



MedAthletics

Wie stark muss der Fuss eines/r
Leichtathlet*in sein?

Gäste



Julian Dutoit



Dr. med. Lukas Weisskopf



Alexander Baumgartner



Silvan Wicki



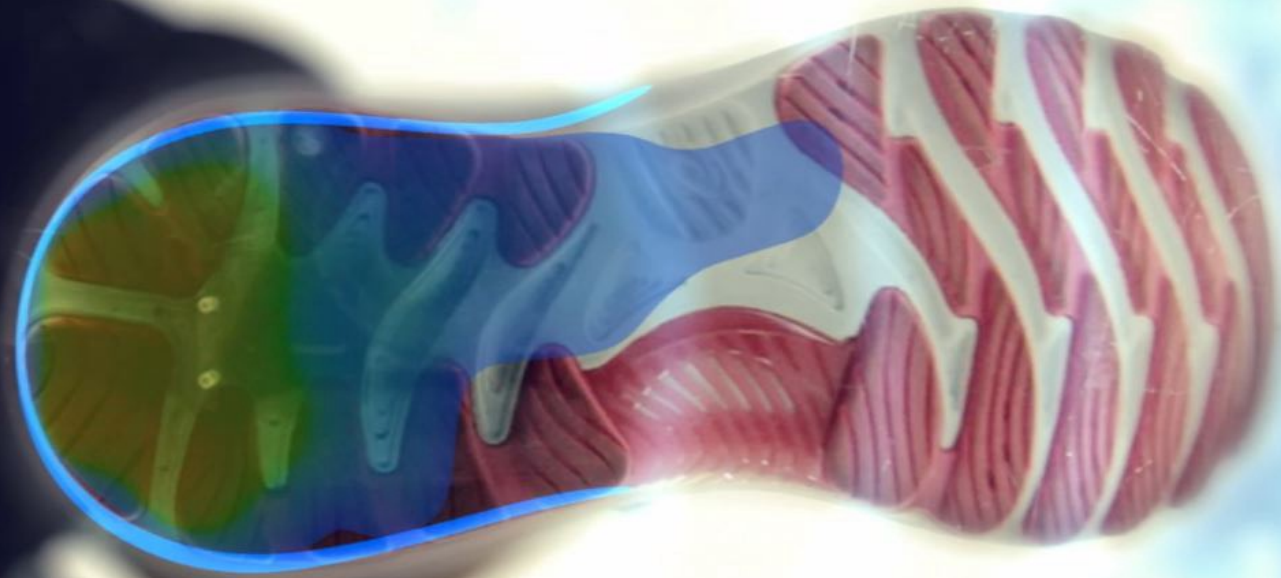
Julian Dutoit

DIE REVOLUTION DER LAUFSCHUHE

Julian Dutoit



Zentrum für Lauf-
und Bewegungsanalyse



TECHNOLOGY STABILITY PERFORMANCE COMFORT LIGHT SUPERSHOE ENERGY
ABSORPTION REACTIVE SUPERSHOE RECORD BOOST MOTION
PERFORMANCE COMFORT LIGHT SUPERSHOE ENERGY STABILITY PERFORMANCE
ON PLATE RECORD TECHNOLOGY ABSORPTION REACTIVE CARBON
ENERGY BOOST MOTION ABSORPTION COMFORT LIGHT SUPERSHOE
REACTIVE SUPERSHOE ENERGY BOOST MO
TECHNOLOGY STABILITY PERFORMANCE
ON PLATE RECORD BOOST MO
COMFORT LIGHT SUPERSHOE
ENERGY BOOST MO
STABILITY PERFORMANCE



„Wo deine Füße stehen, ist der Mittelpunkt der Welt.“

- Sven Regener

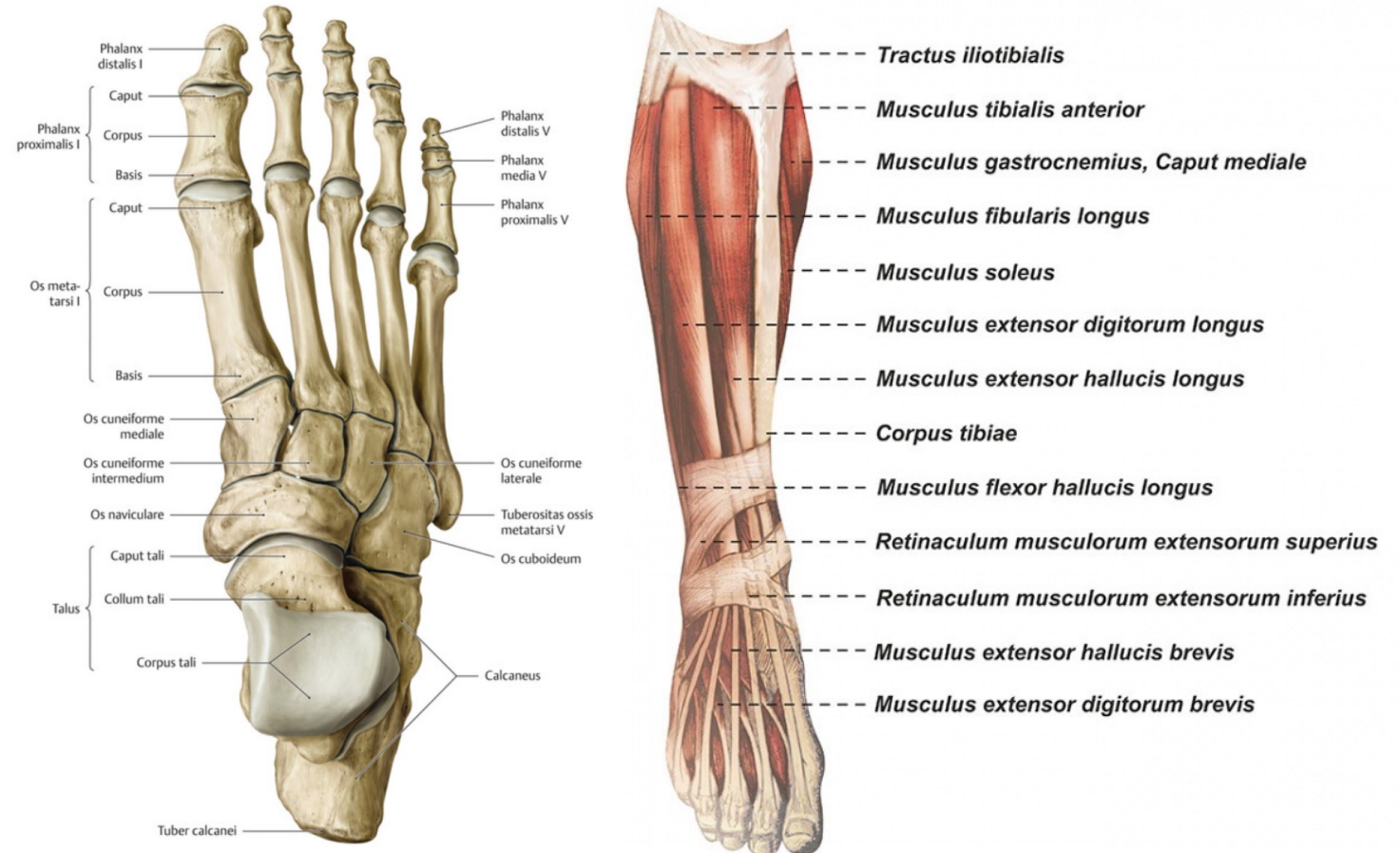
Inhalt

- Was macht einen Fuss stark?
- Entwicklung Laufschuhe und Sprintschuhe
- Einsatzbereiche
- Aktueller Stand der Wissenschaft
- Take Home Message



Anatomie

- 26 Knochen
- Fussgelenk
 - Tibia, Fibula, Calcaneus
 - Dorsalextension, Plantarflexion, Inversion, Eversion
- Muskeln
 - M. Gastrocnemius, M. Tibialis anterior, M. Flexor digitorum longus, M. Extensor digitorum longus



Was macht einen Fuss stark?

Verschiedene Faktoren:

1. Muskuläre Stärke und Flexibilität

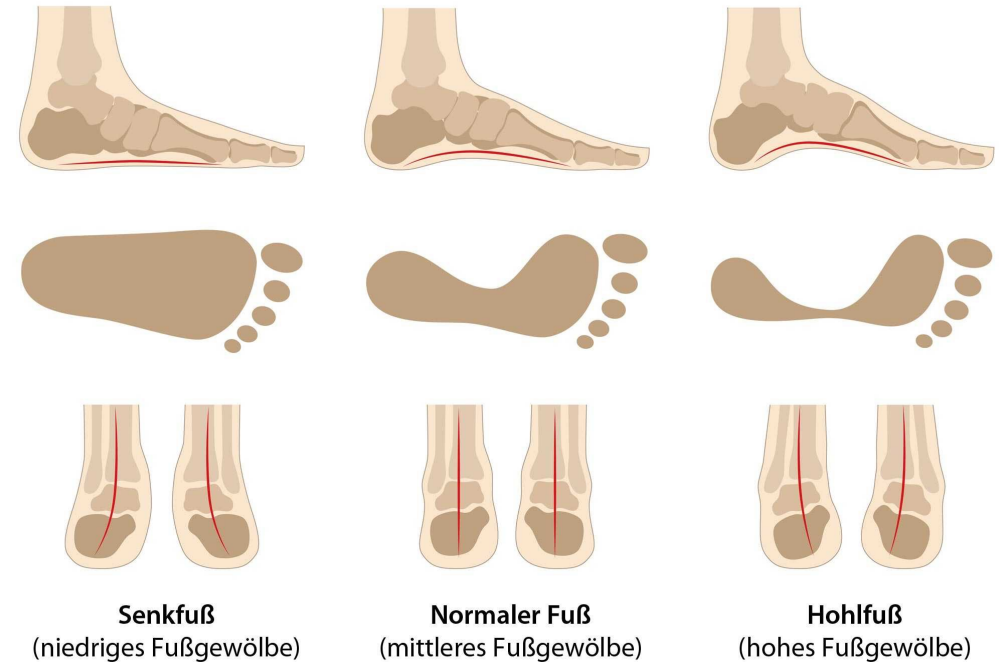
➤ Stabile Gelenke

2. Propriozeption → Gutes Gleichgewicht

3. Fussgewölbe

4. Richtige Schuhwahl

Fußfehlstellungen



Laufschuh Evolution

- 1930: erster Strassenlaufschuh – New Balance
- 1950: Gründung Firmen: Adidas und Puma
- 1964: olympische Spiele Tokio – Kihachiro Onitsuka mit Asics weltbekannt
- 1970: Revolution – Lauftrend → Beschwerden → Dämpfung
- 1980: leichter Schuh mit guter Dämpfung (nur für leichte Sportler/innen)
- 1990: erste Pronationsstützsysteme (Luftkissen, Gel, härtere Schaummaterialien)
- 2000-2020: Einfluss der Sportwissenschaft und Marketing



Nagelschuhe (Spikes)

- 1920: Adolf Dassler (Gründer Adidas) erster Spike Schuh
- 1936: Olympia vermehrt Spikes im Einsatz
- 1968: Olympia „Brush Spikes“ (68 Dornen), verboten
- 2000: Einfluss der Sportwissenschaft und Marketing



Einsatzbereiche

→Spikes, Geländelaufschuhe, Stabilschuhe, Neutrallaufschuhe, Lightweighttrainer/Wettkampfschuhe und Fusstrainer (Natural Running Schuhe)

- Laufsport

Kurzstrecke: 100 Meter, 200 Meter, 400 Meter (Vorfusslauf)

Mittelstrecke: 800 Meter, 1500 Meter (Mittel-Vorfusslauf)

Langstrecke: 5000 Meter, 10'000 Meter, bis Marathon (Rückfuss-Mittelfusslauf)

- **Training** (Kurz, mittel, lang)

- **Boden:** Waldboden, Trail, Tartan, Asphalt

- **Laufstil:** Vorfuss, Mittelfuss, Rückfuss

- **Fussfehlstellungen** (Pronation, Supination, Aussenrotation, Innenrotation)



Praxisbeispiel: Laufschuh

Saucony Endorphin Speed

- Obermaterial Mesh / Textil / 3D Druck Struktur
- Sprengung 8mm (28mm VF / 36mm RF)
- Sohle: Pebax-Mischung
- Nylonplatte
- Gewicht: 204 Gr.
- Neutrale Führung
- Wettkampfschuh



Praxisbeispiel: Spikes

Nike Air Zoom Victory

Eigenschaften: Kunststoffsohle, Air Zoom Schaumstoff Dämpfung, Air Pad, Carbon Platte, keine Stabilisation, Atomknit Obermaterial, Gr. EU 46

- Distanz 800m-5000m

→ Dämpfung nimmt mit der Distanz zu

→ Soll gute Stabilität verleihen

→ Reaktionsfreudig



Aktueller Stand Wissenschaft

Was wird untersucht?

Auswirkungen der Schuhe auf Laufökonomie und Körper

Probleme:

- Individualität der Läufer:innen (Anthropometrisch, biomechanisch, metabolisch, neuromuskulär und kardiovaskulär) [4]

Nike Vaporfly 4% Study

A Comparison of the Energetic Cost of Running in Marathon Racing Shoes

Wouter Hoogkamer ¹, Shalaya Kipp ², Jesse H Frank ², Emily M Farina ³, Geng Luo ³,
Rodger Kram ²

Affiliations + expand

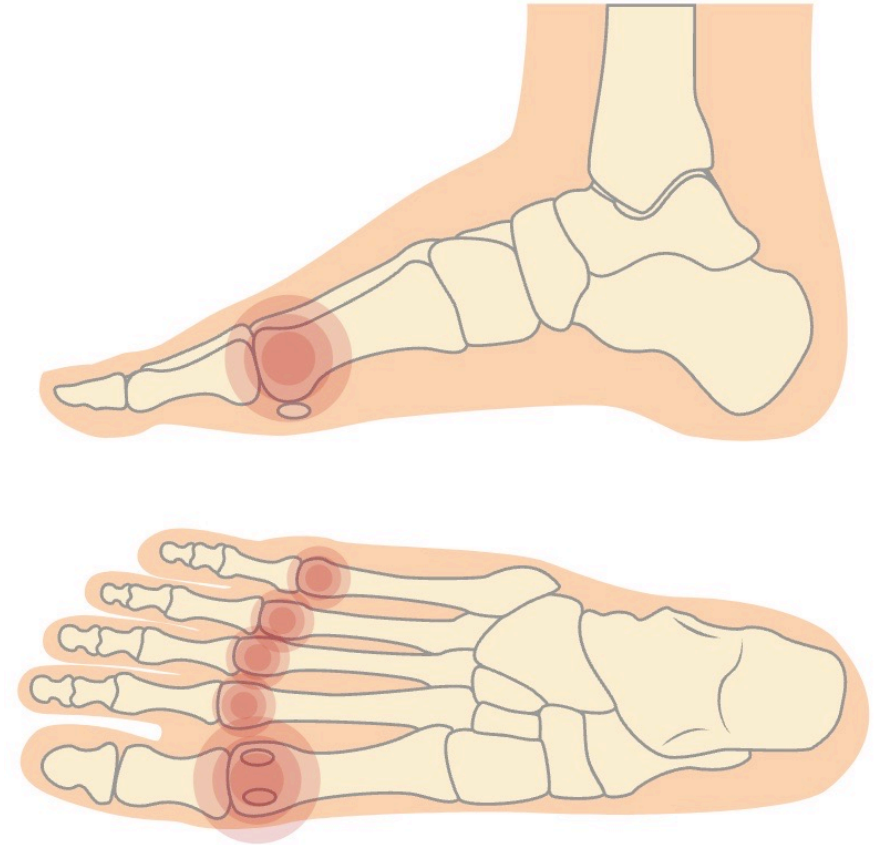
PMID: 29143929 PMCID: [PMC5856879](#) DOI: [10.1007/s40279-017-0811-2](#)



Aktueller Stand Wissenschaft

Härte der Sohle:

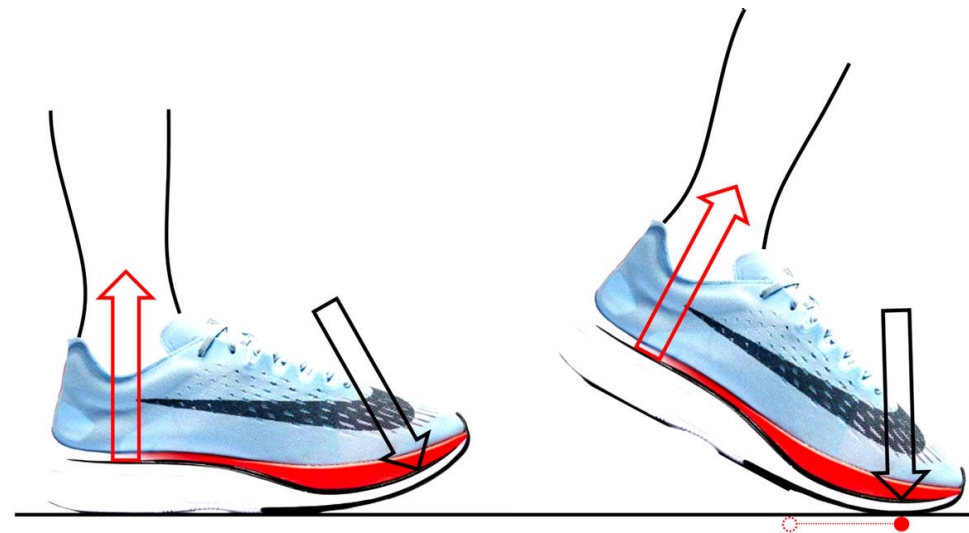
- Je härter, desto weniger Belastung der Metatarsalgelenke [2]
- Keine Auswirkung auf Laufökonomie oder Verletzung [2]
- Härtere Rückfusssohle und weichere Vorfusssohle bedeutet signifikant bessere Dämpfung [2]



Aktueller Stand Wissenschaft

Form der Sohle:

Kurvenform führt zu einem „Teeter-Totter-Effekt“



Aktueller Stand Wissenschaft

Höhe der Sohle: Je höher, desto grösser die Bodenkontaktzeit [2]

Material: EVA schwerer und günstiger/ Pebax bessere Resistenz und mehr Energierückgabe [2]

Carbonplatte: Vergrößerung der Schrittlänge [2]

→ 4%-6% Steigerung der Laufökonomie, durch höhere Stiffness

→ Grosse Belastung auf Hüftgelenk

→ Nur bei langen Distanzen signifikant gemessen

Aktueller Stand Wissenschaft

Fersenbreite: 0 Grad = grössere Pronation / 15-30 Grad weniger Pronation [2]

Schuhgewicht: Pro 100 Gr. Ca. 1% mehr Sauerstoffaufnahme. (3000m) [2]



Aktueller Stand Wissenschaft

Kontext:

- Die meisten Studien basieren auf Langdistanzen
- Aussagekraft für kurze Distanzen (bis 400m) schwierig zu messen
- Viele Aussagen sind kontrovers, auf Grund der Individualität
- Kein gut oder schlecht
- Langzeiteffekte noch nicht erschlossen

Take Home Message

- Bequeme Schuhe
- eher steife, gekrümmte Sohle
- naher Bodenkontakt mit trotzdem guter Dämpfung
- 15-30° Fersenbreite
- Es gibt keine ALL FOR ONE Lösung
- Laufanalyse um den perfekten Schuh für DICH zu finden

Literatur

[1] Wohlhebe, S. (2004). Evolution der Laufschuhe – Eine Rückblende. Laufschuhkauf: https://www.laufschuhkauf.de/news/Laufschuhtests/RUNNING_Schuhentwicklung.pdf

[2] Lin S, Song Y, Cen X, Bálint K, Fekete G, Sun D. The Implications of Sports Biomechanics Studies on the Research and Development of Running Shoes: A Systematic Review. *Bioengineering (Basel)*. 2022 Sep 22;9(10):497. doi: 10.3390/bioengineering9100497. PMID: 36290465; PMCID: PMC9598645.

[3] Eihara Y, Takao K, Sugiyama T, Maeo S, Terada M, Kanehisa H, Isaka T. Heavy Resistance Training Versus Plyometric Training for Improving Running Economy and Running Time Trial Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2022 Nov 12;8(1):138. doi: 10.1186/s40798-022-00511-1. PMID: 36370207; PMCID: PMC9653533.

[4] Knopp, M., Muñiz-Pardos, B., Wackerhage, H. *et al.* Variability in Running Economy of Kenyan World-Class and European Amateur Male Runners with Advanced Footwear Running Technology: Experimental and Meta-analysis Results. *Sports Med* **53**, 1255–1271 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01816-1>



Dr. med. Lukas
Weisskopf

DER FUSS IN DER LEICHTATHLETIK

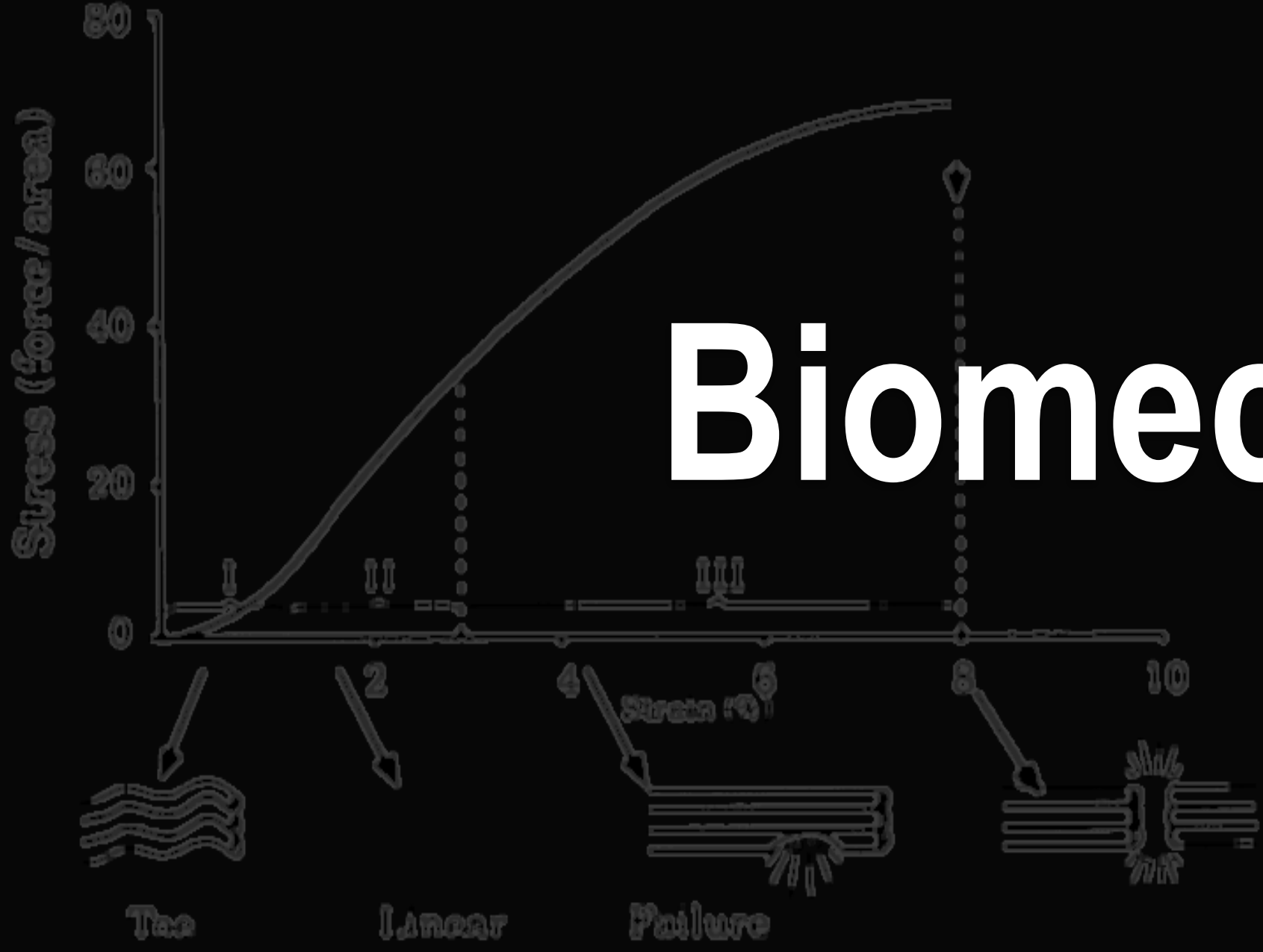
Lukas Weisskopf

ALTIUS Swiss Sportmed Center

A. HIRSCHMÜLLER, TH. HESSE
A. BECK, B. RIEGER, D. HAENI
F. ZIMMERMANN



Biomechanik

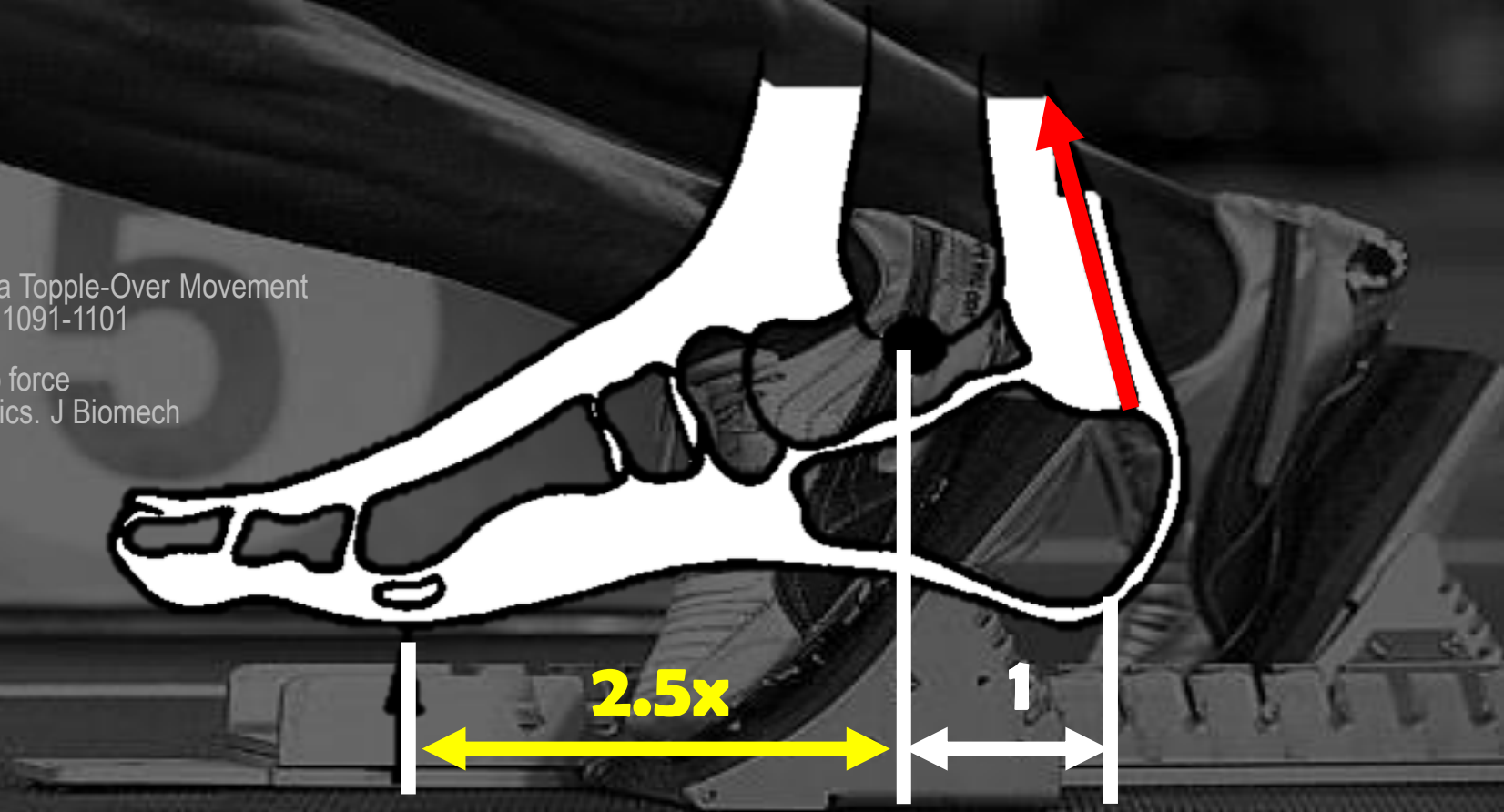


Beim Laufen: **2.5 -12.5 x Körpergewicht (KG)** auf AS



Wallenböck E et al. 1995
Stress in the Achilles Tendon during a Topple-Over Movement
in the Ankle Joint. J Biomech 28 (9): 1091-1101

Komi PV (1990) Relevance of in vivo force
measurements to human biomechanics. J Biomech
23(Suppl 1):23-34



Sports at the limits

BANK OF AMERICA
Chicago
Marathon

MEN ELITE
02:00:35

ABBOTT
WORLD MARATHON MAJORS

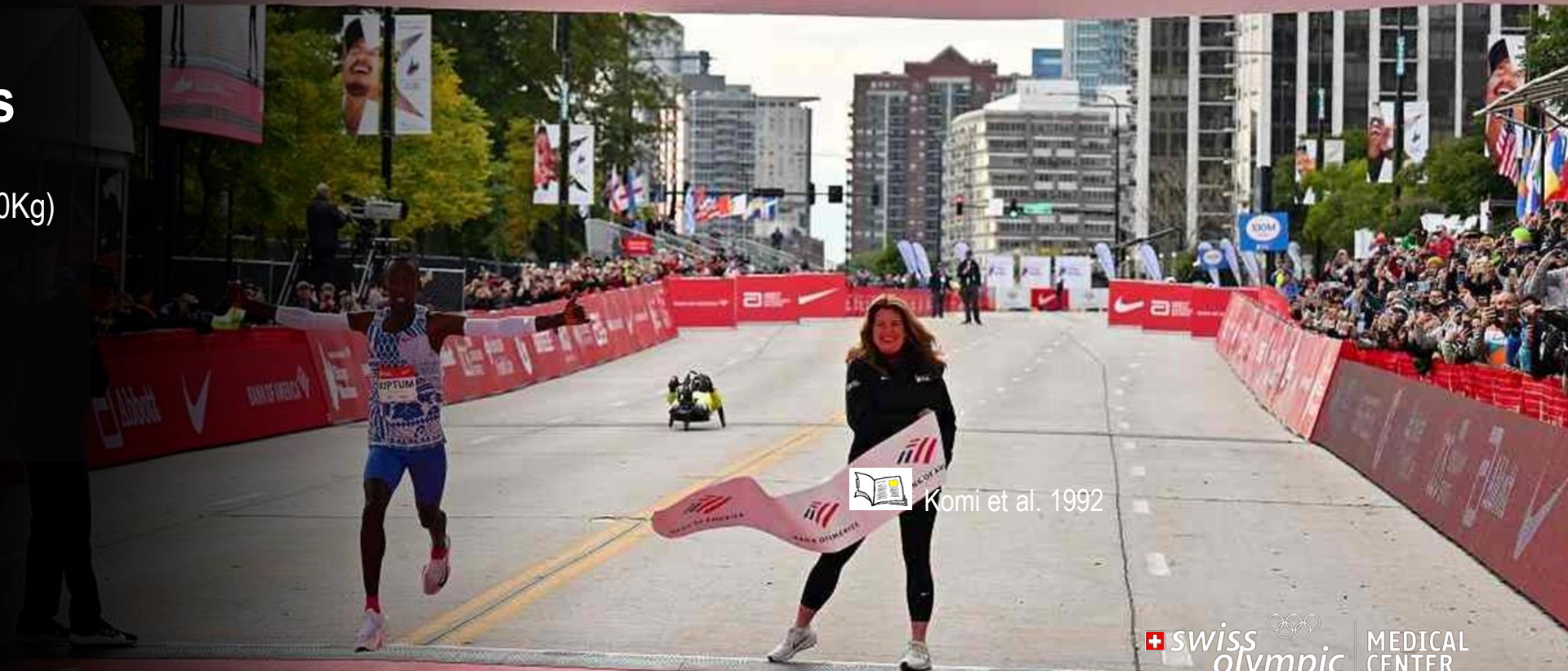
BANK OF AMERICA


Marathon

WR 2 h 00 min 35 s

~ 21 km/h = 9000 N (900Kg)

~ 700-900 x pro km



 Komi et al. 1992

Sports at the limits

900 Kg



~ 35'000 x Opel Corsa

Marathon

WR 2 h 00 min 35 s

~ 21 km/h = 9000 N (900Kg)

~ 700-900 x pro km



Komi et al. 1992

Sports at the limit – Achilles tendon

1.4 Tonnen



Apolin M, Sport und Physik, Inst. f. Sportwiss., 2008

elenksverletzung

WHAT DO ATHLETES WANT?

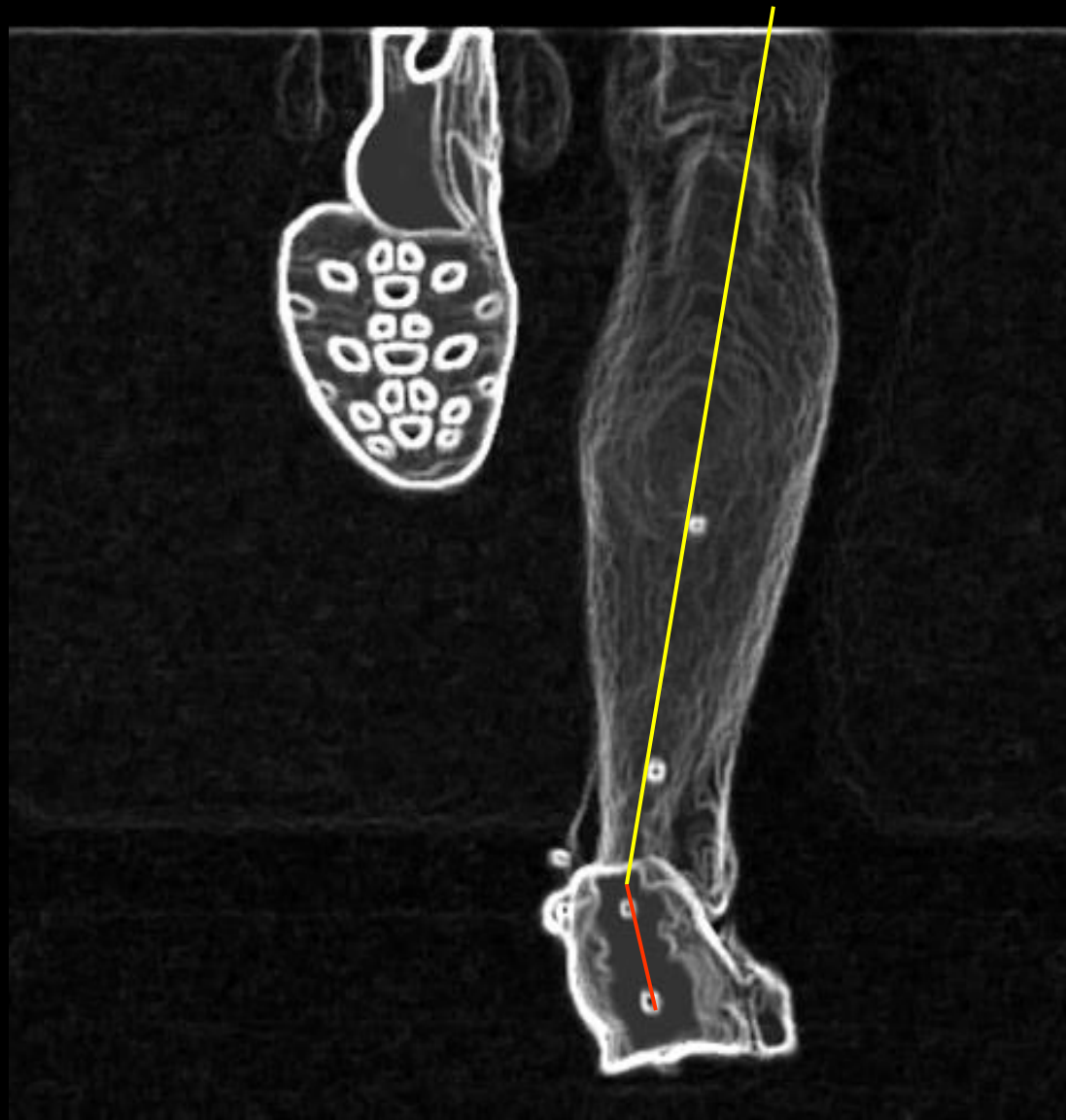


FUNKTION

KRAFT, STABILITÄT UND MOBILITÄT



PATHO- MECHANISMUS



Wei

Analyse / Elimination der Ursache



Analyse / Elimination der Ursache





INEOS
J. RAYNER

INEOS
C. REGASA

INEOS
B. LAGAT

INEOS
KIPKEMOI

INEOS
KIPCHIRCHIR

INEOS
E. BETT

#NO HUMAN IS LIMITED

INEOS 1:59 CHALLENGE

INEOS 1:59 CHALLENGE

INEOS 1:59 CHALLENGE



W
LIN
ATHON

BMW
BERLIN
MARATHON

2:01:37

ABBOTT
WORLD
MARATHON
MAJORS

POLAR



Abb

adidas

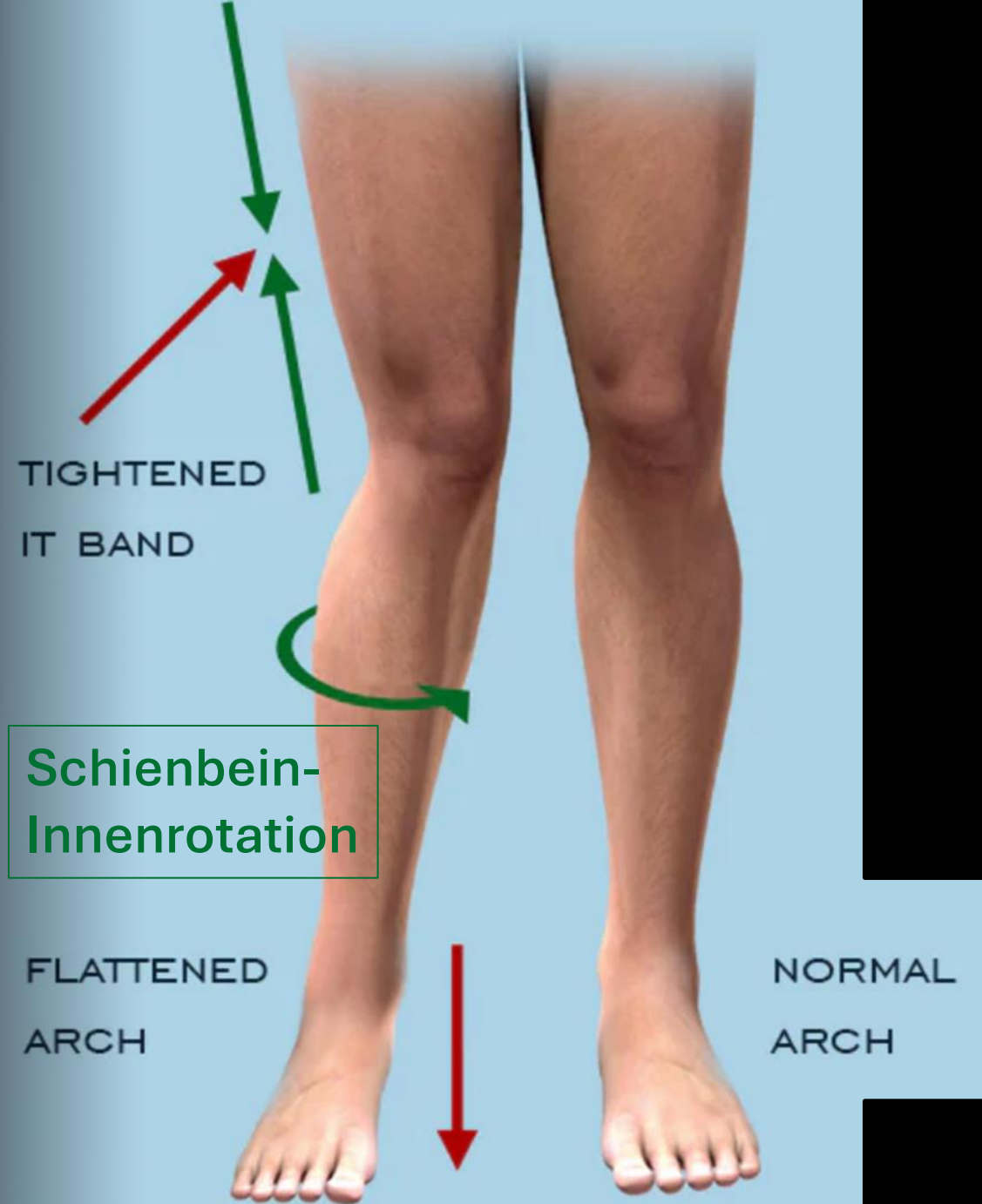
adidas



abbott

BMW
BERLIN
MARA

Analyse / Elimination der Ursache



Häufige Probleme in der Leichtathletik

- Achillessehnenprobleme
- Plantarfaciose („Fersensporn“)
- Stressfrakturen



An anatomical illustration of a human foot wearing a high-heeled shoe. The foot is shown in a side profile, with the heel resting on the shoe's heel. The Achilles tendon is highlighted in a bright yellow-orange color, indicating it is the focus of the diagram. The surrounding muscles and bones are shown in a semi-transparent, light blue and white color. The background is a blurred indoor setting with a window and a carpeted floor.

Achillessehnenüberlastung

Runner's tendon



Achillessehntendinose häufigste Verletzung des Läufers



Mid-portion-Tendinose, eine laufassoziierte Verletzung
„Runner's tendon“ – die Läuferachillessehne
[Dr. med. Lukas Weisskopf](#)

ALTIUS SWISS SPORTMED CENTER

// orthopädie



Olympiasieger (2008) Jan Frodeno musste im vergangenen Jahr aufgrund einer „Entzündung der Achillessehne und der Wade“ eine monatelange Laufpause einlegen, die aktuell seine diesjährige Olympiateilnahme gefährdet. „So sollte eine Achillessehne nicht aussehen“, warnen die 30-jährige Profi-Triathletin Mirko Mal.

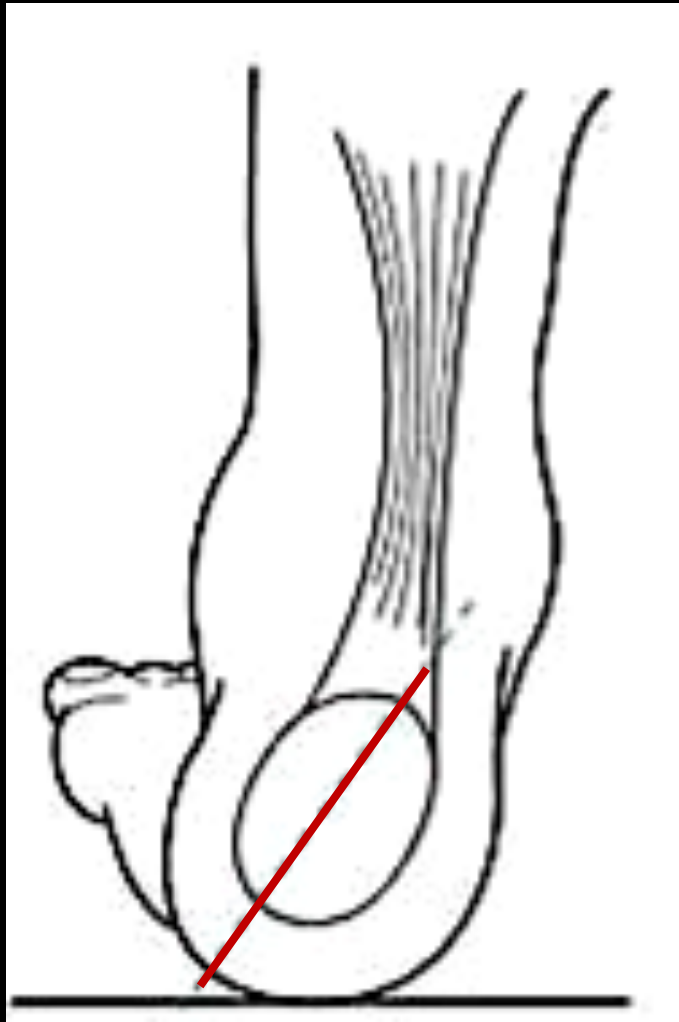
„Runner's tendon“ – die Läuferachillessehne

Mid-portion-Tendinose, eine laufassoziierte Verletzung

Dr. med. Lukas Weisskopf,
leitender Arzt Swiss Olympic Medical Center (SOMC),

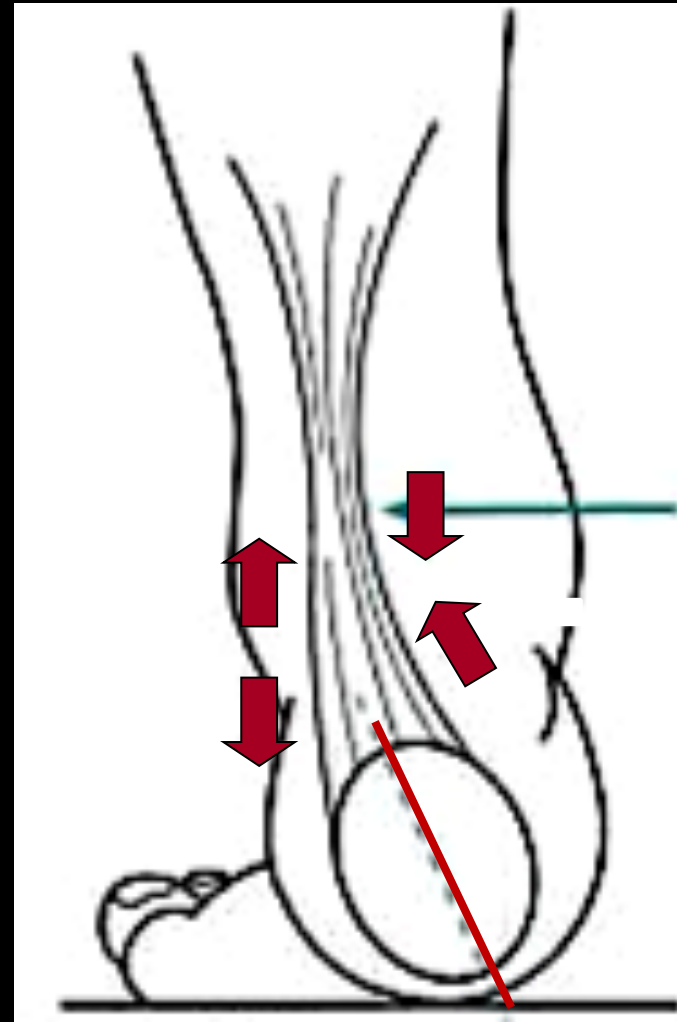
18 swiss sports network 02.13

Extrinsische (mechanische) Faktoren



Supination

Foot strike

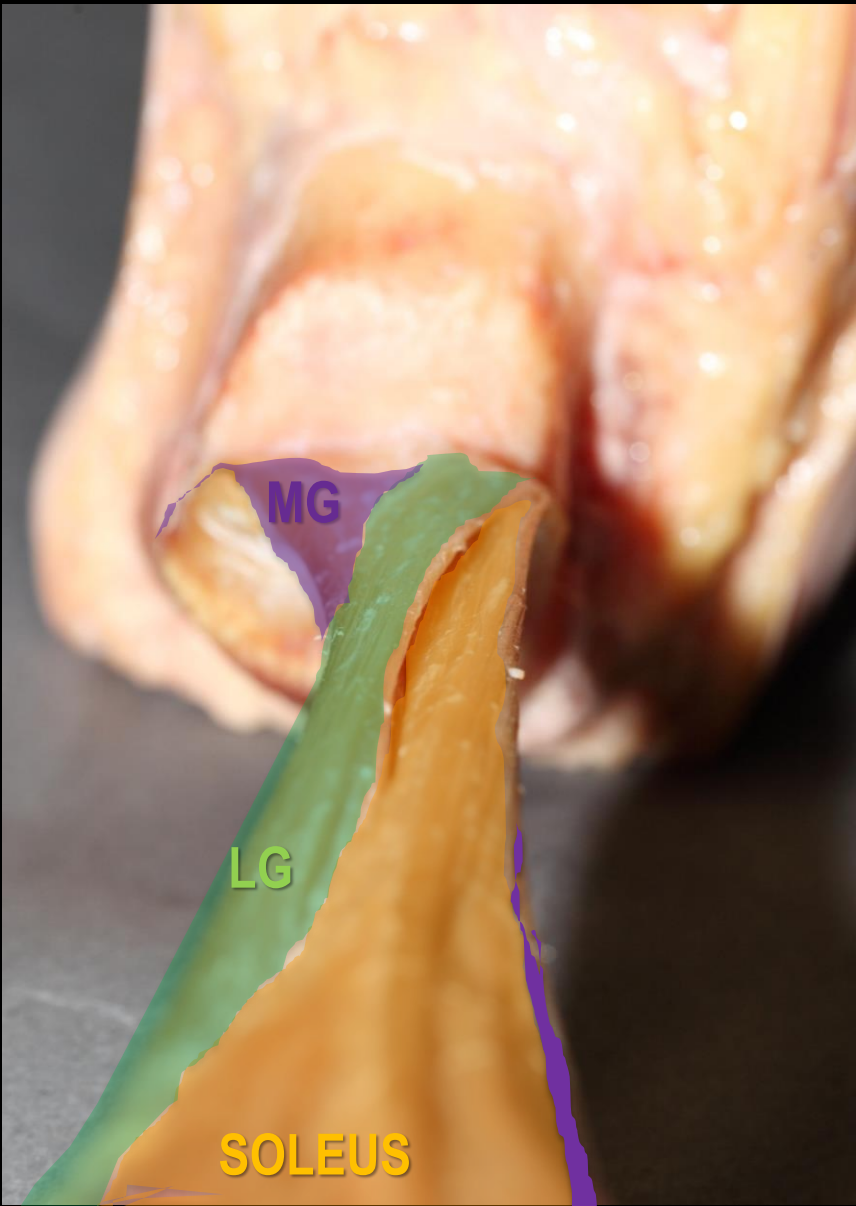


Pronation

Mid stance

↑
↑
intratendinöse Scherkräfte
Mikrotraumen (Faserödem)

ANATOMIE



TENDINOPATHIE

© Wei

WHAT'S THE SETTING?

Ernährung / «Durchblutung im Paratenon»

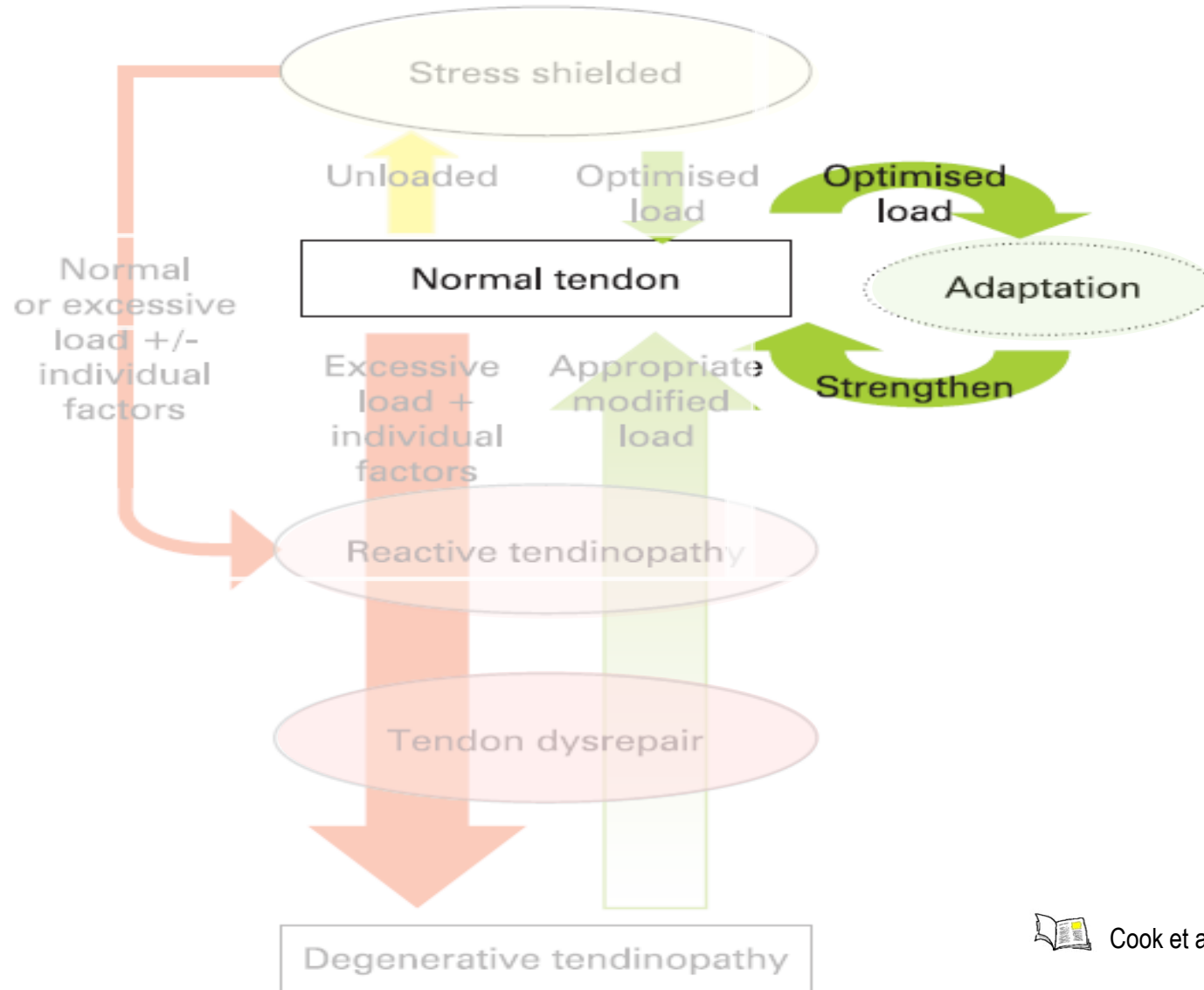


Mahmut Nedim Dorral et al
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc (2010) 18:638–643
Functional anatomy of the Achilles tendon



Metabolismus / Diffusion

Die Sehne ist adaptier- / trainierbar

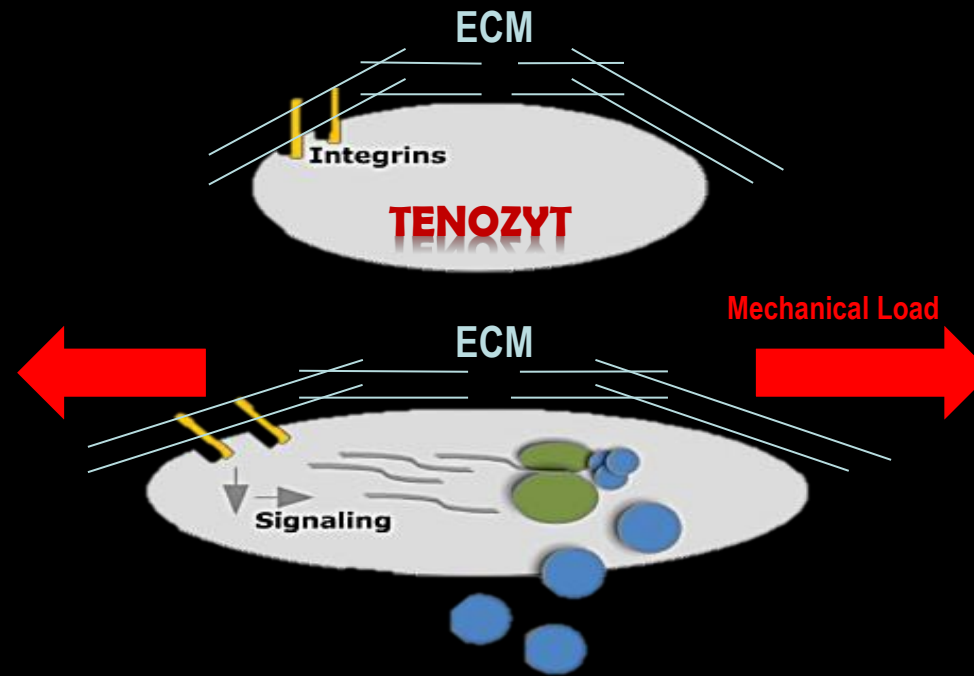


TENDO LOADING


Adaptation / Heilung der Sehne

Stimulation der Tenozyten

bei Zugbelastung !!!



TENDO LOADING

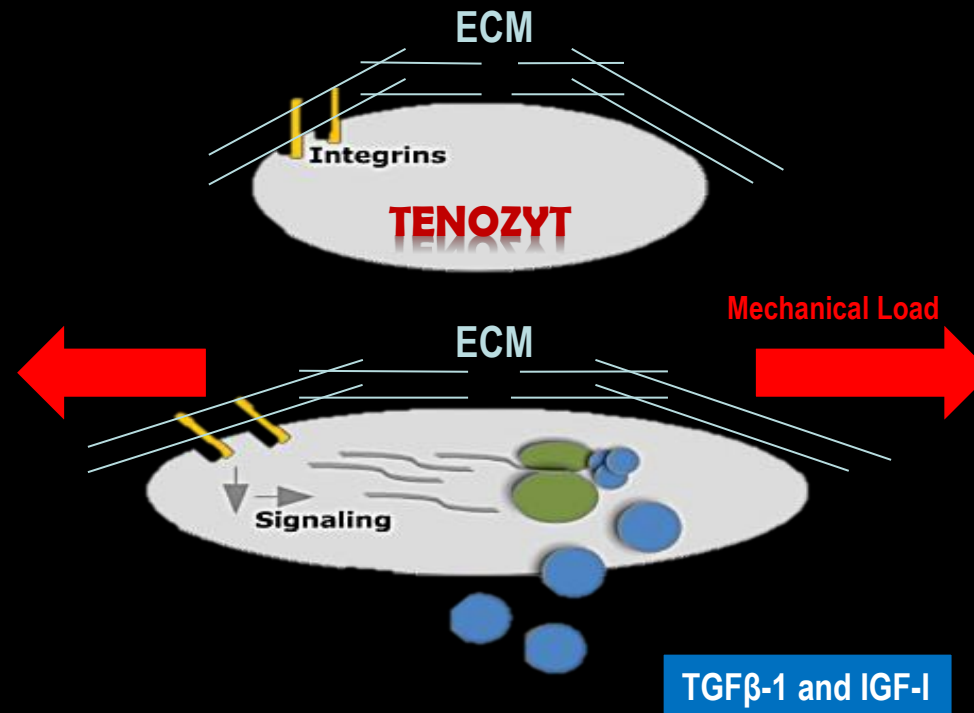
 Heinemeier KM, Kjaer M et al, 2011

Adaptation / Heilung der Sehne


Stimulation der Tenozyten

bei Zugbelastung !!!

Growth Factors



TENDO LOADING

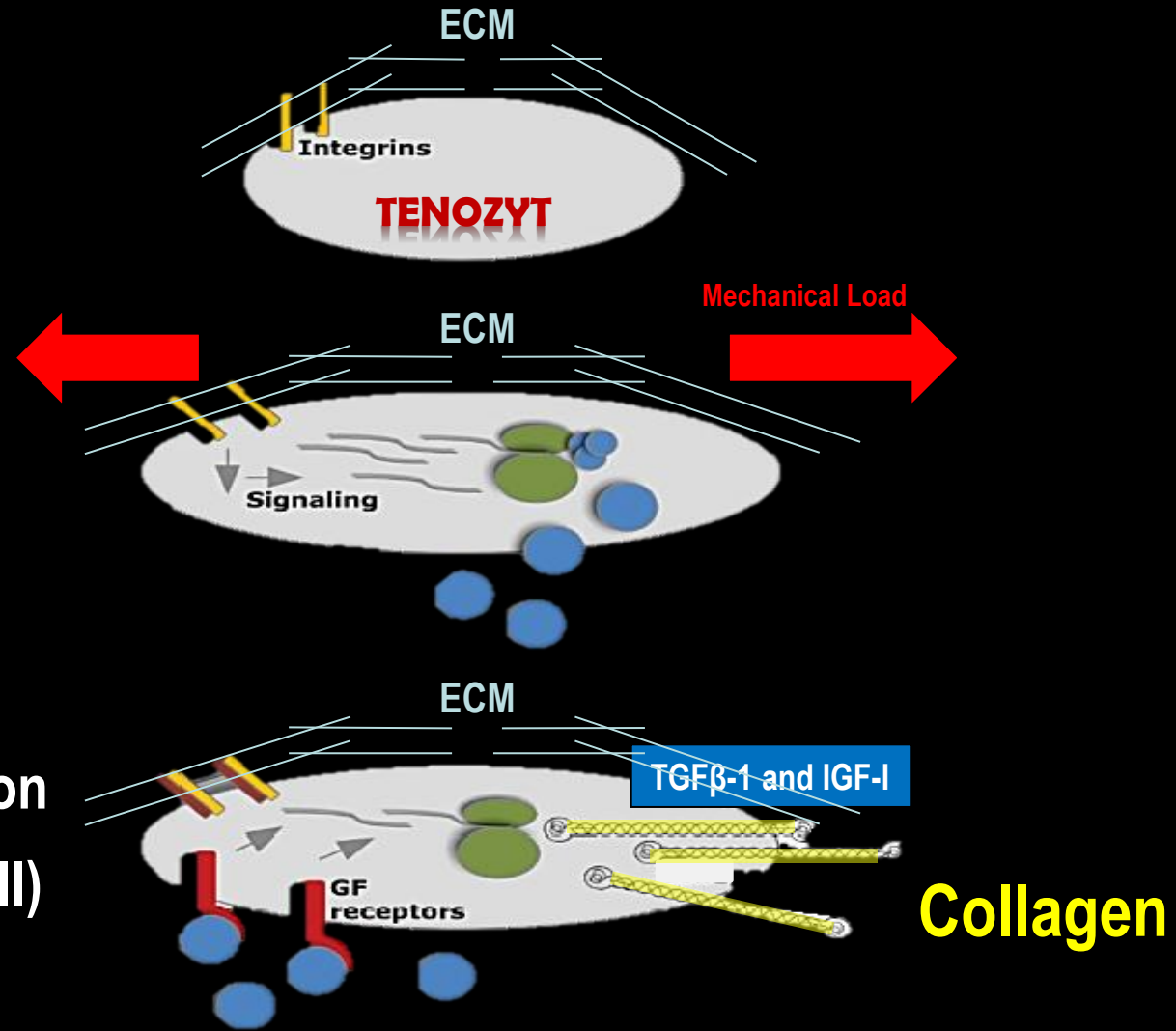
 Heinemeier KM, Kjaer M et al, 2011

Adaptation / Heilung der Sehne

Stimulation der Tenozyten

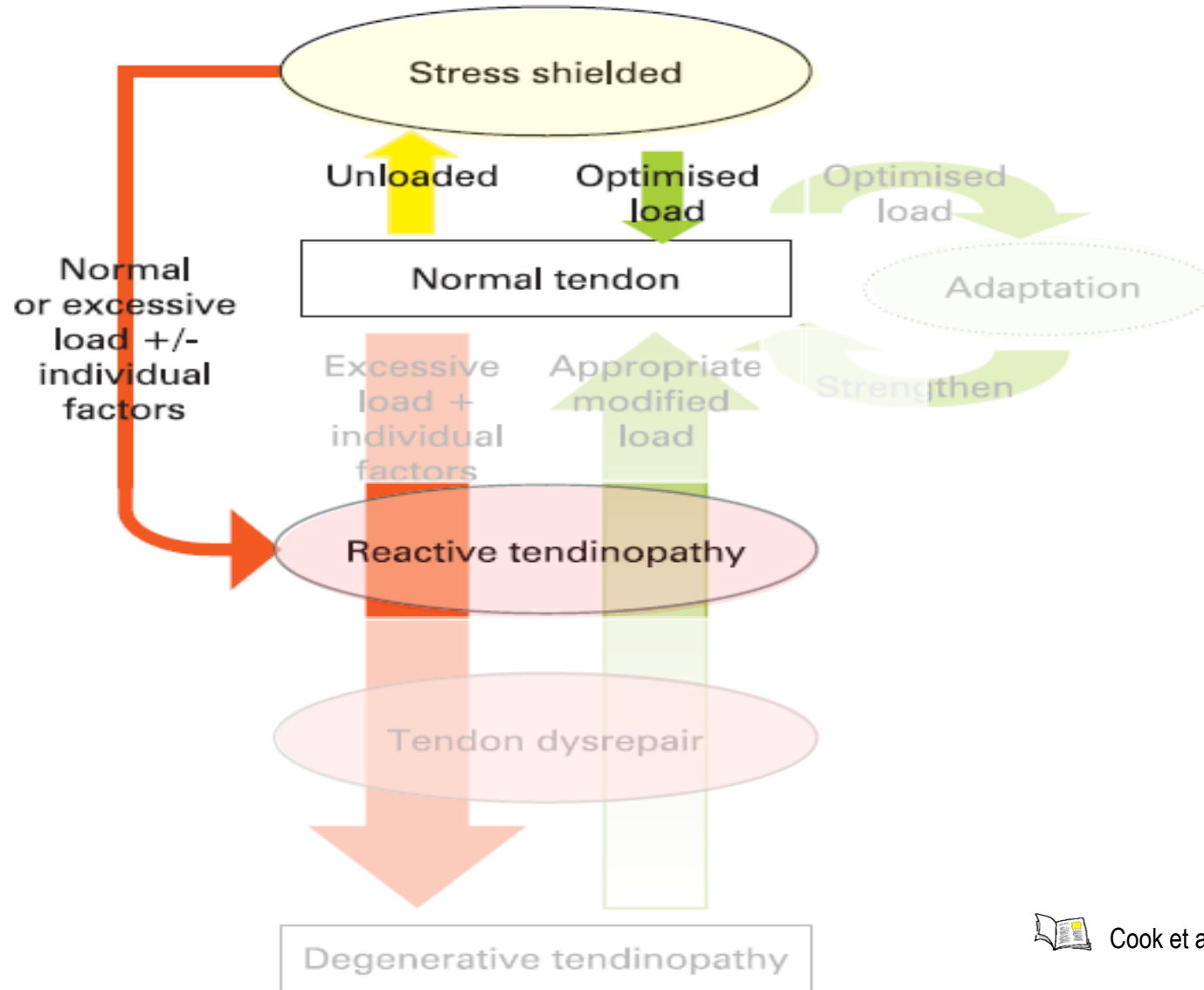
bei Zugbelastung !!!

Synthese / Vergrößerung von
Kollagenfibrillen (Typ I und III)



 Heinemeier KM, Kjaer M et al, 2011

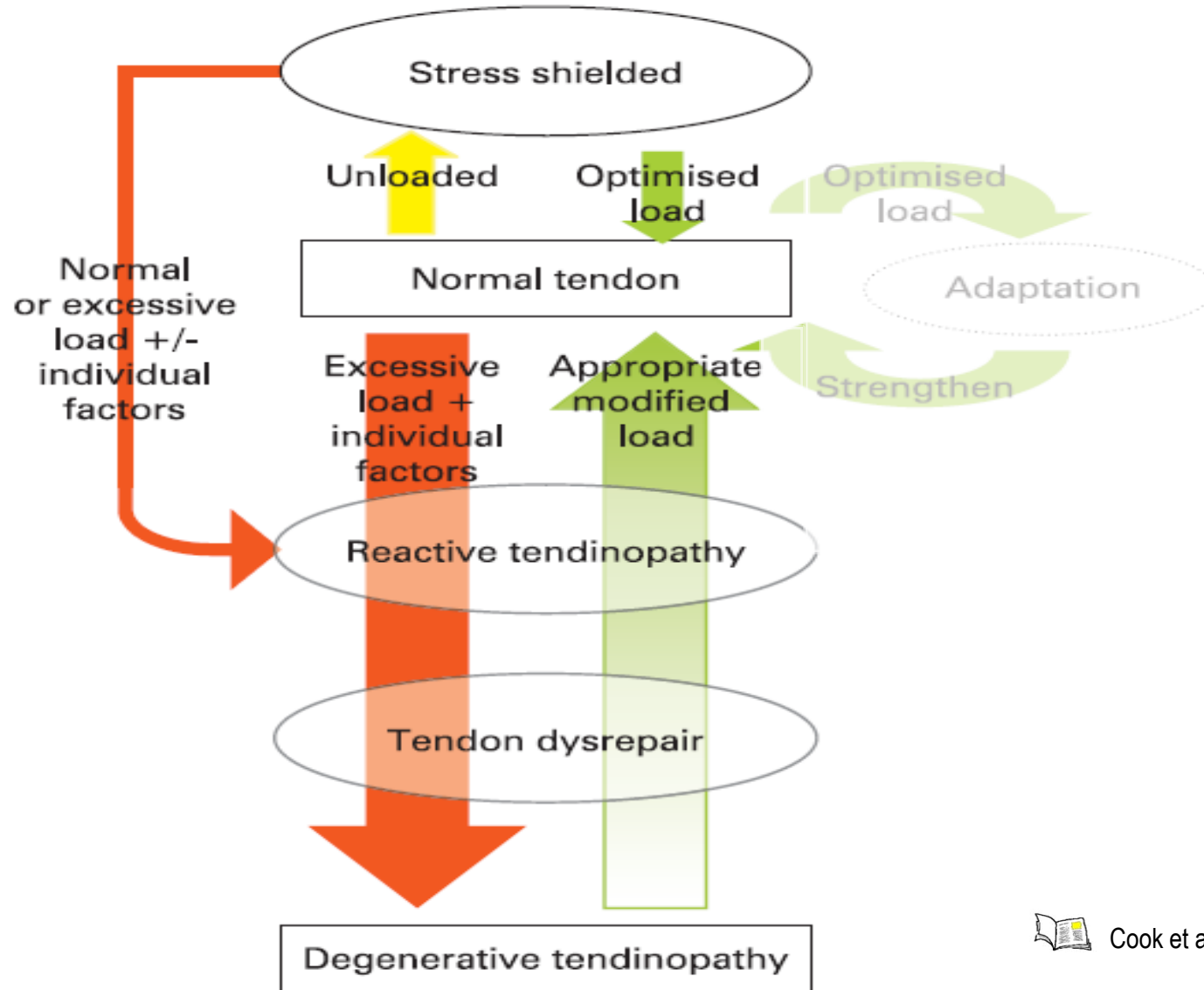
Die Sehne ist adaptier- / trainierbar



TENDO LOADING

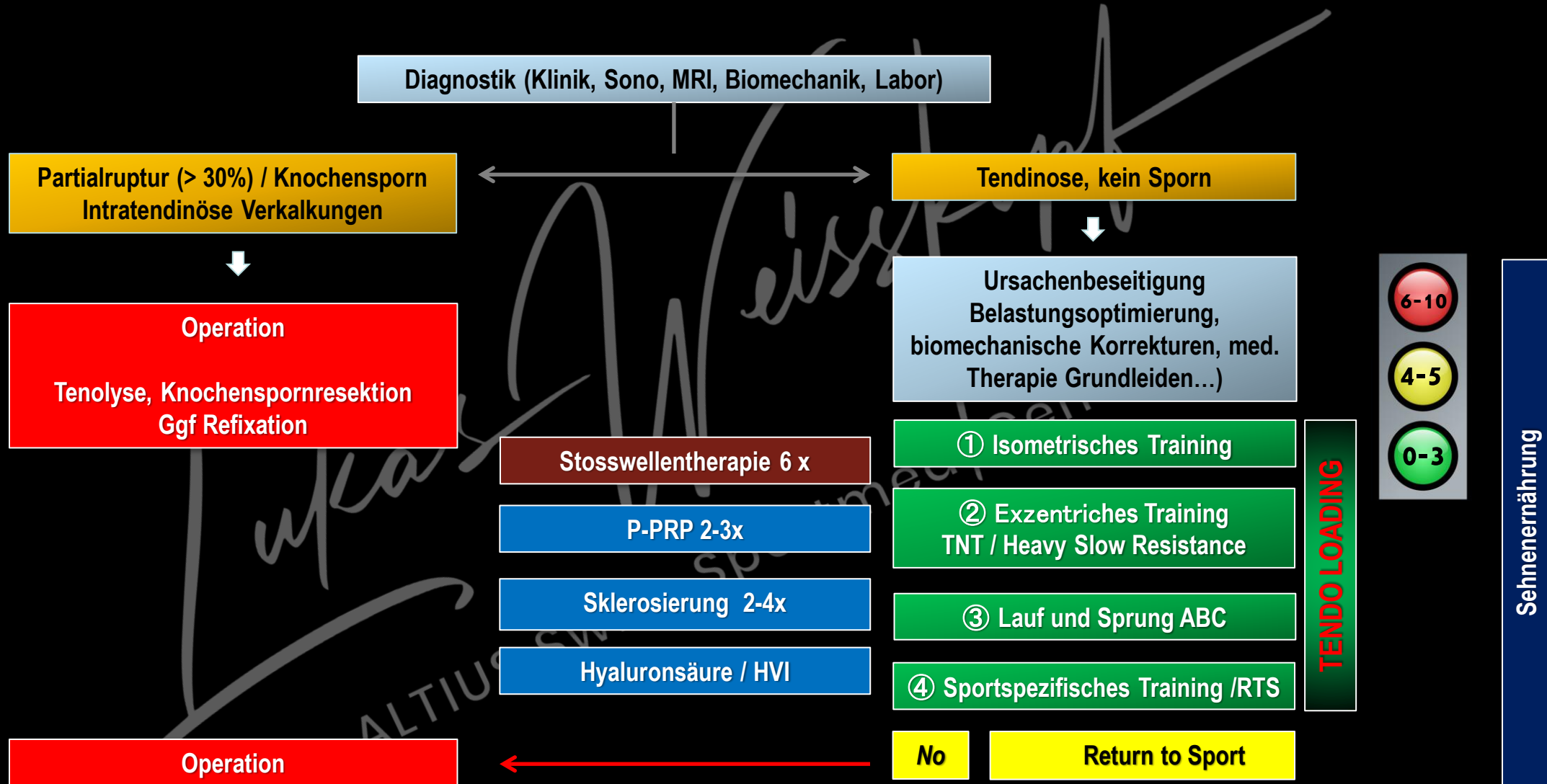
Die Sehne ist überlastbar / keine Ruhigstellung

10J Lauftraining
> 6125 km
Harnsäure
Diabetes
Stoffwechselstörungen
Chron. Ven. Insuffizienz
Medikamente (Cortison,
Fluorchinolone, NSAR)



TENDO LOADING

THERAPIE: TENDINOPATHIE ACHILLESSEHNE

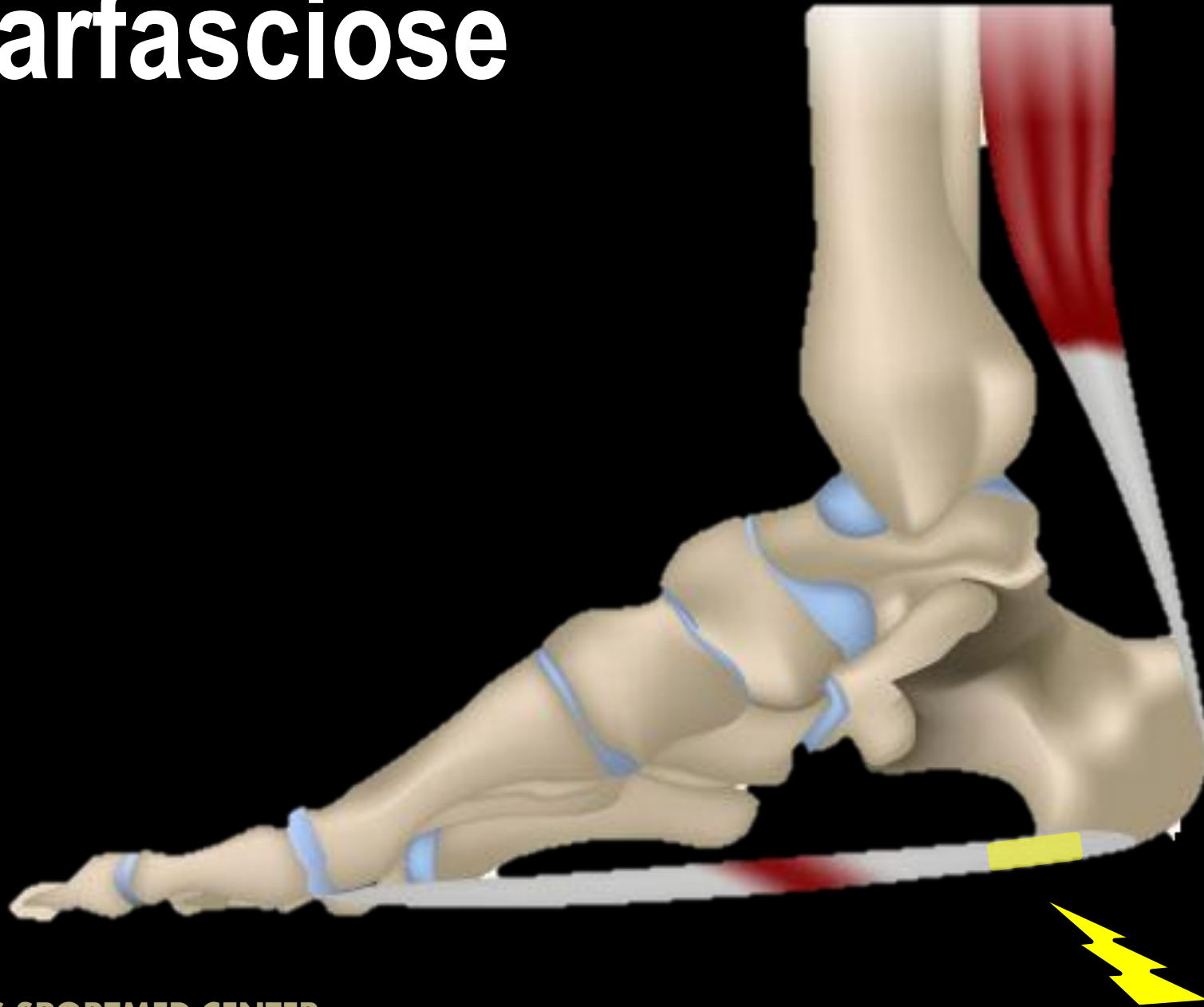


Schema ALTIUS Swiss Sportmed Center / © Weisskopf

Plantarfasziöse

«Fersensporn»

Plantarfasziöse



Plantarfasciiose

R

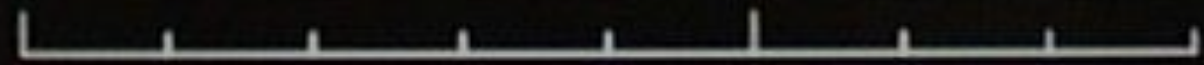
L

kenpc/FL02/90
TR:400
TE:14
EC:1/1 15.6kHz

EXTREM/FL02
FOV:18x18
3.0thk/0.3sp
18/03:25
256V224/1.00 NEV

Ext: 22869
Set: 1
Int: 1
Ax: 135.0

H = 1342 L = 624



Plantarfasciöse

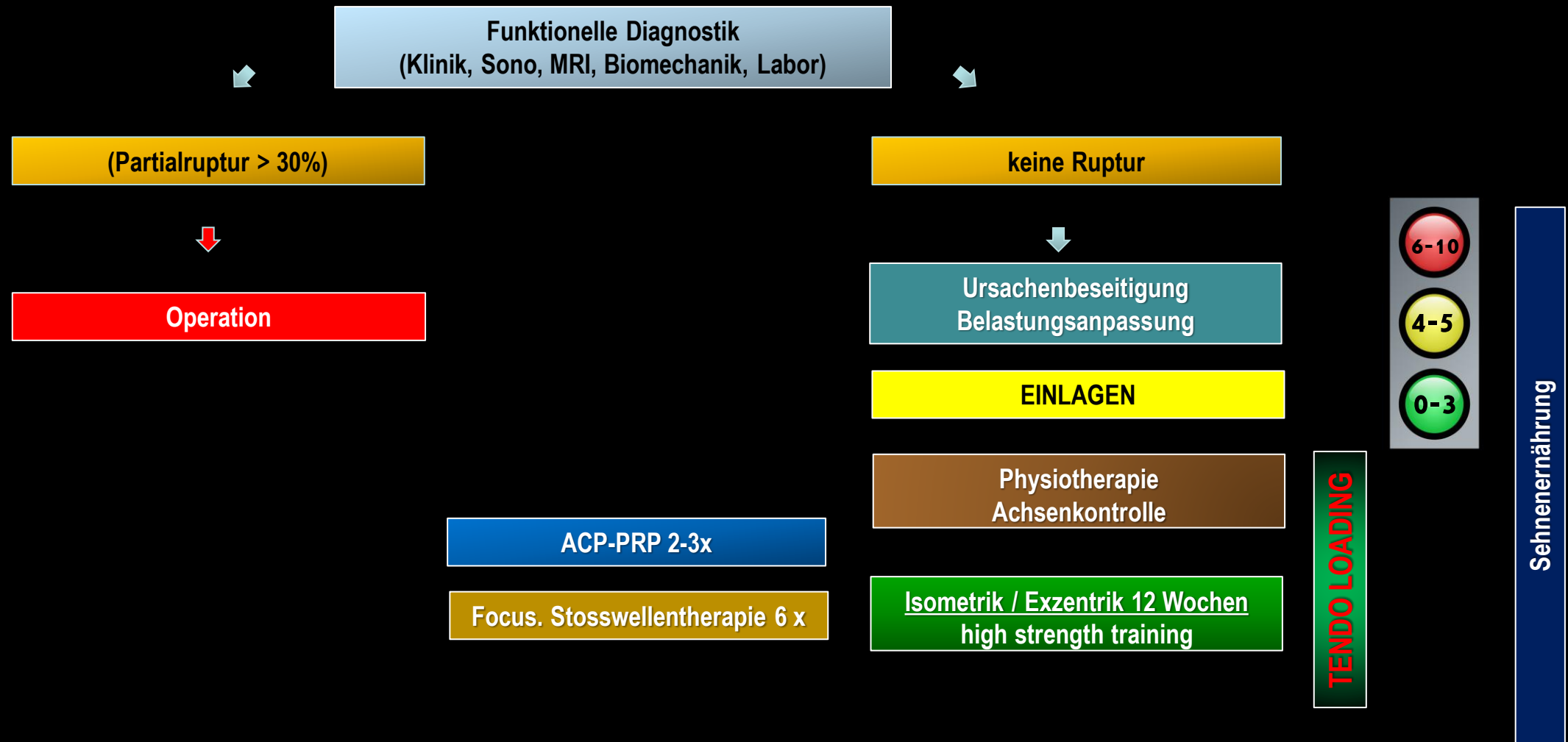
«Es ist fast einfacher, wenn du dir den Fuss brichst»

Entzündung in der Plantarfaszie: Die Verletzung, an der Mujinga Kambundji leidet, klingt nicht nur unangenehm, sondern ist es auch. Hier erklärt sie, was das bedeutet – und warum ein Fussbruch einfacher wäre.

Publiziert: 22.07.2023 um 12:01 Uhr | Aktualisiert: 22.07.2023 um 15:45 Uhr



THERAPIE: PLANTARFASCIOSE «FERSENSPORN»

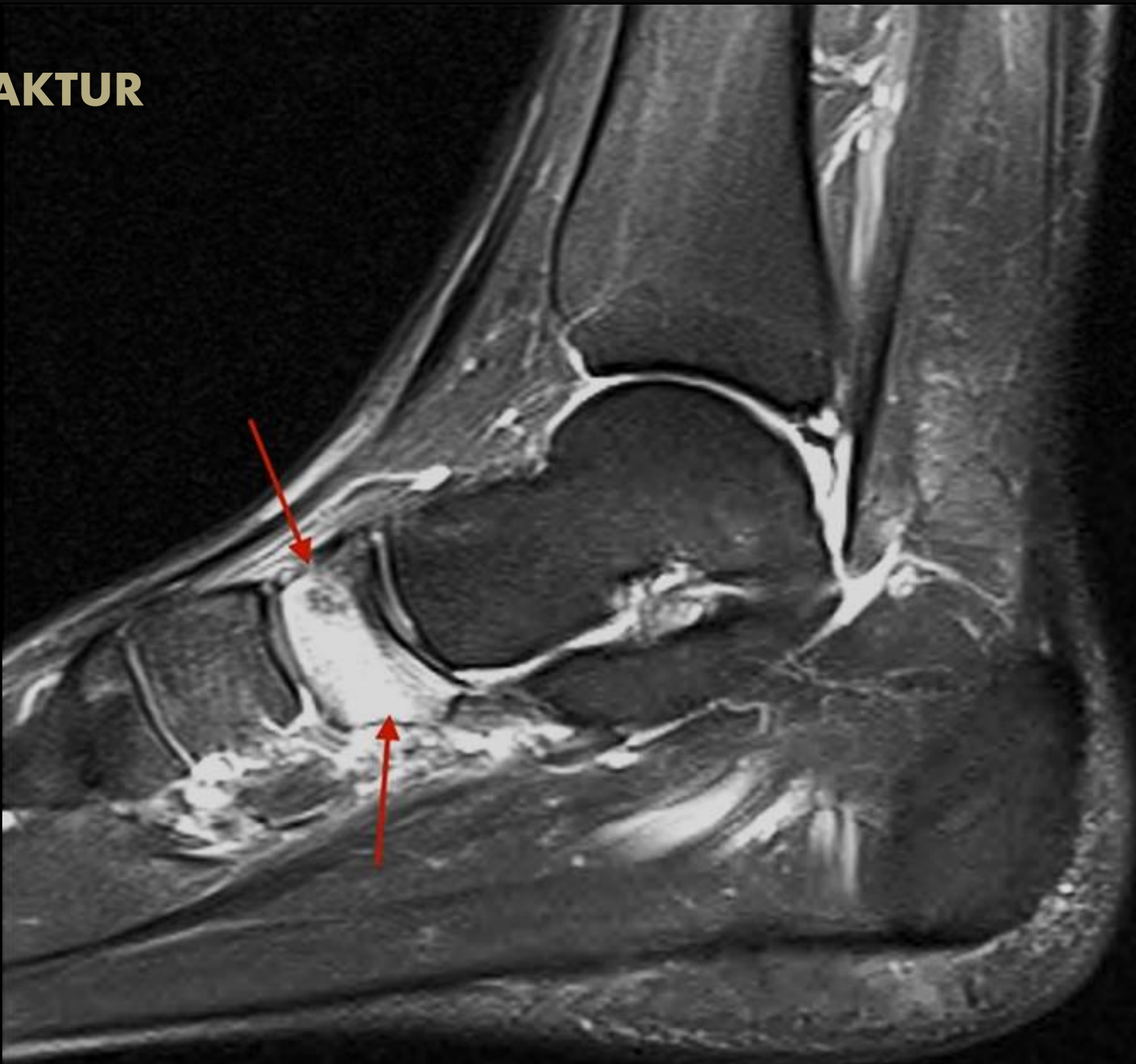


STRESSFRAKTUR

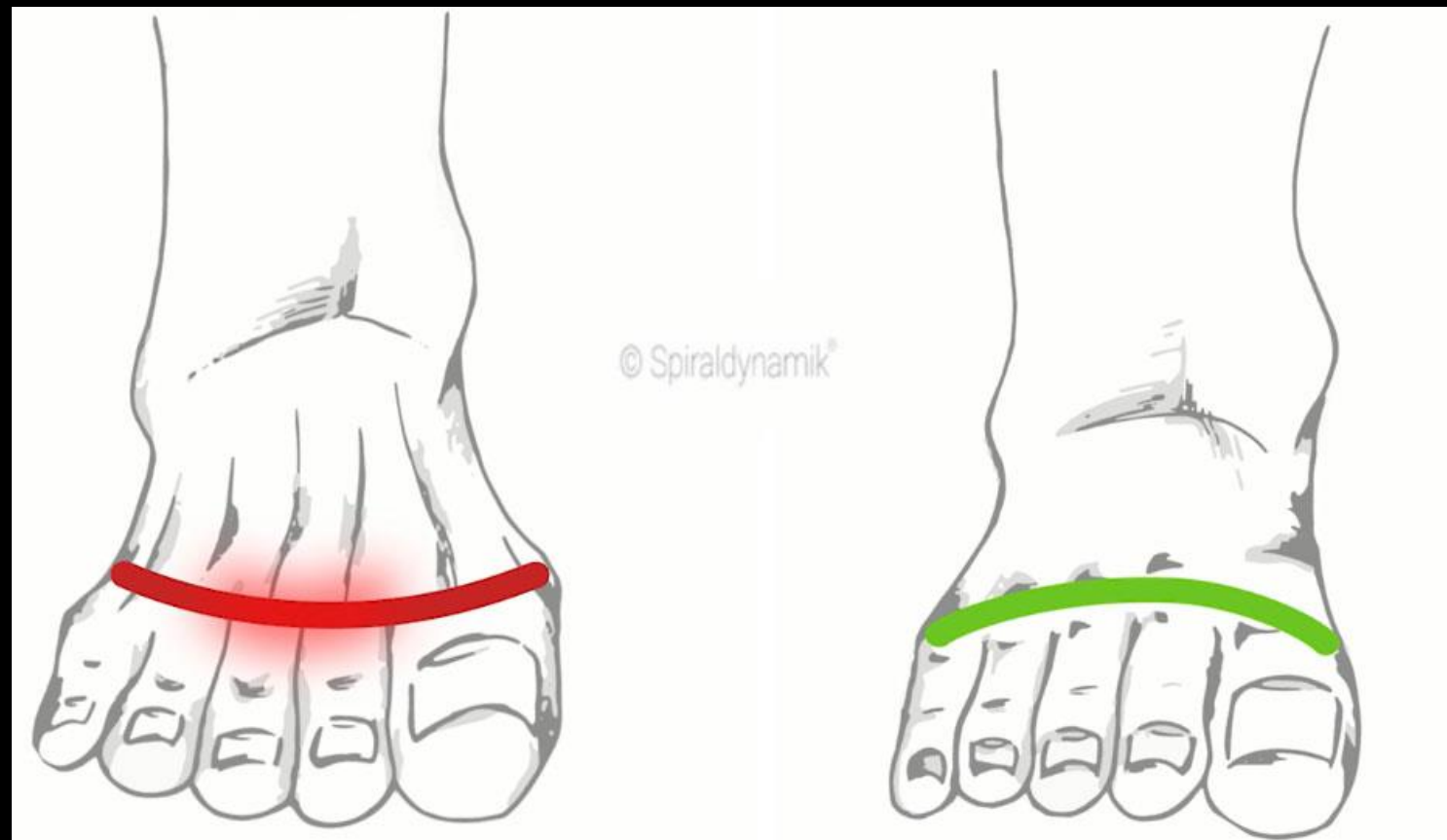
- 20% aller Läufer im Verlauf ihrer Karriere
- Die meisten Patienten waren Langstrecken-Läufer (61 %), durchschnittliche wöchentliche Laufleistung ca 117 km.
- Biomechanische Faktoren:
 - ein hohes Längsgewölbe des Fußes
 - eine Beinlängenungleichheit
 - ein übermäßiger Varus im Vorfußbereich.
 - Vermehrte Pronation (Knicksenkfüsse)
- Die Frakturstelle war bei 70 % der Frakturen bei Männern das Schien- oder Wadenbein und bei 50 % der Frakturen bei Frauen der Fuß und der Knöchel
- Fast die Hälfte der Patientinnen (40%) berichtete von Menstruationsstörungen.



STRESSREAKTION / STRESSFRAKTUR



STRESSREAKTION / STRESSFRAKTUR



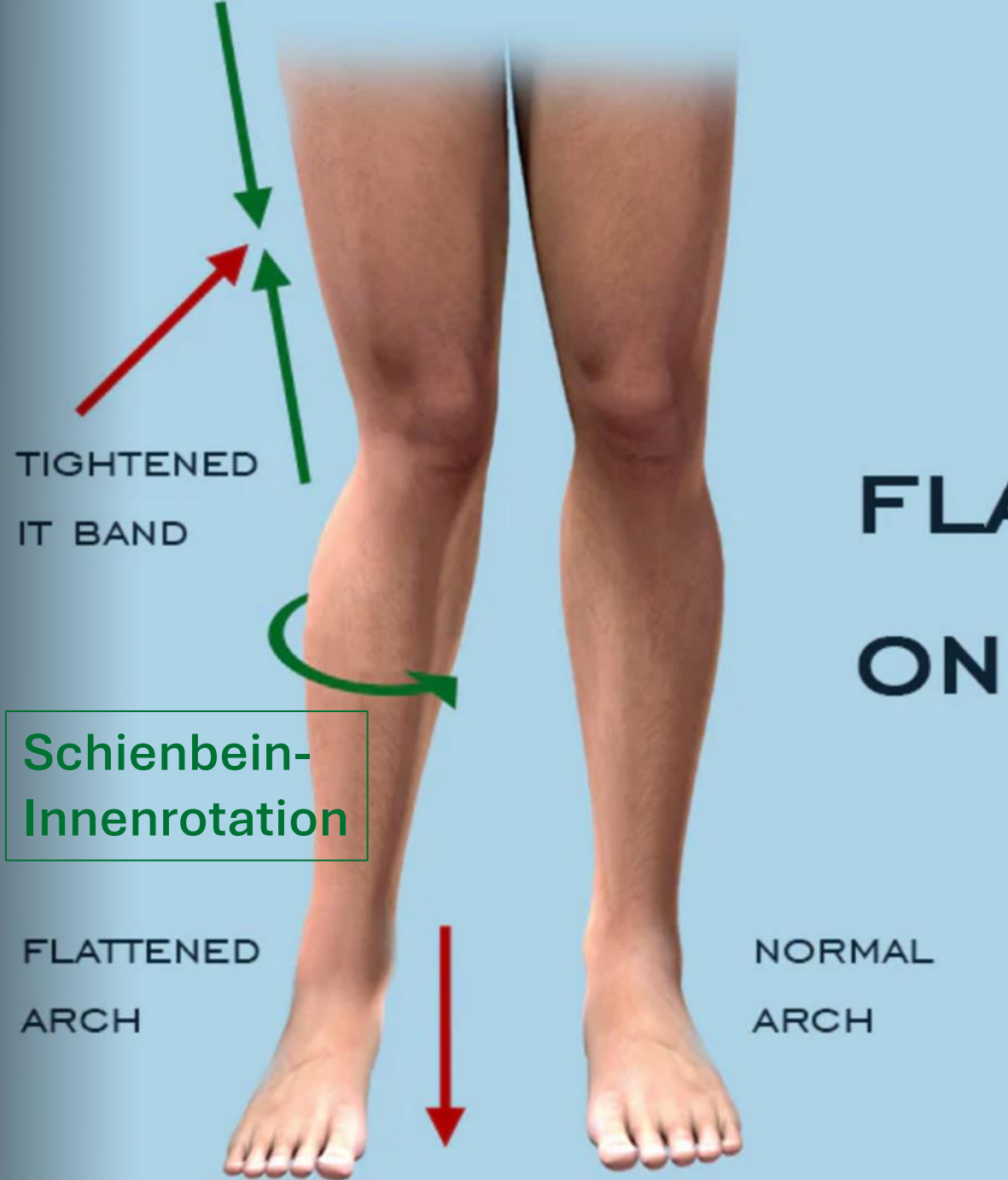
STRESSFRAKTUR



STRESSREAKTION / STRESSFRAKTUR



STRESSREAKTION / STRESSFRAKTUR



TIBIALIS ANTERIOR

GASTROCNEMIUS MUSCLE

SOLEUS MUSCLE

MEDIAL STRESS SYNDROME

FIBULA

TIBIA

INTEROSSEUS MEMBRANE

STRESS FRACTURE

STRESSREAKTION



Operation steht an

Ajla Del Ponte mit Stressfrakturen im Schienbein



Ajla Del Ponte konnte 2022 nicht an ihre Erfolge aus dem Vorjahr anknüpfen.

KEYSTONE



STRESSFRAKTUR

VERLETZUNGSPRÄVENTION / TIPPS

- Hör auf deinen Körper und regeneriere dich aktiv/bewusst.
- Zusammenhang zwischen der Trainingsbelastung (Volumen x Intensität) und dem Verletzungsrisiko besteht
- Eine frühere Verletzung ist ein Risikofaktor für weitere Verletzung
- Die Häufigkeit von Verletzungen ist bei Athleten, die unter den Augen eines Trainers trainieren, geringer als für Sportler, die alleine trainieren
- Die 10-Prozent-Regel ist ein guter Anfang, die eine allmähliche Steigerung der Aktivität um nur 10 Prozent pro Woche beinhaltet.
- maßgeschneiderte Schuheinlagen und ein optimaler individuell ausgesuchter Schuh, können sehr nützlich sein

@Mei



Take home message

TAKE HOME MESSAGE

- Asymmetrische Belastungen können Überlastungen auslösen
- Belastungsadaptation und Elimination der Ursache
- Sehnen sind trainierbar (Isometrik, Exzentrik, HSR, TNT, ...)
- Sehnen lieben kontrollierte, gerade Zugbelastung
- Fussstellung ist entscheidend bzgl Stressreaktionen/ Stressfrakturen.
- Beachte dein Schuhwerk!



DE GRUYTER

*Christian Plaaß,
Lukas Weisskopf (Hrsg.)*

DIE SEHNE

LEITFADEN ZUR BEHANDLUNG VON
SEHNENPATHOLOGIEEN

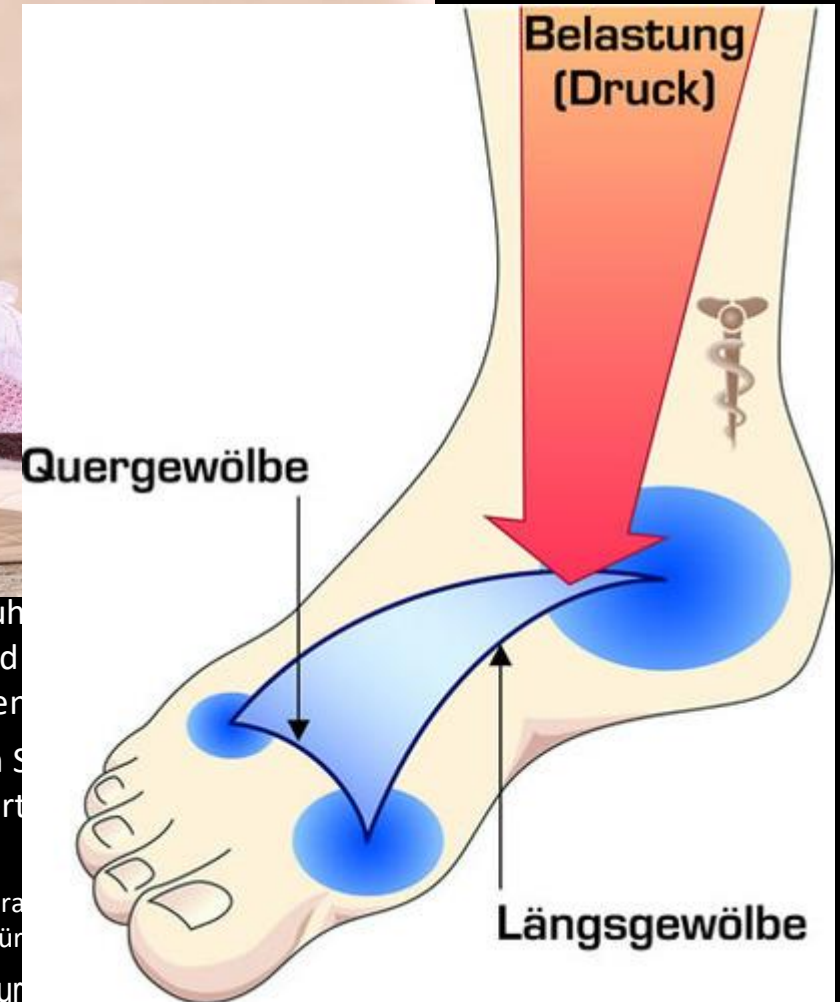
Unter Mitarbeit von Anja Hirschmüller

BESTEN DANK

lukas.weisskopf@altius.ag



Der Nike-Prototyp an den Füßen von Kelvin Kiptum



- Bei den Olympischen Spielen in Rio de Janeiro trugen die ersten Drei des Marathons einen Schuh Design die ungewöhnlich dicke Sohle verschleierte. Drei Jahre später, im Oktober 2019, lief Eliud Kipchoge als erster Mensch einen Marathon in unter zwei Stunden (allerdings unter laborähnlichen Bedingungen).
- Bei einem der populärsten Straßenrennen in Japan [trugen 2020 84 Prozent der Teilnehmer](#) den Super Shoe der japanischen Marke Asics hingegen fiel von 51 auf nur sieben Prozent. Mittlerweile produzieren auch die anderen großen Schuhhersteller ihre eigenen "super shoe". Ein Wettrennen der großen Schuhhersteller hat eingesetzt.
- Gewicht ist weniger entscheidend als die Laufökonomie. Mehrere Studien kamen zu dem Schluss, dass Läufer mit den Marathon Super Shoes weniger Energie verbrauchen ([Hoogkamer et al. 2018](#)). Mit Vaporfly wird die Schrittfrequenz der Läufer geringer, die Schritte dafür länger.
- British Journal of Sports Medicine die Carbonfaserplatte, der reaktive Schaumstoff und die Sohlendicke (Bunions) sind die Hauptfaktoren für die Leistungssteigerung.
- Mit dem neusten Marathonmodell von Nike sollen Läufer sechs Prozent schneller sein als mit herkömmlichen Laufschuhen. Solche Leistungssteigerungen sind vergleichbar mit dem Effekt von Blutdoping (Haile et al. 2019).



Alexander
Baumgartner

Alexander Baumgartner

TENDINOPATHIE



Facts

Belastung vs. Belastbarkeit

Load Management

Sehnen Rehabilitation

Forgotten Hero



Facts

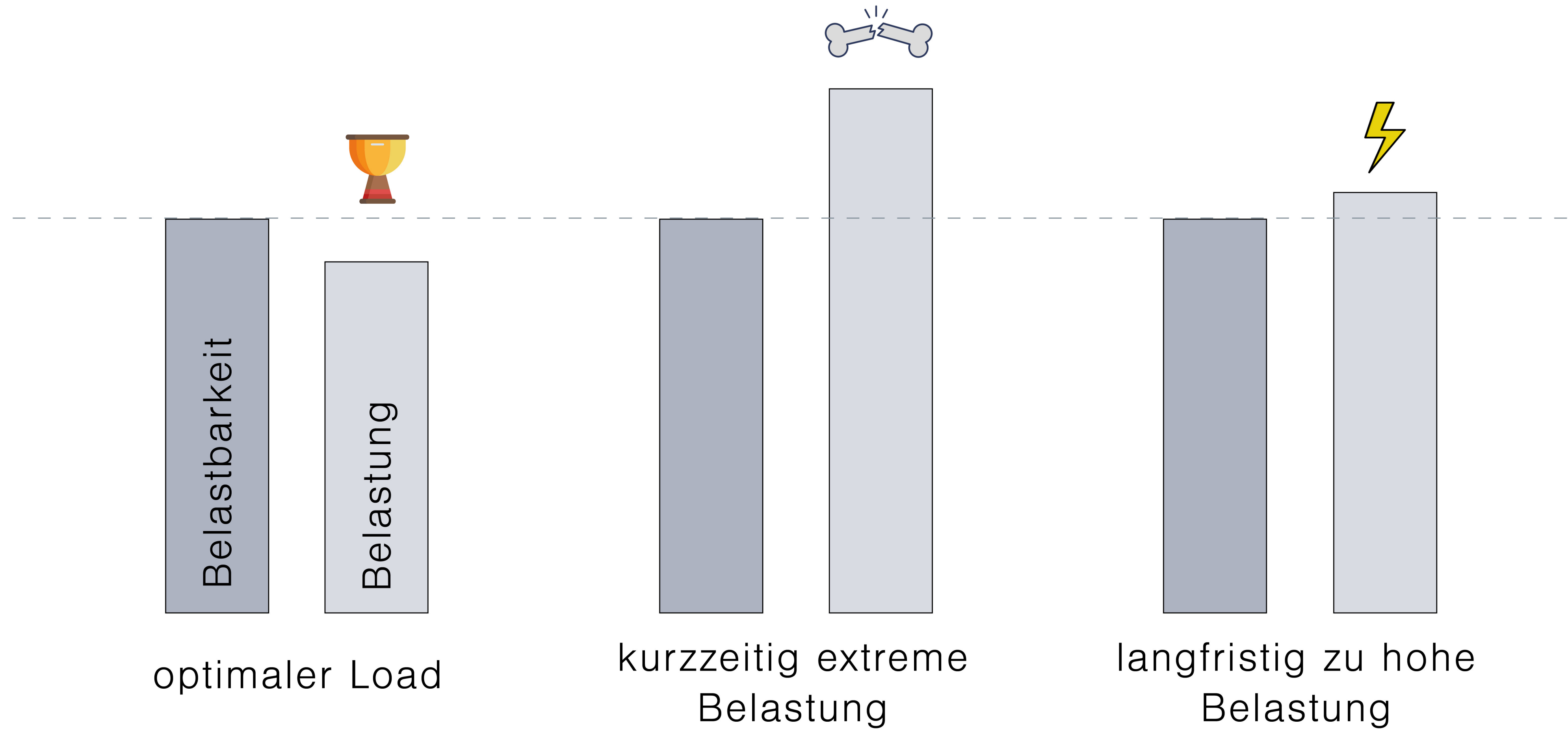
Etwa 50% aller Läufer:innen leiden früher oder später an Achillessehnenbeschwerden

Mit MTSS das häufigste Beschwerdebild bei Läufer:innen

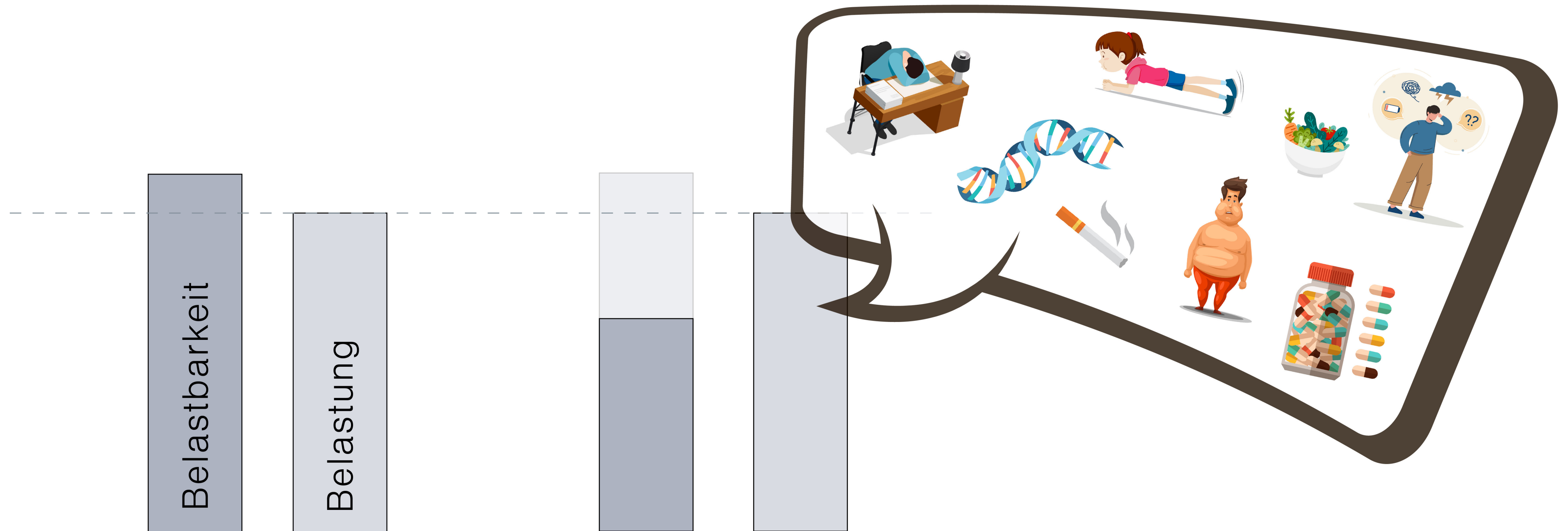
Reaktive vs. degenerative Tendinopathien



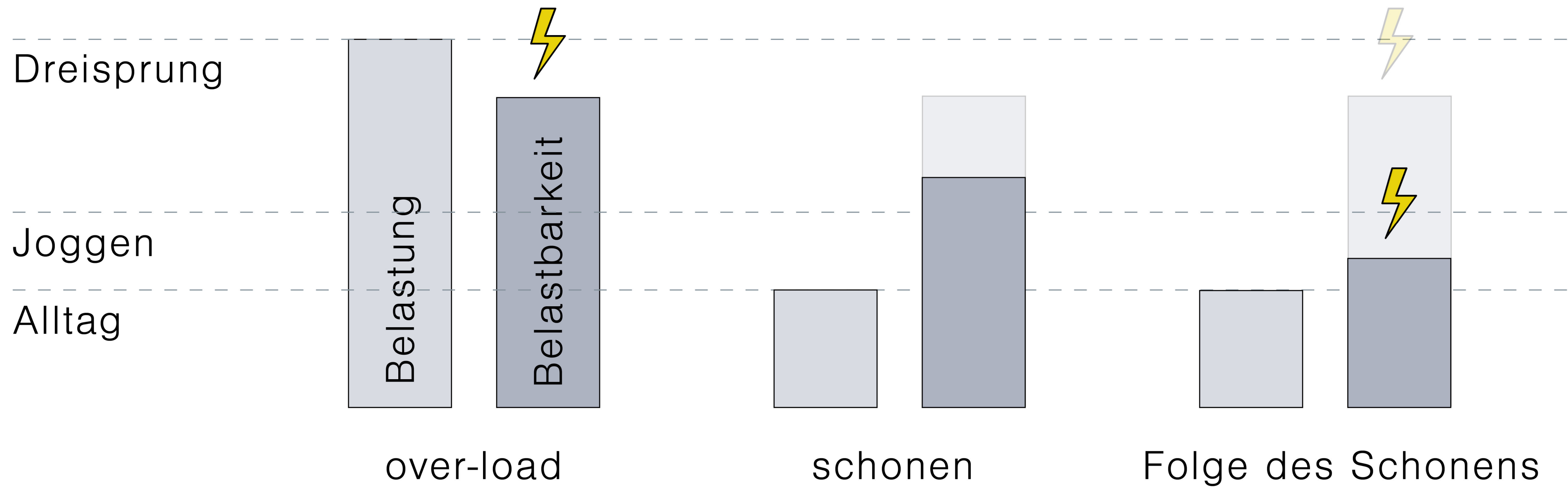
Belastbarkeit vs. Belastung



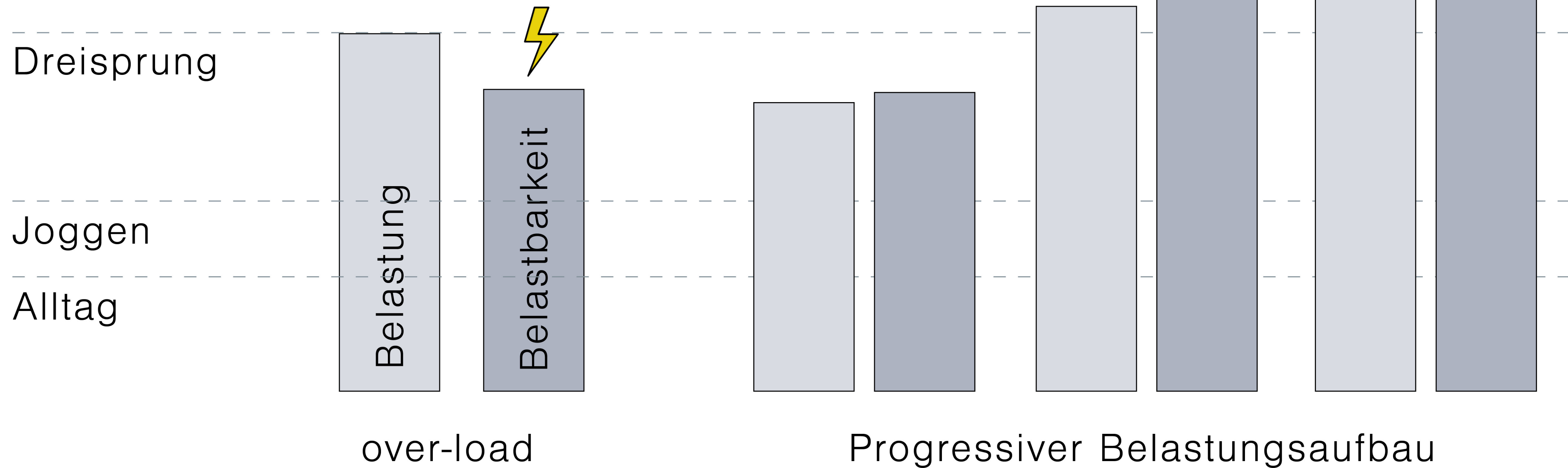
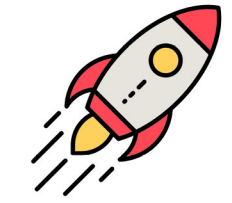
Einflussfaktoren auf die Belastbarkeit



Ist schonen sinnvoll?



Progressiver Belastungsaufbau



Load management

Belastung anpassen an die Belastbarkeit

Langsame Steigerung zur Vermeidung von Überbelastungen (10% pro Woche)

Genügend Regenerationszeiten einplanen

Load Monitoring

Heavy Slow Resistance Training

Bsp: Calf raise 3s konzentrisch - 3s exzentrisch
mit 80kg

Verschiedene Methoden, kaum Unterschiede im
Outcome. Patientenzufriedenheit aber bei HSR
überlegen.



Beyer R, Kongsgaard M, Hougs Kjær B, Øhlenschläger T, Kjær M, Magnusson SP. Heavy Slow Resistance Versus Eccentric Training as Treatment for Achilles Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial. The American Journal of Sports Medicine. 2015;43(7):1704-1711. doi:10.1177/0363546515584760

Forgotten hero: der M. Soleus

Kann Kräfte bis zum 8-fachen des Körpergewichts produzieren (Gastrocnemius 3x BW)

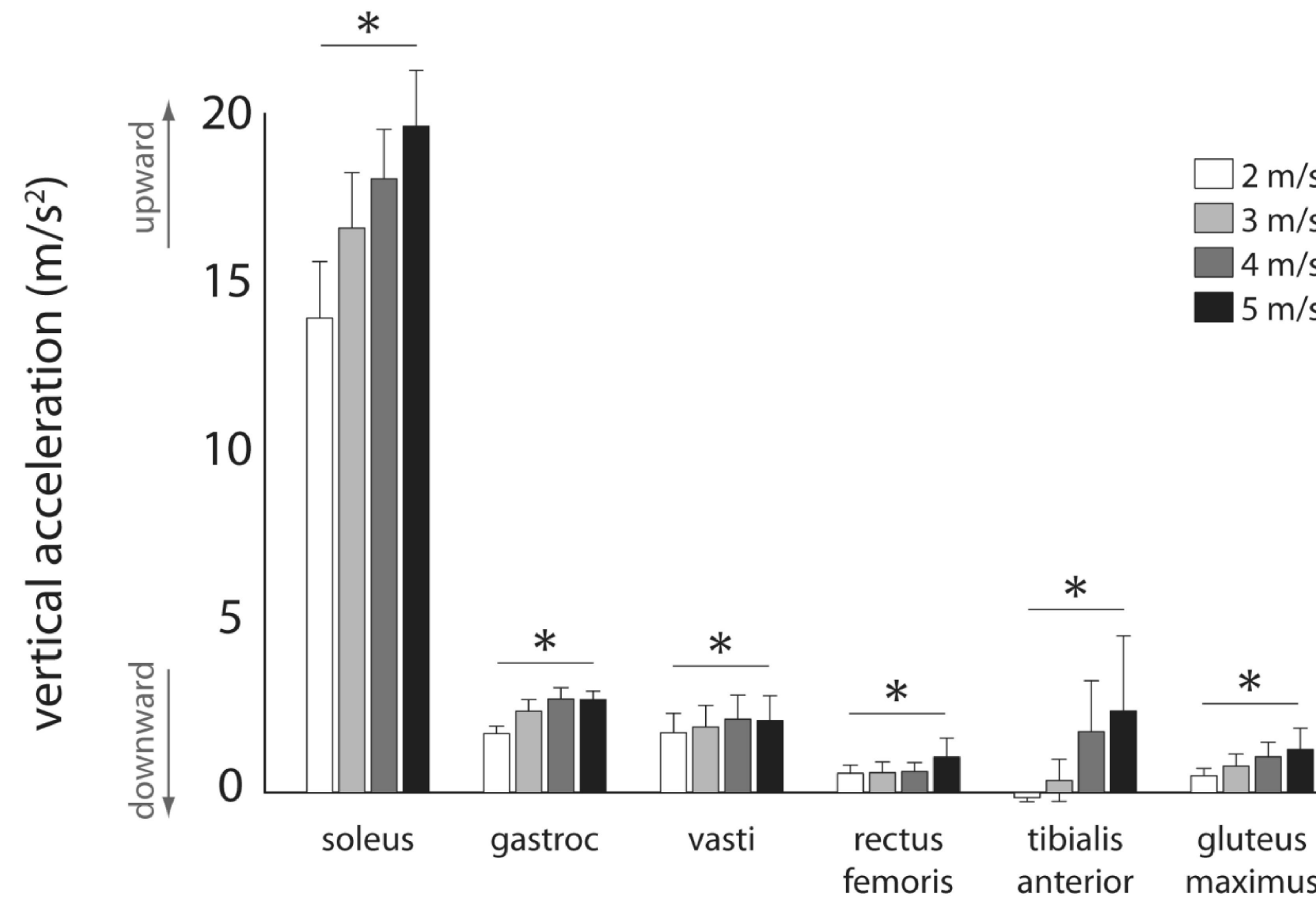
Ein gut trainierter Soleus scheint mit besseren Marathonleistungen zusammenzuhängen

Achillestendinopathie bei Läufer:innen wird assoziiert mit einer Schwäche des Soleus



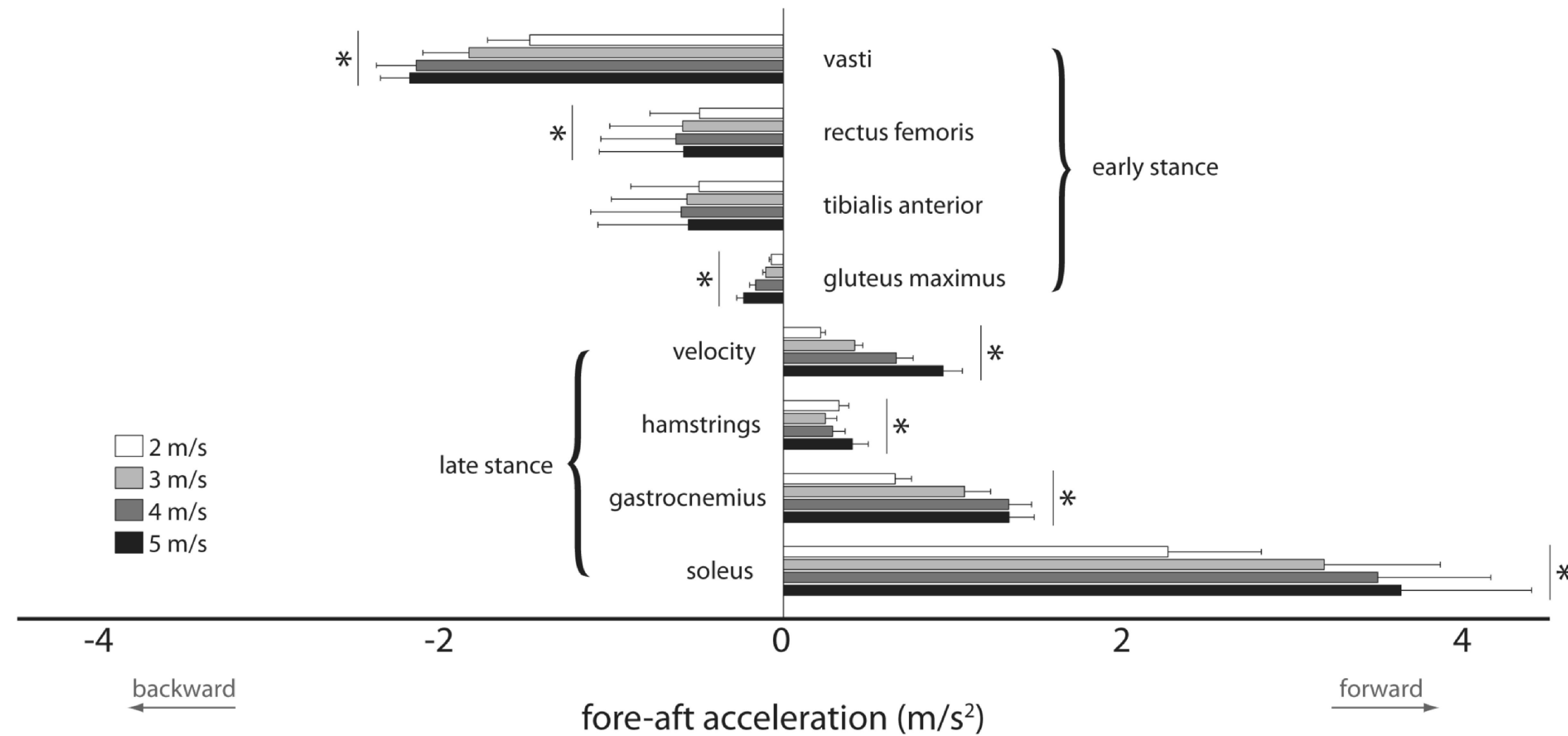
Kovács, B., Kóbor, I., Gyimes, Z. et al. Lower leg muscle–tendon unit characteristics are related to marathon running performance. *Sci Rep* 10, 17870 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73742-5>

M. Soleus



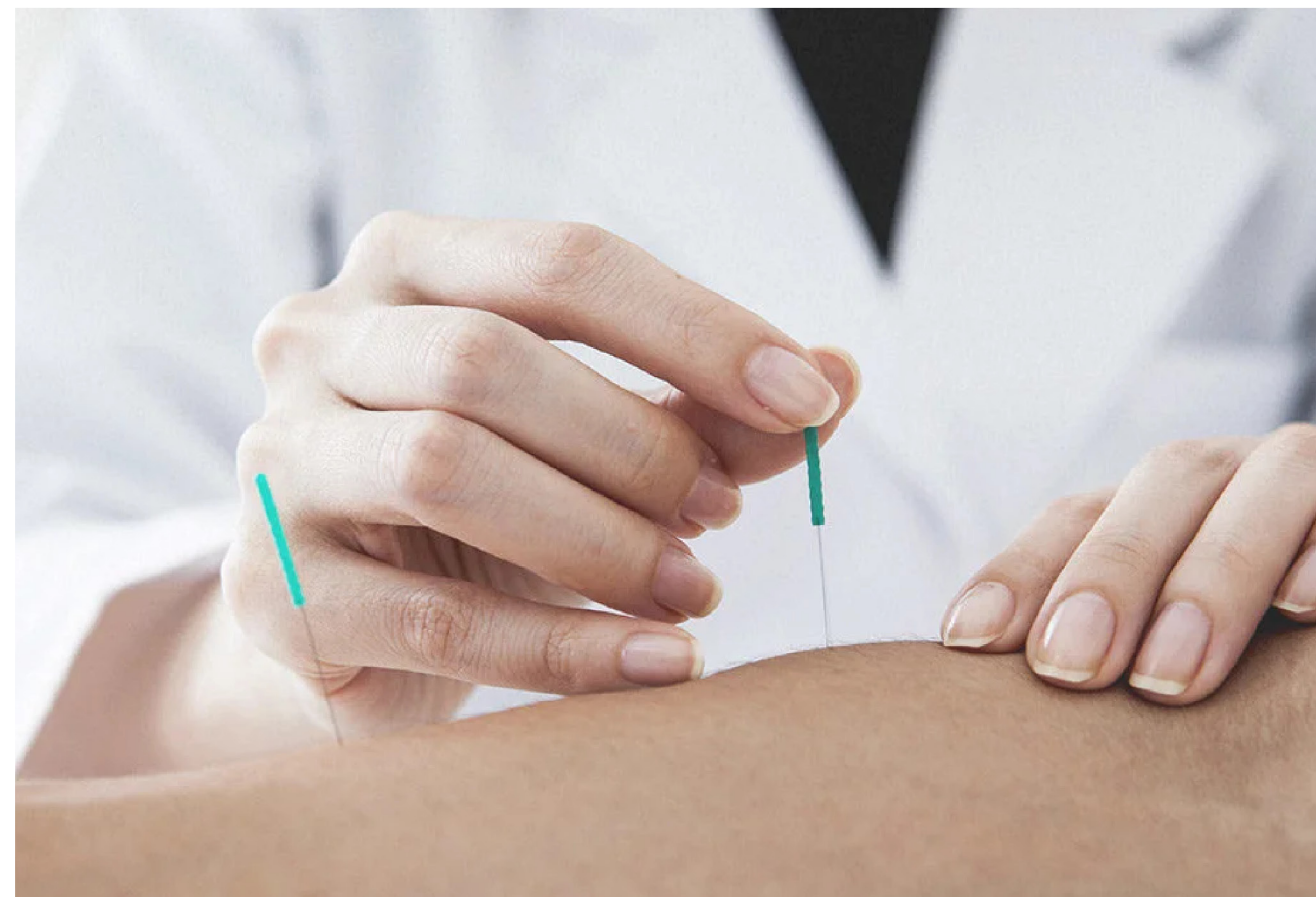
Hamner SR, Delp SL. Muscle contributions to fore-aft and vertical body mass center accelerations over a range of running speeds. J Biomech. 2013 Feb 22;46(4):780-7. doi: 10.1016/j.jbiomech.2012.11.024. Epub 2012 Dec 11. PMID: 23246045; PMCID: PMC3979434.

M. Soleus



Hamner SR, Delp SL. Muscle contributions to fore-aft and vertical body mass center accelerations over a range of running speeds. J Biomech. 2013 Feb 22;46(4):780-7. doi: 10.1016/j.jbiomech.2012.11.024. Epub 2012 Dec 11. PMID: 23246045; PMCID: PMC3979434.

Was ist mit ... ?



Dry Needling/Massage



Ultraschall



Stosswellentherapie

Prognose

Einfache Diagnose - schwierige Therapie

Häufig verzögerter Rehasstart

Mindestens 3-6 Monate bis Besserung eintritt

Je besser die allgemeine Gesundheit umso
besser die Prognose



Take home messages

Schonen ist häufig kontraproduktiv:

Use it or lose it

Krafttraining nicht unterdosieren:

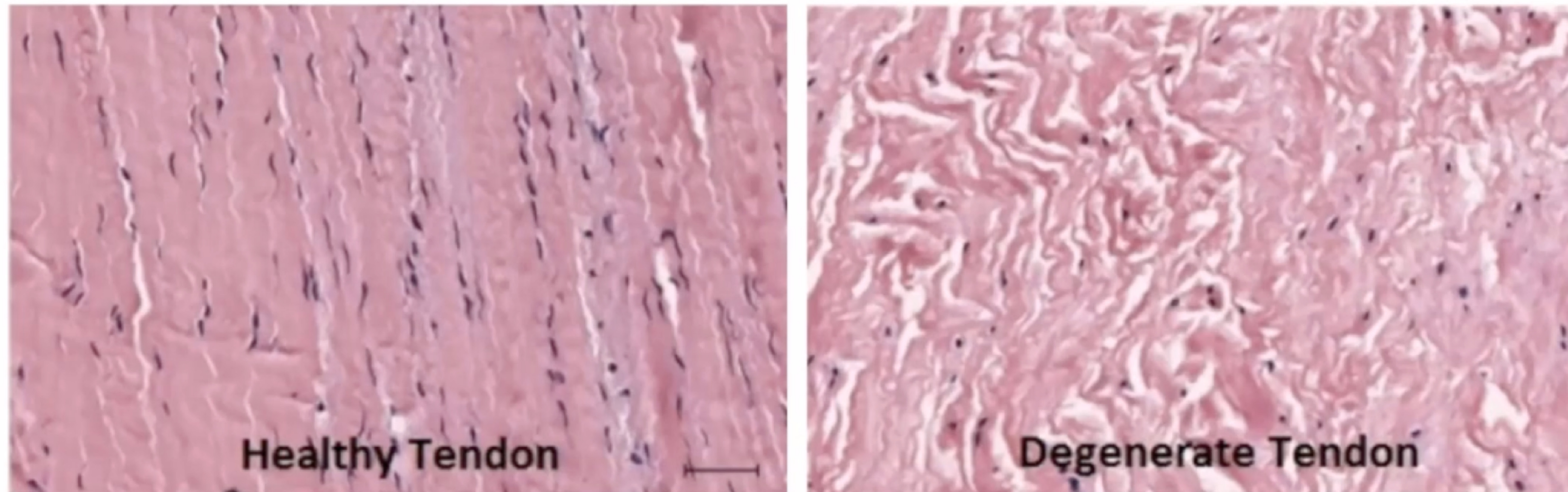
Train hard...

Load management beachten:

Train hard AND SMART



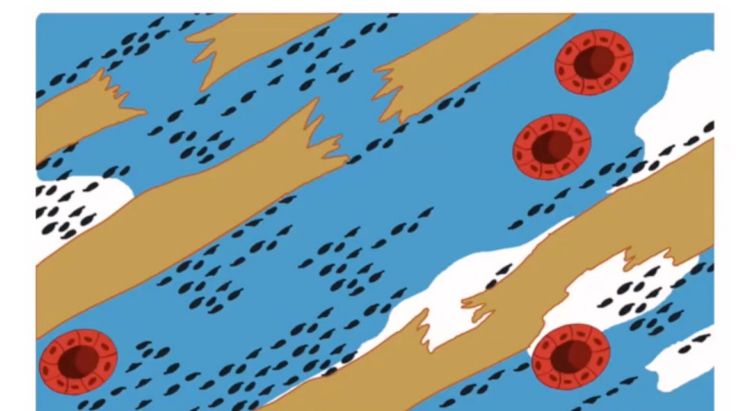
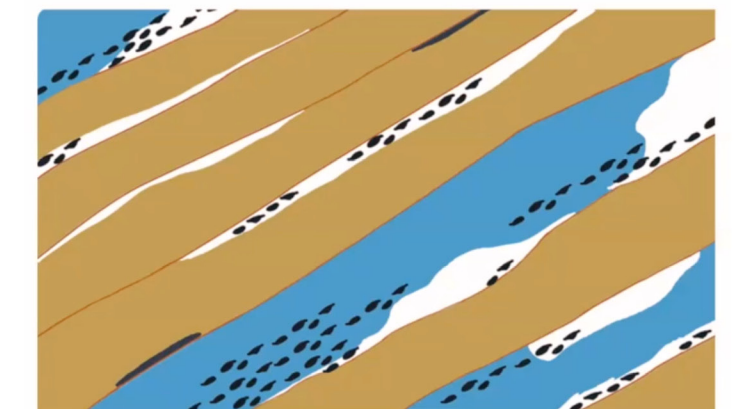
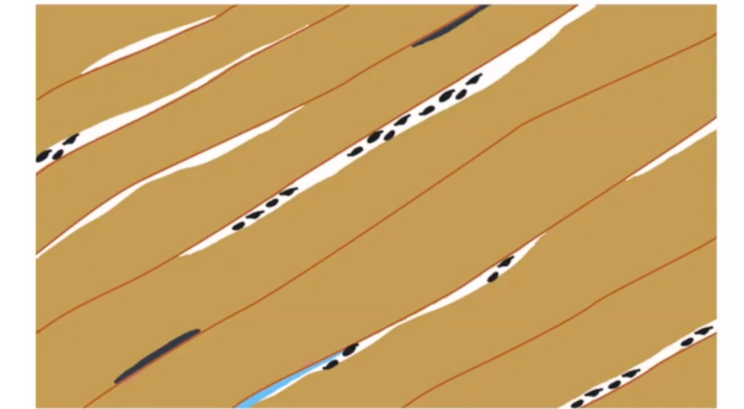
Pathophysiologie Tendinopathie



Christensen J (2015) Protease-activated receptors in the Achilles tendon-a potential explanation for the excessive pain signalling in tendinopathy. Mol Pain. Mar 17;11:13.

Pathophysiologie Tendinopathie

1. Tenozyten sind gestresst (Belastung, Hormone, Blutzucker, ...)
2. Vermehrte Produktion von **Proteoglykanen** (hydrophil)
3. **Einlagerung von Wasser**, dadurch wird die Sehne sichtbar dicker
4. Schädigung der Kollagenfasern durch vermehrte Kompression
5. Reperaturprozess mit **Einsprossen von Blut- und Nervengefäßen**



Parkinson J (2011) Involvement of proteoglycans in tendinopathy. J Musculoskelet Neuronal Interact. Jun; 11(2):86-93.

Grundsätze Training

Bei Zugbelastungen auf die Sehne überwiegen zunächst abbauende Prozesse («Protein Degradation»). Zeitlich verzögert starten erst die aufbauenden Prozesse («Synthese»). Diese Synthese überwiegt nach einer gewissen Zeit, wodurch Netto ein Aufbau resultiert.

