



# Impingement-Chirurgie als Prävention der Koxarthrose?

**Das Vorhandensein knöcherner Formstörungen des Hüftgelenks wird als Risikofaktor für die Entstehung einer Hüftgelenkarthrose angesehen. Im Sinne einer Primärprävention werden seit Jahrzehnten entsprechende konservative und operative Korrekturen kindlicher Hüftgelenkerkrankungen, wie z. B. der Hüftdysplasie, unternommen. Analoge operative Ansätze bestehen seit geraumer Zeit für die Behandlung der adulten Hüftdysplasie. In den vergangenen Jahren ist das femoroazetabuläre Impingement (FAI) des Erwachsenen mehr und mehr in den Fokus klinischer Studien und konservativer und operativer Behandlung gerückt.**

Zahlreiche Studien konnten nachweisen, dass das FAI ein Risikofaktor für die vorzeitige Entstehung einer Koxarthrose ist. Allerdings zeigten van Klij et al. [25] auf, dass insbesondere die Cam-Morphologie mit der Ausbildung einer Osteoarthrose assoziiert ist, wohingegen für die Pincer-Morphologie dieser Zusammenhang nicht nachgewiesen werden konnte.

Das Vorhandensein eines FAI führt weniger zu einer statischen, dafür aber zu einer gesteigerten dynamischen Beanspruchung des Gelenks. Die Ausübung einiger Sportarten konnte als Risikofaktor für die Entstehung einer Cam-Deformität nachgewiesen werden [7, 21, 24]. Zum einen ist dies auf eine erhöhte mechanische Belastung des Gelenk bei der Ausübung dieser insbesondere den Richtungswechselsportarten [5, 23, 24] angehörenden Bewegungsmustern zurückzuführen. Andererseits ist insbesondere

für die Cam-Deformität bekannt, dass im Wachstumsalter ausgeübte Sportarten, die mit einer hohen Belastung auf die Epiphysenfuge einhergehen, zur Ausbildung einer Asphärität des Kopf-Hals-Übergangs führen können [12].

## » Der Cam-Typ führt typischerweise zu einer Knorpelschädigung im anterosuperioren Pfannenbereich

Das FAI vom Cam-Typ führt typischerweise zu einer Knorpelschädigung im anterosuperioren Pfannenbereich, sekundär wird das Labrum geschädigt. Beim FAI vom Pincer-Typ kommt es primär zu einer Schädigung des Pfannenrands mit dem dort befindlichen Labrum und dem angrenzenden Pfannenrandknorpel.

Häufig liegen Mischformen vor. Gemeinsam ist diesen, dass der Knorpelschaden regelhaft im Bereich der Hauptbelastungszone auftritt und somit ungünstig für das Hüftgelenk ist. Die Korrektur dieser knöchernen Deformität wird seit der Beschreibung des FAI häufig durchgeführt und hat in der Zwischenzeit einen festen Platz in der täglichen chirurgischen Patientenversorgung [10].

Offene und arthroskopische Verfahren konkurrieren miteinander, wobei mit beiden Verfahren eine entsprechende knöcherne Korrektur möglich ist. Wichtig bei der Therapie des Impingements ist die Mitversorgung von entstandenen Sekundärläsionen an Labrum und Knorpel, da diese häufig schmerzursächlich sind [9, 14].

Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang, dass die gelenkerhaltende Hüftchirurgie dabei auf bereits vorliegende Behandlungsmethoden, insbesondere die Knorpeltherapie, aus dem Bereich der Kniearthroskopie zurückgreifen kann.

## Ergebnisse der FAI-Behandlung

Die bisherige Datenlage zur konservativen Behandlung eines klinisch symptomatischen FAI ist heterogen und die Aussagekraft der meisten publizierten Studien begrenzt. Patienten, die in den untersuchten Kohorten von einer konservativen Therapie mit klinischer Evidenz profitierten, erhielten Physiotherapie zur Kräftigung der abdominellen Muskulatur sowie Detonisierung der Hüftbeuger und paravertebralen Muskulatur. Eine Änderung der sportlichen Gewohnheiten wurde ebenfalls mit einer klinischen Besserung der Beschwerden assoziiert. Kontraproduktiv zeigte sich der Versuch, durch physiotherapeutische Beübung eine Verbesserung des Bewegungsumfanges („range of motion“, ROM) zu erzielen [26].

Mit der chirurgischen Behandlung des FAI können gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Rezidive im Sinne eines erneuten appositionellen Knochenwachstums sind ausgesprochen selten. Meist handelt es sich in diesen Fällen um die Ausbildung von Osteophyten bei weiter voranschreitender Degeneration des Gelenks im Sinne einer Arthrose.

Es hat sich gezeigt, dass die operative Korrektur des FAI erfolgreich in Bezug auf das Schmerzausmaß und die Funktionsverbesserung ist und ein besseres Outcome als eine konservative Therapie

erzielt [12, 13]. Dabei sind die klinischen Ergebnisse gleichwertig, unabhängig davon, ob die Versorgung offen oder arthroskopisch erfolgte [15]. Der Erfolg der Maßnahme ist im Wesentlichen vom präoperativen Ausmaß der bereits eingetretenen Degeneration abhängig [18]. Das alleinige Vorliegen einer radiomorphologischen Cam- oder Pincer-Deformität mit klinischer Symptomlosigkeit sollte keiner prophylaktischen operativen Therapie zugeführt werden [27].

### » Die operative Korrektur des FAI ist erfolgreich bezüglich Schmerzausmaß und Funktionsverbesserung

Es existieren aktuelle Arbeiten, die zeigen konnten, dass die FAI-typischen morphologischen Formveränderungen nicht regelhaft zu einer Degeneration des Hüftgelenks führen müssen. Nach Hartofilakidis et al. [16] waren über 80% der Patienten, bei denen in der Magnetresonanztomographie (MRT) o.g. Morphologien nachgewiesen wurden, symptomfrei und entwickelten keine Osteoarthritis. Badrakos und Villar [3] beobachteten über einen 10-Jahres-Zeitraum, dass Hüftgelenke mit Cam-Morphologie nicht zwangsläufig eine Arthrose entwickeln. Agricola et al. [1] beobachteten das Gleiche für die Pincer-Deformität.

Eine volkswirtschaftlich wichtige Frage ist, ob sich mit der Impingement-Chirurgie die Entstehung einer Arthrose im Sinne der Prävention in ihrem Verlauf aufhalten oder bei frühzeitiger Deformitätenkorrektur gar vermeiden lässt. Dies ist nicht nur medizinisch relevant, auch von Seiten der Kostenträger in den internationalen Gesundheitssystemen wird eine Aussage dazu gefordert, inwiefern mit entsprechenden chirurgischen Maßnahmen ein volkswirtschaftlicher Nutzen verbunden ist. Eine Kopplung an die Vergütung für derartige chirurgische Eingriffe wäre in diesem Fall denkbar.

In einer aktuellen Arbeit von Beaulé [4] konnte gezeigt werden, dass bei 10 Patienten mit einem mittleren Follow-up von 2 Jahren nicht nur die Symptome reduziert, sondern auch positi-

ve Signalveränderungen im postoperativ durchgeführten MRT in Bezug auf die Knorpelbeschaffenheit in der Hauptbelastungszone erreicht werden konnten. In dieser Arbeit wird ein positiver Effekt der Impingement-Chirurgie auf die Biomechanik des Gelenks postuliert.

Comba et al. [8] untersuchten in einem Studienkollektiv von 42 Patienten mit symptomatischem und radiologisch nachgewiesenem FAI die Konversionsrate auf eine Hüfttotalendoprothese (HüftTEP) nach vorangegangener arthroskopischer Operation: Diese betrug nach einem Follow-up von mindestens 7 Jahren 16,7%. Die mittlere Zeit bis zur Konversion auf den Gelenkersatz betrug 33 Monate. Die Wahrscheinlichkeit zur Konversion betrug bei präoperativ vorliegendem Arthrosegrad von 0 oder 1 nach Tönnis 0%. Sofern zum Zeitpunkt der Hüftarthroskopie ein Arthrosegrad von 2 oder 3 vorlag, betrug die Wahrscheinlichkeit zur Konversion 46,7%. Patienten, die vor dem arthroskopischen Eingriff älter als 45 Jahre alt waren, zeigten ebenfalls ein signifikant erhöhtes Risiko für die Notwendigkeit einer Totalendoprothese. Initial gering ausgeprägte degenerative Gelenkveränderungen gingen demnach in dieser Studie nicht mit einem schlechteren Outcome einher.

Angesichts dieser inkonstanten Datenlage in der Literatur erscheint es sinnvoll, vergleichbare Patientenkollektive zu betrachten, die mit bzw. ohne entsprechende Deformitätenkorrektur über Jahre hinweg beobachtet werden und bei denen das Auftreten einer Osteoarthrose in Abhängigkeit der durchgeführten Therapie evaluiert werden kann.

Die Schwierigkeit bei der Durchführung einer solchen Untersuchung besteht darin, dass die Patienten, die sich in ärztliche Behandlung begeben, zumeist Symptome in Bezug auf das betroffene Hüftgelenk aufweisen. Eine prospektiv-randomisierte Studie müsste diese Patienten nach dem Zufallsprinzip in eine operative und eine konservativ zu behandelnde Gruppe einteilen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass die operative Versorgung des FAI bereits ausführlich beschrieben ist. Auch für die Behandlung der Sekundärläsionen an Knorpel und Labrum existieren

in der Zwischenzeit entsprechende Empfehlungen der Fachgesellschaften [19]. Demgegenüber ist die konservative Behandlung des FAI deutlich weniger standardisiert. Es existieren keine anerkannten einheitlichen Therapiekonzepte, die den Patienten sinnvollerweise angeboten werden könnten und welche insbesondere als prospektiv auswertbare Therapiealternative fungieren könnten.

In Bezug auf die Vermeidung einer Koxarthrose existieren mehrere Übersichtsarbeiten. Zhang et al. [27] kamen in ihrer Arbeit, welche relevante Literatur anhand einer PubMed-Recherche identifizierte und auswertete, zu dem Ergebnis, dass die Vermeidung einer Osteoarthrose zumindest möglich erscheint. Vor diesem Hintergrund sollte ein FAI frühzeitig erkannt und behandelt werden, da dies der Schlüssel zum Erfolg zur Vermeidung einer entsprechenden Sekundärarthrose sei [27]. Kuhns et al. konnten zeigen, dass obwohl eine Assoziation zwischen FAI und der Entwicklung der Osteoarthrose logisch erscheint und anzunehmen ist, der Nachweis eines direkten Zusammenhangs in Langzeitstudien jedoch bisher nicht erbracht werden konnte [18].

Eine weitere Übersichtsarbeit beobachtete anhand von 35 Arbeiten aus den Jahren 2000–2015, dass einige morphologische Parameter des FAI, insbesondere ein erhöhter Alphawinkel, zumindest zu einer radiologischen Progression der Hüftgelenkarthrose beitragen [17].

Vier von 9 Studien, welche anhand von Simulationen an finiten Elementen durchgeführt und in der Übersichtsarbeit von Ng et al. analysiert wurden, zeigten erhöhte Kontakt- und Scherkräfte im Hüftgelenk bei Vorliegen einer Cam-Deformität [22].

In einer weiteren Übersichtsarbeit von Geoffrey [6] konnte zwar ebenfalls eine klinische Besserung der Symptome nach Hüftarthroskopie bei symptomatischem Cam-FAI in Form eines signifikant höheren postoperativen Harris-Hip-Scores gezeigt werden. Der Beweis, dass der präoperative Befund in eine Koxarthrose münden würde oder diese mittels der Operation vermieden wurde, konnte jedoch ebenfalls nicht erbracht werden. Ähnliche Ergebnisse wurden von der Arbeitsgruppe um Gicquel publiziert [11].

Eine entsprechende Aufarbeitung des Themas wird derzeit mit mehreren Studien vorgenommen. Im Vereinigten Königreich wird zurzeit die „UK-FASHIoN-Studie“ („feasibility study of a randomised controlled trial of arthroscopic surgery for hip impingement compared with best conservative care“) durchgeführt [13]. Hierbei soll die arthroskopische Therapie des FAI mit einer nichtoperativen Behandlung verglichen werden. Dabei geht es insbesondere um klinische, aber auch um volkswirtschaftliche Belange. Es soll in einer 12-Monats-Untersuchung ein Patientenkollektiv mit FAI entsprechend prospektiv-randomisiert verglichen werden. Von den bisher 144 potenziell geeigneten Patienten erfüllten 60 die Einschlusskriterien in einer Pilotstudie.

Für diese aktuelle Studie werden aus insgesamt 25 Krankenhäusern über 20 Monate 302 Patienten untersucht. Dabei sollen die entsprechenden klinischen Outcome-Scores verwendet werden, um zu evaluieren, ob die durchgeführte Impingement-Chirurgie sowohl von klinischem Nutzen für die Patienten als auch von sinnvollem Nutzen in Bezug auf die Kosten-Nutzen-Rechnung ist. Der Zeitraum der Studie ist mit insgesamt 10 Jahren angelegt.

In einer weiteren Arbeit wird in einer multizentrischen, randomisierten Studie eine arthroskopische Osteochondroplastie und Lavage mit einer reinen arthroskopischen Lavage in Bezug auf die Patienten-Outcome-Parameter verglichen [2]. Diese werden wiederum mit den entsprechenden klinischen Scores erhoben. Das Follow-up der Studie ist mit insgesamt 12 Monaten angesetzt. In dieser ersten Pilotstudie wurden 50 Patienten über 1 Jahr in 2 Zentren in Kanada und Finnland beobachtet, um eine entsprechende Machbarkeit der Studie zu evaluieren. Es ist geplant, insgesamt an 10 Zentren in Kanada, Finnland, Dänemark und den USA eine größere Patientengruppe einzuschließen.

Eine weitere Studie vergleicht 2-Jahres-Ergebnisse nach arthroskopischer FAI-Korrektur mit einer physikalischen Therapie. Hierzu wurden Patienten zwischen 18 und 60 Jahren mit einem FAI und/oder einer Labrumpathologie ein-

Arthroskopie <https://doi.org/10.1007/s00142-018-0224-8>  
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

G. Möckel · J. Löchel · G. Wassilew

## Impingement-Chirurgie als Prävention der Koxarthrose?

### Zusammenfassung

Der vorzeitige Knochen-zu-Knochen-Kontakt bei Bewegung des Hüftgelenks wird femoroazetabuläres Impingement (FAI) genannt. Die Unterscheidung der Ursache des Phänomens erfolgt anhand des Entstehungsortes. Anatomische Veränderungen des Übergangs von Femurkopf zu Schenkelhals führen zu einem sog. Cam-FAI, während azetabulär bedingter Kontakt der Gelenkpartner als Pincer-Impingement bezeichnet wird. Mischformen beider Morphologien sind häufig anzutreffen. Das Vorliegen eines FAI kann eine progrediente Schädigung des chondrolabralen Übergangs verursachen und gilt als Risikofaktor für die Entstehung einer vorzeitigen Koxarthrose. Verschiedene konservative und operative Behandlungsverfahren werden in der

aktuellen Literatur diskutiert. Dem operativen Vorgehen liegt neben der Behebung der Ursache nach Möglichkeit die Adressierung von Begleitpathologien zugrunde. Inwiefern die Impingement-Chirurgie als Prävention einer Hüftgelenkarthrose erachtet werden kann, wird in diesem Beitrag anhand der aktuell relevanten Literatur diskutiert; es gibt diesbezüglich starke Hinweise. Eine abschließende Aussage, ob die Operation als Präventivmaßnahme angesehen werden kann, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu treffen.

### Schlüsselwörter

Hüftgelenk · Femoroazetabuläres Impingement · Hüftarthroskopie · Prävention · Gelenkerhaltende Chirurgie

## Impingement surgery for prevention of osteoarthritis of the hip?

### Abstract

Premature bone to bone contact of the hip during joint motion is known as femoroacetabular impingement (FAI). The differentiation of the reason for this premature contact can be found in the zone between the femoral head and neck and is called Cam FAI. Acetabular irregularities can lead to a phenomenon known as Pincer impingement. Overlapping of these morphologies is frequent. The presence of FAI can lead to progressive damage to the acetabular labrum and adjacent hyaline cartilage and is discussed as a risk factor for early osteoarthritis of the hips. Various conservative and operative treatment procedures are discussed in the current

literature. Surgical treatment includes the correction of the impingement cause as well as addressing concomitant pathologies. Whether impingement surgery can be considered for prevention of the emergence of osteoarthritis is discussed in this article with reference to the relevant literature. Recently published clinical studies indicate that surgery might be used as a preventive measure for osteoarthritis but the final evidence does not currently exist.

### Keywords

Hip joint · Femoroacetabular impingement · Hip arthroscopy · Prevention · Joint-preserving surgery

geschlossen. Die entsprechenden klinischen Scores wurden erhoben. Für beide Gruppen konnten jeweils 40 Patienten gewonnen werden [20]. Abschließende Ergebnisse liegen hierzu jedoch noch nicht vor.

Zusammenfassend ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt festzustellen, dass eine abschließende Aussage dazu, ob die Impingement-Chirurgie die Koxarthrose aufhalten kann, noch nicht getroffen werden kann. Es existieren starke Hinweise, der Beweis ist fehlend. Jedoch ist die Impingement-Chirurgie zur Re-

duktion der klinischen Beschwerden der Patienten sinnvoll anwendbar. Die Fragestellung, ob eine entsprechende chirurgische Intervention beim klinisch symptomatischen Patienten erfolgen soll, stellt sich daher gegenwärtig nicht.

## Ausblick

Es bleibt somit abzuwarten und weiterhin spannend zu verfolgen, welches Ergebnis die Studien in den nächsten Jahren liefern werden. Damit kann dann hoffentlich die häufig von den Patienten gestellte

Frage beantwortet werden, ob die chirurgische Maßnahme nicht nur zur Beschwerdereduktion, sondern langfristig auch aufgrund der Herstellung der Gelenkkongruenz zur Verlangsamung bzw. Vermeidung der Arthrose des Hüftgelenks führt.

In Bezug auf die Kostenerstattung dieser Eingriffe ist aus chirurgischer Sicht zu wünschen, dass der Nachweis des späteren Auftretens einer Hüftarthrose bzw. im Idealfall eine zeitliche Vergleichbarkeit mit dem natürlichen Verlauf der Degeneration des Gelenks erbracht werden kann, damit auch weiterhin eine Kostenerstattung für diese Eingriffe möglich ist, die erwiesenermaßen zu einer Verbesserung der Lebensqualität unserer Patienten führen.

### Fazit für die Praxis

- Die chirurgische Behandlung des femoroacetabulären Impingements ist beim symptomatischen Patienten indiziert und führt zu guten bis sehr guten Ergebnissen.
- Das operative Verfahren sollte so gewählt werden, dass bestehende Begleitpathologien hinreichend adressiert werden können.
- Der Wert der gelenkerhaltenden Therapie im Fall einer vorliegenden Früharthrose lässt sich aktuell wissenschaftlich noch nicht abschätzen.
- Eine fortgeschrittene Arthrose stellt eine Kontraindikation für einen gelenkerhaltenden Eingriff dar.
- Eine Untersuchung und Standardisierung der konservativen Therapie bei FAI erscheint wünschenswert.
- Die Indikation zur operativen Versorgung bei radiomorphologisch nachgewiesenem FAI im Fall klinischer Symptomlosigkeit besteht nicht.

### Korrespondenzadresse



**Dr. med. G. Möckel**  
Orthopädie Karlshorst  
Weseler Straße 17,  
10318 Berlin, Deutschland  
g.moeckel@asklepios.com

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** G. Möckel, J. Löchel und G. Wasilew geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

### Literatur

1. Agrícola R, Heijboer MP, Roze RH et al (2013) Pincer deformity does not lead to osteoarthritis of the hip whereas acetabular dysplasia does: acetabular coverage and development of osteoarthritis in a nationwide prospective cohort study (CHECK). *Osteoarthr Cartil* 21:1514–1521
2. Anonymous (2015) A multi-centre randomized controlled trial comparing arthroscopic osteochondroplasty and lavage with arthroscopic lavage alone on patient important outcomes and quality of life in the treatment of young adult (18–50) femoroacetabular impingement. *BMC Musculoskelet Disord* 16:64
3. Bardakos NV, Villar RN (2009) Predictors of progression of osteoarthritis in femoroacetabular impingement: a radiological study with a minimum of ten years follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 91:162–169
4. Beaulieu PE, Speirs AD, Anwender H et al (2017) Surgical correction of cam deformity in association with femoroacetabular impingement and its impact on the degenerative process within the hip joint. *J Bone Joint Surg Am* 99:1373–1381
5. Brunner R, Maffiuletti NA, Casartelli NC et al (2016) Prevalence and functional consequences of femoroacetabular impingement in young male ice hockey players. *Am J Sports Med* 44:46–53
6. Byrd JWT, Jones KS, Schmitz LMR et al (2016) Hip arthroscopy in the warrior athlete: 2 to 10 year outcomes. *J Hip Preserv Surg* 3:68–71
7. Chaudhry H, Ayeni OR (2014) The etiology of femoroacetabular impingement: what we know and what we don't. *Sports Health* 6:157–161
8. Comba F, Yacuzzi C, Ali PJ et al (2016) Joint preservation after hip arthroscopy in patients with FAI. Prospective analysis with a minimum follow-up of seven years. *Muscles Ligaments Tendons J* 6:317–323
9. Fickert S, Aurich M, Albrecht D et al (2017) Biologic reconstruction of full sized cartilage defects of the hip: a guideline from the DGOU group "clinical tissue regeneration" and the hip committee of the AGA. *Z Orthop Unfall* 155:670–682
10. Ganz R, Parvizi J, Beck M et al (2003) Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000096804.78689.c2>
11. Gicquel T, Gedouin JE, Krantz N et al (2014) Function and osteoarthritis progression after arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement: a prospective study after a mean follow-up of 4.6 (4.2–5.5) years. *Orthop Traumatol Surg Res* 100:651–656
12. Goodman DA, Feighan JE, Smith AD et al (1997) Subclinical slipped capital femoral epiphysis. Relationship to osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 79:1489–1497
13. Griffin DR, Dickenson EJ, Wall PDH et al (2016) The feasibility of conducting a randomised controlled trial comparing arthroscopic hip surgery to conservative care for patients with femoroacetabular impingement syndrome: the FASHIoN feasibility study. *J Hip Preserv Surg* 3:304–311
14. Haddad B, Konan S, Haddad FS (2014) Debridement versus re-attachment of acetabular labral tears: a review of the literature and quantitative analysis. *Bone Joint J* 96-b:24–30
15. Harris JD, Erickson BJ, Bush-Joseph CA et al (2013) Treatment of femoroacetabular impingement: a systematic review. *Curr Rev Musculoskelet Med* 6:207–218
16. Hartofilakidis G, Bardakos NV, Babis GC et al (2011) An examination of the association between different morphotypes of femoroacetabular impingement in asymptomatic subjects and the development of osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 93:580–586
17. Kowalczyk M, Yeung M, Simunovic N et al (2015) Does femoroacetabular impingement contribute to the development of hip osteoarthritis? A systematic review. *Sports Med Arthrosc Rev* 23:174–179
18. Kuhns BD, Weber AE, Levy DM et al (2015) The natural history of femoroacetabular impingement. *Front Surg* 2:58
19. Mancini D, Fontana A (2014) Five-year results of arthroscopic techniques for the treatment of acetabular chondral lesions in femoroacetabular impingement. *Int Orthop* 38:2057–2064
20. Mansell NS, Rhon DI, Marchant BG et al (2016) Two-year outcomes after arthroscopic surgery compared to physical therapy for femoroacetabular impingement: A protocol for a randomized clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord* 17:60
21. Nawabi DH, Bedi A, Tibor LM et al (2014) The demographic characteristics of high-level and recreational athletes undergoing hip arthroscopy for femoroacetabular impingement: a sports-specific analysis. *Arthroscopy* 30:398–405
22. Ng KC, Lamontagne M, Labrosse MR et al (2016) Hip joint stresses due to cam-type femoroacetabular impingement: a systematic review of finite element simulations. *PLoS ONE* 11:e147813
23. Philippon MJ, Ho CP, Briggs KK et al (2013) Prevalence of increased alpha angles as a measure of cam-type femoroacetabular impingement in youth ice hockey players. *Am J Sports Med* 41:1357–1362
24. Stull JD, Philippon MJ, Laprade RF (2011) "At-risk" positioning and hip biomechanics of the Peewee ice hockey sprint start. *Am J Sports Med* 39(Suppl):29s–35s
25. Van Klij P, Heerey J, Waarsing JH et al (2018) The prevalence of cam and pincer morphology and its association with development of hip osteoarthritis. *J Orthop Sports Phys Ther* 48:230–238
26. Wall PD, Fernandez M, Griffin DR et al (2013) Nonoperative treatment for femoroacetabular impingement: a systematic review of the literature. *J Inj Funct Rehabil* 5:418–426
27. Zhang C, Li L, Forster BB et al (2015) Femoroacetabular impingement and osteoarthritis of the hip. *Can Fam Physician* 61:1055–1060