



Ritorno allo sport dopo intervento di protesi d'anca

Return to sports after total hip replacement

Francesco Di Caprio (foto), Lorenzo Ponziani, Marina Gigli, Maria Adiletta Navarra

Casa di Cura Malatesta Novello, Cesena (FC)

Riassunto

Il ritorno allo sport è oggi la terza priorità per i pazienti operati di protesi totale d'anca, dopo il controllo del dolore e il miglioramento del ROM. Lo scopo di questo lavoro è stato quello di revisionare la letteratura e schematizzare le indicazioni per il ritorno allo sport dopo l'intervento. A tale scopo è stata eseguita una ricerca su Pubmed sulle parole chiave "return to sport", "hip arthroplasty", "squeaking", "microseparation", "consensus". Gli articoli sono stati letti e catalogati per argomento. È stata osservata una crescente tolleranza verso le attività sportive nel corso del tempo, fatto che dipende dalla diffusione degli accessi mini-invasivi, dall'utilizzo di impianti non cementati, di steli corti, di teste femorali di grandi dimensioni, dell'accoppiamento duro su morbido. La ceramica su ceramica è ancora oggi l'accoppiamento più utilizzato al mondo, ma con lo svantaggio del cigolio e della possibile rottura. Anche la motivazione personale per i pazienti sportivi gioca un ruolo importante. L'82% dei pazienti sottoposti a protesi d'anca torna a praticare sport a basso impatto. I rischi correlati agli sport ad alto impatto sono lussazioni, fratture, usura del polietilene e mobilitazione. Per queste ragioni, il chirurgo deve avvertire il paziente sui rischi e i benefici dell'attività sportiva, sulla scelta del giusto tipo di attività e sul corretto tempismo per il recupero.

Parole chiave: protesi d'anca, sport, consensus, cigolio, micro-separazione

Summary

Return to sport is today the third priority for patients operated for total hip replacement, after pain control and ROM improvement. The purpose of this paper was to review the literature and define the indications for return to sports after surgery. For this purpose, a Pubmed search was performed using the key words "return to sport", "hip arthroplasty", "squeaking", "microseparation", "consensus". The articles were read and catalogued by topic.

An increasing tolerance towards sport activities was observed over time, depending on mini-invasive approaches, uncemented implants, short stems, large femoral heads, hard on soft coupling. Ceramics-on-ceramics is the most used coupling but with the drawbacks of squeaking and possible breakage. Personal motivation for patients already active also plays an important role. 82% of hip arthroplasty patients return to low-impact sports. The risks related to high impact sports are dislocations, fractures, polyethylene wear and mobilization. For these reasons, the surgeon must warn the patient about the risks and benefits of sporting activity, the choice of the right type of activity and the correct timing for recovery.

Key words: hip replacement, sports, consensus, squeaking, microseparation

Introduzione

La protesi totale dell'anca (PTA) è ormai così diffusa che nel 2007 è stata definita "l'intervento del secolo" ¹. Rappresenta un intervento estremamente affidabile,

Ricevuto: 9 marzo 2025
Accettato: 6 giugno 2025

Corrispondenza

Francesco Di Caprio

E-mail: fra.dicaprio@gmail.com

Conflitto di interessi

Gli Autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.

Come citare questo articolo: Di Caprio F, Ponziani L, Gigli M, et al. Ritorno allo sport dopo intervento di protesi d'anca. *Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia* 2025;51:41-48; <https://doi.org/10.32050/0390-0134-1118>

© Copyright by Pacini Editore Srl



OPEN ACCESS

L'articolo è OPEN ACCESS e divulgato sulla base della licenza CC-BY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

con oltre il 90% dei pazienti soddisfatti dopo 15 anni ². Nel 1961 Sir John Charnley affermò che la sostituzione dell'anca può durare 30 anni, ma non nel paziente che gioca a calcio ³.

Tuttavia, a partire dagli anni '90 la PTA è stata sempre più applicata a fasce di età giovani, tra i 45 e i 64 anni ⁴, che hanno già un'esperienza sportiva e che vogliono tornare a fare sport, o che in alcuni casi vogliono iniziare a fare esercizio dopo l'intervento. Si sottolinea addirittura che oggi il ritorno allo sport è la terza priorità per i pazienti, dopo il controllo del dolore e il miglioramento del ROM ⁵.

Pertanto, il tema del ritorno allo sport (RAS) è molto attuale e importante. Già nel 1983 Dubs et al. hanno studiato gli effetti dell'attività sportiva su 110 pazienti operati di PTA. È stato riscontrato un tasso di revisione inferiore nei pazienti che praticavano sport dopo l'artroplastica (1,6%) rispetto a quelli che non lo facevano (14,3%). Questo fenomeno è stato spiegato con il fatto che un buon tono muscolare è in grado di alleviare lo stress sull'impianto. Inoltre, lo studio ha indicato l'uso della ceramica come favorevole per il coefficiente di attrito inferiore e la maggiore durata, nonché l'uso di impianti non cementati in cui la crescita ossea è favorita dalla stimolazione del carico ⁶.

Nella pratica clinica spesso i pazienti richiedono di riprendere sport ad alto impatto e ad alti livelli dopo PTA. Questo ci ha spinto a revisionare la letteratura e schematizzare le indicazioni per il ritorno allo sport dopo l'intervento, sulla base dell'evidenza scientifica più recente, e non semplicemente dell'esperienza personale. Questo articolo si propone quindi di fornire al lettore informazioni semplici e sintetiche sulle più moderne indicazioni per la ripresa dell'attività sportiva dopo l'artroplastica dell'anca.

Materiali e metodi

È stata condotta una revisione della letteratura con l'obiettivo di identificare e sintetizzare le evidenze disponibili riguardanti il ritorno all'attività sportiva nei pazienti sottoposti a PTA. La ricerca è stata eseguita utilizzando il database PubMed.

La strategia di ricerca ha incluso le seguenti parole chiave e combinazioni booleane: "*return to sport*", "*hip arthroplasty*", "*squeaking*", "*microseparation*", e "*consensus*". Sono stati inclusi articoli pubblicati fino a dicembre 2024. Non sono stati posti limiti di lingua, ma sono stati privilegiati studi pubblicati in lingua inglese per la maggiore disponibilità di dati.

Sono stati considerati eleggibili per l'inclusione gli articoli originali, le revisioni sistematiche, i documenti di consenso e le linee guida redatte da società scientifiche ortopediche che trattassero, in modo diretto o indiretto, il ritorno allo sport dopo PTA. Gli articoli sono stati esclusi se riferiti esclusivamente a protesi parziali, revisioni di impianti,

o in assenza di chiari riferimenti all'attività sportiva post-operatoria.

Gli articoli selezionati sono stati successivamente classificati per tema principale (ritorno allo sport, raccomandazioni per tipo di sport, complicanze meccaniche associate, caratteristiche dell'impianto, linee guida e consensus), al fine di permettere una sintesi strutturata delle informazioni emerse e facilitare l'elaborazione di indicazioni pratiche per la ripresa dell'attività sportiva nei pazienti con PTA.

Tecniche chirurgiche e modelli protesici

A partire dallo studio di Dubs et al. del 1983 ⁶, sono seguiti una serie di studi che hanno dimostrato come il miglioramento delle tecniche e dei materiali abbia permesso di soddisfare sempre di più le esigenze sportive dei pazienti. Le tecniche mini-invasive prevedono il risparmio muscolare, consentendo un recupero più rapido con la sensazione di un'anca normale. Una maggiore difficoltà di posizionamento è segnalata all'inizio della *learning-curve* ^{7,8}, sebbene alcuni studi abbiano dimostrato che il corretto posizionamento dell'impianto è ottenuto anche con le tecniche mini-invasive ⁹⁻¹¹.

Anche la tribologia ha contribuito a migliorare la sopravvivenza dell'impianto, e in particolare i 3 design che hanno dimostrato il maggiore successo clinico sono stati metallo-su-polietilene reticolato ¹², ceramica-su-ceramica ¹³ e metallo-su-metallo ¹⁴. Nonostante i risultati incoraggianti, tuttavia, vanno considerati i problemi legati all'uso del metallo, come l'incidenza di corrosione, tossicità degli ioni metallici, pseudotumori ¹⁵. L'accoppiamento ceramica-su-ceramica potrebbe quindi sembrare il più promettente per il basso tasso di usura, ma anche in questo caso si presentano problemi come cigolii e rotture, aspetti che verranno descritti in dettaglio in seguito. L'uso del polietilene reticolato sembrerebbe quindi essere il miglior compromesso ¹⁶, in particolare se accoppiato a teste dure come la ceramica o materiali di ultima generazione come l'oxinium ¹⁷.

I nuovi materiali hanno inoltre consentito l'uso di teste di grandi dimensioni con un aumento della *jump distance*, con diminuzione dell'*impingement* del collo sul bordo acetabolare, che riduce così il rischio di lussazione ^{14,18,19}.

Anche le protesi di rivestimento hanno fornito schemi di andatura quasi normali, quindi adatti a pazienti attivi sportivi ^{20,21}. Ma anche in questo caso incontriamo i problemi relativi all'accoppiamento metallo su metallo descritti sopra. Anche gli impianti a stelo corto che risparmiano il collo hanno dimostrato un RAS del 91%, in particolare nei maschi di età inferiore ai 70 anni ²².

Anche la chirurgia robotica potrebbe essere un valido aiu-

to, ma non ci sono prove aggiornate ²³.

L'uso diffuso di impianti non cementati (71% in Europa) ²⁴ ha reso fondamentale anche un'attività fisica moderata, in quanto può promuovere l'osteointegrazione ²⁵ e controllare l'obesità e la salute generale ²⁶. Tuttavia, è stato riportato che un'attività ad alto impatto in una fase iniziale può portare alla formazione di tessuto fibroso al posto di una vera osteointegrazione ²⁷.

Il problema della microseparazione

Durante la fase di oscillazione del passo, la testa del femore si separa dall'inserito, a causa del peso dell'arto, con una micro-separazione media di 2 millimetri ²⁸⁻³¹. Al contatto del tallone con il terreno, la testa rientra nell'inserito, creando tuttavia un contatto iniziale con il bordo supero-esterno dell'acetabolo (Fig. 1).

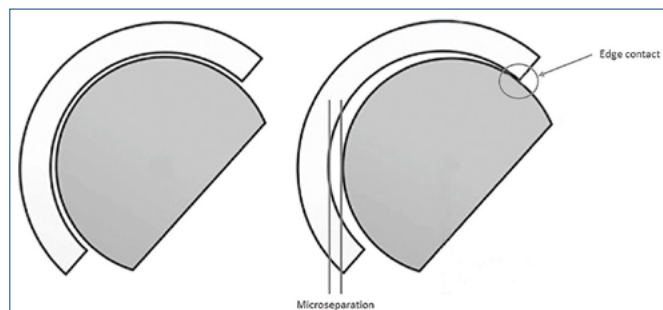


Figura 1. La testa femorale si separa dall'inserito a causa del peso dell'arto durante la fase di oscillazione. Al contatto del tallone con il terreno, la testa rientra nell'inserito, ma con contatto iniziale con il bordo supero-esterno.

Negli accoppiamenti ceramica su ceramica ciò crea un'usura a strisce della testa femorale. Il fenomeno è ovviamente accentuato nello sport a causa delle fasi di volo più lunghe e del contatto con il terreno più violento ^{30,32,33}.

Questo fenomeno svolge un ruolo importante nella rottura della ceramica ³⁰. Per ridurre al minimo il fenomeno della microseparazione, in particolare quando si utilizza un accoppiamento ceramica su ceramica, il corretto posizionamento dell'impianto e la giusta tensione tissutale sono cruciali. A conferma di questo risultato, si è riscontrato che nel caso di una frattura intraoperatoria del grande trocantere, la microseparazione è favorita, poiché si determina una diminuzione della forza del gluteo medio con maggiore lassità ³⁴.

Il problema del cigolio

L'accoppiamento ceramica-ceramica è diventato molto popolare negli ultimi anni poiché questo materiale è inerte, biocompatibile, duro, liscio e con un basso coefficiente di attrito ^{35,36}. Tuttavia, uno dei problemi più frequenti è che questo accoppiamento causa rumore tre volte più frequentemente rispetto alla ceramica-polietilene ³⁷.

Il rumore è stato descritto come clic, scricchiolio, schiocco, scoppio, tonfo ^{15,38}, ha una prevalenza del 4,2% ³⁹ con insorgenza dopo 14-40 mesi ⁴⁰.

Il problema del rumore spesso non è associato a disturbi funzionali o insoddisfazione ⁴¹. Il rumore non è causa di revisione, essendo presente solo nello 0-4,7% delle anche sottoposte a revisione ⁴². È più spesso associato a pazienti con BMI elevato ⁴³, pazienti più giovani e alti ⁴⁴, casi di accorciamento dopo l'impianto e artrite reumatoide ^{45,46}.

Il posizionamento dell'impianto è importante, poiché il rumore è più spesso associato a imprecisioni nell'inclinazione e nella versione della coppa ⁴⁷, o a protesi poco medializzate o con offset elevato ^{44,48}.

Come si evince dai dati riportati, molti studi hanno sottolineato una correlazione con il posizionamento dell'impianto e con le caratteristiche del paziente, spiegando così l'eziopatogenesi del rumore con fattori meccanici, che generano un meccanismo di attrito con successivo esaurimento del film lubrificante ⁴⁹.

L'attrito può essere generato attraverso i seguenti meccanismi:

- rugosità (usura a strisce);
- carico sui bordi;
- microseparazione;
- terzo corpo;
- frattura dell'impianto.

Recentemente è stata tuttavia formulata una seconda ipotesi eziopatogenetica. Si è visto che il rumore era associato anche ad alcuni modelli protesici, con una percentuale molto alta per alcuni modelli Stryker che raggiungeva il 35,6% ⁴⁵. Inoltre, i materiali stessi hanno una loro importanza, con una prevalenza del 18,4% nei pazienti che hanno ricevuto steli in lega di titanio-molibdeno-zirconio-ferro ⁵⁰.

In base a ciò, è stato proposto un meccanismo di risonanza, secondo cui l'impianto protesico può generare vibrazioni in risonanza con le stimolazioni meccaniche a cui è sottoposto, amplificando così il rumore ^{51,52}.

Consenso sul ritorno allo sport

Il primo sondaggio sul RAS dopo la sostituzione dell'anca è stato condotto dalla *Hip Society* nel 1999, ma pubblicato nel 2001 ²⁶. Successivamente, nel 2007, l'*Hip Society*

e l'*American Association of Hip Surgeons* (AAHKS) hanno pubblicato un nuovo sondaggio ⁵³. Quindi, nel 2017, la *British Hip Society* (BHS) ha pubblicato un ulteriore consenso ⁵⁴.

Rispetto al passato, in quest'ultimo consenso l'indicazione al RAS è stata estesa, sebbene con indicazioni molto specifiche. È stato affermato che gli sport ad alto impatto aumentano il tasso di usura con conseguente osteolisi e fallimento dell'impianto ⁵⁵⁻⁵⁷. Gli sport con elevate forze di coppia aumentano il tasso di usura e il rischio di fratture periprotetiches ⁵⁸⁻⁶¹. Gli sport con elevata escursione articolare aumentano il rischio di lussazione ⁶².

D'altro canto, è stato sottolineato che i pazienti che praticavano sport ad alto impatto avevano spesso i punteggi clinici più alti ^{55,63}. Inoltre, il mancato RAS genera bassi punteggi post-operatori nonostante un intervento eseguito tecnicamente bene ^{64,65}.

In conclusione, tutti i chirurghi erano d'accordo sullo sport a basso impatto. Gli sport a impatto intermedio erano consentiti solo nei pazienti con precedente esperienza. Gli sport ad alto impatto erano generalmente sconsigliati. Per quanto riguarda la tempistica, la maggior parte dei chirurghi (43%) ha consentito al RAS non prima di 3 mesi dopo l'intervento, mentre il 33% l'ha consentito a 6 settimane. Il consenso più recente è stato quello dell'*European Hip Society* (EHS), pubblicato nel 2021 ²⁴. È stato sottolineato che l'attività fisica moderata produce un aumento dell'aspettativa di vita di 2,5 anni rispetto alla popolazione sedentaria. In particolare, nel gruppo iperteso e dislipidemico la mortalità si riduce del 16%, e nel gruppo diabetico del 22%. Pertanto, l'attività fisica moderata dovrebbe essere incoraggiata anche dopo la sostituzione dell'anca negli anziani ⁶⁶.

Al contrario, i pazienti giovani hanno spesso aspettative eccessive sulla RAS, quindi da un lato è importante soddisfare queste aspettative ⁶⁷, ma dall'altro lato, devono essere evitate le complicazioni legate all'eccessiva attività sportiva ⁶⁸. Riguardo al tipo di complicazioni, i chirurghi intervistati hanno menzionato la lussazione nel 37% dei casi, le fratture nel 21%, l'usura del polietilene nel 20%, la mobilitazione nel 15%.

In generale, anche in quest'ultimo consenso si è registrato un progressivo ampliamento delle indicazioni per il RAS, tanto che una chiara controindicazione è rimasta solo per gli sport di contatto. Oggi, avere una precedente esperienza in uno sport non sembra essere un fattore determinante per consentire quello sport dopo PTA.

I chirurghi che praticano uno sport tendono a consentire gli sport più facilmente. Lo stesso per coloro che utilizzano teste con un diametro ≥ 36 mm e approcci anteriori mininvasivi.

Un altro fattore da considerare è la tempistica: dopo 6 settimane è consentito l'11% delle attività sportive, tra 6 e 12 settimane la percentuale di attività consentite sale al 21%, quindi al 55% tra 12 settimane e 6 mesi e infine al 79% oltre i 6 mesi.

Dalle indicazioni emerse da questo recente consenso, in Tabella I abbiamo riassunto le attività sportive in base alla tempistica.

Discussione

Nel corso degli anni, in letteratura si osserva una crescente tolleranza verso il RAS dopo PTA. Ciò dipende dai miglioramenti nei materiali e nelle tecniche chirurgiche. Bisogna

Tabella I. RAS a vari intervalli di tempo dopo PTA.

< 6 settimane	6-12 settimane	12 settimane - 6 mesi	> 6 mesi	Non definito	Sconsigliato
Camminare Scale Ciclismo statico Nuoto Acqua fitness	Ciclismo in pianura Nordic walking Golf Yoga Danza	Jogging Corsa su tapis roulant Mountain bike Vela Canottaggio Canoa Escursionismo Arrampicata Tennis doppio Ping pong Tai-Chi Sollevamento pesi Aerobica Equitazione Bowling	Corsa Surf Windsurf Kayak Canyoning Sci Pattinaggio su ghiaccio Tennis singolo Badminton Cross training	Snowboard Slittino Squash Pallavolo Sport estremi	Pallamano Calcio Rugby Pallacanestro Pugilato Arti marziali

anche considerare le diverse tendenze dei chirurghi nelle diverse aree del mondo.

Ad esempio, dal consenso BHS pubblicato nel 2017, è emerso che la maggior parte dei chirurghi (68%) utilizza un approccio posterolaterale, che gli impianti non cementati rappresentano solo il 33% del totale e che teste con diametro ≥ 36 mm sono state utilizzate solo nel 22% dei casi ⁵⁴. Al contrario, nell'Europa continentale, l'approccio posterolaterale è stato utilizzato solo nel 40% dei casi, gli impianti non cementati hanno rappresentato il 71% del totale e teste con diametro ≥ 36 mm sono state utilizzate nel 52% dei casi ²⁴. L'uso dell'accoppiamento ceramica su ceramica è stato invece prevalente in entrambi gli studi. È stato inoltre dimostrato come il RAS sia più semplice dopo un intervento chirurgico mininvasivo ⁶⁹. Anche i pazienti sottoposti a PTA bilaterale in un unico stadio, che sono generalmente i pazienti più motivati, sono stati facilitati nel RAS ⁷⁰. Infatti, non bisogna dimenticare l'aspetto psicologico e motivazionale come fattore determinante per il RAS. La menomazione fisica e lo stress psicologico che accompagnano un atleta privato della sua attività preferita in giovane età, agiscono come molla per un recupero veloce e altamente performante. Quasi una rivincita contro la sfortuna che lo ha costretto a fare un intervento per ripristinare non solo l'integrità fisica ma anche la performance. Altri fattori che hanno facilitato il RAS sono stati l'uso del polietilene reticolato, in particolare se accoppiato a teste in ceramica, o con materiali di ultima generazione come l'oxinium, l'uso di teste di grandi dimensioni con maggiore *jump distance* e gli impianti non cementati. In ogni caso, la maggior parte dei pazienti sottoposti ad artroplastica dell'anca (82%) torna a praticare sport a basso impatto ⁷¹. Le ragioni principali per cui i pazienti spesso scelgono uno sport a basso impatto, o lo stesso sport con un'intensità inferiore, sono state la paura della rottura o dell'usura dei componenti (25%), la paura della lussazione (32%) oppure cause non dipendenti dall'impianto, come il dolore in altre sedi (30%) ⁷².

Non vi è accordo in letteratura sulle conseguenze dell'attività sportiva sull'impianto protesico. Alcuni sostengono che non ci sono prove di effetti negativi e che gli impianti moderni sono adatti per gli sport amatoriali ^{27,73,74}. Altri sostengono addirittura che non seguire le precauzioni sia vantaggioso dal punto di vista dell'esito clinico ^{75,76}.

D'altra parte, uno studio ha dimostrato che gli sport ad alto impatto erano associati a un risultato clinico migliore, ma che dopo un follow-up di 10-15 anni, questo tipo di attività aumentava l'usura e il tasso di revisione, soprattutto nei giovani maschi ⁵⁵. Più specificamente, il tasso di revisione 13 anni dopo l'impianto era del 17% nei pazienti che praticavano sport intermedi o intensi, rispetto al 13% di coloro che praticavano attività a basso impatto ⁵⁷.

Per queste ragioni, la maggior parte dei chirurghi tende a

raccomandare sport a basso impatto o intermedio. Tra le attività a basso impatto, va sottolineato che il ciclismo è sicuro, ma che negli anziani c'è il rischio di cadute ⁴. Tuttavia, bisogna ricordare che il paziente è libero di scegliere, e che i pazienti più giovani, soprattutto se già attivi nello sport, tendono a non seguire le raccomandazioni ⁷⁷. Per questo motivo, tutti concordano sul fatto che il chirurgo debba avvertire il paziente sui rischi e sui benefici dell'attività sportiva, sulla scelta del giusto tipo di attività e sul corretto *timing* per il recupero ^{4,27,78}.

Il nostro studio ha avuto lo scopo di riassumere in modo semplificato e leggibile, le più moderne indicazioni sul RAS dopo protesi d'anca, spiegando le basi scientifiche delle raccomandazioni in uso, per permettere al chirurgo di fornire un'informazione più chiara al paziente. La limitazione dello studio risiede nella sua natura narrativa e non sistematica.

Contributo degli autori

Francesco Di Caprio: stesura del manoscritto; Lorenzo Ponziani: discussione e revisione; Marina Gigli: organizzazione del materiale; Maria Adiletta Navarra: ricerca bibliografica.

Bibliografia

- 1 Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. *Lancet*. 2007;27;370(9597):1508-19. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60457-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60457-7).
- 2 Röder C, Parvizi J, Eggli S, et al. Demographic factors affecting long-term outcome of total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;417:62-73. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000096812.78689.f0>.
- 3 Charnley J. Arthroplasty of the hip. A new operation. *Lancet*. 1961;27;1(7187):1129-32. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(61\)92063-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(61)92063-3).
- 4 Jacobs CA, Christensen CP, Berend ME. Sport activity after total hip arthroplasty: changes in surgical technique, implant design, and rehabilitation. *J Sport Rehabil*. 2009;18(1):47-59. <https://doi.org/10.1123/jsr.18.1.47>.
- 5 Wright TM, Bartel DL. The problem of surface damage in polyethylene total knee components. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;(205):67-74.
- 6 Dubs L, Gschwend N, Munzinger U. Sport after total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* (1978). 1983;101(3):161-9. <https://doi.org/10.1007/BF00436765>.
- 7 Hungerford DS. Minimally invasive total hip arthroplasty: in opposition. *J Arthroplasty*. 2004;19(4 Suppl 1):81-2. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2004.04.007>.
- 8 Ponziani L, Di Caprio F, Tentoni F, et al. Anterior and antero-lateral mini-invasive approaches for primary total hip

- replacement. *Acta Biomed.* 2021;26;92(S3):e2021014. <https://doi.org/10.23750/abm.v92iS3.11704>.
- 9 Williams SL, Bachison C, Michelson JD, et al. Component position in 2-incision minimally invasive total hip arthroplasty compared to standard total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2008;23(2):197-202. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.12.045>.
 - 10 Hart R, Stipcák V, Janecek M, et al. Component position following total hip arthroplasty through a miniinvasive posterolateral approach. *Acta Orthop Belg.* 2005;71(1):60-4.
 - 11 Pflüger G, Junk-Jantsch S, Schöll V. Minimally invasive total hip replacement via the anterolateral approach in the supine position. *Int Orthop.* 2007;31 Suppl 1(Suppl 1):S7-11. <https://doi.org/10.1007/s00264-007-0434-6>.
 - 12 Engh CA Jr, Stepniewski AS, Ginn SD, et al. A randomized prospective evaluation of outcomes after total hip arthroplasty using cross-linked marathon and non-cross-linked Enduron polyethylene liners. *J Arthroplasty.* 2006;21(6 Suppl 2):17-25. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.05.002>.
 - 13 Murphy SB, Ecker TM, Tannast M. Two- to 9-year clinical results of alumina ceramic-on-ceramic THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;453:97-102. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000246532.59876.73>.
 - 14 Peters CL, McPherson E, Jackson JD, et al. Reduction in early dislocation rate with large-diameter femoral heads in primary total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2007;22(6 Suppl 2):140-4. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2007.04.019>.
 - 15 Jarrett CA, Ranawat AS, Bruzzone M, et al. The squeaking hip: a phenomenon of ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(6):1344-9. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00970>.
 - 16 Calvert GT, Devane PA, Fielden J, et al. A double-blind, prospective, randomized controlled trial comparing highly cross-linked and conventional polyethylene in primary total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2009;24(4):505-10. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2008.02.011>.
 - 17 Malahias MA, Atrey A, Gu A, et al. Is Oxidized Zirconium Femoral Head Superior to Other Bearing Types in Total Hip Arthroplasty? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Arthroplasty.* 2019;34(8):1844-1852. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.03.072>.
 - 18 Geller JA, Malchau H, Bragdon C, et al. Large diameter femoral heads on highly cross-linked polyethylene: minimum 3-year results. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;447:53-9. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000218742.61624.80>.
 - 19 Colwell CW Jr, Hozack WJ, Mesko JW, et al. Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty early dislocation rate. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;465:155-8. <https://doi.org/10.1097/BLO.0b013e31815072e4>.
 - 20 Hellman MD, Ford MC, Barrack RL. Is there evidence to support an indication for surface replacement arthroplasty?: a systematic review. *Bone Joint J.* 2019;101-B(1_Supple_A):32-40. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B1.BJJ-2018-0508.R1>.
 - 21 Wiik AV, Lambkin R, Cobb JP. Gait after Birmingham Hip Resurfacing: an age-matched controlled prospective study. *Bone Joint J.* 2019;101-B(11):1423-1430. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B11.BJJ-2019-0383.R1>.
 - 22 Ortmaier R, Pichler H, Hitzl W, et al. Return to Sport After Short-Stem Total Hip Arthroplasty. *Clin J Sport Med.* 2019;29(6):451-458. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000532>.
 - 23 Kayani B, Konan S, Thakrar RR, et al. Assuring the long-term total joint arthroplasty: a triad of variables. *Bone Joint J.* 2019;101-B(1_Supple_A):11-18. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B1.BJJ-2018-0377.R1>.
 - 24 Thaler M, Khosravi I, Putzer D, et al. Return to Sports After Total Hip Arthroplasty: A Survey Among Members of the European Hip Society. *J Arthroplasty.* 2021;36(5):1645-1654. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.11.009>. Epub 2020 Nov 11.
 - 25 Dumbleton JH, Manley MT, Edidin AA. A literature review of the association between wear rate and osteolysis in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2002;17(5):649-61. <https://doi.org/10.1054/arth.2002.33664>.
 - 26 Healy WL, Iorio R, Lemos MJ. Athletic activity after joint replacement. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):377-88. <https://doi.org/10.1177/03635465010290032301>.
 - 27 Meek RMD, Treacy R, Manktelow A, et al. Sport after total hip arthroplasty: undoubted progress but still some unknowns. *Bone Joint J.* 2020;102-B(6):661-663. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.102B6.BJJ-2020-0208>.
 - 28 Dennis DA, Komistek RD, Northcutt EJ, et al. "In vivo" determination of hip joint separation and the forces generated due to impact loading conditions. *J Biomech.* 2001;34(5):623-9. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(00\)00239-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00239-6).
 - 29 Lombardi AV Jr, Mallory TH, Dennis DA, et al. An in vivo determination of total hip arthroplasty pistoning during activity. *J Arthroplasty.* 2000;15(6):702-9. <https://doi.org/10.1054/arth.2000.6637>.
 - 30 Nevelos J, Ingham E, Doyle C, et al. Microseparation of the centers of alumina-alumina artificial hip joints during simulator testing produces clinically relevant wear rates and patterns. *J Arthroplasty.* 2000;15(6):793-5. <https://doi.org/10.1054/arth.2000.8100>.
 - 31 Mak MM, Besong AA, Jin ZM, et al. Effect of microseparation on contact mechanics in ceramic-on-ceramic hip joint replacements. *Proc Inst Mech Eng H.* 2002;216(6):403-8. <https://doi.org/10.1243/095441102321032193>.
 - 32 Manaka M, Clarke IC, Yamamoto K, et al. Stripe wear rates in alumina THR--comparison of microseparation simulator study with retrieved implants. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004;15;69(2):149-57. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.20033>.
 - 33 Stewart T, Tipper J, Streicher R, et al. Long-term wear of HiPee alumina on alumina bearings for THR under microsep-

- aration conditions. *J Mater Sci Mater Med.* 2001;12(10-12):1053-6. <https://doi.org/10.1023/a:1012802308636>.
- 34 Tsitskaris K, Mansouri R, Li PL. Catastrophic ceramic failure in total hip arthroplasty: the role of microseparation. *JRSMS Short Rep.* 2011;2(12):96. <https://doi.org/10.1258/shorts.2011.011108>.
 - 35 Manley MT, Sutton K. Bearings of the future for total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2008;23(7 Suppl):47-50. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2008.06.008>.
 - 36 Fisher J, Jin Z, Tipper J, et al. Tribology of alternative bearings. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;453:25-34. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000238871.07604.49>.
 - 37 Wyatt MC, Jesani S, Frampton C, et al. Noise from total hip replacements: a case-controlled study. *Bone Joint Res.* 2014;3(6):183-6. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.36.2000274>.
 - 38 Kuo FC, Liu HC, Chen WS, et al. Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty: incidence and risk factors of bearing surface-related noises in 125 patients. *Orthopedics.* 2012;35(11):e1581-5. <https://doi.org/10.3928/01477447-20121023-12>.
 - 39 Owen DH, Russell NC, Smith PN, et al. An estimation of the incidence of squeaking and revision surgery for squeaking in ceramic-on-ceramic total hip replacement: a meta-analysis and report from the Australian Orthopaedic Association National Joint Registry. *Bone Joint J.* 2014;96-B(2):181-7. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B2.32784>.
 - 40 Owen D, Russell N, Chia A, et al. The natural history of ceramic-on-ceramic prosthetic hip squeak and its impact on patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014;24(1):57-61. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1142-5>.
 - 41 Wu GL, Zhu W, Zhao Y, et al. Hip Squeaking after Ceramic-on-ceramic Total Hip Arthroplasty. *Chin Med J (Engl).* 2016;5;129(15):1861-6. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.186654>.
 - 42 Keurentjes JC, Kuipers RM, Wever DJ, et al. High incidence of squeaking in THAs with alumina ceramic-on-ceramic bearings. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(6):1438-43. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0177-8>.
 - 43 Stanat SJ, Capozzi JD. Squeaking in third- and fourth-generation ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty: meta-analysis and systematic review. *J Arthroplasty.* 2012;27(3):445-53. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.04.031>.
 - 44 Sexton SA, Yeung E, Jackson MP, et al. The role of patient factors and implant position in squeaking of ceramic-on-ceramic total hip replacements. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(4):439-42. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.93B4.25707>.
 - 45 Swanson TV, Peterson DJ, Seethala R, et al. Influence of prosthetic design on squeaking after ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2010;25(6 Suppl):36-42. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2010.04.032>.
 - 46 Haq RU, Park KS, Seon JK, et al. Squeaking after third-generation ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2012;27(6):909-15. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.10.001>.
 - 47 Walter WL, O'toole GC, Walter WK, et al. Squeaking in ceramic-on-ceramic hips: the importance of acetabular component orientation. *J Arthroplasty.* 2007;22(4):496-503. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.06.018>.
 - 48 Kiyama T, Kinsey TL, Mahoney OM. Can squeaking with ceramic-on-ceramic hip articulations in total hip arthroplasty be avoided? *J Arthroplasty.* 2013;28(6):1015-20. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2012.10.014>.
 - 49 Chevillotte C, Trousdale RT, Chen Q, et al. The 2009 Frank Stinchfield Award: "Hip squeaking": a biomechanical study of ceramic-on-ceramic bearing surfaces. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(2):345-50. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-0911-x>.
 - 50 Restrepo C, Post ZD, Kai B, et al. The effect of stem design on the prevalence of squeaking following ceramic-on-ceramic bearing total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(3):550-7. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01326>.
 - 51 Walter WL, Waters TS, Gillies M, et al. Squeaking hips. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90 Suppl 4(Suppl 4):102-11. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00867>.
 - 52 Hothan A, Huber G, Weiss C, et al. Deformation characteristics and eigenfrequencies of press-fit acetabular cups. *Clin Biomech (Bristol).* 2011;26(1):46-51. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.08.015>.
 - 53 Klein GR, Levine BR, Hozack WJ, et al. Return to athletic activity after total hip arthroplasty. Consensus guidelines based on a survey of the Hip Society and American Association of Hip and Knee Surgeons. *J Arthroplasty.* 2007;22(2):171-5. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.09.001>.
 - 54 Bradley BM, Moul SJ, Doyle FJ, et al. Return to Sporting Activity After Total Hip Arthroplasty-A Survey of Members of the British Hip Society. *J Arthroplasty.* 2017;32(3):898-902. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2016.09.019>.
 - 55 Ollivier M, Frey S, Parratte S, et al. Does impact sport activity influence total hip arthroplasty durability? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(11):3060-6. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2362-z>.
 - 56 Lübbeke A, Garavaglia G, Barea C, et al. Influence of patient activity on femoral osteolysis at five and ten years following hybrid total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(4):456-63. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.93B4.25868>.
 - 57 Flugsrud GB, Nordsletten L, Espehaug B, et al. The effect of middle-age body weight and physical activity on the risk of early revision hip arthroplasty: a cohort study of 1,535 individuals. *Acta Orthop.* 2007;78(1):99-107. <https://doi.org/10.1080/17453670610013493>.
 - 58 van den Bogert AJ, Read L, Nigg BM. An analysis of hip joint loading during walking, running, and skiing. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(1):131-42. <https://doi.org/10.1097/00005768-199901000-00021>.
 - 59 Akutagawa S, Kojima T. Trunk rotation torques through the hip joints during the one- and two-handed backhand ten-

- nis strokes. *J Sports Sci.* 2005;23(8):781-93. <https://doi.org/10.1080/02640410400021609>.
- ⁶⁰ Gschwend N, Frei T, Morscher E, et al. Alpine and cross-country skiing after total hip replacement: 2 cohorts of 50 patients each, one active, the other inactive in skiing, followed for 5-10 years. *Acta Orthop Scand.* 2000;71(3):243-9. <https://doi.org/10.1080/000164700317411825>.
- ⁶¹ McGrory BJ. Periprosthetic fracture of the femur after total hip arthroplasty occurring in winter activities: report of two cases. *J Surg Orthop Adv.* 2004;13(2):119-23.
- ⁶² Wilson MJ, Villar RN. Hip replacement in the athlete: is there a role? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(9):1524-30. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1492-2>.
- ⁶³ Sechriest VF 2nd, Kyle RF, Marek DJ, et al. Activity level in young patients with primary total hip arthroplasty: a 5-year minimum follow-up. *J Arthroplasty.* 2007;22(1):39-47. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.02.083>.
- ⁶⁴ Wylde V, Hewlett S, Learmonth ID, et al. Personal impact of disability in osteoarthritis: patient, professional and public values. *Musculoskeletal Care.* 2006;4(3):152-66. <https://doi.org/10.1002/msc.86>.
- ⁶⁵ Weiss JM, Noble PC, Conditt MA, et al. What functional activities are important to patients with knee replacements? *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(404):172-88. <https://doi.org/10.1097/00003086-200211000-00030>.
- ⁶⁶ Moore SC, Patel AV, Matthews CE, et al. Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: a large pooled cohort analysis. *PLoS Med.* 2012;9(11):e1001335. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001335>.
- ⁶⁷ Anakwe RE, Jenkins PJ, Moran M. Predicting dissatisfaction after total hip arthroplasty: a study of 850 patients. *J Arthroplasty.* 2011;26(2):209-13. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2010.03.013>.
- ⁶⁸ Zagra L. Advances in hip arthroplasty surgery: what is justified? *EFORT Open Rev.* 2017;11;2(5):171-178. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.2.170008>.
- ⁶⁹ Zawadsky MW, Paulus MC, Murray PJ, et al. Early outcome comparison between the direct anterior approach and the mini-incision posterior approach for primary total hip arthroplasty: 150 consecutive cases. *J Arthroplasty.* 2014;29(6):1256-60. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2013.11.013>.
- ⁷⁰ Batailler C, Rozinthe A, Mercier M, et al. Return to Sport After Bilateral Single Stage Total Hip Arthroplasty Using the Direct Anterior Approach: A Case Control Study. *J Arthroplasty.* 2019;34(12):2972-2977. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.06.054>.
- ⁷¹ Schmidutz F, Grote S, Pietschmann M, et al. Sports activity after short-stem hip arthroplasty. *Am J Sports Med.* 2012;40(2):425-32. <https://doi.org/10.1177/0363546511424386>.
- ⁷² Ollivier M, Frey S, Parratte S, et al. Pre-operative function, motivation and duration of symptoms predict sporting participation after total hip replacement. *Bone Joint J.* 2014;96-B(8):1041-6. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B8.32813>.
- ⁷³ Jassim SS, Douglas SL, Haddad FS. Athletic activity after lower limb arthroplasty: a systematic review of current evidence. *Bone Joint J.* 2014;96-B(7):923-7. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B7.31585>.
- ⁷⁴ Amstutz HC, Le Duff MJ. Infographic: Effects of physical activity on long-term survivorship after metal-on-metal hip resurfacing arthroplasty. *Bone Joint J.* 2019;101-B(10):1184-1185. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B10.BJJ-2019-1091>.
- ⁷⁵ van der Weegen W, Kornuijt A, Das D, et al. It is safe to use minimal restrictions following posterior approach total hip arthroplasty: results from a large cohort study. *Hip Int.* 2019;29(6):572-577. <https://doi.org/10.1177/1120700018823504>.
- ⁷⁶ Dietz MJ, Klein AE, Lindsey BA, et al. Posterior Hip Precautions Do Not Impact Early Recovery in Total Hip Arthroplasty: A Multicenter, Randomized, Controlled Study. *J Arthroplasty.* 2019;34(7S):S221-S227.e1. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.02.057>.
- ⁷⁷ Seyler TM, Mont MA, Ragland PS, Kachwala MM, Delanois RE. Sports activity after total hip and knee arthroplasty: specific recommendations concerning tennis. *Sports Med.* 2006;36(7):571-83. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636070-00003>.
- ⁷⁸ Sowers CB, Carrero AC, Cyrus JW, et al. Return to Sports After Total Hip Arthroplasty: An Umbrella Review for Consensus Guidelines. *Am J Sports Med.* 2023;51(1):271-278. <https://doi.org/10.1177/03635465211045698>.