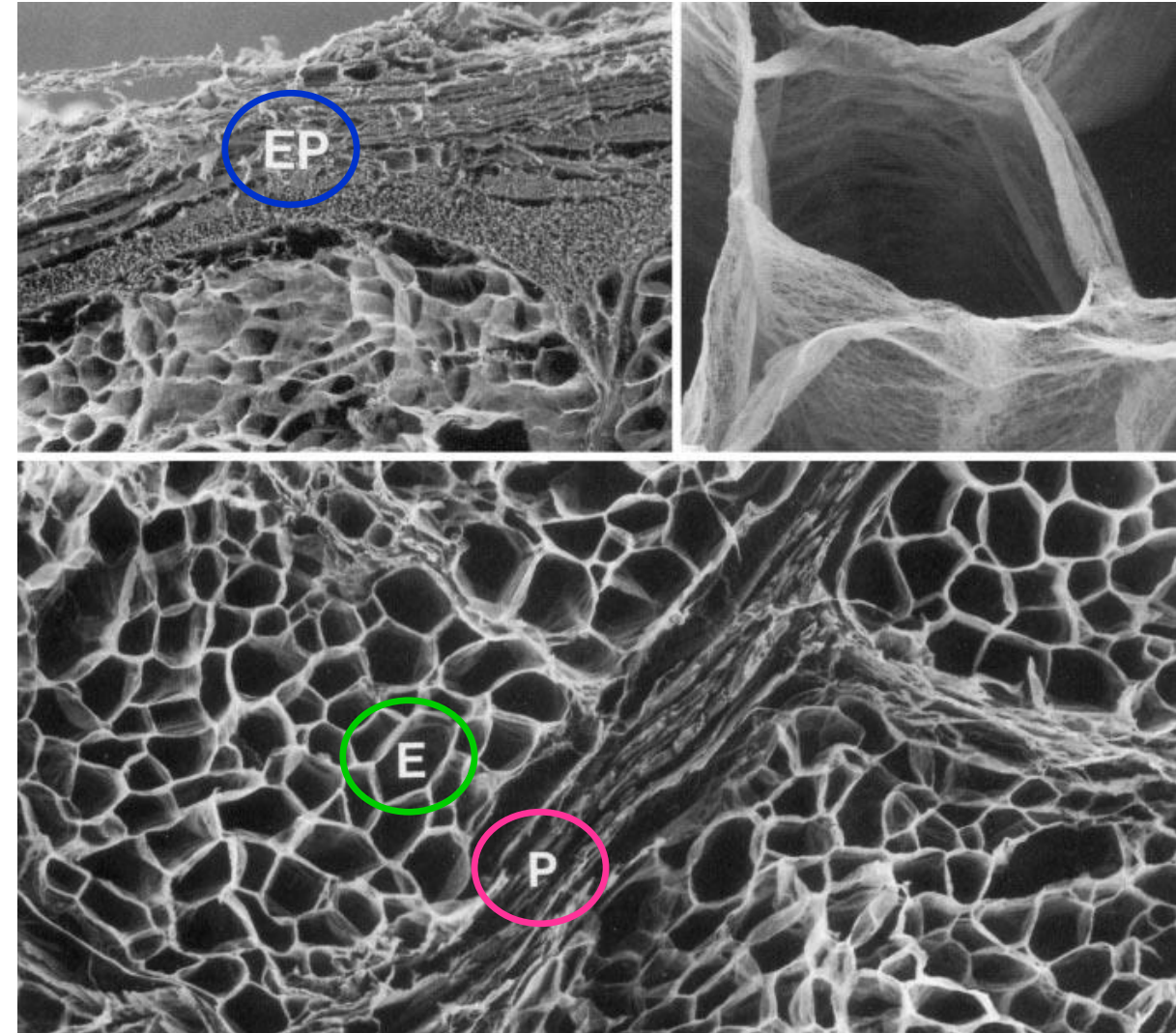


Muskulatur

- Muskelfasern mit aneinandergereihten Sarcomeren
- Verschiedene Muskelfaser-Typen
- Muskel-Stammzellen "Satellit-Zellen"
- Muskelfasern sind von Bindegewebe umhüllt
- Intramuskuläres Bindegewebe

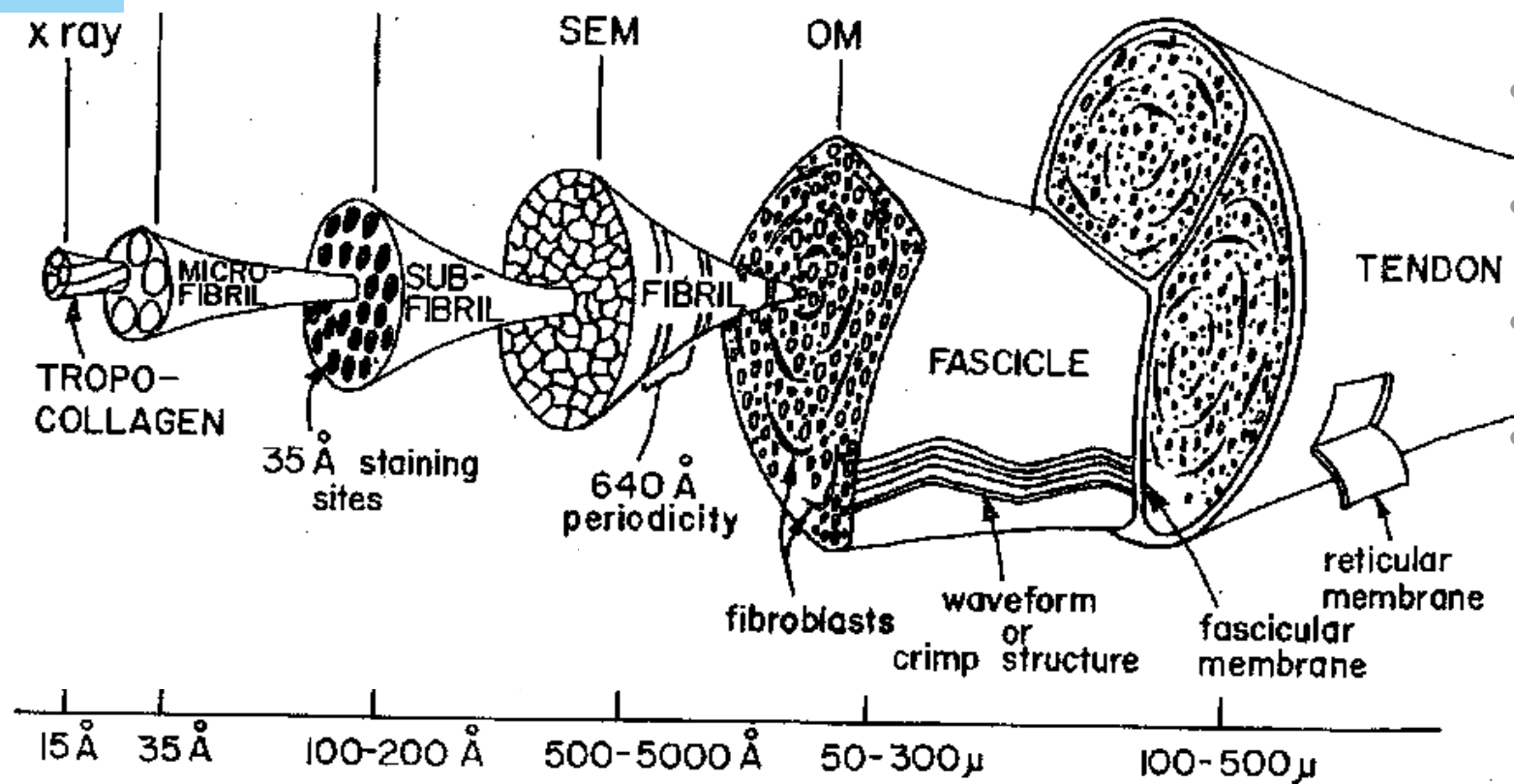


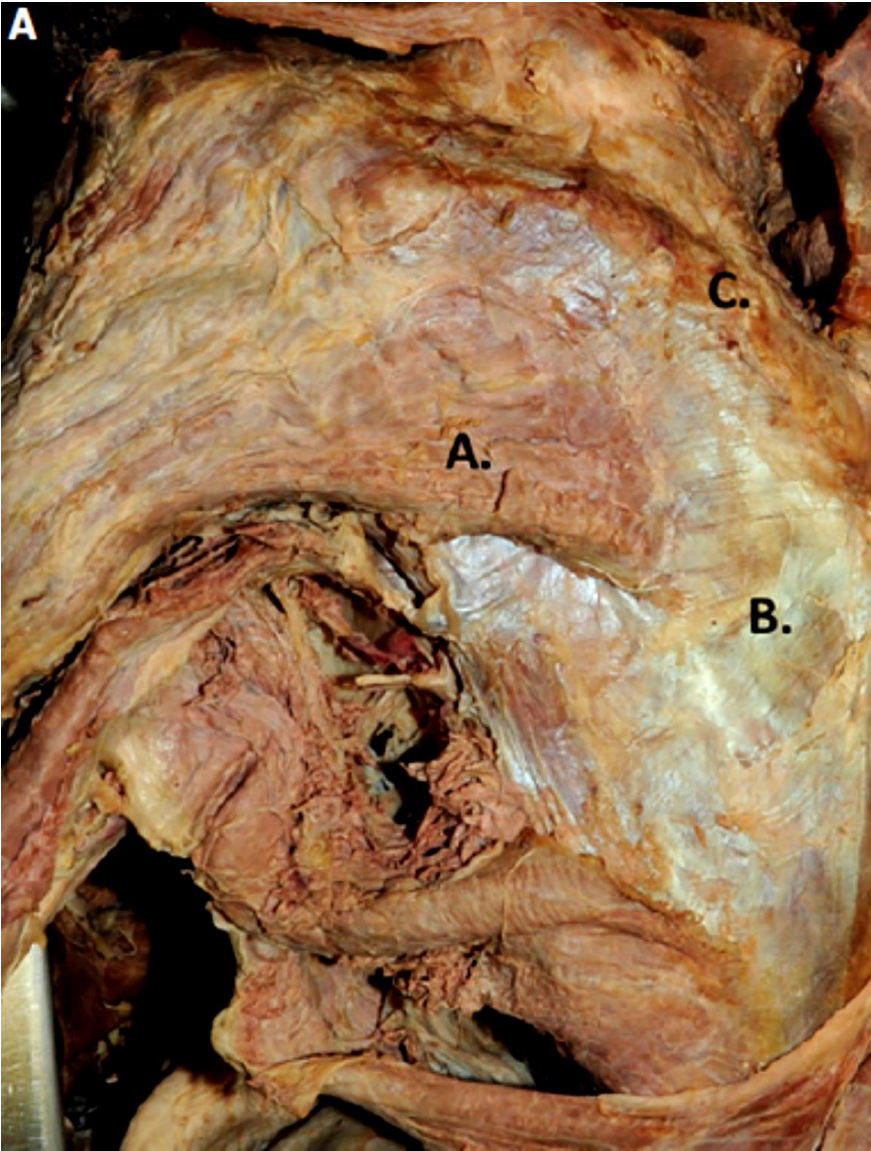
- Endomysium **E**
- Perimysium **P**
- Epimysium **EP**



Sehnen

- Freie Sehne versus Aponeurosis
- Training von Sehnen und Faszien
- Anpassungsfähigkeit
- Erneuerung von Kollagen in Sehnen
- Zellen in Sehnen und Faszien

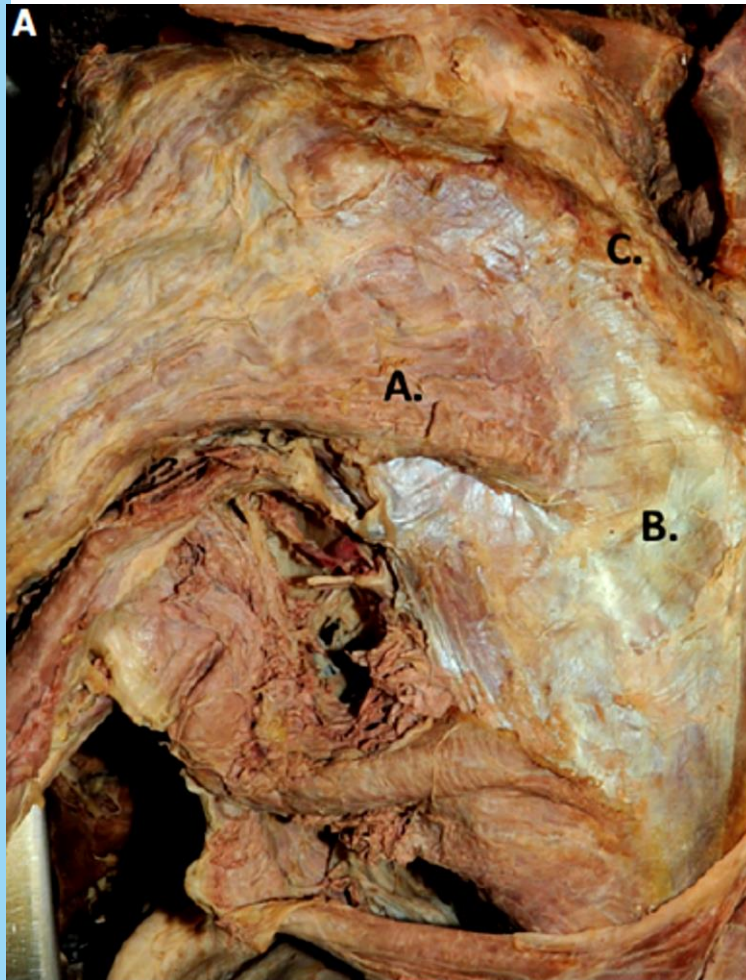




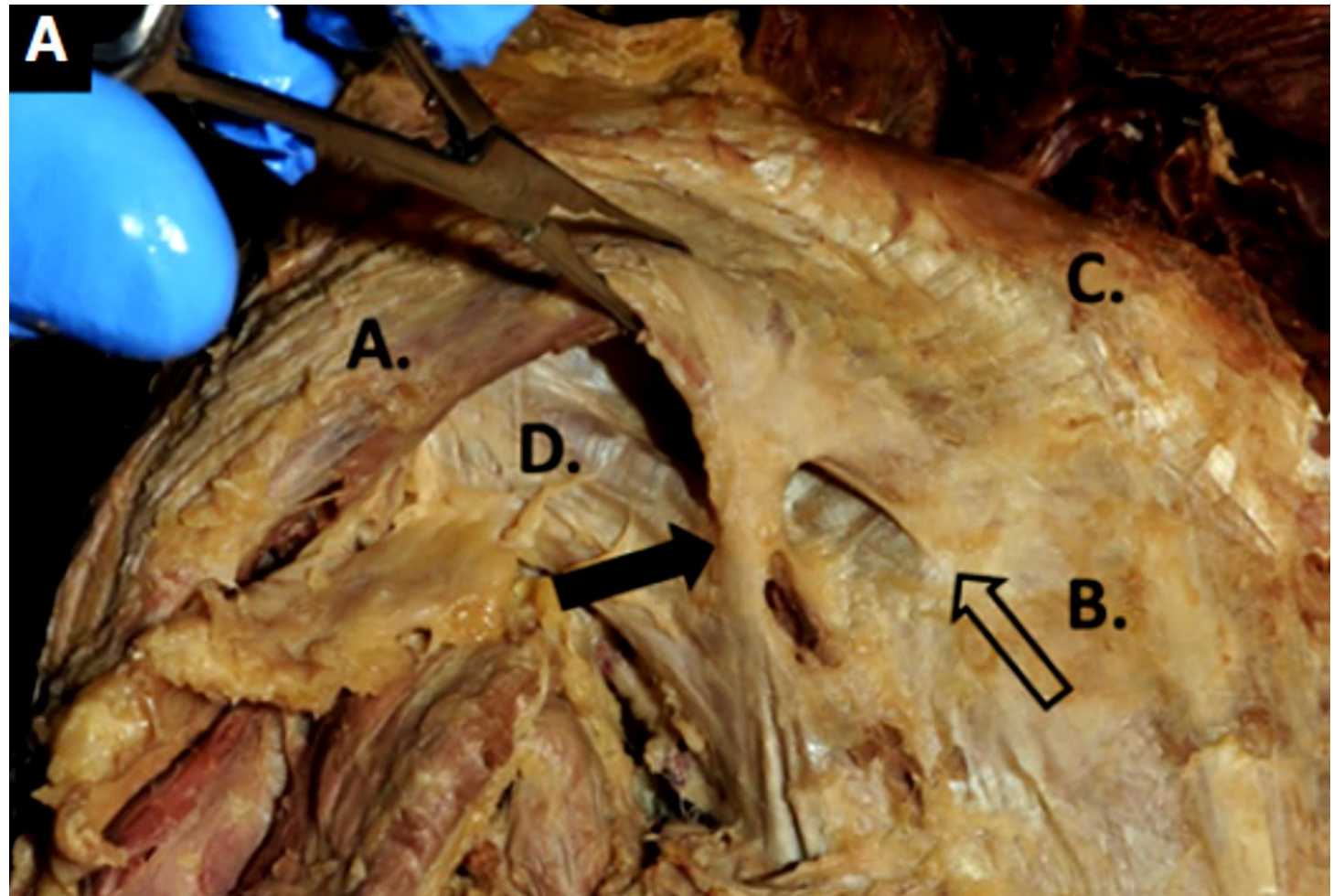
Faszien

- Bindegewebs-Hülle
- 3D Netzwerk an Kollagenfasern
- Lose oder dicht gepackt
- Körper-"weit"
- Verbindet/ zieht viele andere Strukturen mit ein:
z.B: Fettgewebe, Gelenkscapseln, Periost, Sehnen,
Ligamente, intramuskuläres Bindegewebe etc.

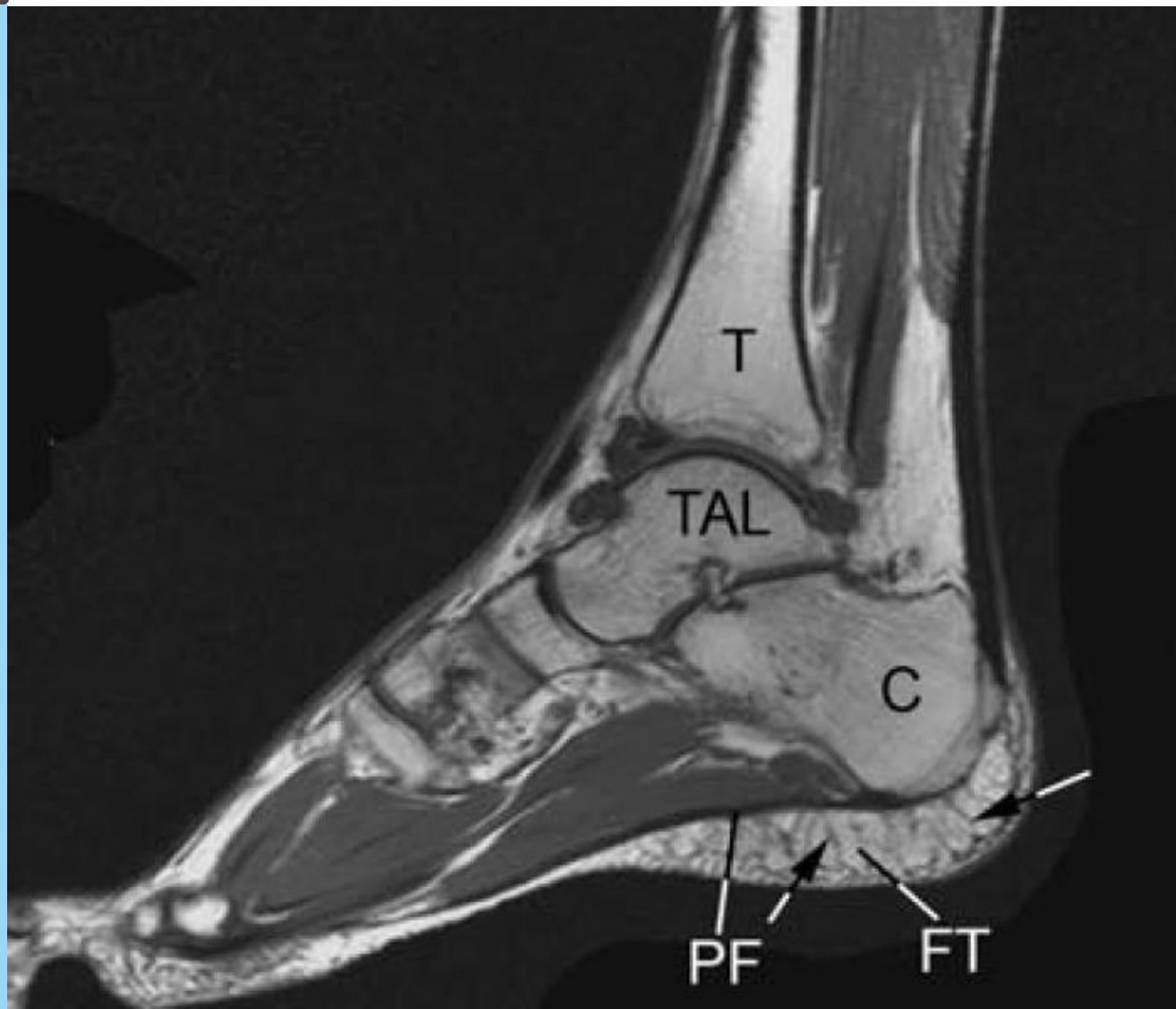
A. Posterior Deltoideus Muskel, B. Infraspinatus Faszie, C.
Insertion Trapezius Muskel in Skapula



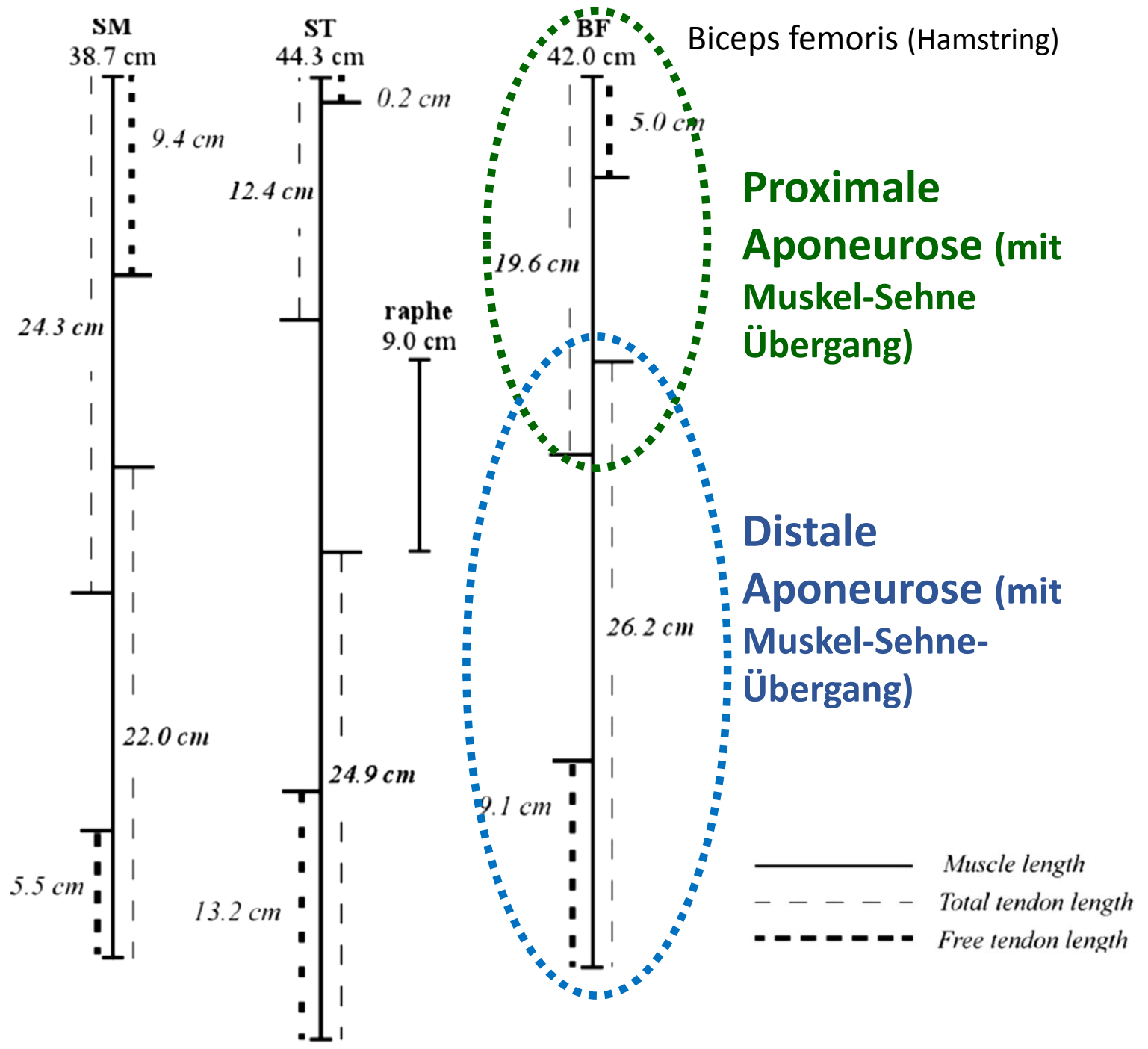
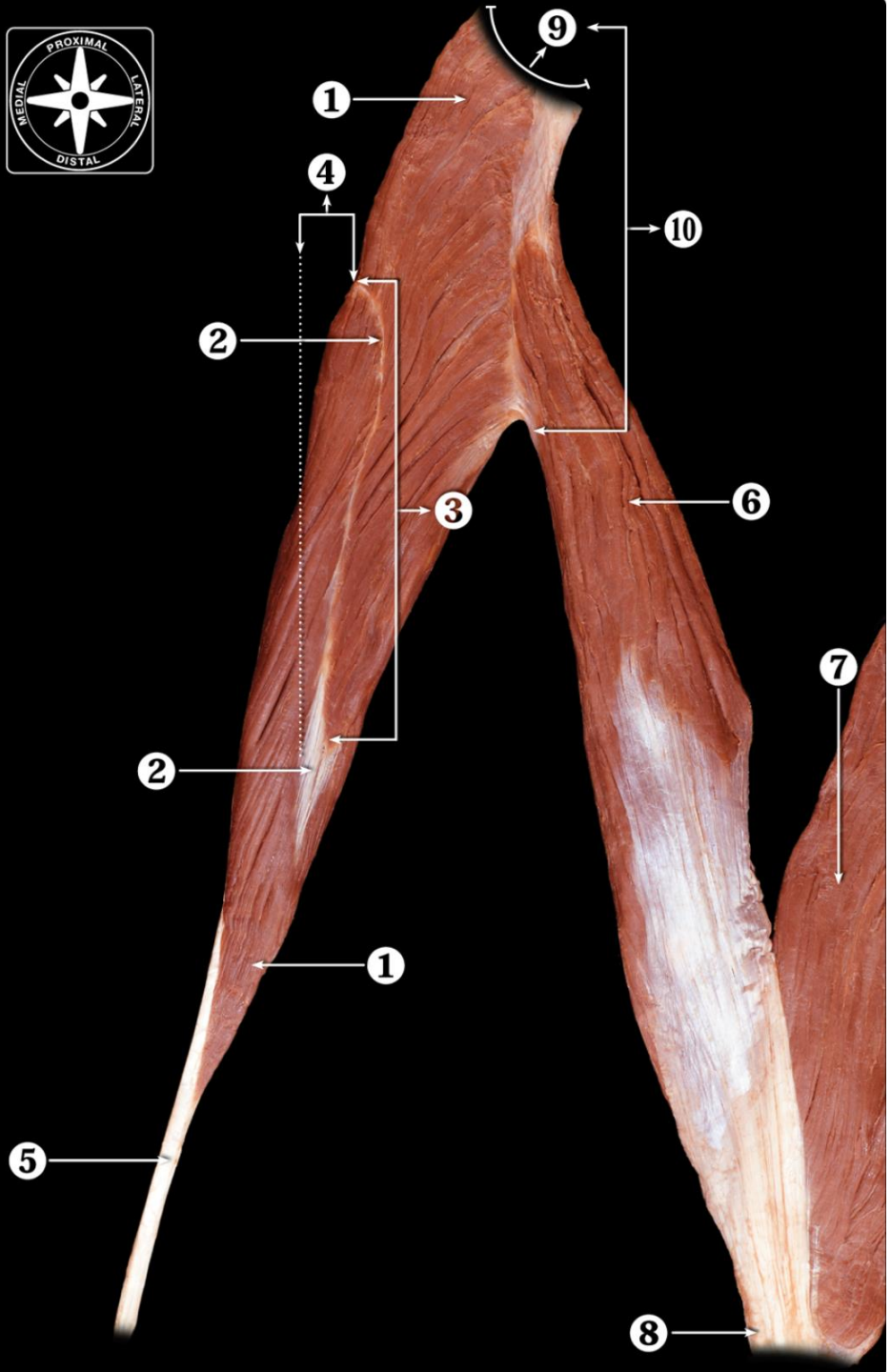
Intakte Faszie



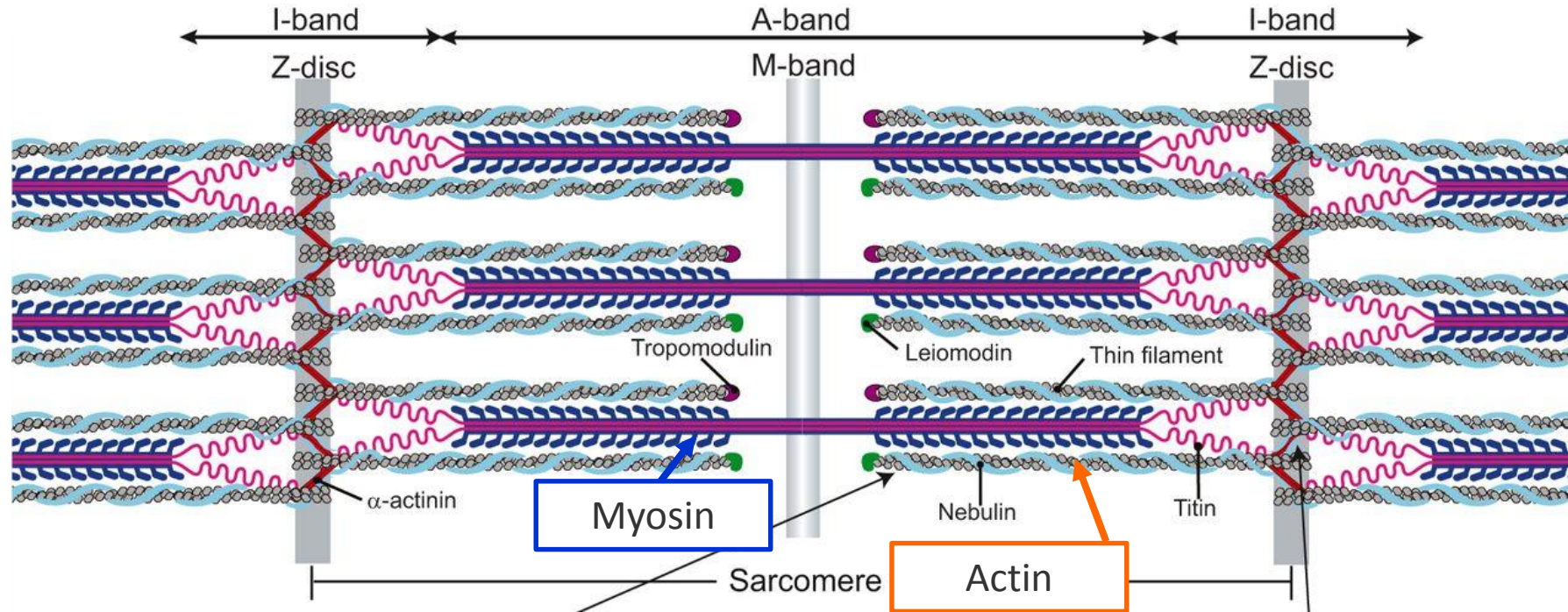
Verletzte Faszie



- Plantare Faszie (Plantar fascia PF)
- Fibröses gewebe samt Fettgewebe (fibroadipogenic tissue FT)
- Fersenknochen (Calcaneus C)
- Talus (TAL)
- Tibia/ Schienbeinknochen (T)



Skelettmuskulatur: Die Grundlagen

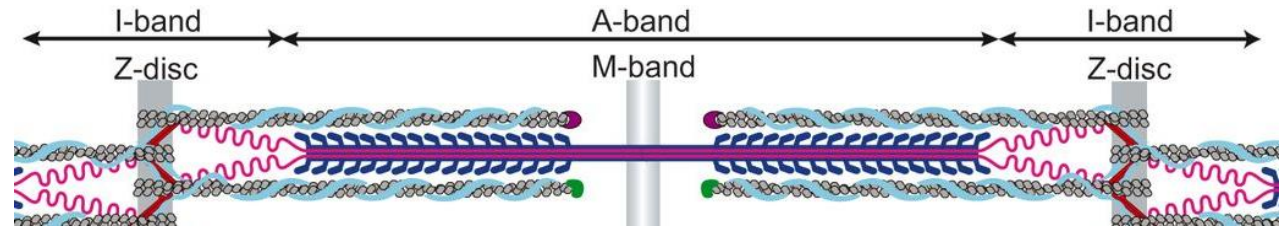


Sarkomer: Wesentlicher Bestandteil der Skelettmuskulatur

Skelettmuskulatur: Die Grundlagen

- Zwei Haupt-Komponenten:

1. Actin
2. Myosin: Myosin Light Chain (4 Ketten) + Myosin Heavy Chain (2 Ketten)



Reine Muskelfasertypen:

MHC Typ I

MHC Typ IIA

MHC Typ IIX

Hybrid-Muskelfasertypen:

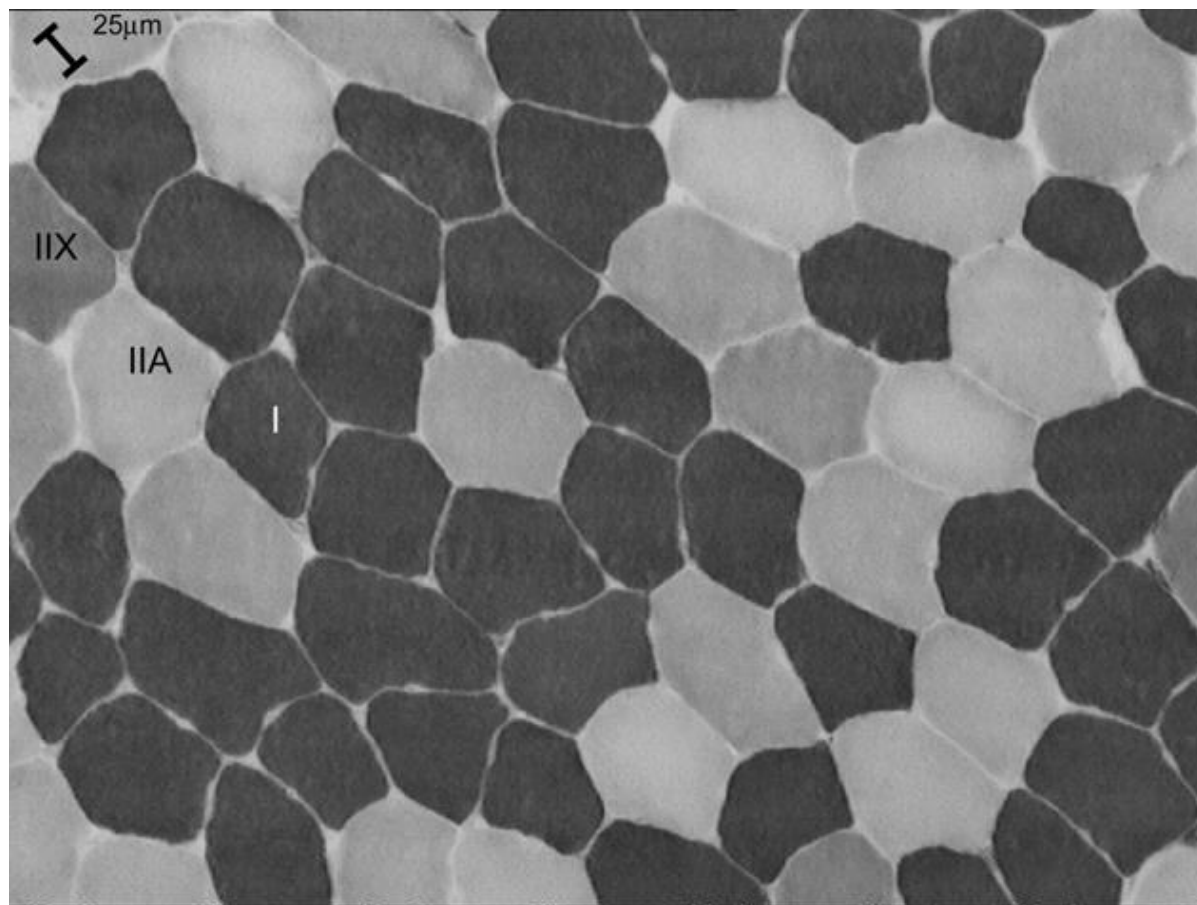
MHC Typ I + IIA

MHC Typ IIA + IIX

- Kontraktionsgeschwindigkeit:

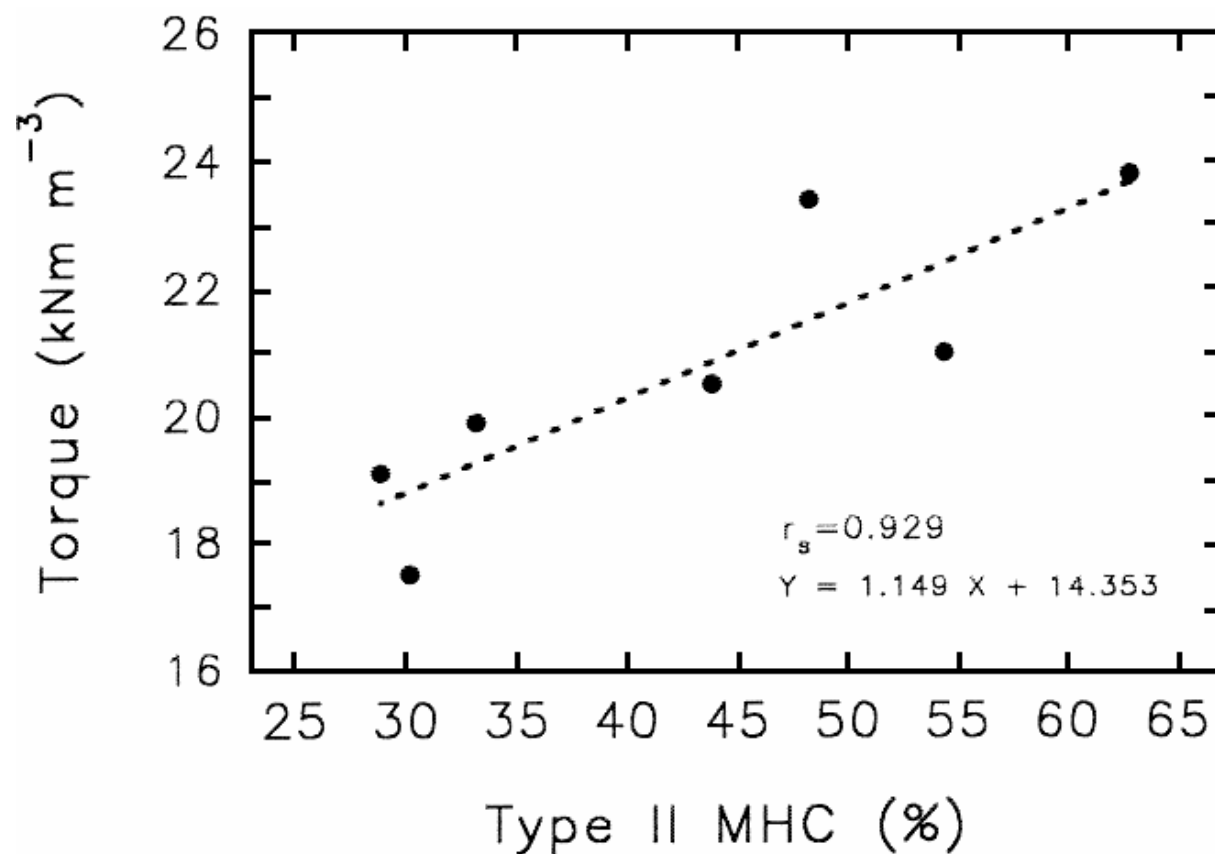
- MHC I < MHC I+IIA hybrids < MHC IIA < MHC IIA + IIX hybrid < MHC IIX

Skelettmuskulatur: Die Grundlagen



- Humane Muskelbiopsie (Vastus Lateralis)
- Querschnitt durch Muskelbiopsie
- Histochemie basiert auf ATPase Aktivität
- Verschiedene Farben als Indikator der unterschiedlichen Muskelfasertypen

Skelettmuskulatur: Muskelfaser-Typen, Kraft und Geschwindigkeit



- Zusammenhang zw. Kraftentwicklung und Prozent MHC II
- Zusammenhang nur messbar bei **hoher Winkelgeschwindigkeit** (120 Grad/ Sekunde) = schnelle isokinetische Bewegung
- Nicht messbar bei langsamer Bewegung, 30 Grad/ Sekunde

Skelettmuskulatur: Muskelfaser-Typen, Kraft und Geschwindigkeit



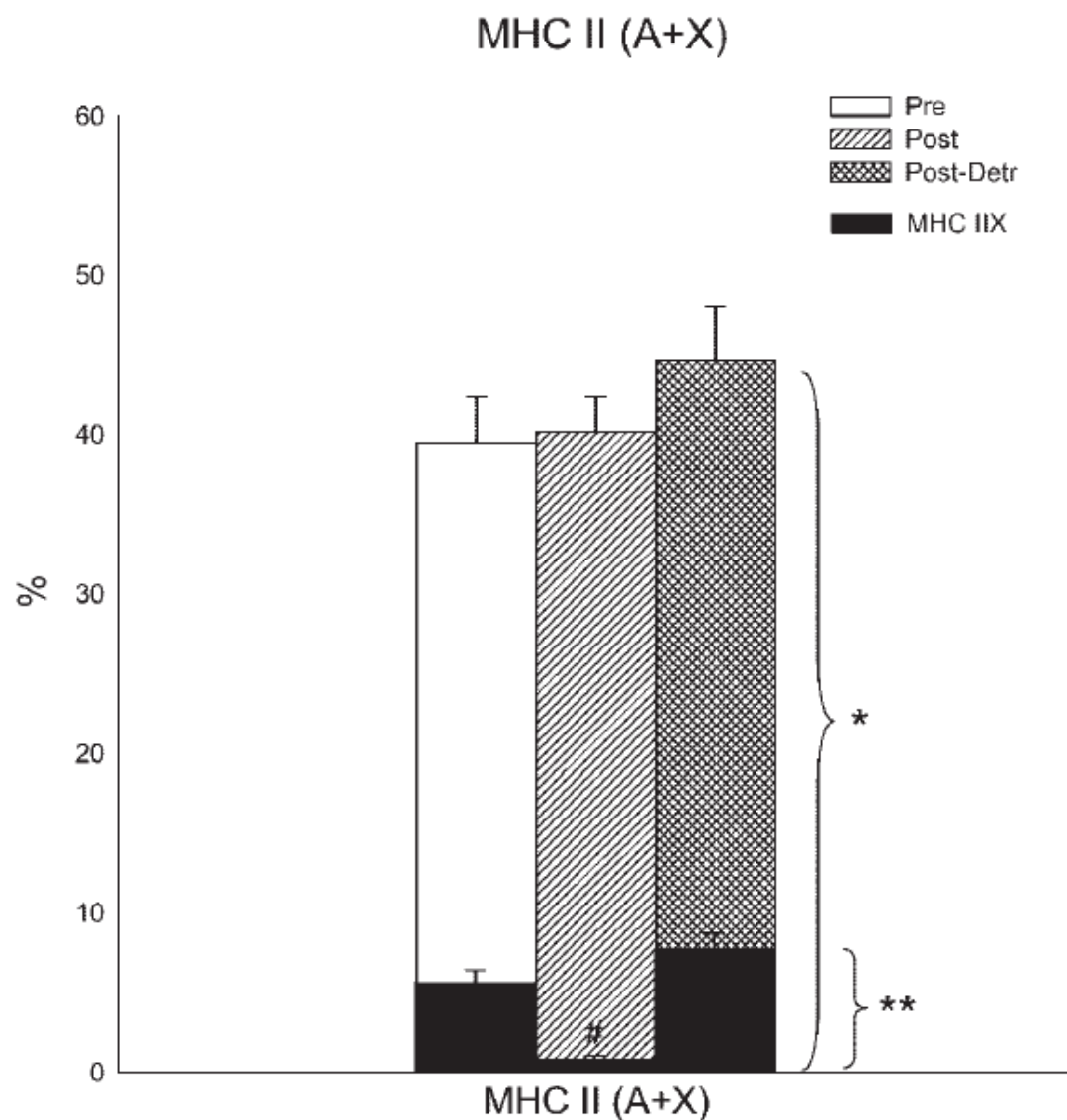
mit hauptsächlich Typ II
Typ I Fasern:

(\times Geschwindigkeit)

Typ II Fasern kann eine

Skelettmuskulatur: Muskelfaser-Typen, Kraft und Geschwindigkeit

- Kann das richtige Training die Zusammensetzung meiner Muskelfasertypen verändern?
- Generell: Krafttraining bewirkt keine Änderungen des MHC Typ I
- Krafttraining führt zu einem Rückgang der MHC Typ IIX und Zunahme des MHC Types IIA
- TypIIX → IIA Transition: sehr schnell! Innerhalb von wenigen Tagen kompletter Stop auf Genexpressions - Niveau
- TypIIX → IIA Transition: "Standard-Einstellung"

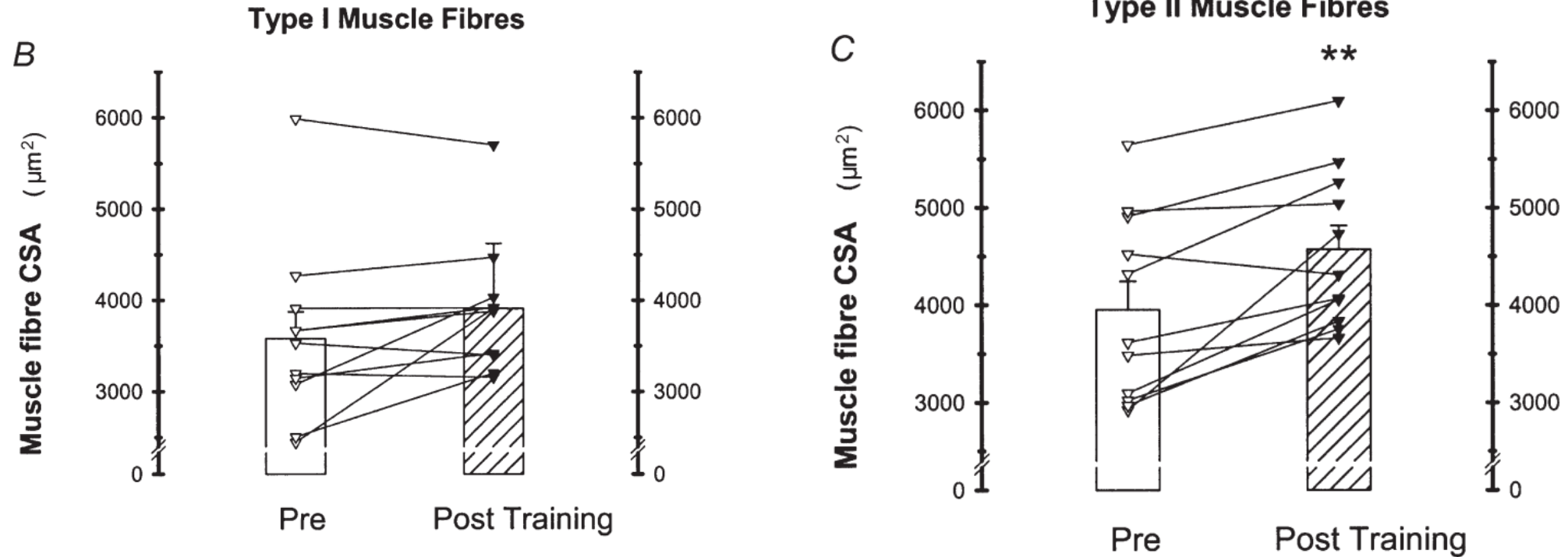


Krafttraining/ Detraining

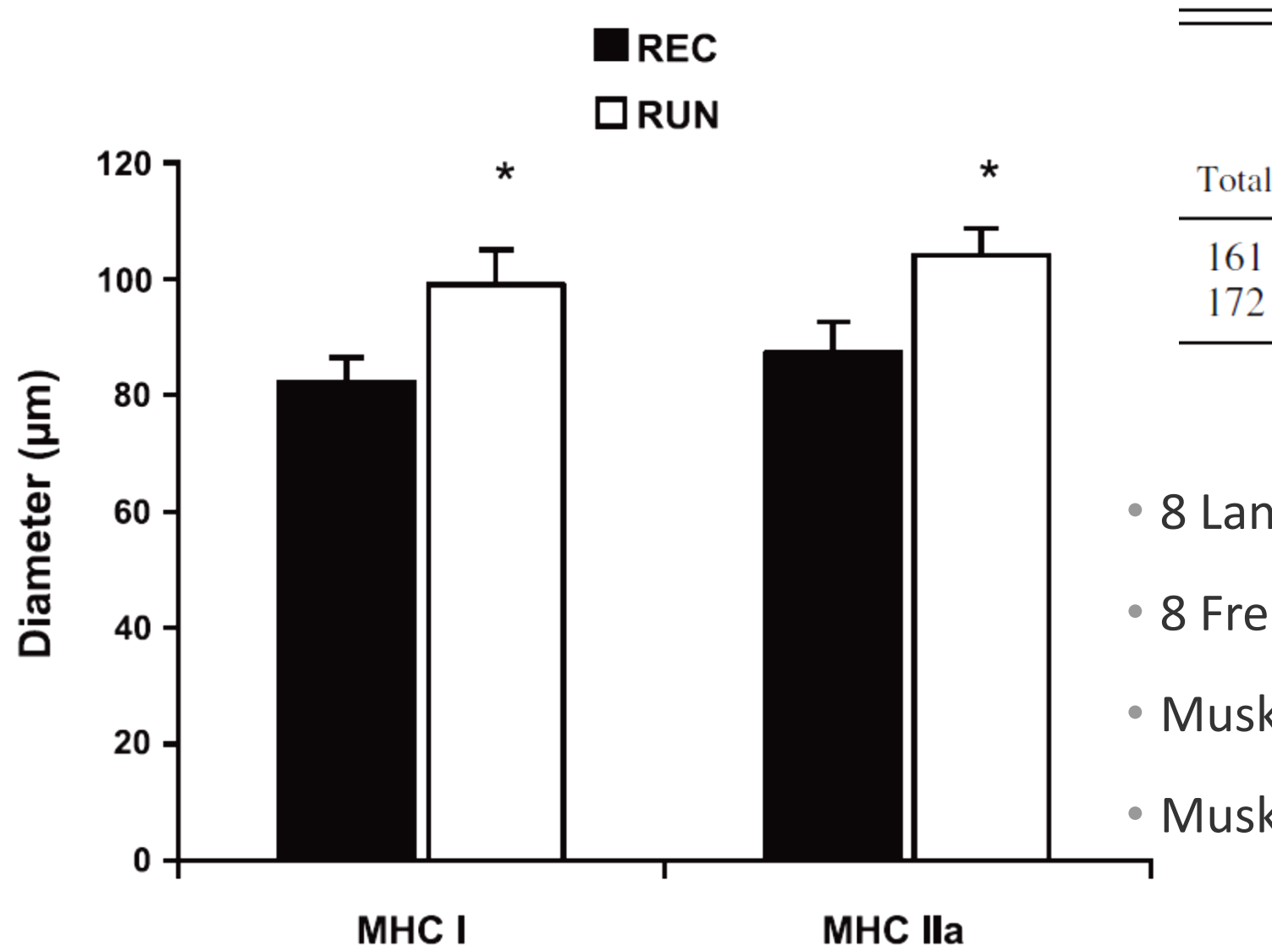
14 untrainierte Versuchspersonen ♂

3 Monate Training – 3 Monate Trainingsstop

- Steigerung des Muskel-Querschnitts
- Muskel-Atrophie nach Trainings-Stop
- Nach 3 Monaten Krafttraining: **Keine Änderung** in der absoluten Anzahl an Typ II Fasern (MHC IIA + IIX)
- Änderung in Verteilung: Signifikanter Rückgang MHC IIX
- Trainingsstop bewirkt “Boost” von MHC IIX

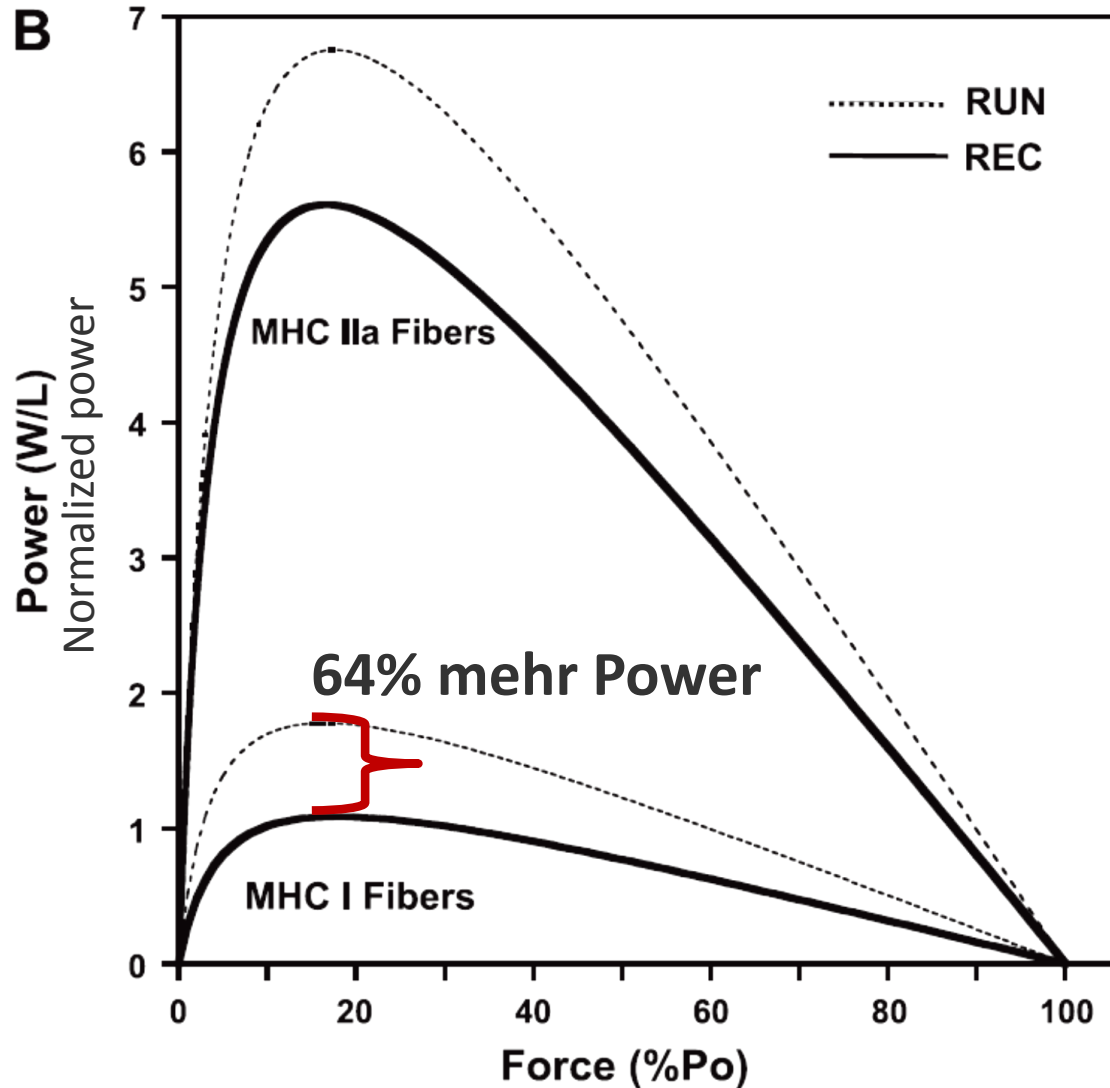


- 11 untrainierte Versuchspersonen, 14 Wochen progressives Krafttraining
- Belastung zwischen 3 und 10RM
- Keine Änderung der Muskelfaser-Typen
- Individuelle Muskelfasern: Zuwachs des Durchschnitts nur bei MHC II Fasern

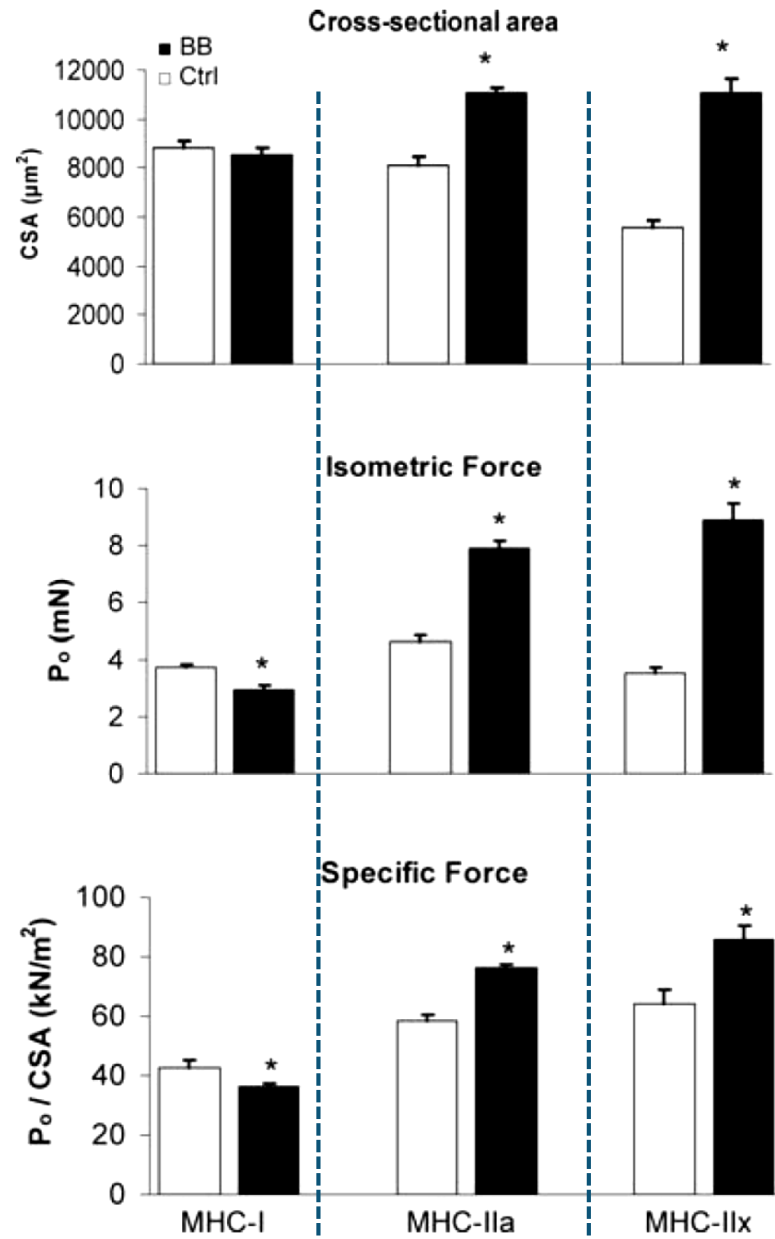


==
 Total
 161
 172

- 8 Langdistanz-Läufer **RUN**
- 8 Freizeit-Sportler (keine Läufer) **REC**
- Muskelfaser-Verteilung
- Muskelfaser-Querschnitt



- 8 Langdistanz-Läufer **RUN**
- 8 Freizeit-Sportler (keine Läufer) **REC**
- Muskelfaser Typ I deutlich mehr leistungsfähig in Läufern verglichen mit Hobby-Sportlern
- Normalized power: Kraft (μN) x Verkürzungs-Geschwindigkeit (shortening velocity) unter Berücksichtigung des Muskelfaser-Durchschnitts

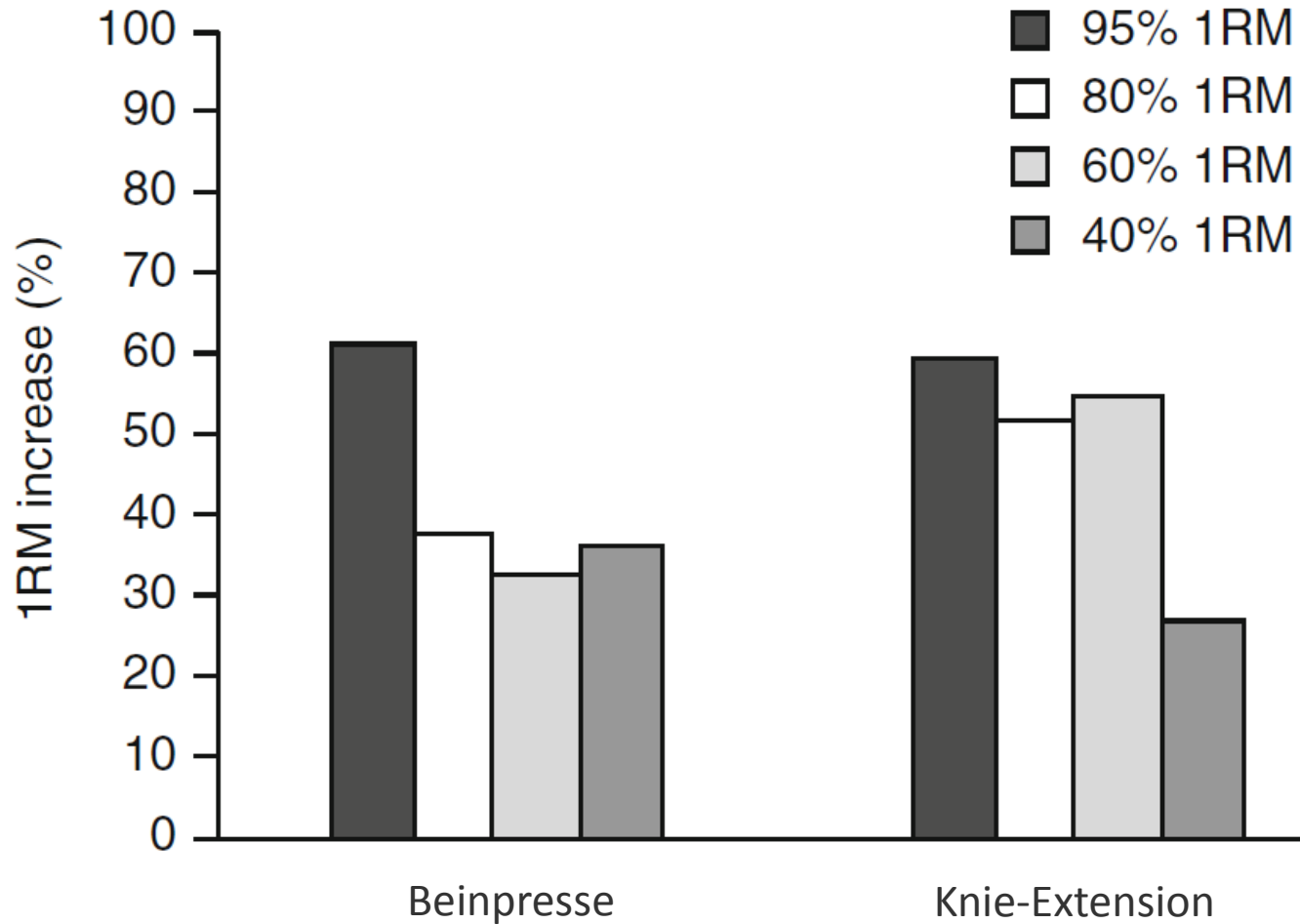


Analyse von individuellen Muskelfasern:

- Muskelfaser-Hypertrophie in Bodybuilder
- Kraftentwicklung der individuellen Muskelfasern höher in Bodybuilder
- Kraftentwicklung unter Berücksichtigung des Querschnitts:
 - Höhere Kraftentwicklung in schnellen Muskelfasern
 - Geringere Kraftentwicklung in langsamen Fasern

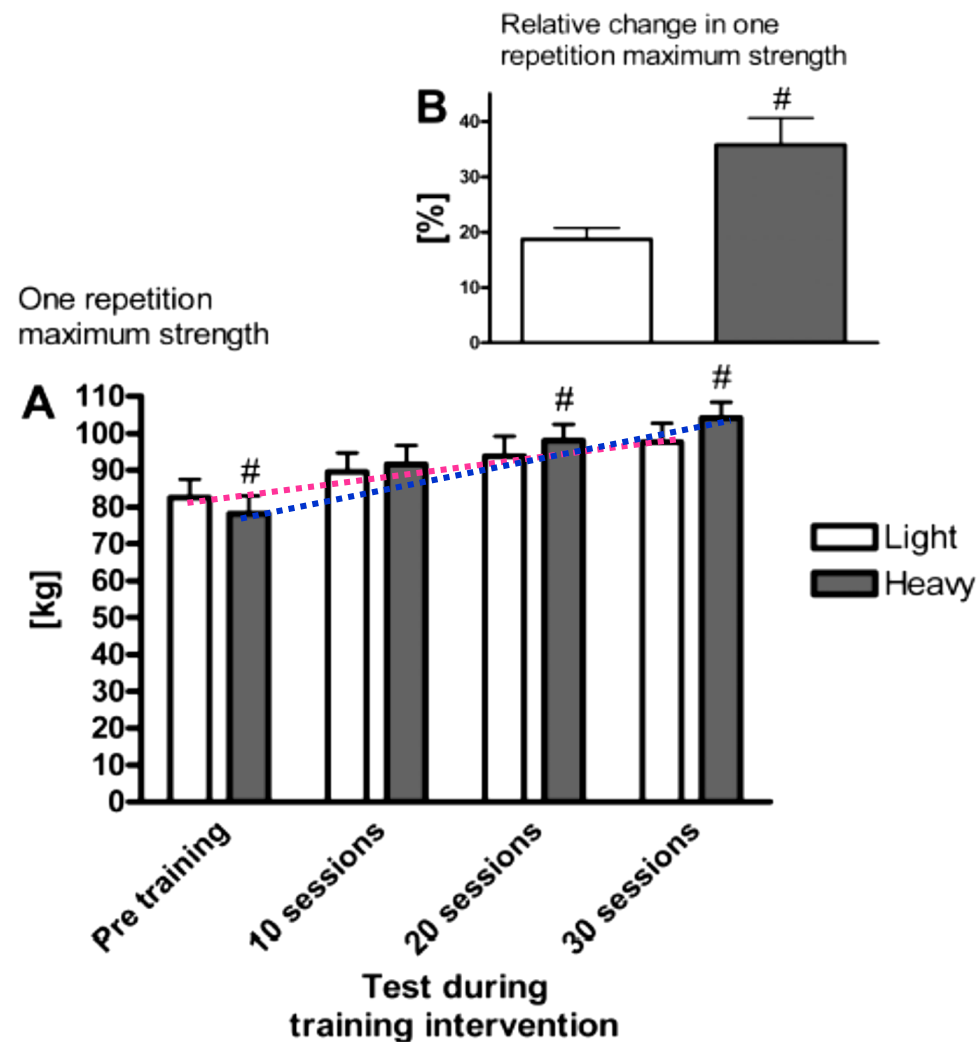


Trainings-Intensität und Steigerung der Kraft



- Relative Steigerung des 1RM
- Trainingsbelastung variiert von 40 - 95%
- Zugewinne am deutlichsten bei relative höherer Belastung
- Allerdings:
 - Risiko des Übertraining/ Verletzungen
 - Periodisierung
 - Rehabilitation

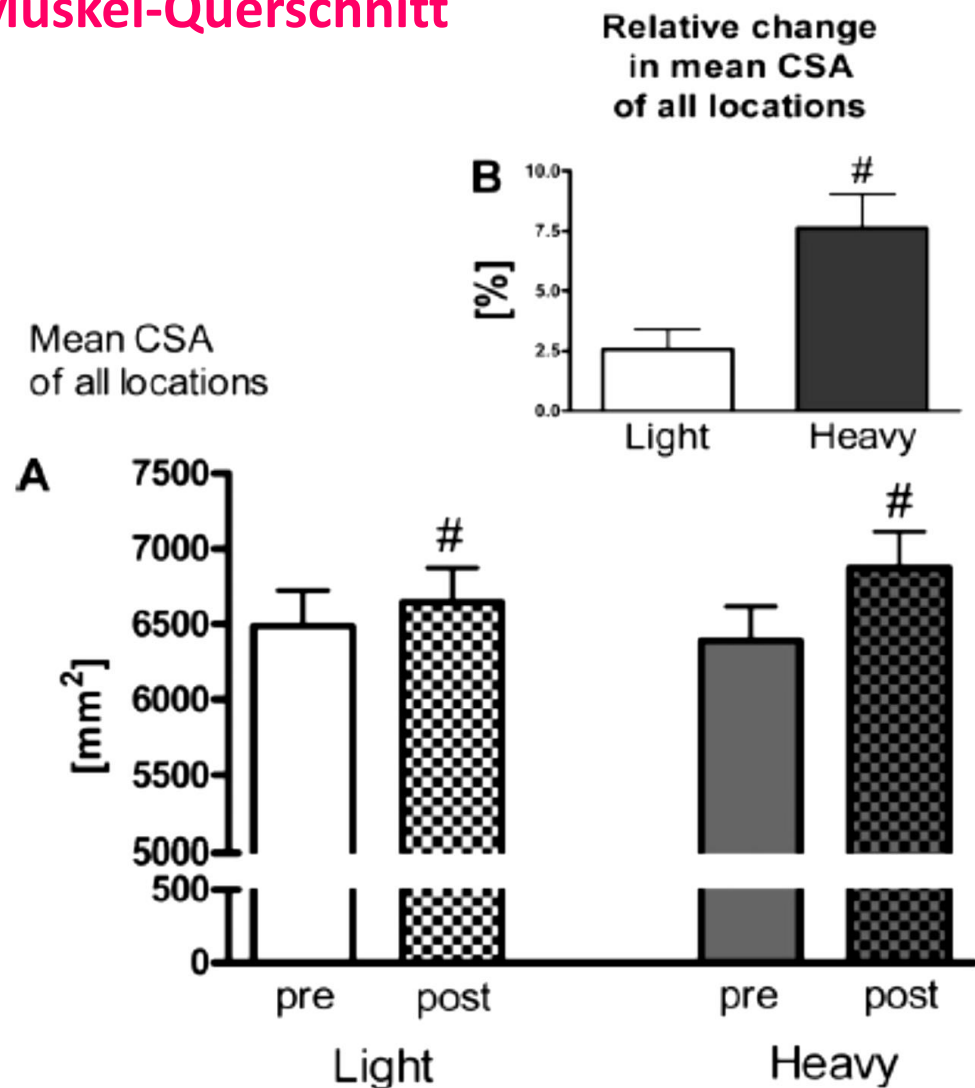
1 Repetition Maximum



12 untrainierte Versuchspersonen ♂

- Respons nach Krafttraining, bilateral
- Bein 1: hohe Belastung ("Heavy")
 - 10 set, 8 Wiederholungen, 70% 1RM
- Bein 2: geringe Belastung ("Light")
 - 10 set, 36 Wiederholungen, 15.5% 1RM
- Krafttraining mit hoher und niedriger Belastung führt zu signifikanten Verbesserungen der 1RM Kraft
- **Hohe Belastung mit grösseren Zugewinnen**

Muskel-Querschnitt



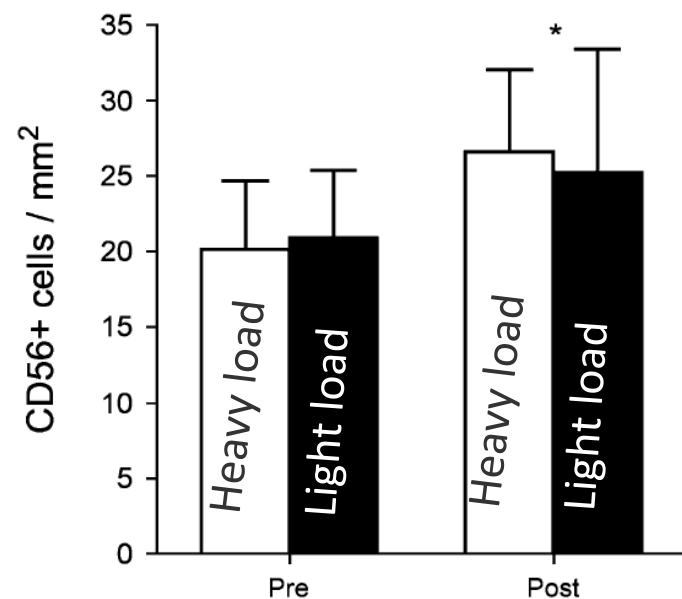
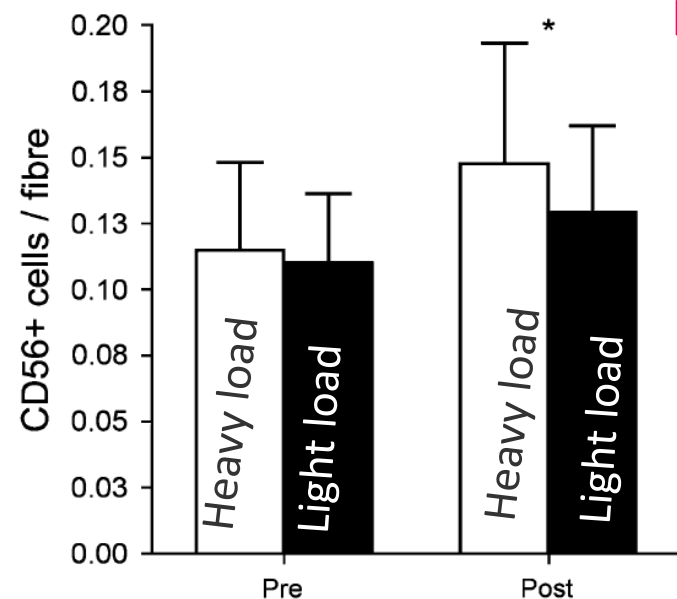
12 untrainierte Versuchspersonen ♂

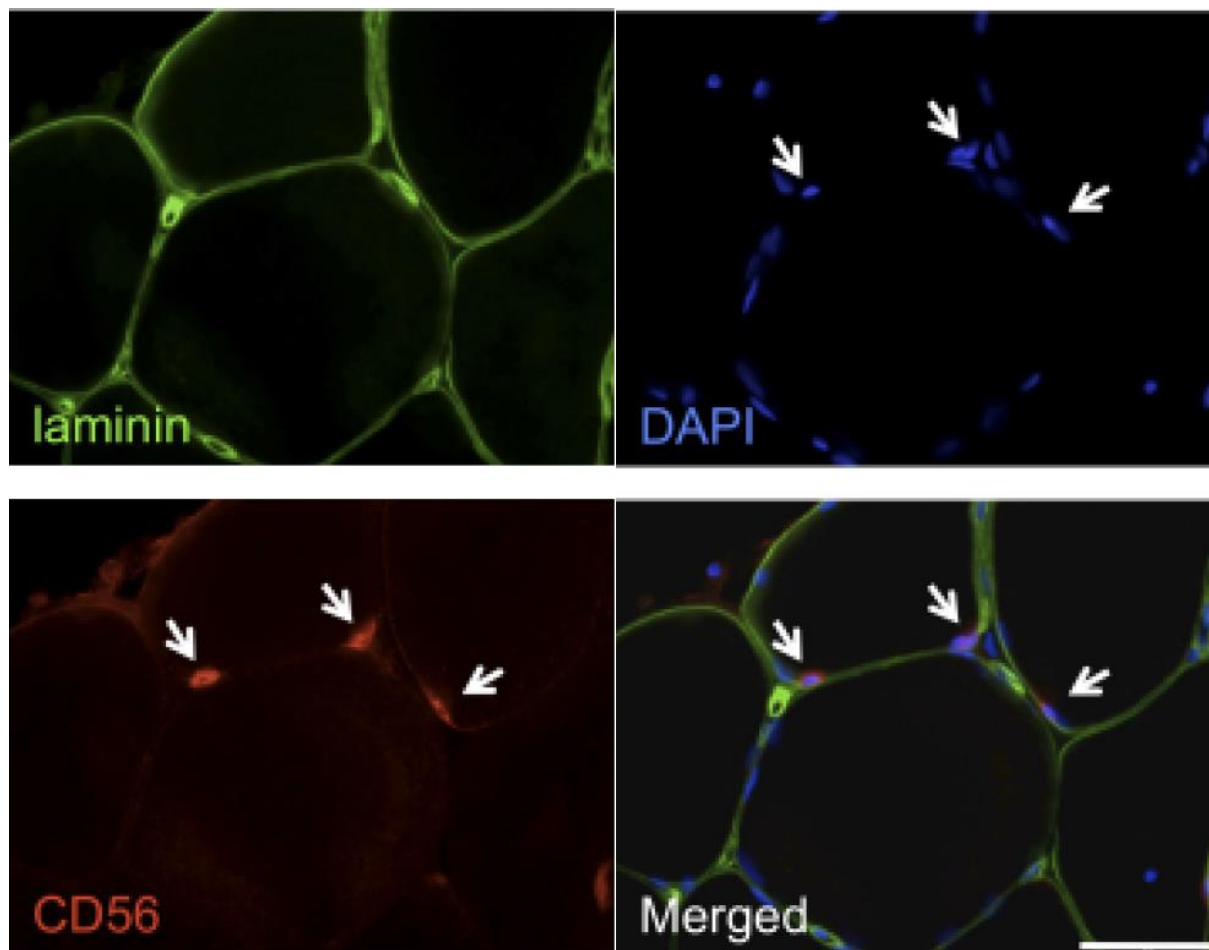
- Respons nach Krafttraining, bilateral
- Bein 1: hohe Belastung ("Heavy")
 - 10 set, 8 Wiederholungen, 70% 1RM
- Bein 2: geringe Belastung ("Light")
 - 10 set, 36 Wiederholungen, 15.5% 1RM
- Krafttraining bewirkt **Steigerung des Muskel-Querschnitts nach beiden Trainingsformen**
- Ausgeprägterer Zuwachs durch hohe Belastung

Muskel-Stammzellen

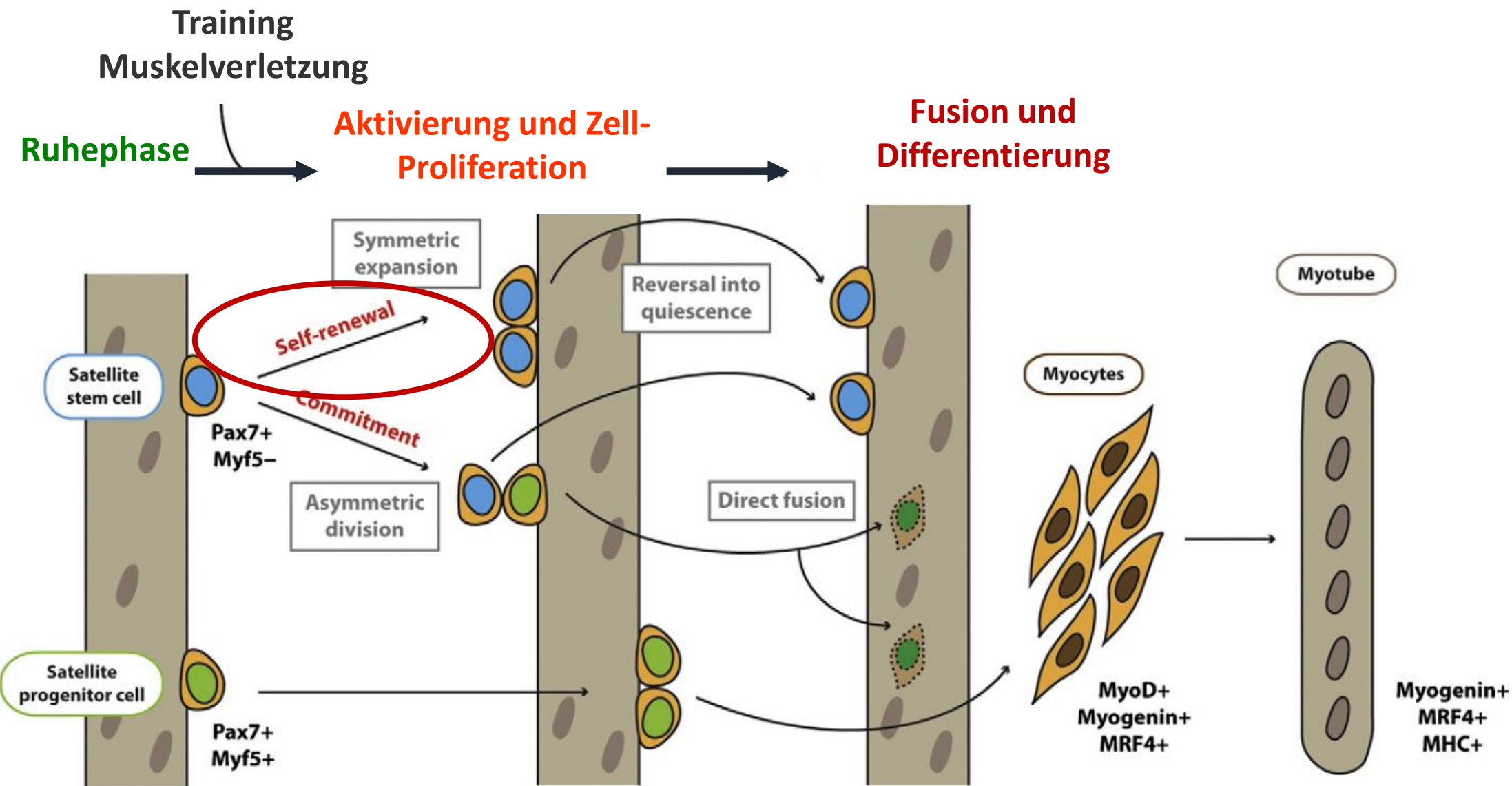
12 untrainierte Versuchspersonen ♂

- Respons nach Krafttraining, bilateral
- Bein 1: hohe Belastung ("High load")
 - 10 set, 8 Wiederholungen, 70% 1RM
- Bein 2: geringe Belastung ("Light load")
 - 10 set, 36 Wiederholungen, 15.5% 1RM
- Krafttraining mit 15.5% 1RM: **18% Zunahme der Satellitzellen-Anzahl**
- **Kein Unterschied in Satellitzellen-Respons** zwischen Krafttraining mit hoher und niedriger Belastung





- Muskel-“Stammzellen”
- Spezifische Merkmale: PAX-7 Expression
- Circa 0.12 Satellitezellen/ Muskelfaser
- Bei Homeostase: Satellitzellen “untätig”/ schlafen
- Satellitzellen wachen auf durch Reize wie Training und Verletzung des Muskels
- Signifikante Zunahme der Myo-Zellkerne nur im Fall von > 26% Muskelfaser- Hypertrophie

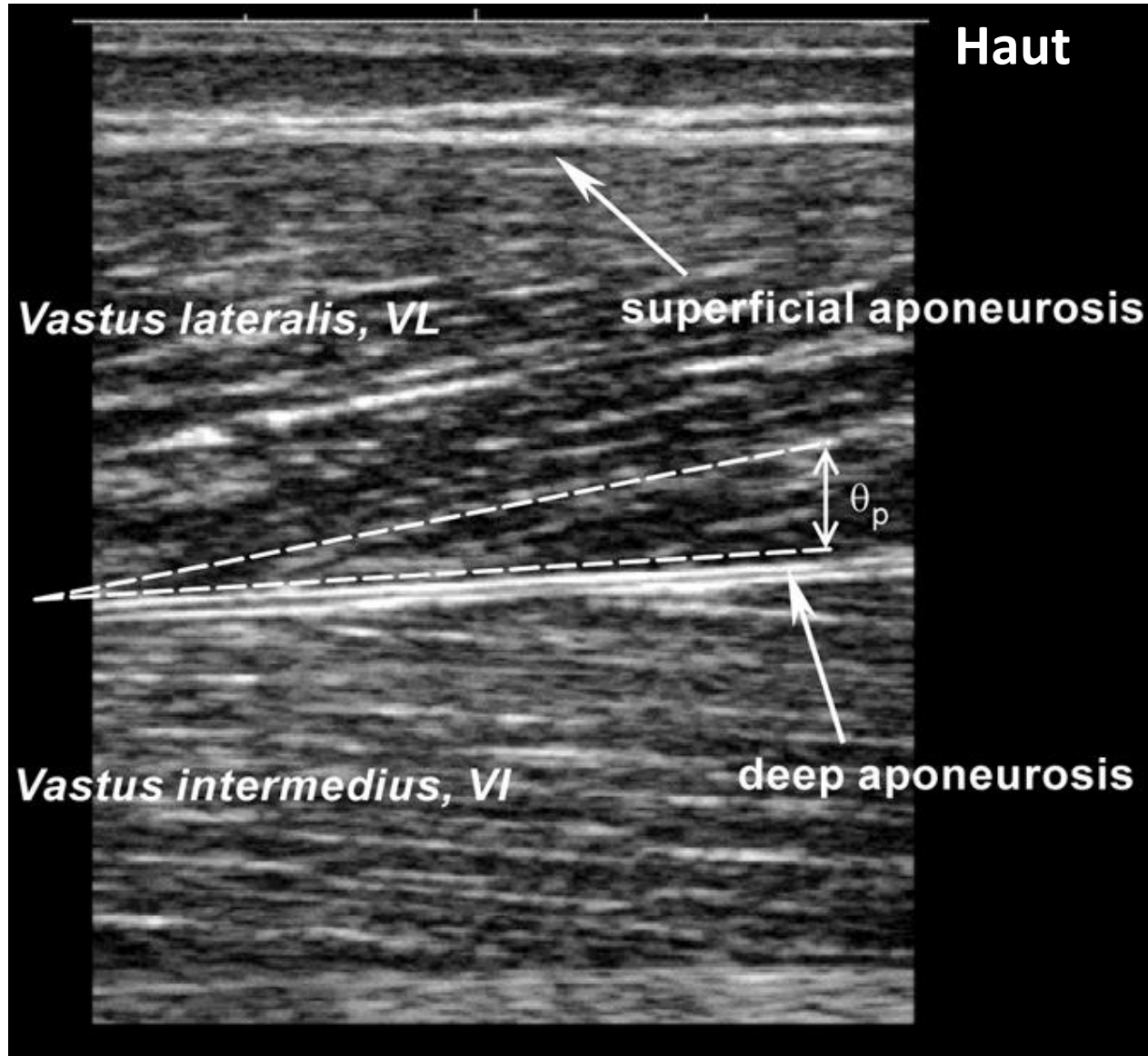


- Muskel-“Stammzellen”/ **Satellitzellen**
- Training ist ein Stimulus für Zell-Teilung und Zell-Vermehrung
- **Selbst-Erneuerung** (“self-renewal”) des Satellitzellen-Pool
- Akute Respons als auch eine Reaktion auf Langzeit-Training
- Änderungen im “Umfeld” der Satellitzellen wie zB. Hormonelle Veränderungen, mechanische Faktoren, Wachstums-Faktoren
- Signifikante Zunahme der Myo-Zellkerne nur im Fall von ~ 25% Muskelfaser-Hypertrophie

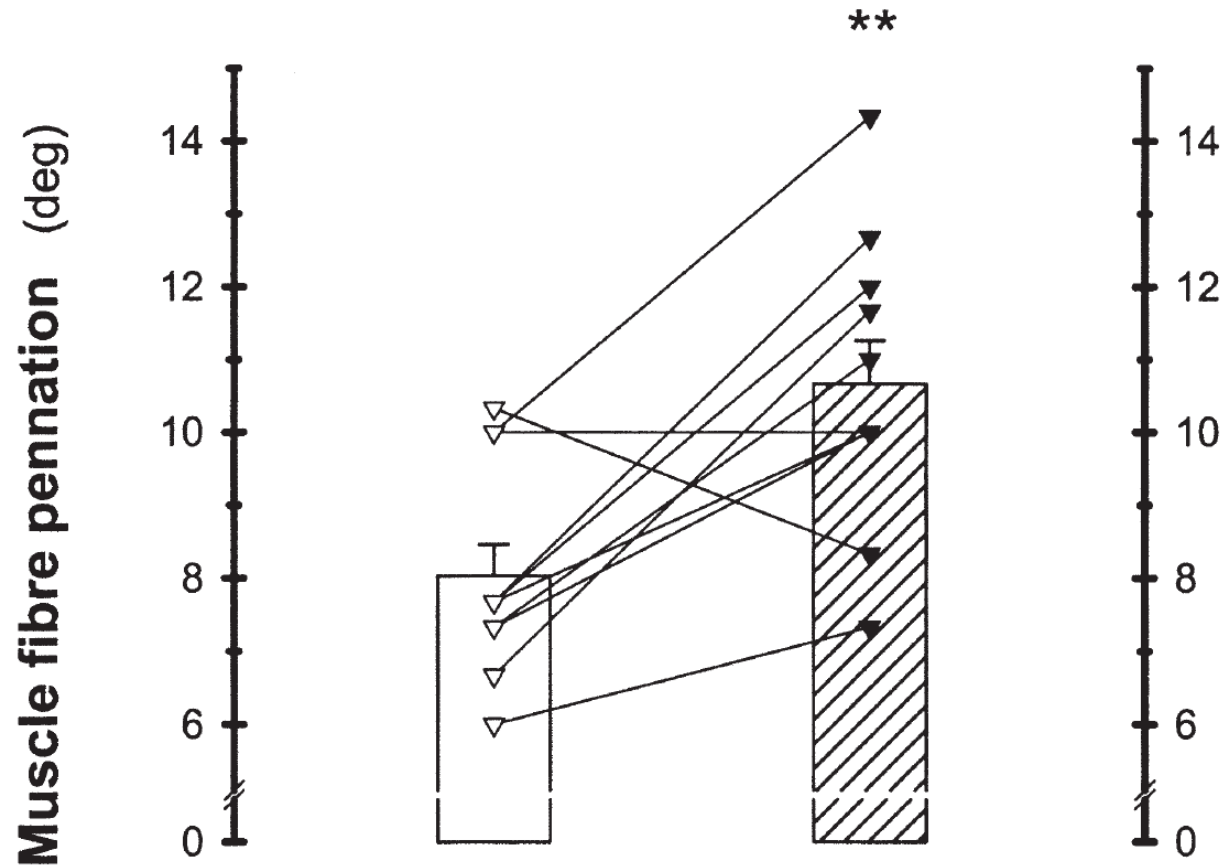


Hohe Anpassungsfähigkeit von
Muskeln!

Aber was passiert mit dem
Bindegewebe?

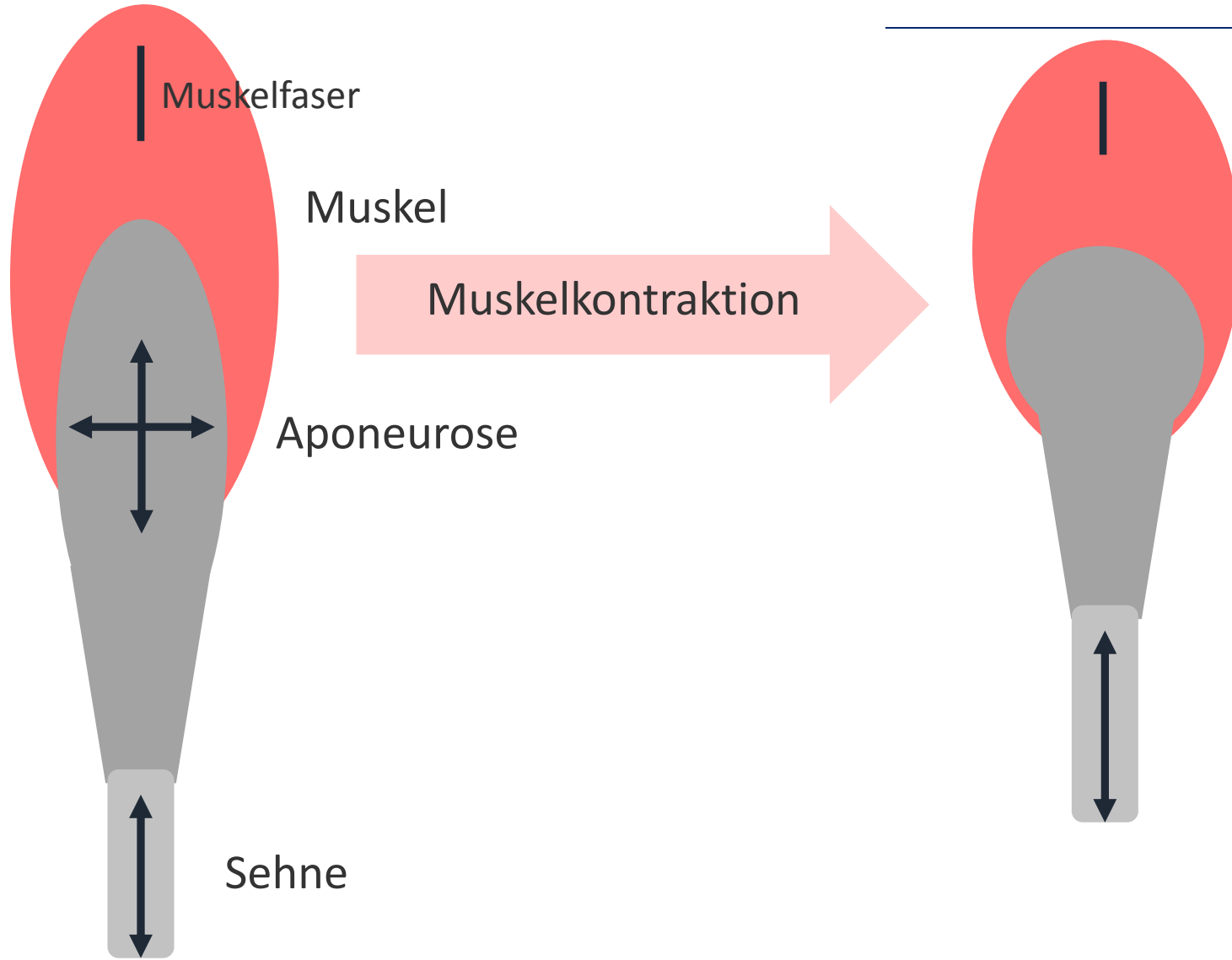


- Ultraschall der Quadriceps Muskulatur Vastus Lateralis; Vastus Intermedius
- Längsschnitt
- Muskel-Fiederungswinkel ("pennation angle"):
- Gefiedeter Muskel kann höhere Kraft entwickeln als nicht-gefiederte Muskeln



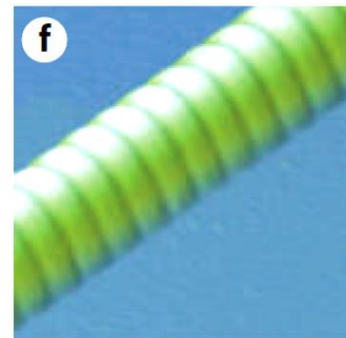
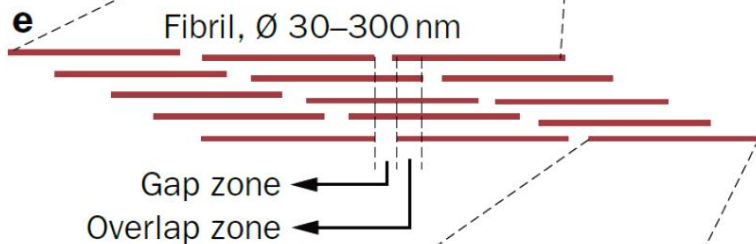
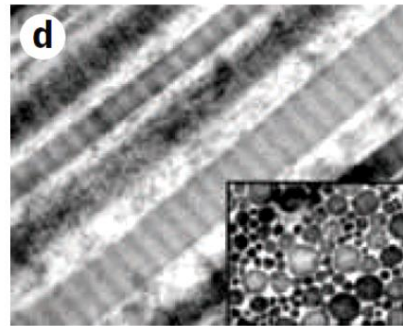
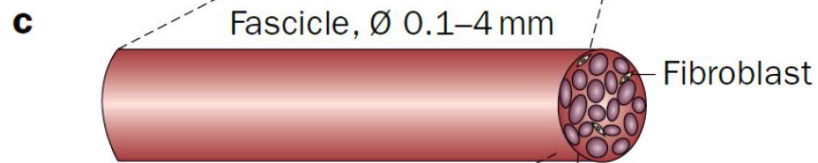
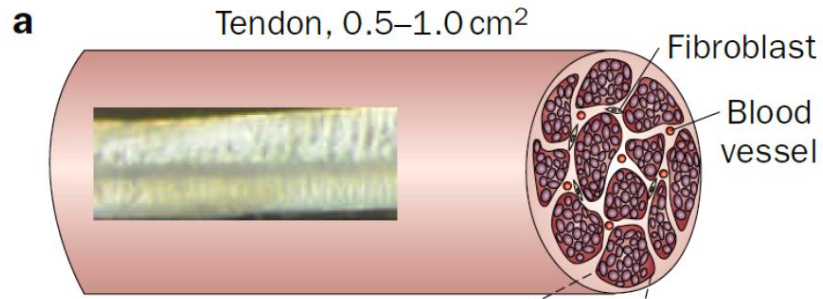
11 untrainierte Versuchspersonen

- 14 Wochen progressives Krafttraining
- Belastung zwischen 3 und 10RM
- Muskel-Querschnitt Steigerung um 10%
- Signifikante Zunahme des "Pennationswinkel" um $35.5 \pm 8.3 \%$
- Keine Verlängerung der Muskelfaserbündel (Fazikler)



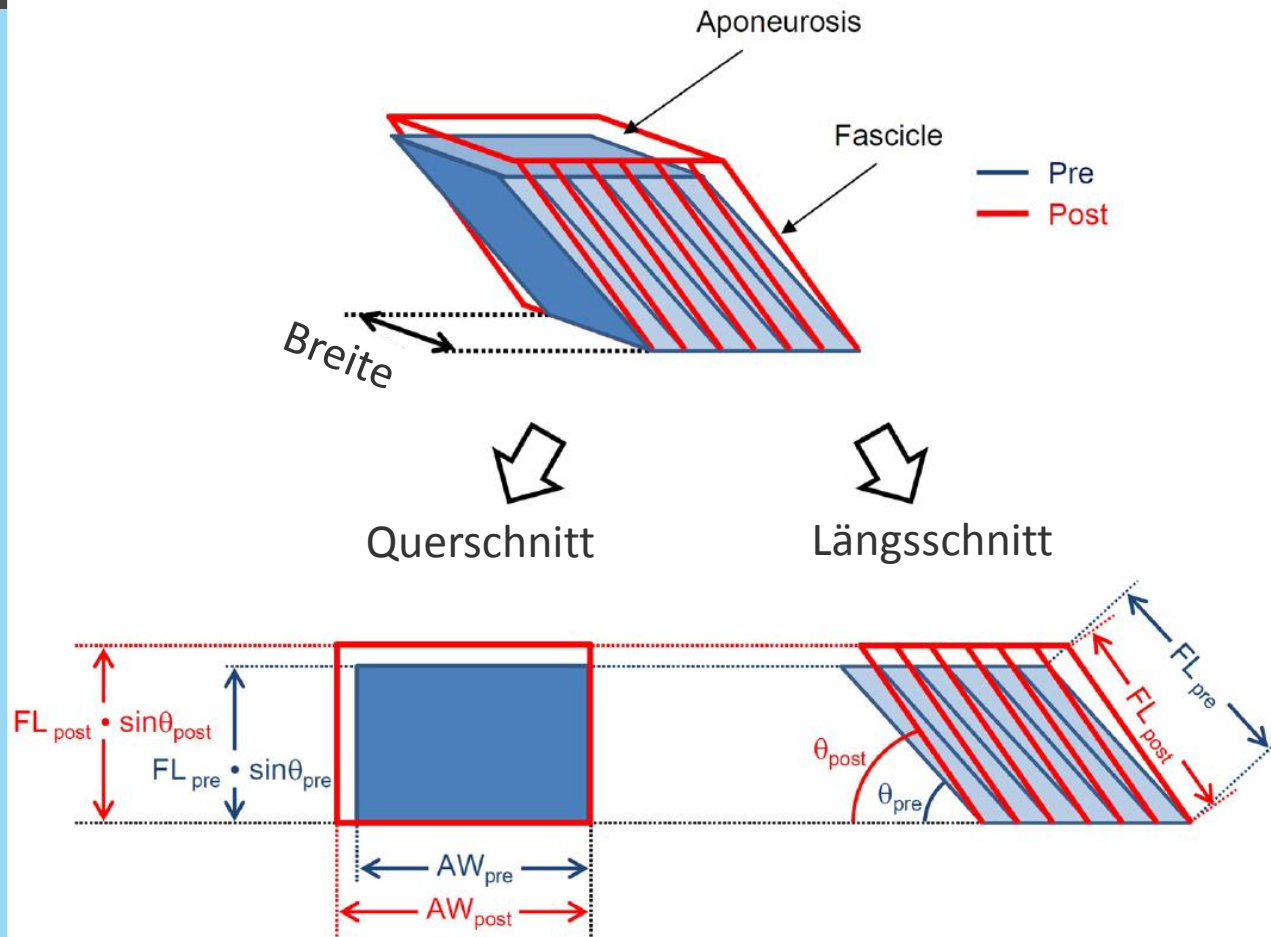
Sehne – Aponeurose - Faszie

- Sehnen Strukturen: "Freie Sehne" oder Aponeurose
- Aponeurose ist eine Bindegewebs-Formation die sich über einen Teil der Muskulatur erstreckt
- Aponeurose funktioniert als Einflechtung/ Bindeglied zwischen Muskelfasern und Kollagenfibrillen
- Deformation von Aponeuroses in mehrere Richtungen: Muskel verkürzt sich unter Kontraktion
- Freie Sehne als Verlängerung in Längsrichtung
- Freie Sehne wird belastet bei Muskelkontraktion in der Längsrichtung



Freie Sehne

- MRT Achilles Sehne ("freie Sehne")
- Belastung während Laufen pro Schritt: ca 7x das eigene Körpergewicht
- Kollagen-Fibrillen: Kleinste funktionelle Einheit
- Sehr geringe Anzahl von Sehnenzellen
- Geringe Anzahl an Gefäßen = Durchblutung sehr begrenzt
- Stammzellen in menschlichen Sehnen identifiziert
- Ungewiss wann, wie und wodurch (und ob) diese Zellen aktiviert werden



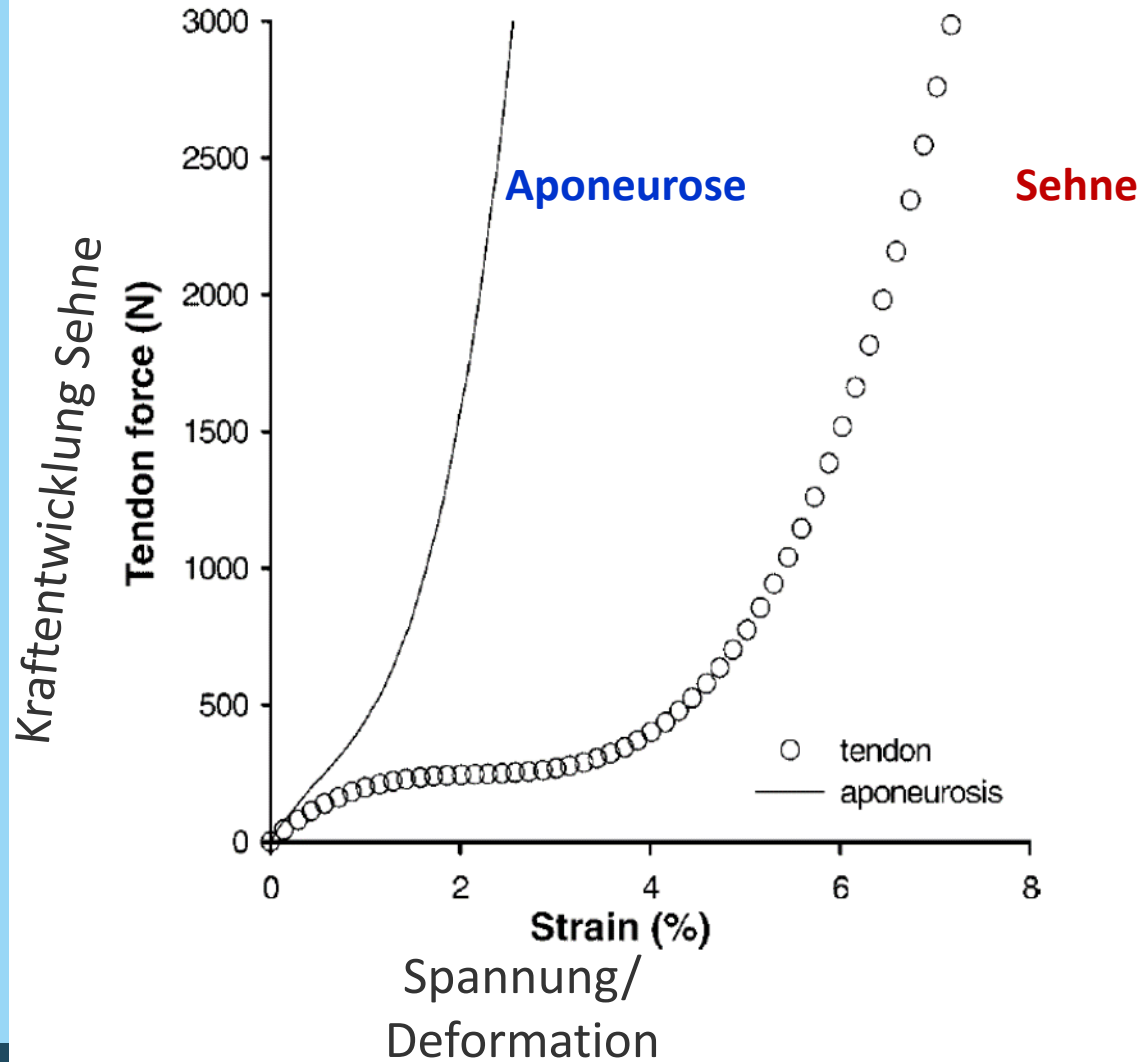
$$ACSA_{pre} = FL_{pre} \cdot \sin\theta_{pre} \cdot AW_{pre}$$

$$ACSA_{post} = FL_{post} \cdot \sin\theta_{post} \cdot AW_{post}$$

ACSA= Anatomical cross-sectional area

21 untrainierte Versuchspersonen ♂

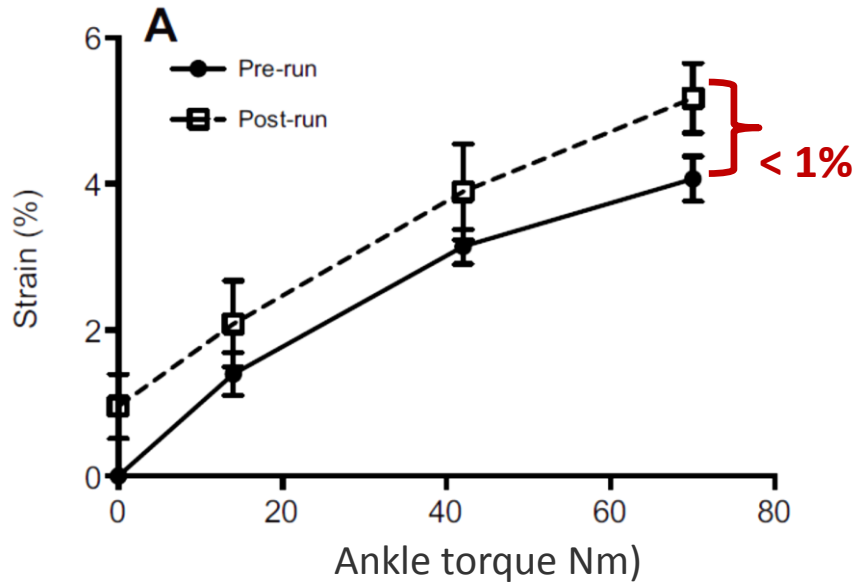
- 12 Wochen progressives Krafttraining Belastung 80% 1RM
- Anatomischer Muskel-Querschnitt: Steigerung um ~11%
- Aponeurose-Querschnitt: Zunahme um ~2%
- Signifikante Zunahme des "Pennationswinkel" um $10.8 \pm 7.3 \%$
- Keine Verlängerung der Muskelfaserbündel (Fazikler)



Freie Sehne zeigt höhere Nachgiebigkeit im Vergleich zur **Aponeurose**

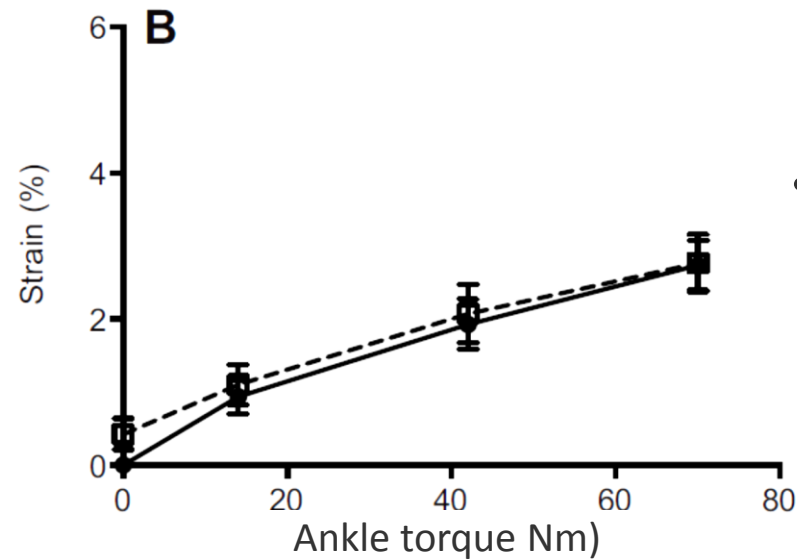
Freie Sehne

Vor 5km –Lauf ●
 Nach 5km Lauf □

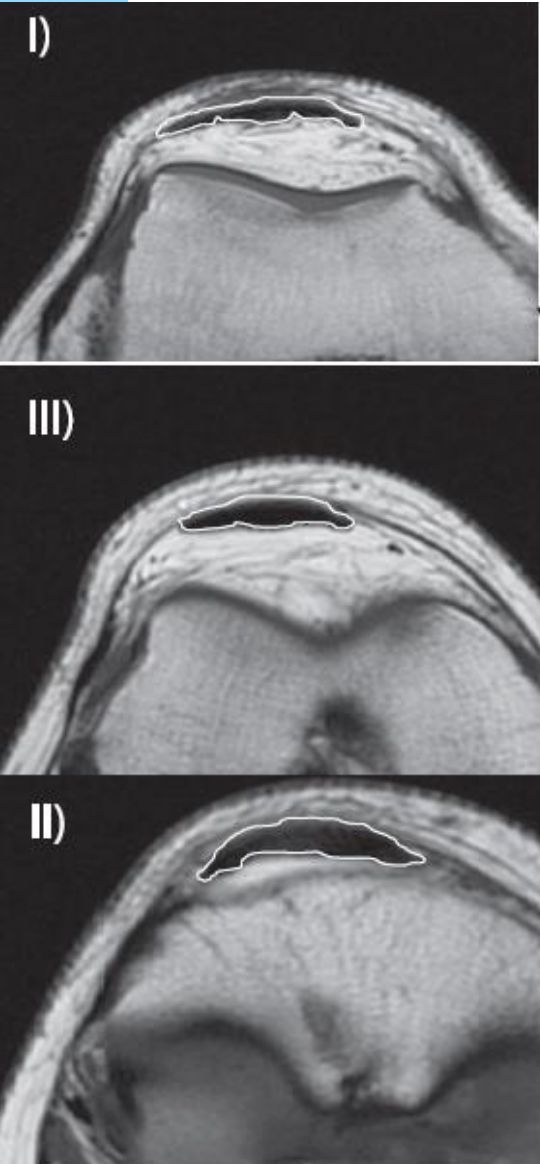


Aponeurose

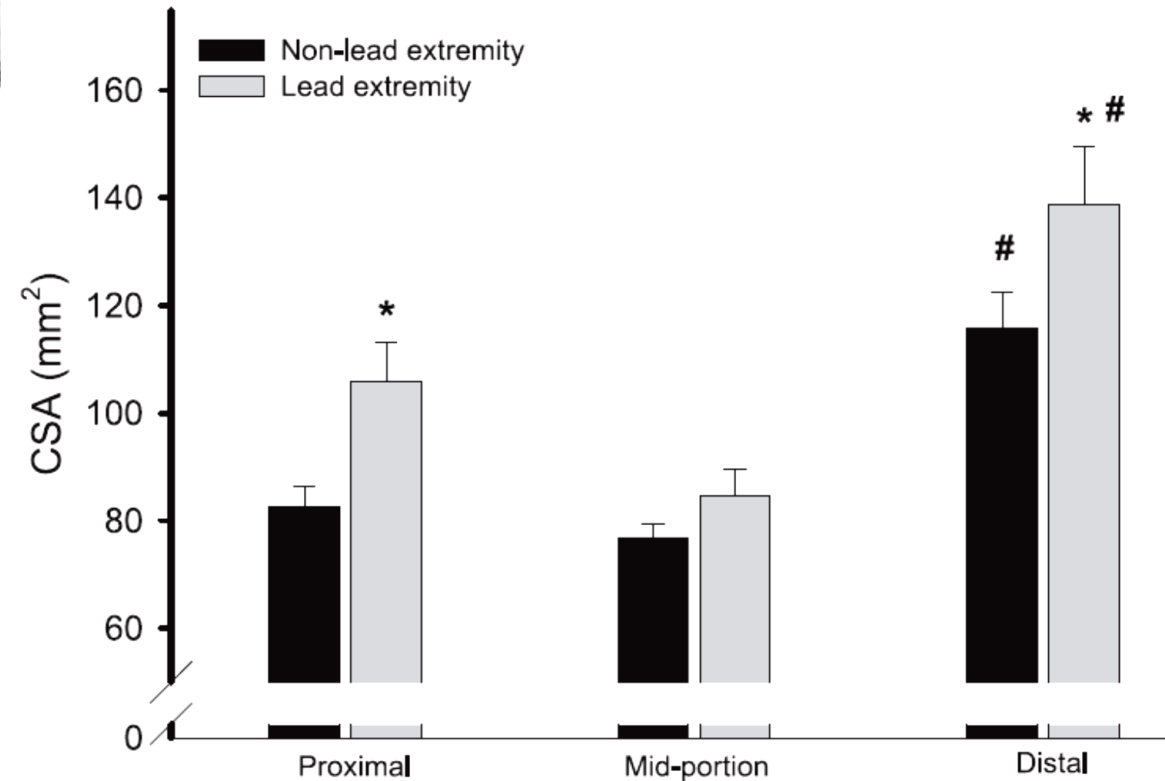
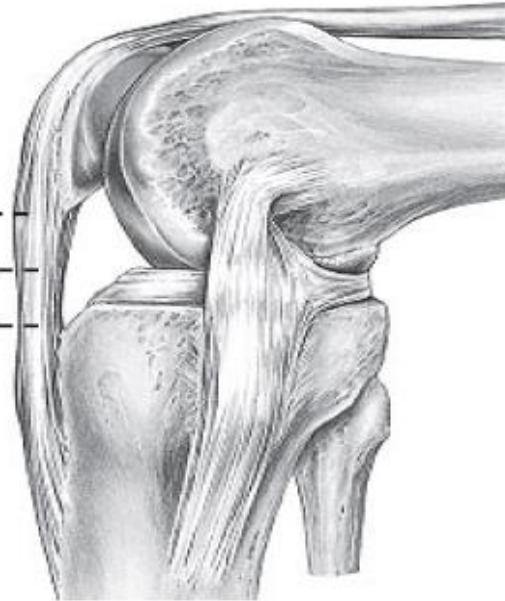
Vor 5km –Lauf ●
 Nach 5km Lauf □

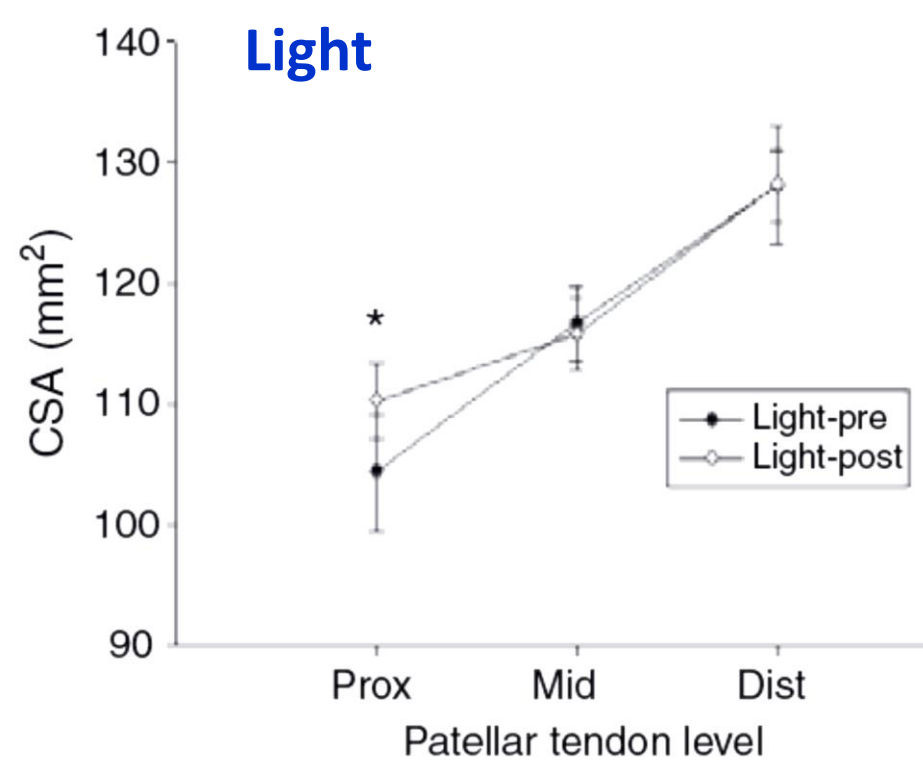
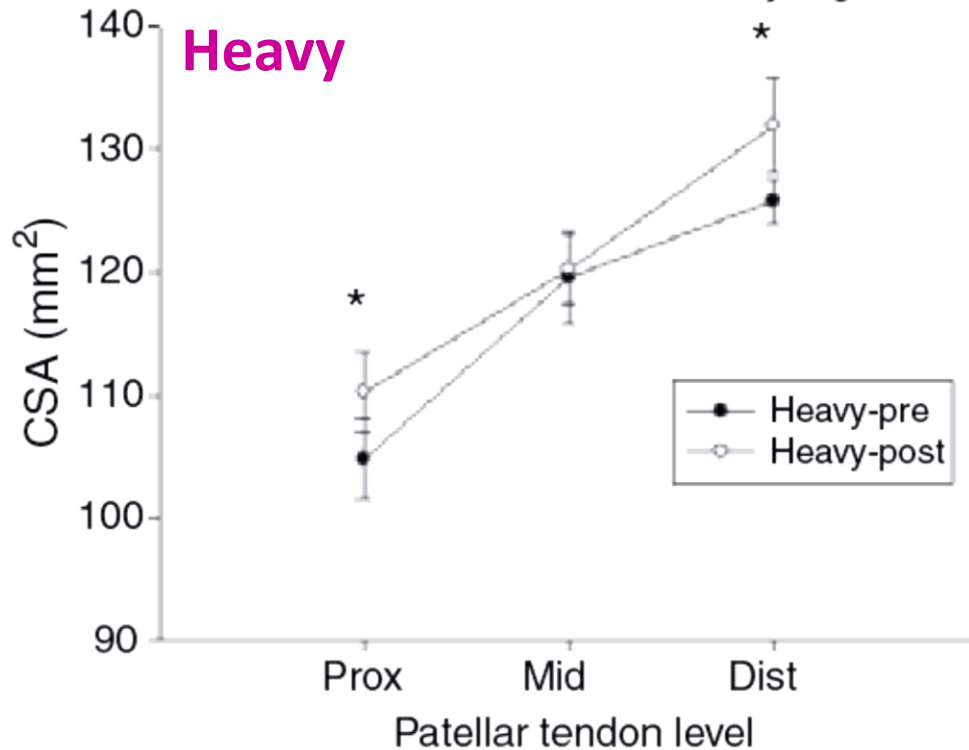


- **Freie Sehne** verändert mechanische Eigenschaften signifikant nach Belastung
- Keine Veränderung messbar in der **Aponeurose**



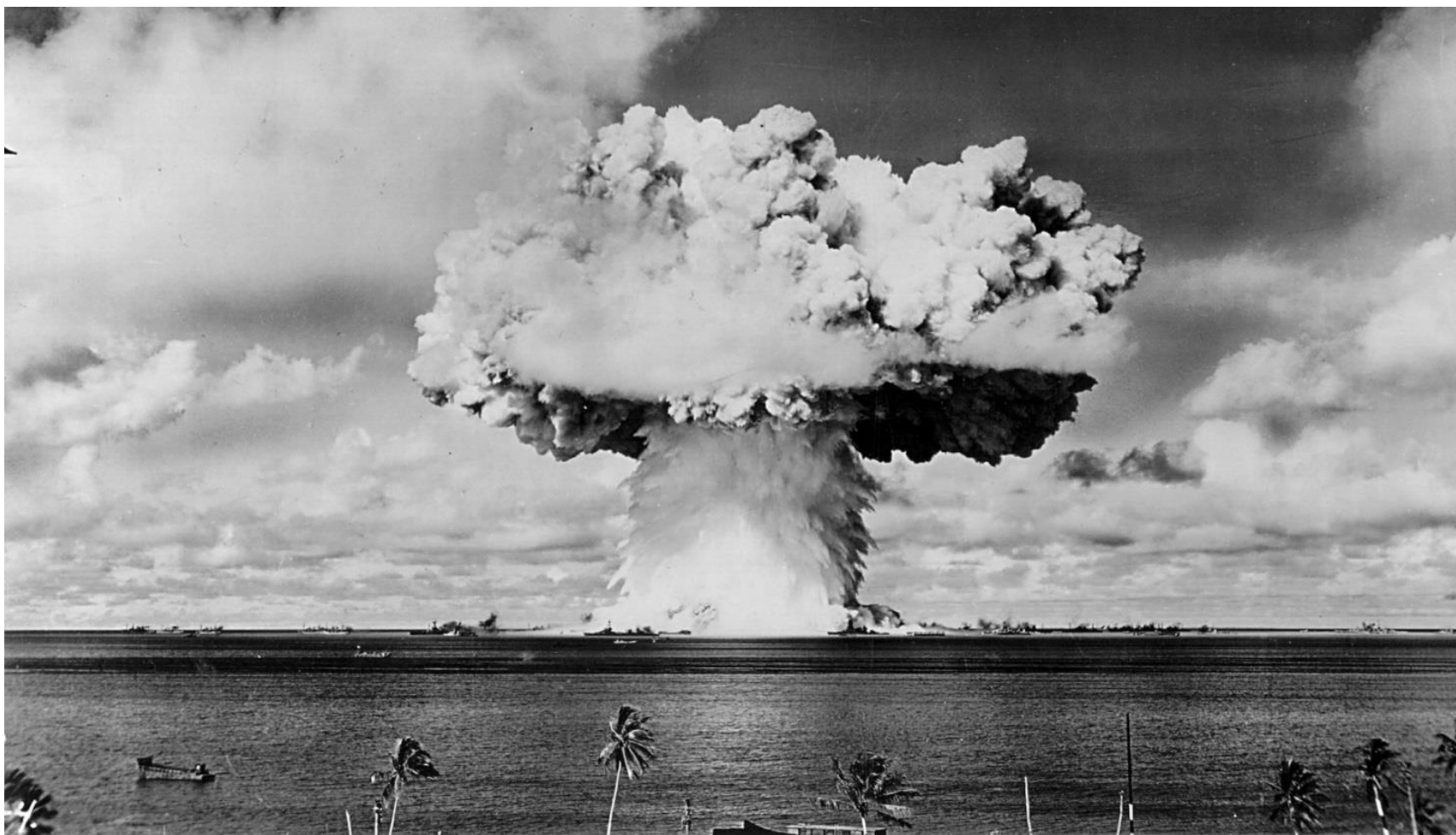
- 7 Elite Athleten (Fechten/ Badminton)
- Führendes Bein ("lead"), Nicht-führendes Bein ("non-lead")



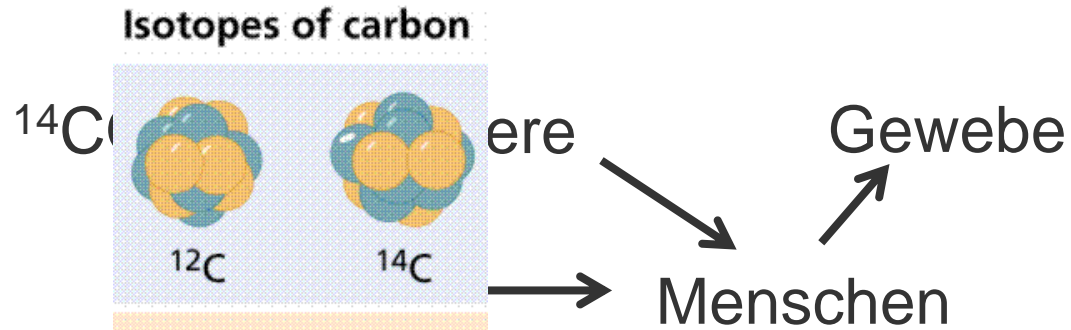


- 12 untrainierte Versuchspersonen: 12 Wochen progressives Krafttraining
- 1. Bein "hohe Belastung" 10x 8 Wiederholungen; 70% 1RM
- 2. Bein "leichte Belastung" 10x 36 Wiederholungen; Arbeitsumfang vergleichbar mit 1. Bein
- Sehne 1. Bein (Heavy): sowohl proximal als distal Zunahme des Querschnitts
- Sehne 2. Bein (Light): Zunahme des Querschnitts nur im proximalen Teil

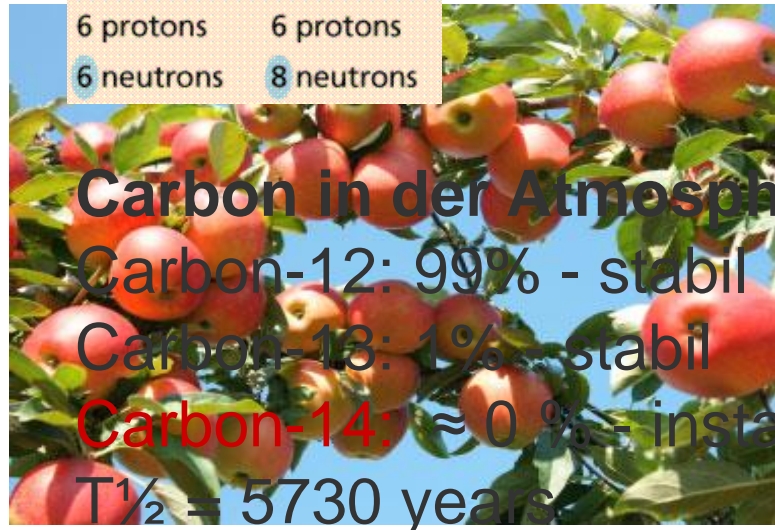
Nukleare Test während des Kalten Krieges 1955-63



Der Umlauf des atmosphärischen Carbon-14



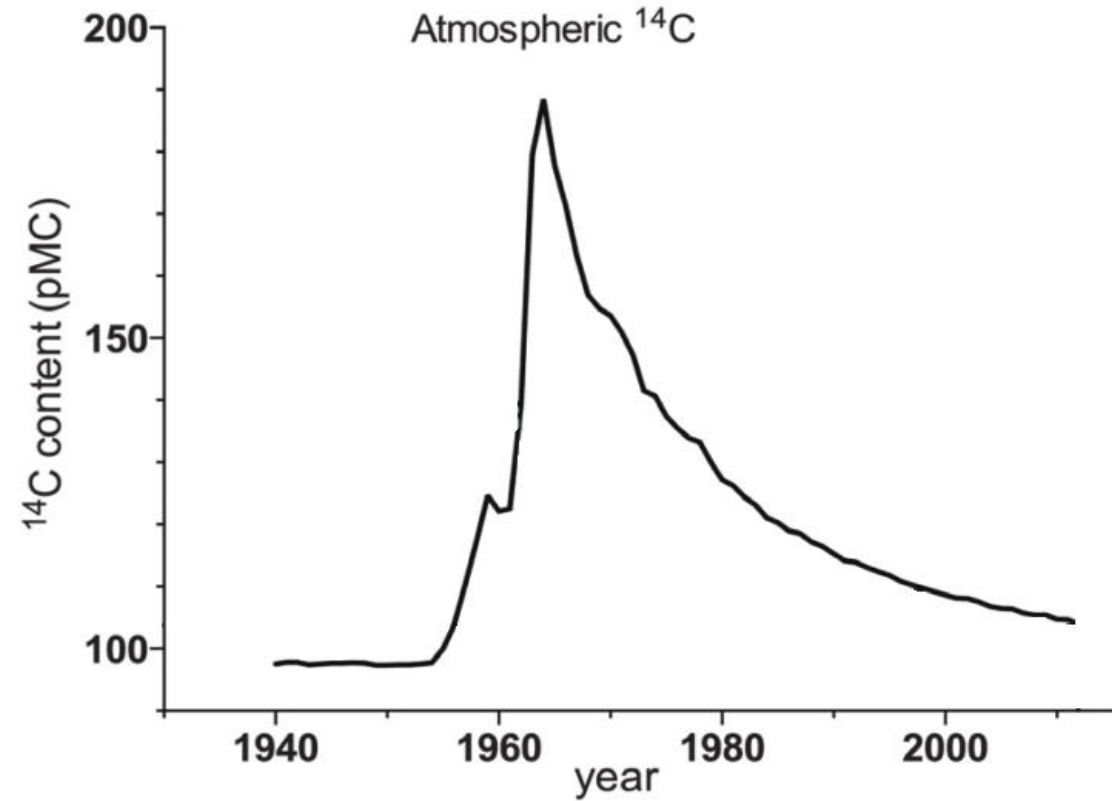
Carbon-12	Carbon-14
6 protons	6 protons
6 neutrons	8 neutrons



Carbon in der Atmosphäre

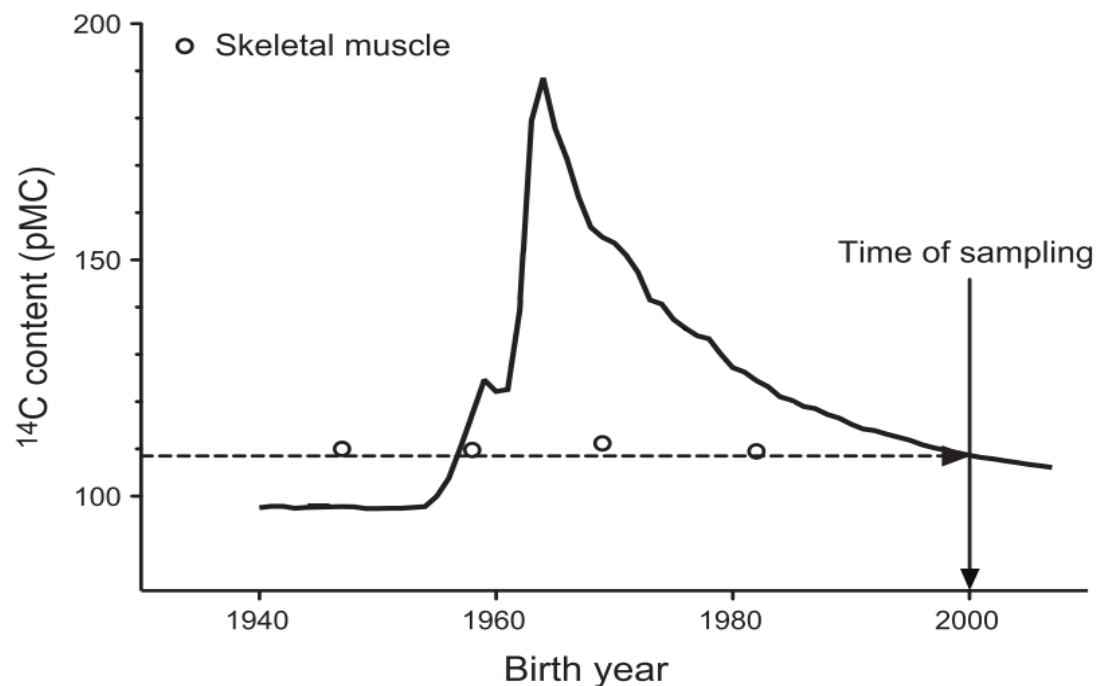
- Carbon-12: 99% - stabil
- Carbon-13: 1% - stabil
- Carbon-14: $\approx 0\%$ - instabil, $T_{1/2} = 5730$ years

pmC = percent modern Carbon

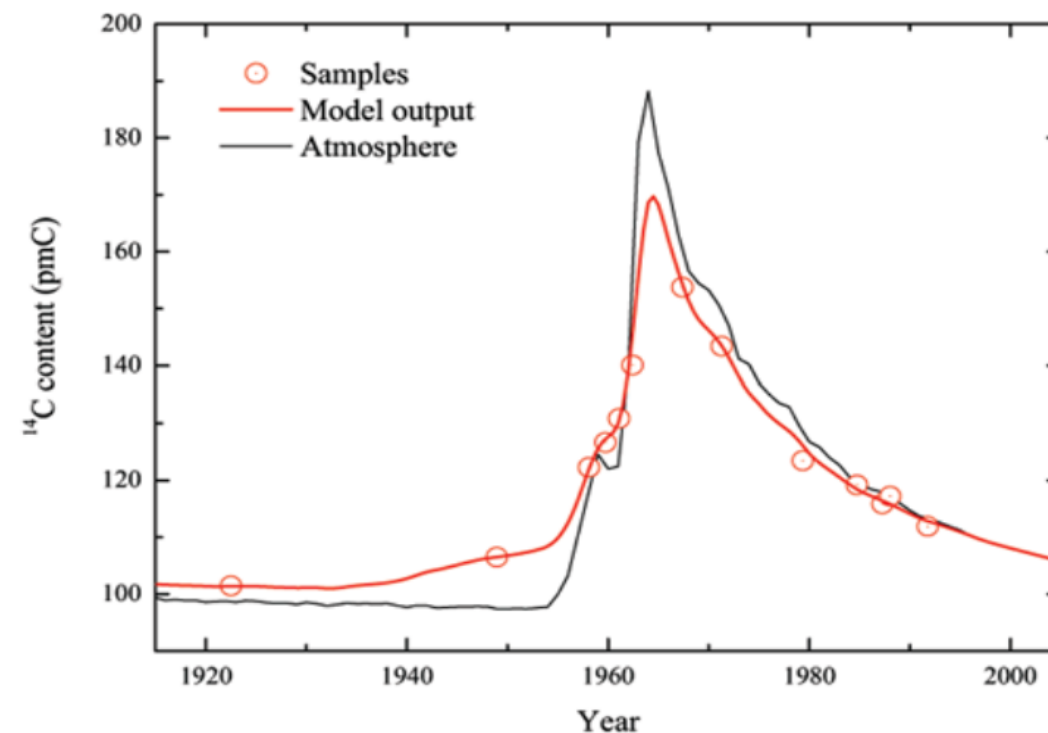


Die Aufnahme hängt vom Gewebe “turnover” ab

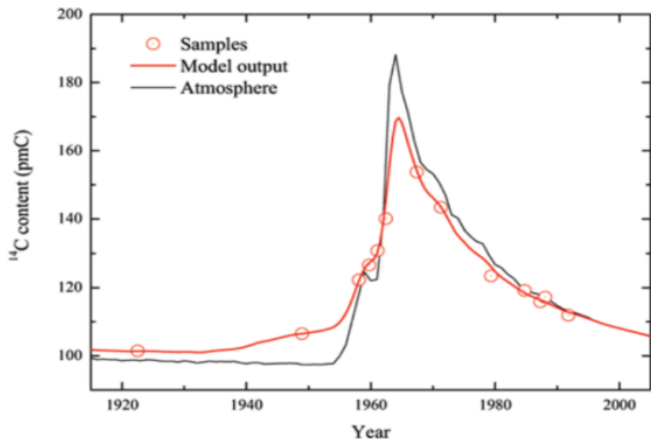
Skelettmuskulatur



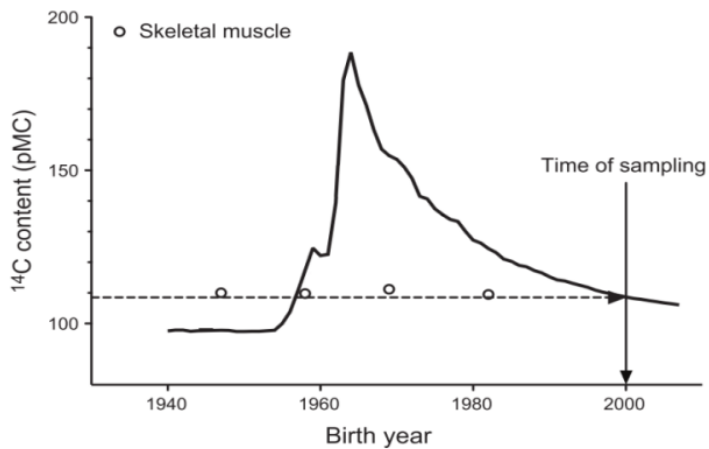
Augenlinse



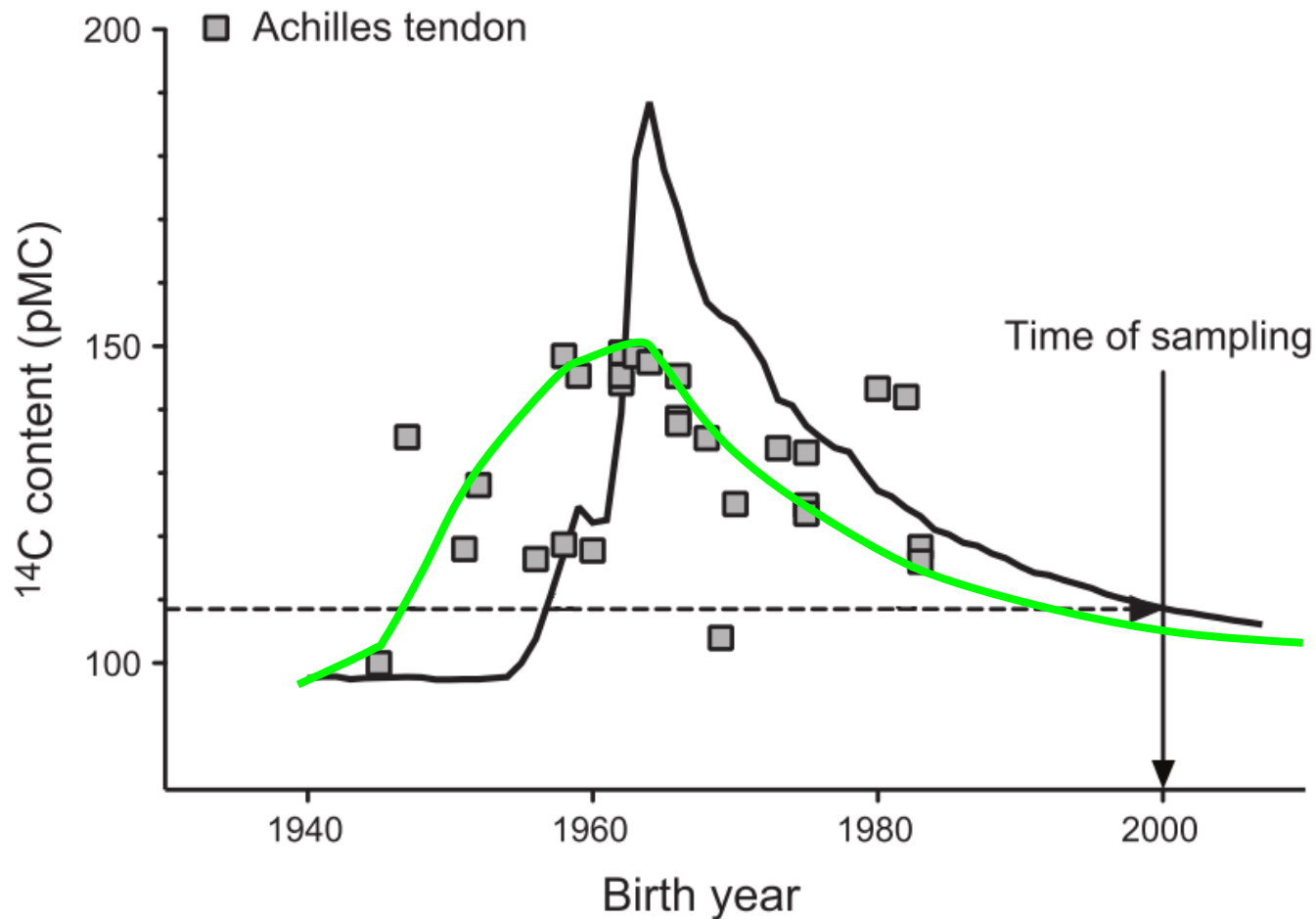
Augenlinse



Skelettmuskulatur



Sehne





Begrenzte Anpassungsfähigkeit von
Sehnen

Aber wie verhält sich das mit den
Faszien?

Faszien: Anpassung und Training

- 4 Haupt-Typen von Faszien:
 1. Oberflächliche Faszie (ummantelt den gesamten Körper)
 2. Tief-liegende ("deep") Faszie: Umhüllt das Muskel-Skelett System
 3. Meningeal ("Hirnhaut") Faszie: Umhüllt das Zentrale Nervensystem
 4. Viszerale ("Eingeweide") Faszie: Ummantelt Organe/ Organsysteme
- Keine randomisierte Studie mit Fokus auf die Anpassungsfähigkeit der Faszien
- Behandlung bei Plantar Faszitis: Krafttraining wirkt besser als Stretching nach 3 Monaten
- Keine Angaben zu eventuellen Änderungen der Morphologie/ mechanische Eigenschaften

Faszien: Anpassung und Training

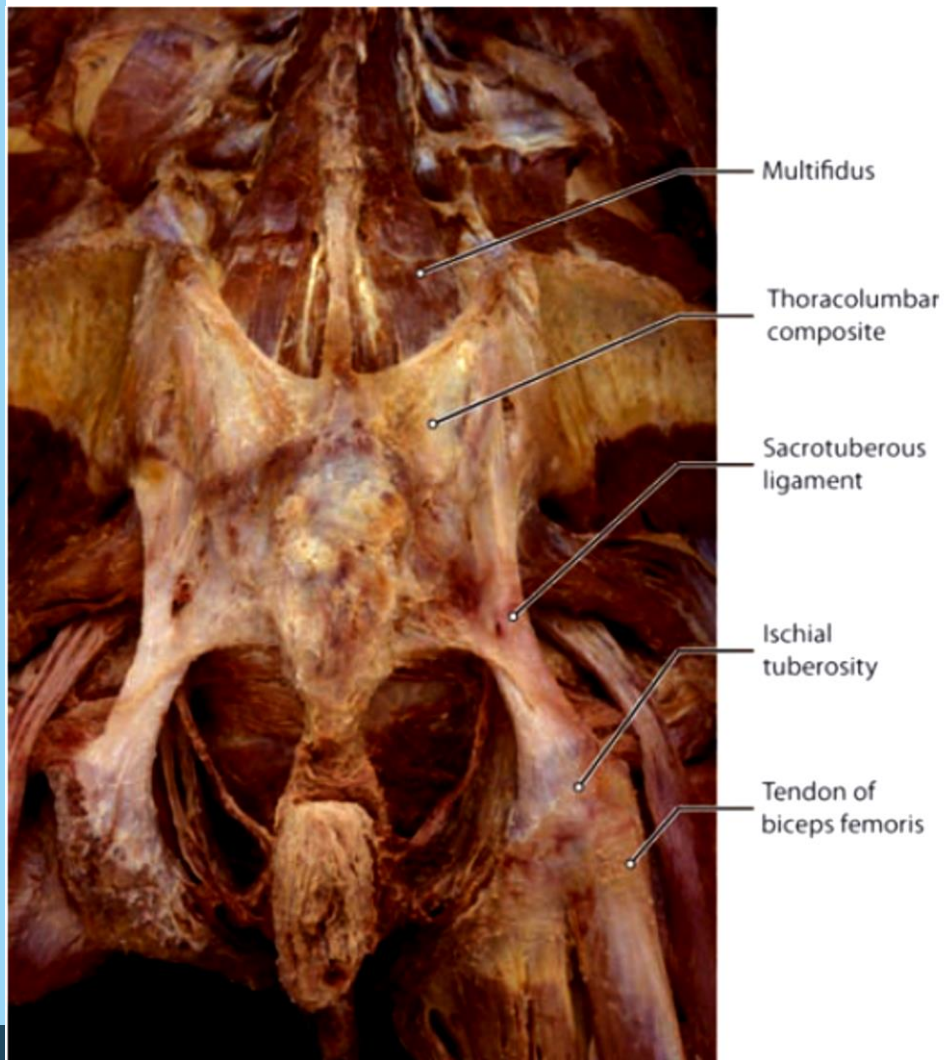
- Br J Sports Med 2018: Fascial tissue research in sports medicine: from molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement.
- ” In fascial tissues such as tendons, acute and chronic loading stimulates collagen remodeling”.

Faszien: Anpassung und Training

Lumbasacral Region

(Lendenwirbel-Kreuzbein)

- Thoracolumnar Faszie:
- Zugbelastung der Thoracolumnar Faszie: geschätzt > 1000 Newton (~ 100Kg)



Wir bügeln Ihre Faszien!

Mit der Faszientherapie zu einem neuen Körpergefühl

Durch das Glätten der Faszien werden Verspannungen beseitigt, die Beweglichkeit erhöht und emotionale Blockaden gelöst.

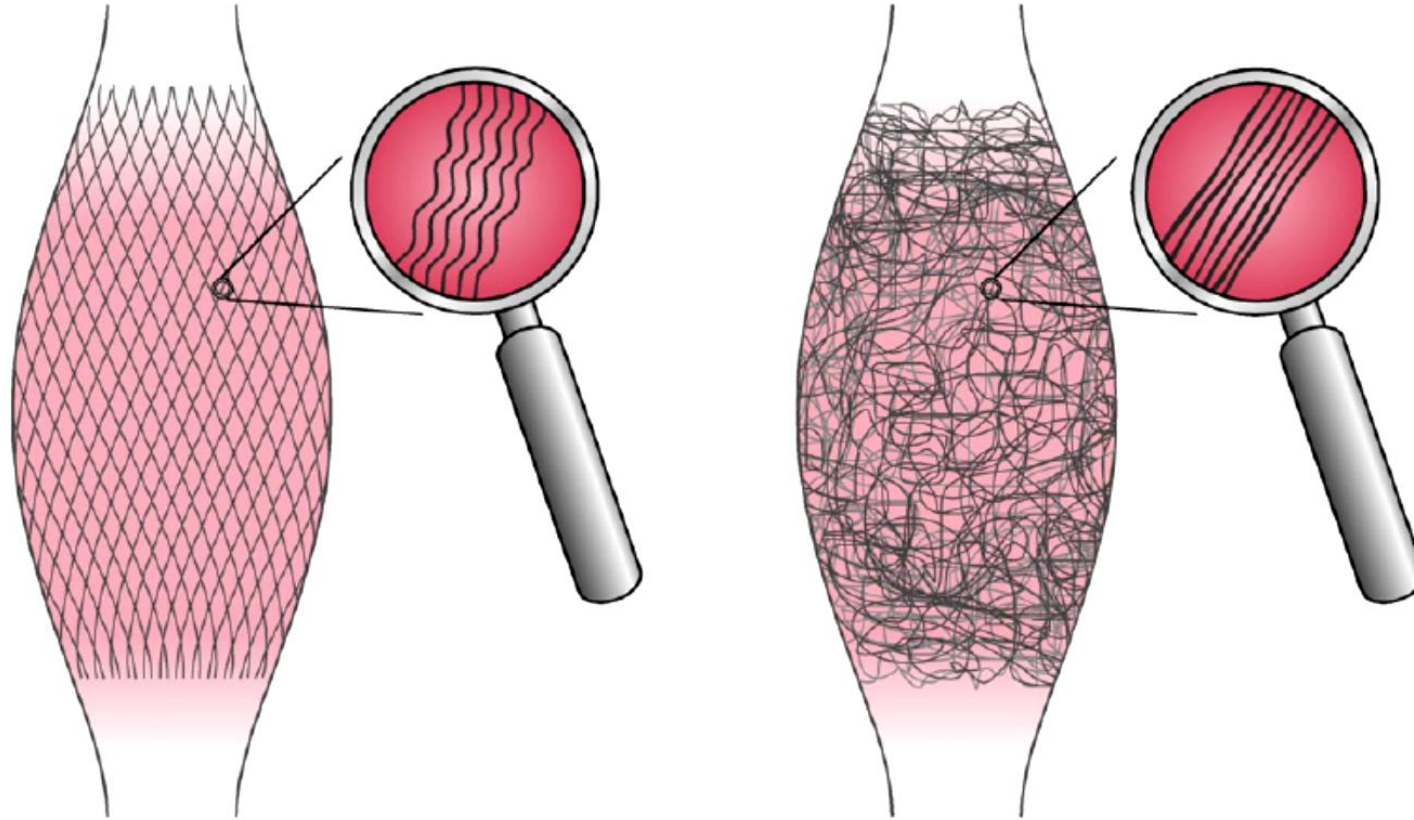
Das bedeutet für Sie,
Schmerzfrei werden und bleiben,
verbesserte Leistungsfähigkeit
und leicht und beschwingt das
Leben genießen.



www.faszium.de

faszium
erfolgreicher therapieren

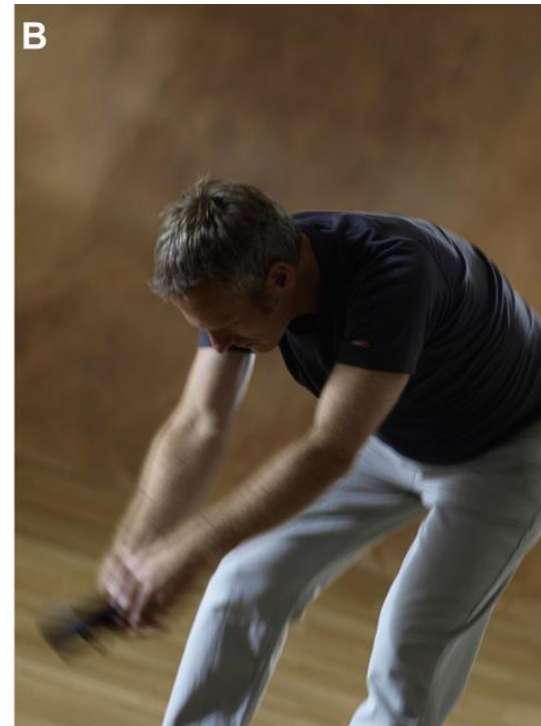
Faszien: Training und Anpassungsfähigkeit

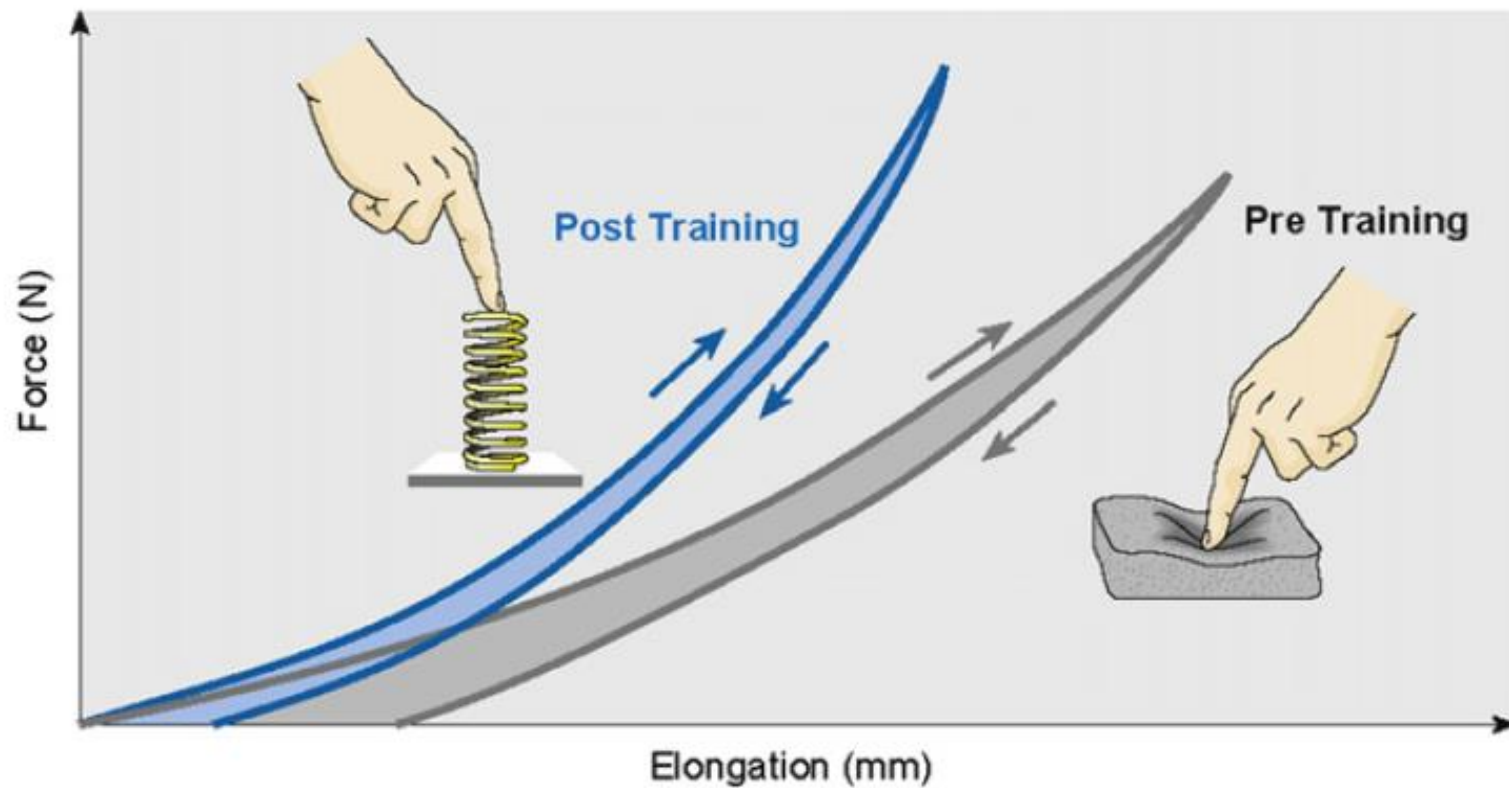


Struktur junge Faszie

Struktur alte Faszie

- Angegebene Referenz (Literatur) nicht in Medline gelistet





- Angegebene Referenz (Literatur) basiert auf einer wissenschaftlichen Arbeit mit Sehnen von älteren Personen
- Sehr viele vergleichbare Arbeiten finden kaum/ keine Anpassung in der Grössenordnung

Faszien-Training

- ” Will man damit Bindegewebe straffen, empfehlen wir herzhaft-kräftige Rollbewegungen jeden zweiten oder dritten Tag.“
- „...when local connective tissue gets squeezed like a sponge and subsequently rehydrated, some of the previous bulk water zones may then be replaced by bound water molecules, which could lead to a more healthy water constitution within the ground substance.
- Keine Referenz-Angabe
- Keine Studien gefunden die diese Aussagen testen und belegen
- Studie nicht in Medline gelistet
- Aussage nicht durch fundierte Studien belegt

Zusammenfassung

- Muskel-Aponeurose-Faszie bilden eine Einheit
- Verschiedene Anpassungsfähigkeit
- Mechanische Eigenschaften angepasst an die Bedürfnisse
- Muskeln sind sehr plastisch, Bindegewebe generell langsamere Anpassungs-“Geschwindigkeit”
- Sehnen-“Kern” fertig gebildet mit circa 17 Jahren
- Sehr wenig fundiertes Wissen um Faszien und ihre Anpassungsfähigkeit and Training

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Ich freue mich auf Kommentare und Fragen