

Christian Egloff<sup>1</sup>, Carlo Cammathias<sup>2</sup>, Victor Valderrabano<sup>1</sup>, Geert Pagenstert<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Orthopaedic Department, University Hospital, University of Basel, Basel, Switzerland

<sup>2</sup> Kinderspital beider Basel (UKBB), University Hospital, University of Basel, Basel, Switzerland

# Knieinstabilität als Ursache für die Entwicklung der Gonarthrose?

## Zusammenfassung

Stabilität eines Gelenkes ist die Fähigkeit eine adäquate und funktionelle Position während des ganzen Bewegungsablaufes zu halten. Mechanisches Alignment, ligamentäre Stabilität und neuromuskuläre Propriozeption sind dabei die essentiellen Faktoren um eine schmerzfreie Bewegung und eine physiologische Gelenkshomöostase zu gewährleisten. Die Störung des Zusammenspiels dieser Faktoren fördert die Entwicklung und Progression der Gelenksarthrose. Das Kniegelenk ist dabei eines der am häufigsten betroffenen Gelenke und eine Gonarthrose tritt oft bereits im mittleren Lebensalter auf, was zu relevanten Einschränkungen im Alltag des Patienten führen kann. Die wissenschaftliche Evidenz unterstützt unser heutiges Verständnis, dass eine Gelenkinstabilität mit einer Progression der Arthrose einhergeht. Auf der anderen Seite sind die Langzeit Resultate von gelenksstabilisierenden Massnahmen wie Bandrekonstruktionen, Meniskus chirurgie oder Achsen-Umstellungseingriffe nicht eindeutig und werden aktuell intensiv diskutiert.

## Abstract

The term stability is defined as the ability of a joint to maintain an appropriate functional position throughout its range of motion. Mechanical alignment, ligamentous stability and neuromuscular proprioception are the key factors to provide painless movements and physiological homeostasis. Derangements of these determinants enhance the initiation and progression of Osteoarthritis (OA). The knee is one of the most common joints affected by OA, frequently with clinical presentation by middle age or even earlier and a crucial influence on patients' mobility and the quality of life. Accumulation evidence supports that knee OA progression is often driven by joint-instability. However our current knowledge regarding long-term results of joint-stabilizing procedures, such as ligament reconstruction, meniscal or realignment surgery is limited and is still intensively discussed.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 59 (4), 158–160, 2011

## Hintergrund

Lokale mechanische Faktoren wie Malalignment, Laxität und herabgesetzte propriozeptive Fähigkeiten werden heute als mögliche ursächliche Faktoren im natürlichen Verlauf der Osteoarthritis (OA) diskutiert. Diese präsentieren sich mit Gelenkschmerzen, progressivem Verlust der Gelenksfunktion sowie strukturellen Schäden der Gelenksintegrität. Die meisten Daten, die wir in der aktuellen Literatur finden, stützen sich dabei auf Studien mit Patienten, die an Kniearthrose leiden.

Radiologisch nachgewiesene Arthrose führt bei Weitem nicht bei allen Patienten zu Schmerzen oder invalidisierenden Funktionsstörungen. Dennoch ist der ökonomische Einfluss dieser Krankheit enorm [1]. Das Risiko der Invalidität (Benötigen eines Gehstockes, Schwierigkeiten, Treppen zu steigen) aufgrund der Kniearthrose beim älteren Patienten ist vierfach erhöht und dabei grösser als bei jedem anderen medizinischen Leiden [2]. Dieser Artikel soll den Einfluss der Stabilität auf die Entwicklung und Progression der Arthrose beleuchten am Beispiel des Kniegelenkes.

## Gelenksstabilität

Adäquate Stabilität eines Gelenkes ist essenziell, um mechanischer Belastung zu widerstehen, eine physiologische Druckverteilung

zu gewährleisten und die physiologische Gelenkshomöostase zu bewahren. Zur Stabilität tragen verschiedene Faktoren wie mechanisches Alignment, ligamentäre Stabilität, Muskelkraft und neuromuskuläre Propriozeption bei. Das Zusammenspiel dieser Faktoren ist entscheidend, um eine schmerzfreie Bewegung und eine ansprechende Funktionalität zu gewährleisten (Abb. 1).

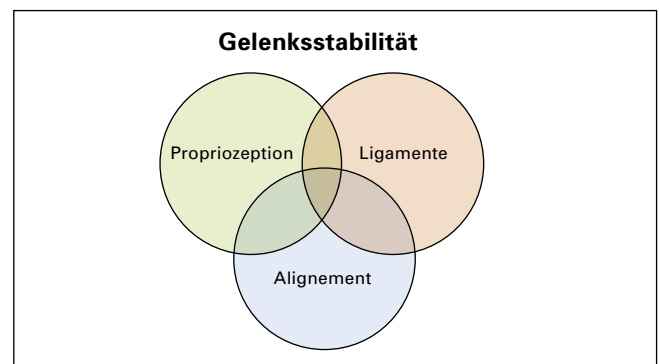


Abbildung 1: Schematische Darstellung der biomechanischen Faktoren, die nur gemeinsam und aufeinander abgestimmt einen physiologischen Bewegungsablauf ermöglichen und so vor einer Gelenksdegeneration schützen.

Die Definition der Stabilität kann wie folgt umschrieben werden: «Stabilität ist die Fähigkeit eines Gelenkes, eine adäquate und funktionelle Position während des ganzen Bewegungsablaufes zu halten» [3]. Über die letzten zwei Jahrzehnte konnte gezeigt werden, dass der Verlust der Gelenkstabilität wie Ligamentrupturen, Meniskusschäden, posttraumatische Knorpeldefekte, Malalignment, Muskelatrophie wie auch muskuläre Überlastung Risikofaktoren für die Initiierung und Progression der Kniegelenksarthrose darstellen [4–6].

### Alignment

Bei einer normalen Achse der unteren Extremität läuft die resultierende Kraft (joint reaction force) durch das mediale Kompartiment des Kniegelenkes und übernimmt 60–80% der Belastung [7]. Wir haben somit einen physiologischen Varus von 0–2°. Diese Verteilung löst ein Adduktions-Moment (AddM) aus und mag eine Erklärung sein, dass die tibiofemorale Arthrose medial deutlich häufiger auftritt als lateral. Eine Varusfehlstellung vergrößert das AddM (vergrößerter Hebelarm) und führt zu einer Druckerhöhung im medialen Kompartiment. Die Valgusfehlstellung hingegen verringert den Hebelarm und somit das AddM. Dies kann jedoch die Druckverteilung auf das laterale Kniekompartiment umlagern mit denselben möglichen Konsequenzen. Eine systematische Review-Arbeit von Tanamas und Kollegen konnte dabei den Zusammenhang zwischen Malalignment und der Progression einer Gonarthrose aufzeigen und somit die mechanische Achse als eigenständigen Risikofaktor bestimmen. Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass der Grad der Achsabweichung proportional mit der Gelenkinstabilität einhergeht und umgekehrt proportional zur Gelenkspaltverschmälerung wächst [8].

### Ligamentäre Laxität und Muskelkraft

Laxität, am Beispiel des Kniegelenkes, ist definiert als abnormale Rotation oder Dislokation der Tibia relativ zum Femur. Diese Bewegung kann grosse Verschiebungen der artikulierenden Gelenkflächen, der Gelenkskongruenz und Kontaktflächen herbeiführen und dabei destruierende Scher- und Kompressionskräfte hervorrufen. Die häufigste Form der Laxität ist die Varus- und Valgus-Laxität. Sie tritt vermehrt mit dem Alter auf, ist häufiger bei Frauen als bei Männern, ist eindeutig assoziiert mit einem höheren Risiko für die Entwicklung von OA (insbesondere nach ligamentären Verletzungen) und scheint das Kraft-Funktions-Verhältnis während der Gelenkbewegung negativ zu beeinflussen [9, 10]. Wie im Tiermodell konnte auch beim Menschen nachgewiesen werden, dass der Verlust des vorderen Kreuzbandes (VKB) vergesellschaftet ist mit Muskelatrophie, veränderten somatosensorischen Aktivierungsmustern und abnormen Ganganalysen [11–13].

Die Muskelkraft, speziell des M. quadriceps femoris beim Knie, wird zudem als unterstützender stabilisierender Faktor in der Schwung- und Standphase des Ganges diskutiert [6, 11, 14]. Vergleichbar hierzu zeigten Valderrabano et al. eine signifikante Abnahme der Muskelkraft in dorsal und plantar Flexion des oberen Sprunggelenkes (OSG) (35.1% resp. 36.2%) bei Patienten mit OSG-Arthrose im Endstadium, verglichen mit einer Alters- und Geschlechts-abgestimmten Kontrollgruppe [15].

Gelenksüberlastung durch exzessives Muskeltraining hingegen kann die destruktive Kaskade der OA noch vorantreiben. Studien, die spezifisches Muskeltraining beim Menschen untersuchten, konnten hierbei keinen protektiven Effekt bei Knien mit Ligament-Instabilität oder Malalignment nachweisen [16, 17]. Die Arbeit von Schmitt und Kollegen zeigte zudem, dass verstärkte Muskel-Ko-Kontraktionen bei vorliegender Knieinstabilität deutliche Knorpelläsionen hervorrufen kann aufgrund von hohen Kompressionskräften und exzessiven Scherkräften [18].

### Propriozeption

Sensorische Rückmeldungen der Extremität (inklusive Kniegelenksstrukturen) erlauben eine Muskelaktivität, die die Bewegung wie auch die Gelenkstabilität massgeblich bestimmen und zugleich enorm wichtig sind, um das Gelenk vor Verletzungen zu schützen. Propriozeptives Training führt dabei zu einem verbesserten Zusammenspiel von räumlicher und zeitlicher Koordination von Muskelaktivität und Gelenksposition und erlaubt somit adäquate Kraft- und Druckverteilungen innerhalb des Gelenkes. Dies könnte zu einer Reduktion von Gelenksschmerzen und einer Verbesserung der Funktion führen und somit die Progression von strukturellen Gelenksschäden verlangsamen. Diese Schlussfolgerungen konnten bis heute jedoch noch nicht bestätigt werden.

Wie die Laxität, nehmen auch die propriozeptiven Fähigkeiten mit dem Alter ab. Es konnte zudem gezeigt werden, dass die sportliche Aktivität mit der propriozeptiven Genauigkeit einhergeht und bei Knien mit Arthrosezeichen deutliche Einbussen in der Propriozeption zu verzeichnen sind, verglichen mit einer Alters- und Geschlechts-abgestimmten Kontrollgruppe [19]. Verschiedene Studien legten dar, dass Muskeltraining sowie externe Stabilisatoren (Bandagen, Taping, Orthesen) eine moderate Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten bei Patienten mit bereits manifester Gonarthrose erzielen [10]. Ob diese Verbesserung jedoch auch eine Schmerzlinderung oder eine Funktionsverbesserung bringt, bleibt aber weiterhin unklar.

### Diskussion

Die Wiederherstellung der Kniestabilität und Funktion bilden die grundlegenden Prinzipien jeder Therapiestrategie, um Folgeschäden von Meniskus und Knorpel zu verhindern und degenerative Veränderungen zu verzögern [20–22]. Lohmander et al. konnte zeigen, dass Patienten mit Knien ohne funktionelles VKB nach 10 Jahren in über 50% und nach 20 Jahren bis zu 90% eine manifeste Gonarthrose entwickeln. Zusätzlich konnte eindeutig gezeigt werden, dass bei diesen Patienten der Anteil der Meniskusschäden proportional zur Zeit zunimmt [23].

Heute ist es uns möglich, solchen Instabilitäten mit modernen orthopädisch-chirurgischen Methoden zu begegnen. Ligamente (Seitenbänder, Kreuzbänder) können mit suffizientem Erfolg rekonstruiert oder ersetzt werden [20, 24, 25]. Prinzipiell ist somit die Wiederherstellung einer adäquaten Stabilität und Biomechanik möglich. Es konnte auch gezeigt werden, dass bei rekonstruierten Knien deutlich weniger Meniskus- und Knorpelschädigungen auftreten und somit einen indirekten Schutz vor Arthrosebildung bieten können [21, 23]. Verschiedene Autoren publizierten die Langzeit-Resultate bezüglich der Progression der Gonarthrose nach VKB-Rekonstruktion, jedoch sind die Resultate kontrovers und somit ernüchternd aufzufassen, sodass wir aktuell keine Evidenz über den Erfolg dieser Strategien haben [26].

Die Frage stellt sich unweigerlich in den Raum, woher die kontroversen Ergebnisse in der Literatur kommen, wenn doch die Ursache der Arthrose, i.e. die Instabilität, eigentlich klar erscheinen sollte? Unserer Meinung nach spielen neben der Instabilität verschiedene weitere Faktoren gewichtige Rollen im Prozess der Pathogenese der Arthrose, wie zum Beispiel das initiale Trauma, mit den einhergehenden Knorpel und Knochenverletzungen, die verschiedenen Operationstechniken, Systemerkrankungen (rheumatoide Arthritis, Gicht usw.), genetische Prädisposition oder die lokale Entzündungsreaktion, die durch die genannten Faktoren getriggert wird [27].

### Schlussfolgerung

Instabilität des Kniegelenkes, wie auch in allen anderen Gelenken führt ohne Zweifel zu Arthrose und ist ein unabhängiger Risikofaktor. Daher muss es unser Bestreben sein, diesen Risikofaktor

anzugehen und eine diagnostizierte Knieinstabilität zu beheben. Eine symptomatische Therapie zu Verhinderung einer Operation oder Verzögerung des pathomechanistischen Vorschreitens der Krankheit kommt mit der Kapitulation der Humanmedizin gleich. Die Forschung nach physiologischen und atraumatischen Stabilisierungstechniken, die Forschung nach Ursachen und Entwicklung in der Früharthrose müssen vorangetrieben werden und die Erkenntnis der Arthrose als multidimensionales Krankheitsgeschehen muss in die Behandlung einfließen.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Geert Pagenstert, Leitender Oberarzt, Orthopädische Universitätsklinik, Teamleiter Kniechirurgie, Behandlungszentrum Bewegungsapparat, Universitätsspital Basel, Spitalstrasse 21, CH-4031 Basel, Schweiz, Tel. +41 61 328 72 05, Fax +41 61 265 78 29, E-Mail: gpagenstert@uhbs.ch

### Literatur:

- 1 Felson, D.T., et al., The incidence and natural history of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum*, 1995. 38(10): p. 1500–1505.
- 2 Ettinger, W.H., et al., Long-term physical functioning in persons with knee osteoarthritis from NHANES. I: Effects of comorbid medical conditions. *J Clin Epidemiol*, 1994. 47(7): p. 809–815.
- 3 Miller, M., *Review of Orthopaedics*. 2008. 5<sup>th</sup> edition.
- 4 Herzog, W., et al., Hindlimb loading, morphology and biochemistry of articular cartilage in the ACL-deficient cat knee. *Osteoarthritis Cartilage*, 1993. 1(4): p. 243–251.
- 5 Helminen, H.J., et al., [The effect of loading on articular cartilage]. *Duodecim*, 1992. 108(12): p. 1097–1107.
- 6 Sun, H.B., Mechanical loading, cartilage degradation, and arthritis. *Ann N Y Acad Sci*, 2010. 1211: p. 37–50.
- 7 Tanamas, S., et al., Does knee malalignment increase the risk of development and progression of knee osteoarthritis? A systematic review. *Arthritis Rheum*, 2009. 61(4): p. 459–467.
- 8 van der Esch, M., et al., Structural joint changes, malalignment, and laxity in osteoarthritis of the knee. *Scand J Rheumatol*, 2005. 34(4): p. 298–301.
- 9 Hasler, E.M. and W. Herzog, Quantification of in vivo patellofemoral contact forces before and after ACL transection. *J Biomech*, 1998. 31(1): p. 37–44.
- 10 Sharma, L., The role of proprioceptive deficits, ligamentous laxity, and malalignment in development and progression of knee osteoarthritis. *J Rheumatol Suppl*, 2004. 70: p. 87–92.
- 11 Herzog, W. and D. Longino, The role of muscles in joint degeneration and osteoarthritis. *J Biomech*, 2007. 40 Suppl 1: p. S54–63.
- 12 Snyder-Mackler, L., S.A. Binder-Macleod, and P.R. Williams, Fatigability of human quadriceps femoris muscle following anterior cruciate ligament reconstruction. *Med Sci Sports Exerc*, 1993. 25(7): p. 783–789.
- 13 Tochigi, Y., et al., Instability dependency of osteoarthritis development in a rabbit model of graded anterior cruciate ligament transection. *J Bone Joint Surg Am*, 2011. 93(7): p. 640–647.
- 14 Roos, E.M., et al., Muscle weakness, afferent sensory dysfunction and exercise in knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol*, 2011. 7(1): p. 57–63.
- 15 Valderrabano, V., et al., Lower leg muscle atrophy in ankle osteoarthritis. *J Orthop Res*, 2006. 24(12): p. 2159–2169.
- 16 Amin, S., et al., Quadriceps strength and the risk of cartilage loss and symptom progression in knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 2009. 60(1): p. 189–198.
- 17 Slemenda, C., et al., Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis Rheum*, 1998. 41(11): p. 1951–1959.
- 18 Schmitt, L.C. and K.S. Rudolph, Muscle stabilization strategies in people with medial knee osteoarthritis: the effect of instability. *J Orthop Res*, 2008. 26(9): p. 1180–1185.
- 19 Sharma, L., et al., Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis? *Arthritis Rheum*, 1997. 40(8): p. 1518–1525.
- 20 Church, S. and J.F. Keating, Reconstruction of the anterior cruciate ligament: timing of surgery and the incidence of meniscal tears and degenerative change. *J Bone Joint Surg Br*, 2005. 87(12): p. 1639–1642.
- 21 Fithian, D.C., L.W. Paxton, and D.H. Goltz, Fate of the anterior cruciate ligament-injured knee. *Orthop Clin North Am*, 2002. 33(4): p. 621–636, v.
- 22 Wu, W.H., T. Hackett, and J.C. Richmond, Effects of meniscal and articular surface status on knee stability, function, and symptoms after anterior cruciate ligament reconstruction: a long-term prospective study. *Am J Sports Med*, 2002. 30(6): p. 845–850.
- 23 Lohmander, L.S., et al., The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med*, 2007. 35(10): p. 1756–1769.
- 24 Mihelic, R., et al., Long-term results of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison with non-operative treatment with a follow-up of 17–20 years. *Int Orthop*, 2011. 35(7): p. 1093–1097.
- 25 Maletius, W. and K. Messner, Eighteen- to twenty-four-year follow-up after complete rupture of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*, 1999. 27(6): p. 711–717.
- 26 Streich, N.A., et al., Reconstructive versus non-reconstructive treatment of anterior cruciate ligament insufficiency. A retrospective matched-pair long-term follow-up. *Int Orthop*, 2011. 35(4): p. 607–713.
- 27 Ayral, X., Arthroscopy and joint lavage. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 2005. 19(3): p. 401–415.