

Wissenschaftliche Rationale: MotionThumb

Biomechanische und neurophysiologische Optimierung der manuellen Therapie durch automatisierte Handauflagen-Generierung

Einleitung

Die tägliche Ausübung manueller Techniken in Physiotherapie, Osteopathie und Massage stellt eine biomechanische Hochlast-Situation für den Bewegungsapparat dar. Besonders das Daumensattelgelenk (CMC-I) ist aufgrund seiner anatomischen Beschaffenheit anfällig für repetitive Mikrotraumata. Arbeitsbedingte Muskel-Skelett-Erkrankungen (WMSD) sind in der Physiotherapie umfassend dokumentiert: Über 90 % der Befragten berichten von arbeitsbezogenen Beschwerden im Berufsleben, etwa jede:r Sechste wechselt deswegen Arbeitsfeld oder Beruf (Cromie et al., 2000); für manuell arbeitende Therapeut:innen ist eine hohe Prävalenz arbeitsbezogener Daumenschmerzen belegt (Wajon & Ada, 2003). Diese Rationale erläutert, warum morphometrisch individualisierte Handauflagen die berufstypischen Risiken wie Rhizarthrose senken können und zugleich die therapeutische Präsenz unterstützen.

I Die biomechanische Hebel-Falle

Das Daumensattelgelenk (Articulatio carpometacarpalis pollicis) verdankt seine Beweglichkeit einer relativ lockeren Gelenkkapsel – zu Lasten der intrinsischen Stabilität bei axialer Belastung. Klassische Studien der Handbiomechanik belegen, dass axiale Kräfte an der Daumenkuppe im Sattelgelenk um das 10- bis 12-Fache potenziert werden (Cooney & Chao, 1977): Aus moderaten 5 kg Behandlungsdruck werden 50–60 kg Kompressionskraft auf der kleinen Gelenkfläche des CMC-I. Diese Punktbelastung komprimiert den Gelenkknorpel unphysiologisch; langfristig resultiert beschleunigter Verschleiß, klinisch manifest als Rhizarthrose (Neumann, 2016). Begleitmechanismen: Hyperextension von MCP-/IP-Gelenk mit Überdehnung der Volarplatte und funktioneller Instabilität (Hagberg, 1996), Tendovaginitis de Quervain im ersten Strecksehnenfach sowie Kompression der Nn. digitales palmares mit Parästhesien und Palpationsverlust (Putz-Anderson, 1987).

II Die Lösung: Gelenkkongruenz in der Closed-Packed-Position

Prävention von Gelenkverschleiß erfordert die Maximierung der Kontaktfläche, um einwirkende Kräfte flächig zu verteilen ($\text{Druck} = \text{Kraft} / \text{Fläche}$). Die Formgebung nutzt die Prokrustes-Analyse, um die individuelle Anatomie in die Closed-Packed-Position zu überführen – eine therapeutische C-Position mit Abduktionswinkel zwischen 38° und 46°. In dieser Stellung erreichen die Gelenkflächen maximale Deckung (Kongruenz): Die Last wird von den vulnerablen Kapsel-Band-Strukturen auf die stabile knöcherne Kette verlagert, der intraartikuläre Flächendruck sinkt, der Knorpelstress wird minimiert – auch unter Hochlast. Zugleich verhindert die palmare Abstützung von MCP- und IP-Gelenk die schädliche Hyperextension: Die Kraftübertragung erfolgt rein axial über die stabilisierte Knochenkette.

III Neurophysiologie und Perfusion

Um den Daumen unter Druck zu stabilisieren, feuern Agonisten und Antagonisten in Unterarm und Thenar gleichzeitig (Co-Kontraktion). Der intramuskuläre Druck steigt dabei so weit, dass die kapillare Durchblutung mechanisch gedrosselt wird (Okklusion). Die resultierende lokale Ischämie führt zu Sauerstoffmangel und

Laktat-Akkumulation; die muskuläre Ausdauer sinkt messbar (Sjøgaard et al., 1988). Die individualisierte Auflage übernimmt die statische Stabilisierungsarbeit passiv: Der intramuskuläre Druck bleibt unter der kritischen Okklusionsschwelle, die arterielle Perfusion und der Laktatabtransport bleiben erhalten, die feinmotorische Präzision bleibt über den Arbeitstag stabil (Putz-Anderson, 1987). Ergänzend reduziert die formschlüssige Grifffläche das signalabhängige Rauschen (signal-dependent noise) der motorischen Ansteuerung: Nach dem Prinzip der minimalen Intervention genügt weniger neuronaler Drive für denselben therapeutischen Druck – die neuromuskuläre Effizienz (NME) steigt.

IV Methodik: vom Foto zur individuellen Form

01 Fotografische Formerfassung

Bildbasierte Vermessung der Hand – ohne Abdruck, ohne Scanner.

02 Elliptische Fourier-Analyse (EFA)

Mathematische, rauschfreie Beschreibung der individuellen Handkontur.

03 Landmarken-Identifikation (K-Means)

Reproduzierbare Erkennung der biologischen Drehpunkte und Gelenkachsen.

04 Prokrustes-Transformation

Überführung der Anatomie in die Closed-Packed-Position (38°–46° Abduktion).

05 Additive Fertigung, variable Gitterdichten

Materialgradienten: weich über Nervenbahnen, stützend an Lastzonen.

V Psychophysiologische Perspektive

Nozizeptive Signale aus einem überlasteten Daumen triggern eine sympathische Stressantwort des Therapeuten. Entfällt dieser Dauerstressor, entstehen bessere Bedingungen für parasympathische Regulation und ruhige, präsente Arbeit am Klienten (vgl. Polyvagal-Theorie, Porges, 2011). Diesen Zusammenhang führen wir bewusst auf Hypothesenebene; belastbare Messungen stehen aus.

Evidenzstatus – transparent gemacht: Die beschriebenen Mechanismen sind biomechanisch und physiologisch begründet und mit Literatur belegt. Für MotionThumb selbst liegt bisher eine dokumentierte Einzelfallbeobachtung vor. 2026 startet daher eine strukturierte, zwölfwöchige Praxis-Beobachtung mit Berufsverbänden in D-A-CH, um eine Datengrundlage unter realen Praxisbedingungen aufzubauen. Es handelt sich nicht um eine Zulassungsstudie; aus den Ergebnissen werden keine kausalen Wirksamkeitsaussagen abgeleitet.

Literatur und Quellenbelege

- Cooney, W. P. & Chao, E. Y. (1977): Biomechanical analysis of static forces in the thumb during hand function. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 59(1), 27–36.
- Cromie, J. E., Robertson, V. J. & Best, M. O. (2000): Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: Prevalence, severity, risks, and responses. *Physical Therapy*, 80(4), 336–351.
- Hagberg, M. (1996): ABC of work related disorders: Neck and arm disorders. *BMJ*, 313, 419–422.
- Neumann, D. A. (2016): *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation*. 3. Aufl., Elsevier.
- Porges, S. W. (2011): *The Polyvagal Theory: Neurophysiological Foundations of Emotions, Attachment, Communication, and Self-Regulation*. W. W. Norton.
- Putz-Anderson, V. (1987): *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs*. Taylor & Francis.
- Sjøgaard, G., Savard, G. & Juel, C. (1988): Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 57(3), 327–335.
- Wajon, A. & Ada, L. (2003): Prevalence of thumb pain in physical therapists practicing spinal manipulative therapy. *Journal of Hand Therapy*, 16(3), 237–244.