

Kraft, Bewegung, Schmerz: Von der Haut zum Muskel - Wächter und Motoren des Schmerzes

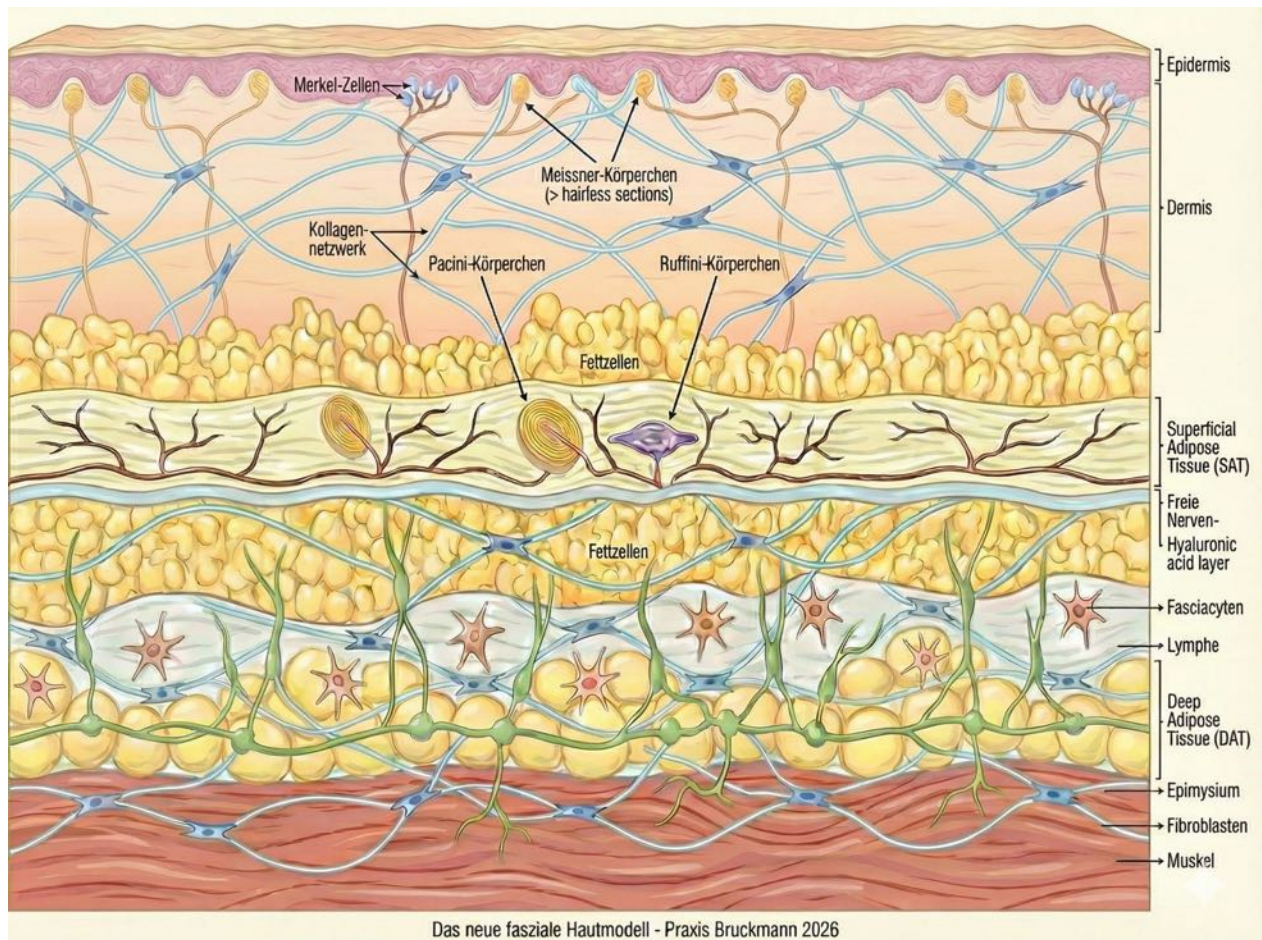
In der modernen Medizin betrachten wir den Körper heute nicht mehr als bloße Sammlung einzelner Muskeln. Vielmehr verstehen wir ihn als ein **lebendiges, gleitfähiges Netzwerk**, in dem jedes Teil mit dem anderen verbunden ist (Stecco, 2015). Innerhalb dieses Systems übernehmen verschiedene Schichten spezialisierte Rollen: Wir unterscheiden zwischen den **sensiblen Wächtern** an der Oberfläche, die als hochkomplexes Informationssystem für Berührung und Schmerz dienen (Tesarz et al., 2011), und den **kraftvollen Motoren** in der Tiefe, die für unsere Bewegung, Stabilität und Kraftübertragung verantwortlich sind (Huijing, 1999; Stecco, 2015).

- A: Die sensiblen Wächter an der Oberfläche - Schichten der Haut bis zum Muskel und
- B: der Motor in der Tiefe, der Muskel selbst

Das Wichtigste in Kürze

- **Alles ist vernetzt:** Schmerzen entstehen oft nicht isoliert im Muskel, sondern dort, wo Gewebeschichten nicht mehr geschmeidig aneinander vorbeigleiten.
- **Faszien fühlen mit:** Da Faszien deutlich dichter mit Nerven versorgt sind als Muskeln, sind sie häufig die wahre Quelle von brennenden oder stechenden Schmerzen.
- **Hyaluron als Schmiermittel:** „Verklebungen“ sind oft verdickte Schichten aus Hyaluronsäure, die den Gleitmechanismus zwischen Haut und Muskel blockieren.
- **Ganzheitliche Hilfe:** Unsere Therapie in der Praxis Bruckmann kombiniert sanfte Reize für die „Wächter“ mit gezielten Techniken für die „Motoren“, um Ihre Schmerzfreiheit wiederherzustellen.

A: Die sensiblen Wächter an der Oberfläche



Ganz oben (**Epidermis & Dermis**), in der Oberhaut und Lederhaut, sitzen unsere "Frühwarnsysteme". Hier finden wir die **Merkel-Zellen** und **Meissner-Körperchen**. Sie liegen ganz bewusst oberflächlich, um feine Berührungen und Druck sofort an das Gehirn zu melden. Sie sind die erste Kontaktstelle zur Außenwelt.

Das Polster-System (Subkutis: SAT & DAT)

Unter der Haut folgt nicht einfach nur "Fett", sondern ein hochorganisiertes Dämpfungssystem. Die Abbildung unterscheidet hier präzise – wie es die moderne Forschung (u.a. Lancerotto & Stecco) fordert – zwischen zwei Fettschichten:

- **SAT (Superficial Adipose Tissue):** Das oberflächliche Fettgewebe.
- **DAT (Deep Adipose Tissue):** Das tiefe Fettgewebe.

Getrennt werden diese beiden "Bauchspeck-Schichten" durch eine feine, aber wichtige Trennwand: die **Superficial Fascia (Oberflächliche Faszie)**. Früher oft übersehen, wissen wir heute, dass sie essenziell für die Struktur des Unterhautgewebes ist.

Das Gleitsystem der Tiefe (Fascia Profunda & Hyaluron)

Nun kommen wir in den biomechanisch spannenden Bereich. Über dem Muskel liegt die tiefe Faszie. Das Gleitsystem: Damit Ihre Muskeln unter der Haut arbeiten können, ohne dass die Haut starr mitgezogen wird, braucht es ein Gleitmittel. Hier hilft eine Schicht aus **Hyaluronsäure**, die wie ein Schmierfilm wirkt. Produziert wird dieses „Schmieröl“ von spezialisierten Zellen, den sogenannten **Fasciacyten** (Stecco et al., 2011/2018). Diese erst kürzlich entdeckten Zellen (Stecco et al.) sorgen dafür, dass die Schichten geschmeidig aneinander vorbeigleiten ("Sliding System"). Wenn wir uns "steif" fühlen, ist oft dieses Hyaluron verklebt oder verdichtet.

Dabei kann es zu dem Honig-Effekt kommen: Wenn Honig warm ist, fließt er flüssig und geschmeidig. Wird er kalt oder steht lange, kristallisiert er und wird zäh und fest. Genau das passiert bei der Densifizierung (Stecco 2023) im Körper

Wichtig für Sie: Wenn Sie sich steif fühlen, ist oft dieses Hyaluron verklebt oder verdickt. Die Schichten gleiten nicht mehr geschmeidig aneinander vorbei. Genau hier setzt unsere Therapie an.

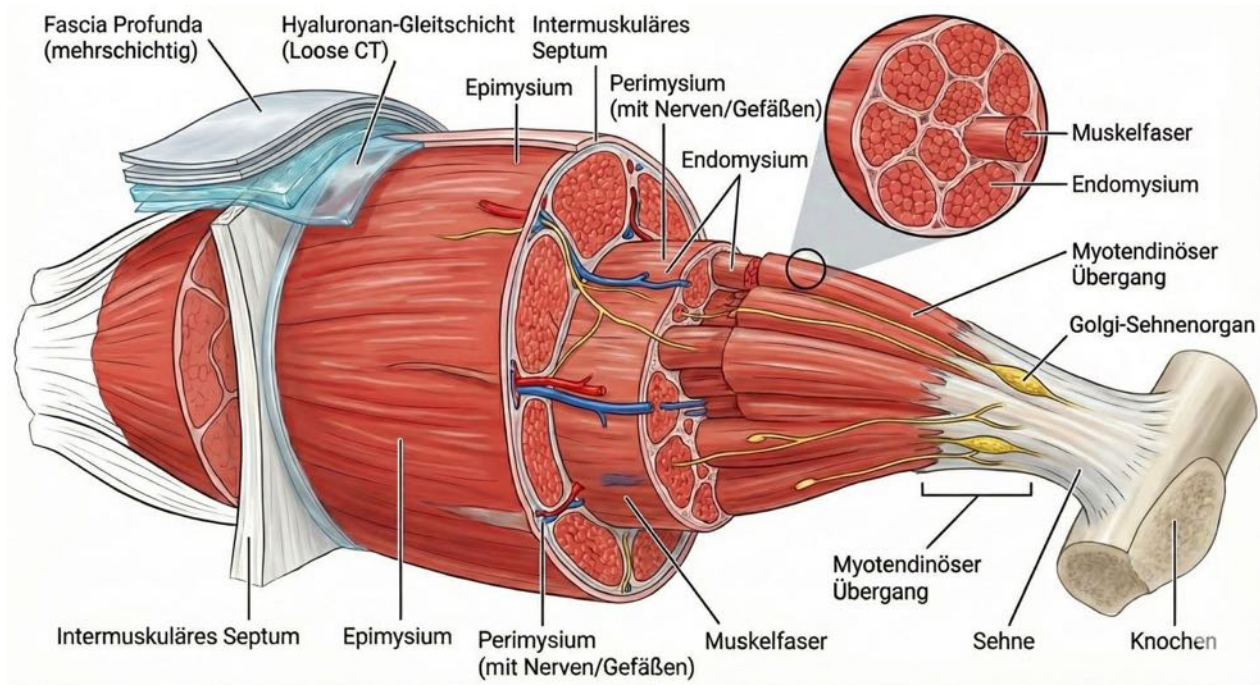
Die Tiefen-Sensorik: Wo bin ich im Raum?

Tiefer im Gewebe finden wir weitere „Wächter“ (Pacini- und Ruffini-Körperchen). Sie liefern Informationen über Vibration, Dehnung und Ihre Gelenkposition – die sogenannte **Propriozeption**. Sie sagen Ihrem Gehirn jederzeit, wo sich Ihr Körper gerade befindet, auch wenn Sie die Augen schließen.

In der Tiefe, nahe der Faszie und den Muskelübergängen, finden wir die "Schwerarbeiter" der Wahrnehmung:

- **Pacini- und Ruffini-Körperchen:** Sie liegen tiefer als die Sensoren der Haut, da sie Informationen über Vibration, Dehnung und Gelenkposition (Propriozeption) liefern. Sie sagen uns, wo unser Körper sich im Raum befindet.
- **Der Muskel (Epimysium):** Schließlich erreichen wir den Muskel. Wichtig ist hier: Der Muskel hört nicht auf und die Faszie fängt an – sie sind untrennbar. Die Muskelhülle (**Epimysium**) ist fest bzw. dynamisch mit den darüberliegenden Schichten verwoben.

B: der Motor in der Tiefe, der Muskel selbst



Grafik: Tilo Mörgen © 2026, Praxis Bruckmann mithilfe von KI

Früher dachte man, eine Faszie sei nur eine Art „Wurstpelle“ um den Muskel. Heute wissen wir: Die **moderne Forschung** (Stecco et al. 2011; Stecco 2015), zeigt, dass sie oft **mehrschichtig** ist. Zwischen diesen dichten Schichten und zwischen der Faszie und dem Muskel (Epimysium) liegt lockeres Bindegewebe, das reich an Hyaluronsäure ist.

Ein Team ohne Grenzen

Muskel und Faszie sind untrennbar. Die Muskelhülle (Epimysium) ist mit den darüberliegenden Schichten verwoben (Huijing, 1999, 2009). Kraft wird nicht nur entlang des Muskels übertragen, sondern über das gesamte fasziale Netzwerk im Körper verteilt. Auch Muskel (wie tiefe Hautschichten) helfen uns bei der Bewegung im Raum mit speziellen Sensoren - Golgi-Rezeptoren und Muskelspindel.

Ihr mobiles Heilungs-Set: Eingreiftruppe für die Reparatur

In Ihren Faszien schlummert eine spezialisierte **Eingreiftruppe für die Heilung bzw. Narbenbildung (Fibrotisierung)**. Bei tieferen Verletzungen wandern diese

Zellen wie ein Rettungsteam nach oben zur Hautoberfläche. Sie kommen nicht mit leerem Werkzeugkoffer, sondern bringen ein komplettes „Heilungs-Set“ inklusive eigener Versorgungsleitungen (Blutgefäße und Nerven) mit. So kann Ihr Körper Wunden viel schneller und stabiler verschließen (Correa-Gallegos, 2019; Knoedler, 2023).

Aber Achtung: Was bei Operationen sinnvoll ist, kann im Alltag Beschwerden verursachen. Der Prozess kann von einer anfänglichen zähen Verdickung (**Densifikation**) bis hin zur dauerhaften Narbenbildung (**Fibrotisierung**) und schmerzhaften Entzündungen führen (Pavan et al., 2014).

Klassische Lehrbücher zeigen die tiefe Faszie oft als eine simple **"Wurstpelle"**.

In der Faszie befinden sich spezialisierte Fibroblasten (EPFs), die bei tiefen Wunden zur Hautoberfläche aufsteigen. Sie ziehen ihre umgebende Matrix (einschließlich Blutgefäßen und Nerven) wie ein „vorgefertigtes Kit“ mit sich, um Wunden schnell zu verschließen (Corea-Gallegos 2019, Knoedler 2023). Sie spielen auch eine Rolle bei neu entdeckten Zusammenspiel von autonomen Nervensystem und Immunsystem (Smolgovsky 2024). Der Vagusnerv kann möglicherweise über den Nucleus Tractus Solitarius körperweite Entzündungen drosseln. (Schleip 2025)

Dies wird durch die explizite Darstellung der **"mehrschichtigen Fascia Profunda"** und der **"Hyaluronan-Gleitschichten"** berücksichtigt. Diese Schichten sind essenziell für die unabhängige Gleitfähigkeit von Muskeln unter der Haut.

Es gibt **keine** wirkliche **Trennung** zwischen **Muskel und Faszie** (Huijing 1999, 2009). Das intramuskuläre Bindegewebe (Endo-/Peri-/Epimysium) ist das Gerüst, in dem die Muskelzellen hängen. Dieses Gerüst wird zur **Sehne**. Der Übergang vom Muskel zur Sehne zeigt nicht, wie der Muskel "aufhört" und die Sehne "anfängt", sondern wie die **bindegewebigen Hüllen** (Endo / Perimysium) **zusammenfließen** und die Sehne bilden. Die Kraftübertragung erfolgt über dieses fasziale Netzwerk (lateral force transmission), nicht nur longitudinal.

Warum Faszien Schmerz anders ist

Faszien sind deutlich schmerzempfindlicher als Muskeln. Während sich reiner Muskelschmerz oft „pochend“ anfühlt, ist Faszien Schmerz meist **brennend, schneidend oder stechend** (Schilder, 2018). Zudem spielen Faszien eine Rolle im

Zusammenspiel von Nervensystem und Immunabwehr – der Vagusnerv kann hierüber Entzündungen drosseln (Schleip, 2025; Smolgovsky, 2024).

Septen

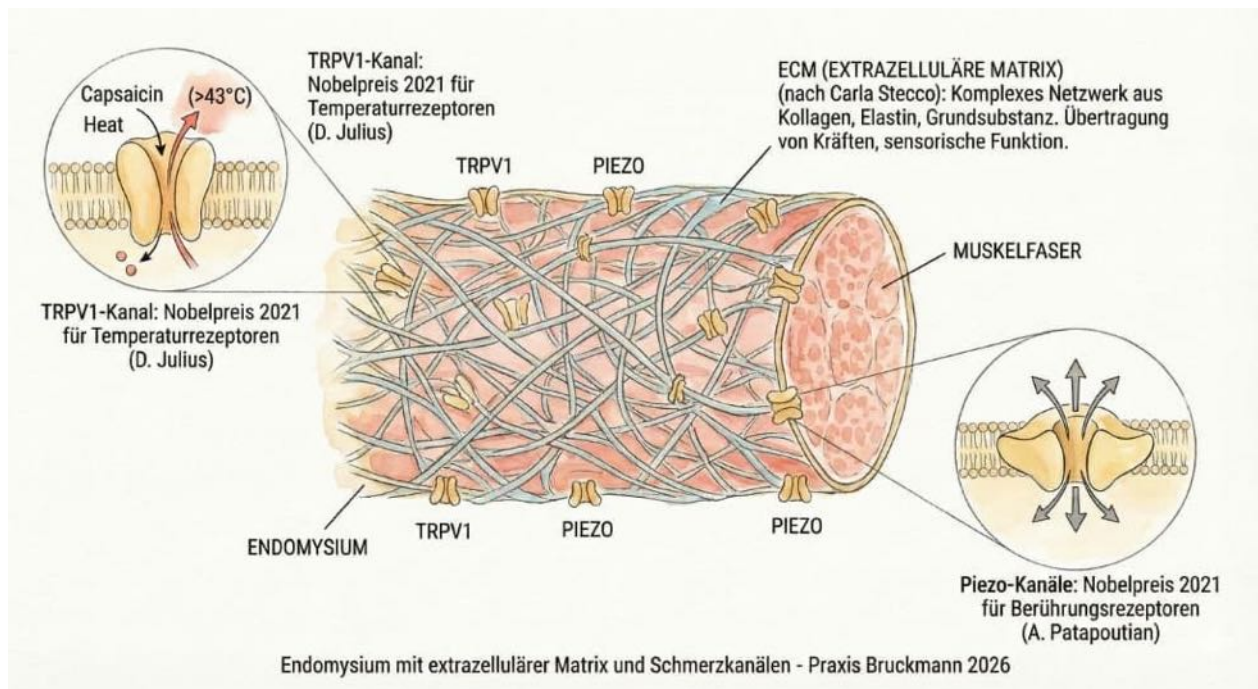
als Kraftüberträger: Intermuskuläre Septen sind keine bloßen Trennwände, sondern wichtige Strukturen zur Kraftübertragung zwischen Muskelgruppen und zur Verankerung am Knochen (Periost). Das Septum wird als integrierte Struktur in der Grafik gezeigt, die mit der Fascia Profunda verbunden ist.

Aktuelle Studien legen nahe, dass der klassische Muskelkater (Delayed Onset Muscle Soreness) eher ein Problem der Faszien-Afferenzen als der Muskelfasern selbst ist (Brandl 2024).

Sensorik und Innervation

Faszien sind unser reichhaltigstes sensorisches Organ. Schleip betont die hohe Dichte an Mechanorezeptoren (Golgi, Pacini, Ruffini und vor allem freie Nervenendigungen) in den faszialen Schichten - Tesarz et al. (2011); Schleip (2003). Die Darstellung von Nerven, die innerhalb der Perimysium-Schichten (den "Straßen" in den Muskel) verlaufen, ist entscheidend. Viele Schmerzen, die wir als "Muskelschmerz" empfinden, stammen eigentlich von den Nervenendigungen in diesen faszialen Hüllen, nicht aus der Muskelfaser selbst.

Endomysium: Eine ganz feine kleine Hülle - Großes im Kleinen



Grafik: Tilo Mörgen © 2026, Praxis Bruckmann mithilfe von KI

Auch sehr kleine Strukturen im Muskel können zu Schmerzen und Funktionsverlust beitragen – nicht nur „der Muskel als Ganzes“. Ein wichtiger Bestandteil ist das Endomysium: ein feines Bindegewebsnetz, das jede einzelne Muskelfaser umhüllt und Teil der extrazellulären Matrix (ECM) des Muskels ist (Purslow 2020, Stecco 2023). Dieses Netzwerk hilft bei Kraftübertragung, Stabilität im Gewebe und der Einbettung von Nerven und Blutgefäßen. Dass Ihr Körper mechanische Reize in Empfindungen und Schmerz „übersetzt“, hängt u. a. mit spezialisierten Rezeptorsystemen für Temperatur und Berührung/Mechanik zusammen (TRP-/Piezo-Systeme; Nobelpreis 2021 Paptpoutian und Julius). Dieses Netzwerk hilft bei Kraftübertragung, Stabilität im Gewebe und der Einbettung von Nerven und Blutgefäßen.

Wenn sich diese feinen Gewebeschichten durch Überlastung, Stress, Entzündungsprozesse oder anhaltende Schonhaltung „verändern“, kann Bewegung sich zäh anfühlen, schneller schmerzen oder weniger belastbar sein. Bei myofasziellen Beschwerden (z. B. Triggerpunkte) wird außerdem diskutiert, dass nicht nur Muskelkontraktion, sondern auch Faszien-/ECM-Prozesse und neuro-immune Sensitivierung das Schmerzgeschehen mitbestimmen können (Schleip 2025). Studien deuten darauf hin, dass in der Umgebung aktiver

Triggerpunkte ein biochemisches Milieu mit schmerzverstärkenden Botenstoffen auftreten kann (Sha 2008).



Grafik: Tilo Mörgen © 2026, Praxis Bruckmann mithilfe von KI

Funktionelle Störungen der WächterInnen und Motoren: Wie wir helfen in der Praxis Bruckmann

Zur positiven Beeinflussung funktioneller Beschwerden wenden wir in der Praxis Bruckmann multimodale manuelle Techniken an. Das bedeutet: Wir kombinieren verschiedene, aufeinander abgestimmte Handgriffe, um Gewebe, Nervensystem und Bewegung wieder besser ins Gleichgewicht zu bringen.

Ein Teil davon sind sehr sanfte Techniken für die „sensiblen Wächter“ des Körpers – also Strukturen, die besonders schnell auf Reize reagieren. Dazu gehören feine Druck- und/oder Scherreize (z. B. nach Emtrat/Brandl), sanftes Gleiten sowie weitere schonende Kontakttechniken, die das Gewebe beruhigen und die Wahrnehmung verbessern können.

Ergänzend nutzen wir faszienbezogene Verfahren wie myofaszialen Release, Schiebe- bzw. Verschiebetechniken und pohltherapeutische Rolltechniken. Im nächsten Schritt geht es darum, den „Motor“ wieder rund laufen zu lassen: Hier

arbeiten wir bei Bedarf mit kräftigerem, gezieltem Druck zur aktiven Myogelosenbehandlung (u. a. an Septen) sowie mit Druck-und-BewegungsAnsätzen im Sinne propriozeptiver neuromuskulärer Entspannungstechniken. Außerdem können Pandiculations nach Thomas Hanna (spezielle, bewusst ausgeführte Bewegungsabläufe) eingesetzt werden, um Spannungsmuster zu lösen und die aktive Bewegungssteuerung zu verbessern.

Wir nutzen also ein Zusammenspiel verschiedener Techniken, um Ihr Gewebe wieder ins Gleichgewicht zu bringen:

- **Sanfte Impulse für die Wächter:** Beruhigt das Gewebe und verbessert die Körperwahrnehmung.
 - **Faszien-Techniken:** Löst verklebtes Hyaluron (Densifikationen) durch gezielten Release und pohltherapeutische Rolltechniken.
 - **Behandlung der Motoren:** Löst tiefe Spannungsmuster und Myogelosen.
 - **Aktive Steuerung:** Hilft Ihnen durch „Pandiculations“ (nach Thomas Hanna), festgefahrene Spannungen aktiv loszulassen.
-

Literaturliste (Fundstellen)

A

- Amir, A., Kim, S., Stecco, A., Jankowski, M. P., & Raghavan, P. (2022). Hyaluronan homeostasis and its role in pain and muscle stiffness. *PM&R*, 14(12), 1490–1496.

B

- Baar, K. (2017). Minimizing injury and maximizing return to play: Lessons from engineered ligaments. *Sports Medicine*, 47(Suppl 1), 5–11.
- Bordoni, B., & Marelli, F. (2020). Impact of stress, immunity, and signals from endocrine and nervous system on fascia. *Frontiers in Bioscience (Elite)*.
- Brandl, A., Wilke, J., Egner, C., Schmidt, T., Schilder, A., & Schleip, R. (2024). Pain quality patterns in delayed onset muscle soreness of the lower back suggest sensitization of fascia rather than muscle afferents: A secondary analysis study. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 476, 395–405.
- Bruhn, S. & Wöhl, U. (2009). *Expertise "Sensomotorisches Training - propriozeptives Training"* Bd.1 (1. Aufl.). Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

C

- Correa-Gallegos, D., Jiang, D., Christ, S., Ramesh, P., Ye, H., Wannemacher, J., Gopal, S. K., Yu, Q., Aichler, M., Walch, A., Mirastschijski, U., Volz, T., & Rinkevich, Y. (2019). Patch repair of deep wounds by mobilized fascia. *Nature*, 576, 287–292.
- Cowman, M. K., Schmidt, T. A., Raghavan, P., & Stecco, A. (2015). Viscoelastic properties of hyaluronan in physiological conditions. *F1000Research*, 4, 622.

G

- Gillies, A. R., & Lieber, R. L. (2011). Structure and function of the skeletal muscle extracellular matrix. *Muscle & Nerve*.
- Gilman, S. (2002). Joint position sense and vibration sense: anatomical organisation and assessment. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 73(5), 473–477.
- Graven-Nielsen, T., & Mense, S. (2001). The peripheral apparatus of muscle pain: Evidence from animal and human studies. *The Clinical Journal of Pain*, 17, 2–10.
- Gromakovskis, V. (2025). Exploring fascia in myofascial pain syndrome: an integrative model of mechanisms. *Front Pain Res (Lausanne)*, 6:1712242.

H

- Huijing, P. A. (1999). Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. *Journal of Biomechanics*, 32(4), 329–345.
- Huijing, P. A. (2009). Epimuscular myofascial force transmission: a historical review and implications for new research. *International Journal of Therapeutic Massage & Bodywork*, 2(4), 11–21.

J

- Julius, D., & Patapoutian, A. (2021). TRPV1 and Piezo: The 2021 Nobel Prize in Physiology or Medicine. *IUCrJ*.

K

- Knoedler, S., Broichhausen, S., Guo, R., Dai, R., Knoedler, L., Kauke-Navarro, M., Diatta, F., Pomahac, B., Machens, H. G., Jiang, D., & Rinkevich, Y. (2023). Fibroblasts - the cellular choreographers of wound healing. *Frontiers in Immunology*, 14, 1233800.

L

- Lancerotto, L., Stecco, C., Macchi, V., Porzionato, A., Stecco, A., & De Caro, R. (2011). Layers of the abdominal subcutaneous tissue: anatomical, biomechanical, and radiological analysis. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 128(1), 153–159.
- Langer, K. (1861). Zur Anatomie und Physiologie der Haut. *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, 45, 223–257.
- Leicht, B. T., Kennedy, C., & Richardson, C. (2022). Inflammatory Biochemical Mediators and Their Role in Myofascial Pain and Osteopathic Manipulative Treatment: A Literature Review. *Cureus*, 14(2):e22252.

M

- Mense, S. (2019). Innervation of the thoracolumbar fascia. *European Journal of Translational Myology*, 29(3), 8297.

N

- Nayak, T. K., Parasania, D., & Tilley, D. G. (2024). Adrenergic orchestration of immune cell dynamics in response to cardiac stress. *J Mol Cell Cardiol.*, 196:115-124.

O

- Olson, M., Solomonow, M., & Li, L. (2006). Flexion-relaxation response to cyclic lumbar flexion. *Clinical Biomechanics*, 21(7), 765-776.

P

- Preck, S. (2016). *Faszienbehandlung, Massage - Klassische Massage, Querfraktionen, Funktionsmassage, Faszienbehandlung* (4. Aufl., S. 459-494). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Purslow, P. P. (2020). The structure and role of intramuscular connective tissue in muscle function. *Frontiers in Physiology*, 11, 495.

S

- Schilder, A., Magerl, W., Klein, T., & Treede, R. D. (2018). Assessment of pain quality reveals distinct differences between nociceptive innervation of low back fascia and muscle in humans. *PAIN Reports*, 3(3), e662.
- Schleip, R. (2003). Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 7(1), 11–19.
- Schleip, R. (2016). Mechanotransduktion: Von der zellulären Ebene bis zum ganzen Körper. *Osteopathische Medizin*, 17(3), 16–21.
- Schleip, R., & Klingler, W. (2016). Stiffnessregulation faszialer Gewebe: Gibt es einen Faszientonus? In A. Arampatzis, S. Braun, & T. Lüttke (Hrsg.), *Active Health: Bewegung ist gesund* (S. 110–118). Feldhaus, Edition Czwalina.
- Schleip, R. (2025). Teil 1: Forschungsstand & Teil 2 [Unveröffentlichtes Vortragsskript, 2. November].
- Schleip, R., Findley, T. W., Chaitow, L., & Huijing, P. A. (Eds.). (2012). *Fascia: The Tensional Network of the Human Body*. Elsevier Health Sciences.
- Schleip, R., Gabbiani, G., Wilke, J., Naylor, I., Hinz, B., Zorn, A., Jäger, H., Breul, R., Schreiner, S., & Klingler, W. (2019). Fascia is able to actively contract and may thereby influence musculoskeletal dynamics: A histochemical and mechanographic investigation. *Frontiers in Physiology*, 10, 336.
- Shah, J. P., & Gilliams, E. A. (2008). Uncovering the biochemical milieu of myofascial trigger points using in vivo microdialysis: An application of muscle pain concepts to myofascial pain syndrome. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 12(4), 371–384.
- Slater, A. M., Barclay, S. J., Granfar, R. M. S., & Pratt, R. L. (2024). Fascia as a regulatory system in health and disease. *Front Neurol.*, 15:1458385.
- Smolgovsky, S., Theall, B., Wagner, N., & Alcaide, P. (2024). Fibroblasts and immune cells: At the crossroad of organ inflammation and fibrosis. *PubMed Central (PMC)*.

- Stecco, A., Bonaldi, L., Fontanella, C. G., Stecco, C., & Pirri, C. (2023). The effect of mechanical stress on hyaluronan fragments' inflammatory cascade: Clinical implications. *Life*, 13(12), 2277.
- Stecco, A., Giordani, F., Fede, C., Pirri, C., De Caro, R., & Stecco, C. (2023). From muscle to the myofascial unit: Current evidence and future perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 4527.
- Stecco, C. (2015). *Functional Atlas of the Human Fascial System*. Elsevier Health Sciences.
- Stecco, C. (2025, Oktober). *Fascia's role in pain perception* [Transkript eines Audio-Beitrags, Pain Relief Summit].
- Stecco, C., Fede, C., Macchi, V., Porzionato, A., Petrelli, L., Biz, C., Stern, R., & De Caro, R. (2018). The fasciocytes: A new cell population of fascial system. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 123(1), 162.
- Stecco, C., Stern, R., Porzionato, A., Macchi, V., Masiero, S., Stecco, A., & De Caro, R. (2011). Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 33(10), 891–896.

T

- Tesarz, J., Hoheisel, U., Wiedenhöfer, B., & Mense, S. (2011). Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans. *Neuroscience*, 194, 302–308.
- Travell, J. G., Simons, D. G., & Simons, L. S. (2018). *Travell, Simons & Simons' myofascial pain and dysfunction: The trigger point manual* (3rd ed.).
- Turrina, A., Martínez-González, M. A., & Stecco, C. (2013). The muscular force transmission system: Role of the intramuscular connective tissue. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 17(1), 95–102.

W

- Warneke, K., Thomas, E., Blazeovich, A. J., & Wilke, J. (2024). The effects of static and dynamic stretching on deep fascia stiffness: a randomized controlled cross-over study. *Sports Medicine*.

- Willard, F. H., Vleeming, A., Schuenke, M. D., Danneels, L., & Schleip, R. (2012). The thoracolumbar fascia: anatomy, function and clinical considerations. *Journal of Anatomy*, 221(6), 507–536.

Y

- Yucesoy, C. A., Koopman, B. H., Baan, G. C., Grootenboer, H. J., & Huijing, P. A. (2003). Effects of inter- and extramuscular myofascial force transmission on tri-articular force production: analysis of experimental data. *Journal of Biomechanics*, 36(12), 1797–1811.

Literatur thematisch geordnet

Anatomie der Faszie & Hyaluronsäure

Correa-Gallegos, D., Jiang, D., Christ, S., Ramesh, P., Ye, H., Wannemacher, J., Gopal, S. K., Yu, Q., Aichler, M., Walch, A., Mirastschijski, U., Volz, T., & Rinkevich, Y. (2019). Patch repair of deep wounds by mobilized fascia. *Nature*, 576, 287–292.

Knoedler, S., Broichhausen, S., Guo, R., Dai, R., Knoedler, L., Kauke-Navarro, M., Diatta, F., Pomahac, B., Machens, H. G., Jiang, D., & Rinkevich, Y. (2023). Fibroblasts - the cellular choreographers of wound healing. *Frontiers in Immunology*, 14, 1233800

Stecco, C. (2015). *Functional Atlas of the Human Fascial System*. Elsevier Health Sciences. (Das Standardwerk zur modernen makroskopischen Faszienanatomie).

Stecco, C., Stern, R., Porzionato, A., Macchi, V., Masiero, S., Stecco, A., & De Caro, R. (2011). Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 33(10), 891–896. <https://doi.org/10.1007/s00276-011-0876-9>

Stecco, C., Fede, C., Macchi, V., Porzionato, A., Petrelli, L., Biz, C., Stern, R., & De Caro, R. (2018). The fasciocytes: A new cell population of fascial system. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 123(1), 162. (Hier wird der Begriff "Fasciocyten" aus der Grafik wissenschaftlich definiert).

Lancerotto, L., Stecco, C., Macchi, V., Porzionato, A., Stecco, A., & De Caro, R. (2011). Layers of the abdominal subcutaneous tissue: anatomical, biomechanical, and radiological analysis. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 128(1), 153–159. (Beleg für die Unterteilung in SAT, Superficial Fascia und DAT).

Cowman, M. K., Schmidt, T. A., Raghavan, P., & Stecco, A. (2015). Viscoelastic properties of hyaluronan in physiological conditions. *F1000Research*, 4, 622.

Sensorik, Innervation & Schmerz

Amir, A., Kim, S., Stecco, A., Jankowski, M. P., & Raghavan, P. (2022). Hyaluronan homeostasis and its role in pain and muscle stiffness. *PM&R*, 14(12), 1490–1496.

Brandl, A., Wilke, J., Egner, C., Schmidt, T., Schilder, A., & Schleip, R. (2024). Pain quality patterns in delayed onset muscle soreness of the lower back suggest sensitization of fascia rather than

muscle afferents: A secondary analysis study. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 476, 395–405..

Schilder, A., Magerl, W., Klein, T., & Treede, R. D. (2018). Assessment of pain quality reveals distinct differences between nociceptive innervation of low back fascia and muscle in humans. *PAIN Reports*, 3(3), e662.

Schleip, R. (2025, 2. November). Teil 1: Forschungsstand [Unveröffentlichtes Vortragsskript].

Schleip, R. (2025, 2. November). Teil 2 [Unveröffentlichtes Vortragsskript].

Stecco, A., Bonaldi, L., Fontanella, C. G., Stecco, C., & Pirri, C. (2023). The effect of mechanical stress on hyaluronan fragments' inflammatory cascade: Clinical implications. *Life*, 13(12), 2277.

Stecco, C. (2025, Oktober). Fascia's role in pain perception [Transkript eines AudioBeitrags, Pain Relief Summit].

Schleip, R. (2003). Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 7(1), 11–19. (Ein Klassiker zur Einführung der Faszie als sensorisches Organ).

Schleip, R., Findley, T. W., Chaitow, L., & Huijing, P. A. (Eds.). (2012). *Fascia: The Tensional Network of the Human Body - E-Book: The science and clinical applications in manual and movement therapy*. Elsevier Health Sciences.

Tesarz, J., Hoheisel, U., Wiedenhöfer, B., & Mense, S. (2011). Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans. *Neuroscience*, 194, 302–308. (Schlüsselstudie, die beweist, dass die Faszie dicht innerviert ist und Schmerzquelle sein kann). Mense, S. (2019). Innervation of the thoracolumbar fascia. *European Journal of Translational Myology*, 29(3), 8297.

Willard, F. H., Vleeming, A., Schuenke, M. D., Danneels, L., & Schleip, R. (2012). The thoracolumbar fascia: anatomy, function and clinical considerations. *Journal of Anatomy*, 221(6), 507–536.

Myofaszielles Schmerzsyndrom - Immunsystem, autonomes Nervensystem

Schleip, R., Gabbiani, G., Wilke, J., Naylor, I., Hinz, B., Zorn, A., Jäger, H., Breul, R., Schreiner, S., & Klingler, W. (2019). Fascia is able to actively contract and may thereby influence musculoskeletal dynamics: A histochemical and mechanographic investigation. *Frontiers in Physiology*, 10, 336. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00336>

Stecco, C., Stern, R., Porzionato, A., Macchi, V., Masiero, S., Stecco, A., & De Caro, R. (2011). Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 33(10), 891–896. <https://doi.org/10.1007/s00276-011-0876-9>

Bordoni, B., & Marelli, F. (2020). Impact of stress, immunity, and signals from endocrine and nervous system on fascia. *Frontiers in Bioscience (Elite)*. <https://www.imrpress.com/journal/fbe/13/1/10.2741/870>

Slater AM, Barclay SJ, Granfar RMS, Pratt RL. Fascia as a regulatory system in health and disease. *Front Neurol*. 2024;15:1458385. Published 2024 Aug 7. doi:10.3389/fneur.2024.1458385

Nayak TK, Parasania D, Tilley DG. Adrenergic orchestration of immune cell dynamics in response to cardiac stress. *J Mol Cell Cardiol.* 2024;196:115-124.

doi:10.1016/j.jmcc.2024.09.010

Smolgovsky, S., Theall, B., Wagner, N., & Alcaide, P. (2024). Fibroblasts and immune cells: At the crossroad of organ inflammation and fibrosis. PubMed Central

(PMC). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11219060/>

Gromakovskis V., Exploring fascia in myofascial pain syndrome: an integrative model of mechanisms. *Front Pain Res (Lausanne).* 2025;6:1712242. Published 2025 Oct 27.

doi:10.3389/fpain.2025.1712242

Leicht BT, Kennedy C, Richardson C. Inflammatory Biochemical Mediators and Their Role in Myofascial Pain and Osteopathic Manipulative Treatment: A Literature Review. *Cureus.*

2022;14(2):e22252. Published 2022 Feb 15. doi:10.7759/cureus.22252

Kraftübertragung & Biomechanik

Huijing, P. A. (1999). Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. *Journal of Biomechanics*, 32(4), 329–345. (Der "Klassiker" zur lateralen Kraftübertragung).

Huijing, P. A. (2009). Epimuscular myofascial force transmission: a historical review and implications for new research. *International Journal of Therapeutic Massage & Bodywork*, 2(4), 11–21.

Yucesoy, C. A., Koopman, B. H., Baan, G. C., Grootenboer, H. J., & Huijing, P. A. (2003). Effects of inter- and extramuscular myofascial force transmission on tri-articular force production: analysis of experimental data. *Journal of Biomechanics*, 36(12), 1797–1811.

Endomysium

Purslow, P. P. (2020). The structure and role of intramuscular connective tissue in muscle function. *Frontiers in Physiology*, 11, 495. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00495>

Stecco, A., Giordani, F., Fede, C., Pirri, C., De Caro, R., & Stecco, C. (2023). From muscle to the myofascial unit: Current evidence and future perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 4527. <https://doi.org/10.3390/ijms24054527>

Turrina, A., Martínez-González, M. A., & Stecco, C. (2013). The muscular force transmission system: Role of the intramuscular connective tissue. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 17(1), 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.06.001>

Gillies, A. R., & Lieber, R. L. (2011). Structure and function of the skeletal muscle extracellular matrix. *Muscle & Nerve*.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3177172/>

Schmerz

Julius, D., & Patapoutian, A. (2021). TRPV1 and Piezo: The 2021 Nobel Prize in Physiology or Medicine. *IUCrJ*. <https://journals.iucr.org/m/issues/2022/01/00/me6171/>

Graven-Nielsen, T., & Mense, S. (2001). The peripheral apparatus of muscle pain: Evidence from animal and human studies. *The Clinical Journal of Pain*, 17, 2–10.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11289084/>

Shah, J. P., & Gilliams, E. A. (2008). Uncovering the biochemical milieu of myofascial trigger points using in vivo microdialysis: An application of muscle pain concepts to myofascial

pain syndrome. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 12(4), 371–384. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19083696/>

Travell, J. G., Simons, D. G., & Simons, L. S. (2018). Travell, Simons & Simons' myofascial pain and dysfunction: The trigger point manual (3rd ed.; J. M. Donnelly, Ed.).

Haut & Rezeptoren (Allgemeine Histologie für die Bildinhalte)

Langer, K. (1861). Zur Anatomie und Physiologie der Haut. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 45, 223–257. (Historischer Klassiker zu den Spaltlinien der Haut, relevant für die Struktur des dermalen Bindegewebes).

Gilman, S. (2002). Joint position sense and vibration sense: anatomical organisation and assessment. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 73(5), 473–477.