

Zusammenfassung

Das von Patienten angestrebte postoperative Behandlungsziel nach endoprothetischem Ersatz des Hüft- und Kniegelenkes liegt nicht mehr nur allein in der Wiedererlangung einer schmerzfreien Belastbarkeit bei guter Bewegungsfähigkeit des jeweiligen Gelenkes, sondern zunehmend auch im Wunsch sportliche Aktivitäten wiederaufnehmen oder weiterführen zu können. Die Meinungen der behandelnden Ärzte als auch in der medizinischen Fachliteratur über das diesbezüglich empfohlene Ausmaß und die Art der Sportaktivitäten weichen zum Teil deutlich voneinander ab. Im Folgenden wird dieses Problem aufgegriffen, indem bestehende Behandlungsregime kritisch hinterfragt werden. Des Weiteren werden Vorschläge und Empfehlungen in Bezug auf sportliche Aktivitäten nach endoprothetischem Gelenkersatz des Hüft- und Kniegelenkes gegeben.

Schlüsselwörter

Hüftgelenktotalendoprothese – Kniegelenktotalendoprothese – Sportaktivität

W. Raussen, L. Zichner

Endoprosthesis and sports

Summary

Patients main goal after total knee replacement and total hip replacement is not only to recover with painless load capacity and good range of motion. More frequently patients want to regain sports activity after surgery. The doctor's opinions and the medical literature show partial differences in regard to recommended degree and kind of sports activity after this surgical procedures. In this article different kind of treatments are analyzed and recommendations and suggestions are made concerning postoperative level of sports activity after total hip and knee replacement.

Key words

Total knee replacement – total hip replacement – sports activity

DIE HÜFTE IM SPORT

Endoprothese und Sport

Wolfgang Raussen und Ludwig Zichner

Orthopädische Universitätsklinik Stiftung Friedrichsheim, Frankfurt a. M.
(Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Ludwig Zichner)

Die endoprothetische Versorgung des Hüft- und Kniegelenkes erfolgt bei einer oft über Jahre hinweg andauernden Beschwerdesymptomatik in erster Linie zur Erlangung einer Schmerzfreiheit bei gleichzeitiger Steigerung der Beweglichkeit und dauerhaften Belastbarkeit. Die Zahl der sportlich aktiven Endoprothesepatienten, insbesondere in der älteren Generation und die Anzahl jüngerer Menschen mit endoprothetischen Versorgungen haben im Laufe der Jahre deutlich zugenommen. Beiden Gruppen gemeinsam ist ein hohes Anspruchsdenken an die eigene körperliche Fitness und sportliche Belastbarkeit, so dass prä- und postoperativ immer häufiger die Frage nach Sportfähigkeit nach erfolgter Endoprothesenimplantation an die Operateure und weiterbehandelnden Ärzte herangetragen wird. Bisweilen ist der Wunsch nach Wiederaufnahme oder Fortführung einer Sportart sogar das vom Patienten primär angestrebte und erwartete Behandlungsziel. Mit der Weisheit „Wer rastet, der rostet“ ermuntern wir Ärzte nicht nur die älteren endoprothesenversorgten Patienten zur körperlichen Aktivität; im selben Atemzug tun wir uns jedoch häufig schwer eine dezidierte Aussage bezüglich der Auswahl und des Ausmaßes der „ärztlich erlaubten“ Sportarten und der Festlegung

der Obergrenze der Totalendoprothesenbelastbarkeit zu machen, da diese zur Zeit noch teilweise im bestehenden Dunkel der wissenschaftlichen Ungewissheit und in der Multifaktorialität der Risiken einer TEP-Lockerung verschwindet.

Die Vielzahl unterschiedlicher Implantattypen und -kombinationen, Operationstechniken und -verfahrensweisen, die Fülle von endogenen und exogenen Risikofaktoren sowie deren nicht definitiv geklärte Wertigkeit, Gewichtung und gegenseitiges Zusammenspiel bei der TEP-Lockerung führen auch in der medizinischen Fachliteratur zu einer zum Teil ungeklärten und kontrovers diskutierten Situation. Es finden sich viele Studien, die ein vorzeitiges Implantatversagen den vermehrten Überaktivitäten junger Patienten zuschreiben. Demgegenüber steht eine mindestens genauso große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten, die eine vermehrte Lockerungsrate bei Nichtsporttreibenden gegenüber aktiven Endoprothesenträgern postulieren. Der durch unphysiologisch hohe Dauerbelastung induzierte Materialabrieb und -verschleiß (Abb. 1) mit zum Teil auftretenden konsekutiven osteolytischen Veränderungen steht der durch Minderbelastung ausgelösten Inaktivitätsosteoporose in dieser Diskussion kontrovers gegenüber.



Abbildung 1
72-jähriger Patient
mit vollständiger
Aufbrauchung des
PE-Inlays bds. und
Pfannenlockerung
links (anamnestisch
keine sportlichen
Aktivitäten nach
erfolgten Primärim-
plantationen).

Ähnlich divergent verhält es sich mit der Einschätzung der sportlichen Aktivität nach erfolgter Implantation einer Knie- und -Hüftgelenktotalendoprothese. Die Endoprothese ist ein avitaler Fremdkörper in einem komplizierten biologischen Knochen-Weichteil-System, welches seinerseits Torsions-, Scheer-, Druck-, Zug-, Biegebelastungen und Temperaturschwankungen ausgesetzt ist und sich adaptiv den sich fortwährend ändernden Gegebenheiten dynamisch umformend anpasst. Das Endoprothesenmaterial hat diese modulierende Fähigkeit nicht und kann lediglich durch Positionsverlagerung oder Aufbrauchung seiner selbst diesen Belastungen entgegentreten. Aus diesem Grund muss man die Frage „Welche (sportliche) Aktivität können wir unseren TEP-Patienten zumuten“ dahingehend umformulieren: „Welche (sportliche) Aktivität kann man der Totalendoprothese im Patienten und seinem Träger zumuten?“

Postoperative Nachbehandlungsregime auf dem Prüfstand

Die hierzu aufgestellten postoperativen Nachbehandlungsregime ruhen wissenschaftlich gesehen größtenteils auf einer „evidence-based medi-

cine“. Einige Teile dieses Fundamentes bestehen jedoch aus Richtlinien, die anhand des eigenen medizinischen Sach- und Menschenverständes oder salopp formuliert „aus dem medizinischen Bauch heraus“ aufgestellt wurden. Vieles von dem, was sich in und um das implantierte künstliche Gelenk bei normaler oder sportlicher Belastung auch auf lange Sicht hin in vivo vollzieht und verändert, entzieht sich zur Zeit unserer wissenschaftlichen Erkenntnis. Insofern sollten die folgenden Ausführungen dazu dienen, einige Denkanstöße zu geben und die eigenen postoperativen Behandlungsregime insbesondere im Hinblick auf die sportliche Aktivität kritisch zu beleuchten.

In-vivo-Messungen (2, 3, 4, 5) beim langsamen bds. vollbelastenden Gehen von 1 km/h ergaben Belastungsspitzen von 280% Patientenkörpergewicht (= KG). 480% KG wurden bei 5 km/h und beim Joggen bzw. sehr schnellem Gehen 550% KG gemessen. Weitaus erschreckender erscheinen die Messungen des Hüftgelenkes in Bezug auf auch postoperativ auftretende unkoordinierte Bewegungen, wie z. B. dem plötzlichen Stolpern, welche die Messwerte auf 720% KG hinaufschleunigen ließen. Will man den Patienten nun wohlwollend vor diesen Belastungsspitzen

schützen, indem man eine Entlastung und leichte Krankengymnastik im Bett verordnet, sollte man bedenken, dass beim alleinigen Anheben des gestreckten Beines in Rückenlage bis zu 160% und beim sich anschließenden Absenken des gestreckten Beines bis zu 250% des Patientenkörpergewichtes auf dem frisch operierten Hüftgelenk lasten. Das symmetrische Stehen auf beiden Beinen ergibt 80% KG; beugt nun der Patient aus dieser Position heraus seinen Oberkörper nach vorne (z.B. bei der Prüfung der LWS-Beweglichkeit/Beinlängendifferenz oder Testung des Vorlaufphänomens des Sakroiliakgelenkes) steigen die Gelenkkräfte bis auf 230% KG an (zum Vergleich: 280% KG bei 1 km/h Vollbelastung). Ähnliche Belastungswerte ergeben sich beim Aufstehen von einem Stuhl ohne Zuhilfenahme der Hände (220% KG).

Hebt der im Bett liegende Patient z.B. beim Entfernen einer Bettpfanne sein Becken in Rückenlage bei gleichzeitig angewinkelten Knien ab, erreicht er ebenfalls Hüftgelenk-Belastungswerte, die einem vollbelastenden Gehen mit 1 km/h entsprechen (200%–300% KG). So wird die frisch implantierte Endoprothese selbst beim Bettruhe haltenden Patienten allein durch die nötigen postoperativen pflegerischen Maßnahmen bereits vor dem ersten erlaubten Aufstehen unbewusst einer Vollbelastung vorzeitig zugeführt.

Auch die eigentliche gewünschte kontinuierliche Entlastung durch 2 Unterarmgehilfen wird vielfach überschätzt: Überraschend hierbei erscheint, dass der initial postoperativ verwendete Dreipunktengang unter Zuhilfenahme von 2 Unterarmgehilfen in seinen Belastungsspitzen höher liegt als der normalerweise erst Wochen später empfohlene und aufgenommene Vierpunktengang (29). Fahrradfahren auf dem Ergometer beträgt bei niedrigem Widerstand

(40 Watt) und normaler Drehzahl (60/min) 50% KG. Die wesentlichen Belastungsgefahren beim Fahrradfahren liegen weniger in der physiologischen sportlichen Belastung selbst, sondern vielmehr im Absteigen und im Besteigen des Sportgerätes mit Belastungsspitzen von 280% KG. Wer nun anstelle des „gefährlichen“ Fahrrads zur Fortbewegung lieber auf Bus oder Bahn umsteigt, dem sei gesagt, dass beim Aussteigen aus öffentlichen Verkehrsmitteln maximale vertikale Bodenreaktionskräfte entwickelt werden, die einem Kurzstreckensprint entsprechen (bis zum 3,5-fachen des Körpergewichtes) (29).

Auch das tribologische Verhalten der unterschiedlichen Kopf-Pfannen-Paarungen wird in der Fachwelt von kontroversen Standpunkten aus unterschiedlich beleuchtet. Neben dem Abriebverhalten der endoprothetischen Materialien nimmt man sich im Rahmen dieser Diskussion nun auch vereinzelt den Temperaturentwicklungen innerhalb des künstlichen Gelenkes bei vermehrter Belastung an: Viele Hersteller testen ihre Polyethylen-Inlays bei einer „Standardtemperatur“ von 37 °C auf dauerhafte Belastbarkeit und Materialverschleiß. Je nach Literatur werden nach z.B. einstündigem Wandern auf ebener Strecke jedoch intraartikuläre Temperaturen von 43 °C bis 46 °C gemessen. Einige Autoren gehen sogar von weitaus höheren Temperaturspitzen bei vermehrter körperlicher Belastung aus (3, 4).

Da wissenschaftlich gesehen noch keine detaillierte Aussage darüber gemacht werden kann, welche Auswirkung und Nebeneffekte sich bei derartigen wiederholten intraartikulären Erhitzungen für den Träger als auch für die Endoprothese selbst in vivo ergeben, erscheinen weiterführende Untersuchungen und eine Weiterentwicklung und Forschung bezüglich der verwendeten Implantatmaterialien dringend vonnöten.

Sollte man „trotz“ der oben angegebenen Denkanstöße über ein wissenschaftlich fundiertes Nachbehandlungsregime verfügen, bleibt es dann individuell noch offen, inwieweit die behandelten Patienten die ärztlichen Ratschläge, Empfehlungen und Warnhinweise letztendlich postoperativ auch umsetzen und befolgen. Insbesondere der im Rahmen der postoperativ durchgeführten AHB stattfindende rege Erfahrungsaustausch der TEP-Patienten untereinander lässt die klinikspezifischen unterschiedlichen Behandlungsprinzipien aufeinander prallen, welches in einigen Fällen zur individuellen, eigenmächtigen Modifikation der ärztlich empfohlenen Weiterbehandlung führt. Zusätzlich ist menschlich gesehen einfach davon auszugehen, dass mit zunehmender subjektiver Zufriedenheit und Schmerzfreiheit gleichzeitig die Compliance bezüglich ärztlicher Vorsichtsmaßnahmen abnimmt. Positiv formuliert trägt und trug auch die Imponderabilie „Patient“ in einigen Fällen durch sein eigenmächtiges abweichendes Verhalten dynamisch zur Veränderung von verbreiteten medizinischen Behandlungsweisen und Therapieregimen bei.

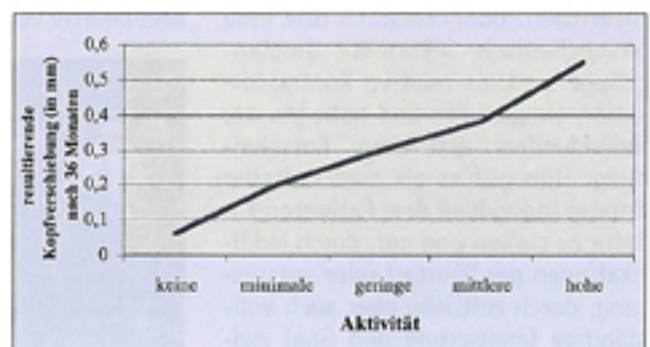
Risiken für Endoprothesenträger

In Erwägung zu ziehende spezifische Risiken für sporttreibende Hüft- und

Knieendoprothesenträger sind neben der erwähnten Eigenmächtigkeit des Patienten die aseptische Frühlockerung, die Endoprothesenluxation, die periprothetische und prothetische Fraktur sowie das Auftreten von periartikulären Ossifikationen. Auch eine vermehrte Abnutzung der implantierten Materialien, insbesondere des Polyethylen-Inlays bei dauerhafter hoher Aktivität (Abb. 2), könnte ein Gefahrenmoment für den Endoprothesenträger darstellen (30).

Ohne eine detailliertere Diskussion aufgreifen zu wollen, erscheint unter Würdigung der entsprechenden Literatur und der eigenen Erfahrungen das Risiko in Bezug auf postoperative sportliche Aktivität für die oben angegebenen Punkte eher gering zu sein. Gezielte koordinative, stabilisierende krankengymnastische Übungsbehandlungen, eine adäquate medikamentöse Ossifikationsprophylaxe, die Vermeidung gefährdender Kombinationsbewegungen in der initialen postoperativen Phase, eine regelmäßige klinische und radiologische Verlaufskontrolle sind – um nur einige zu nennen – wesentliche Maßnahmen, welche mit zur Minimierung der oben genannten Risiken beitragen. Auch die Wahl des Zeitpunktes der Wiederaufnahme von sportlichen Aktivitäten erscheint wichtig und schwankt je nach Autor zwischen 3 und 12 Monaten postoperativ. Unter dem Strich erscheint

Abbildung 2
Resultierende Kopfverschiebung in Abhängigkeit vom Aktivitätsgrad.



ein 6-monatiger Zeitraum, insbesondere bei zementfreien Implantaten, bei denen eine radiologisch gesicherte knöcherne Integration gewährleistet sein muss, ausreichend zu sein (8, 25). In diesem Rahmen könnte sich eine frühe postoperative Gabe von Biphosphonaten zur Vermeidung der frühen periprothetischen Knochenatrophie zusätzlich als vorteilhaft erweisen.

Kontraindikationen für sportliche Betätigungen



Als uneingeschränkte Kontraindikation zur Durchführung sportlicher Betätigungen nach erfolgter Totalendoprothesenversorgung ist einerseits die Gelenkinfektion und andererseits die radiologisch und klinisch gesicherte Implantatlockerung zu sehen. Von der Prothese ausgehende Belastungs- und Ruheschmerzen, stattgehabte Gelenkluxationen oder chronische Gelenkinstabilität, Endoprothesenwechsel, hochgradige limitierende Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit sowie eine muskuläre Insuffizienz oder Fehlstatik bzw. eine biomechanisch inkorrekte Implantatlage sind als relative Kontraindikation einzustufen und obliegen der individuellen ärztlichen Entscheidung. Hier gilt es als medizinischer Berater individuell dem Patienten zur Seite zu stehen und ggf. durch Modifikationen der Sportart oder -ausrüstung, durch zeitliche aber auch vollständige Limitierung den Grad zwi-

schen destrukturierender Überbelastung und notwendiger gelenkstabilisierender Aktivität zu finden. Generell sollten insbesondere ambitionierte Patienten präoperativ dahingehend informiert werden, dass Leistungssport sowie Wettkampfsport nach erfolgter TEP-Implantation vermieden werden sollten (8, 25).

Allgemeine Voraussetzungen

Eine im Röntgenbild gesicherte anatomisch korrekte Implantatpositionierung ohne Hinweis auf Lockerungszeichen ist ebenso wie eine den sportlichen Anforderungen gerecht werdende, ausreichende Beweglichkeit des Kunstgelenkes mit guter ligamentärer und muskulärer Stabilität und einer ggf. adäquat korrigierten Beinstatik unabdingbare Voraussetzung zur Aufnahme der ehemals betriebenen Sportart. Bei der Auswahl der sportlichen Aktivitäten sollte sich der Endoprothesenträger auf bereits präoperativ ausgeübte Sportarten beschränken. Der positive postoperative Behandlungserfolg mit Schmerzreduktion sollte fälschlicherweise nicht Anlass geben, durch die wiedererlangte Mobilität und Belastbarkeit neue Sportarten mit neuartigen sportartspezifischen Bewegungsmustern und neuen koordinativen Anforderungen aufzunehmen. Es sollten nur Sportarten betrieben werden, deren Bewegungsabläufe dem Patienten durch jahrelange Erfahrung bereits präoperativ vertraut sind.



Sportarten und ihre Eignung für Endoprothesenträger

Als geeignete Sportarten sind einzustufen: Radfahren; Schwimmen, (Bergauf-) Wandern, Rudern, individuelle Gymnastik, Walking, Aqua-Jogging.



Bedingt geeignete Sportarten sind: Jogging, Golf, Tennis, Alpiner Skilauf und Langlauf, Tischtennis, Kegeln/Bowling, Reiten.



Zu den ungeeigneten Sportarten mit erhöhtem Verletzungspotential und vermehrter Stauchungskomponente zählen Kampf- und Ballsportarten, Schnellkraft- und Sprungdisziplinen der Leichtathletik sowie Geräteturnen.



Die angegebenen Sportarten sind nicht strikt voneinander getrennt zu sehen, sondern überlappen sich je nach Aktivitätsgrad und Ausführung der jeweiligen Sportart („Radfahren ist nicht gleich Radfahren“): Die kontrollierten, rhythmischen, in Intensität individuell dosierbaren Tretbewegungen auf einem Fahrradergometer sind in Bezug auf mögliche Belastungsspitzen in keiner Weise mit den plötzlich einwirkenden Maximalkräften eines im Sattel stehenden, bergabfahrenden Mountainbikers zu vergleichen. Die insbesondere mit zunehmender Kniegelenkflexion ansteigende tibiofemorale Belastung sowie der retropatellare Anpressdruck erhöhen sich um das 8- bis 12-fache des Körpergewichtes beim Abfangen von unerwarteten Stößen.



Insbesondere Aktivitäten aus der Gruppe der bedingt geeigneten

Sportarten können durch adäquate Modifikationen und individuelle Anpassungen sowie Vorsichtsmaßnahmen zu geeigneten Sportarten avancieren: Der Alpine Skilauf ist unseres Erachtens solange als geeignet anzusehen, solange Buckelpisten und Tiefschnee, kurzschwingendes aggressiveres Fahren sowie das Skilaufen bei schlechten Sichtverhältnissen mit der Gefahr von uner-



warteten Stoßbelastungen vermieden werden.

Auch das Tennisspielen auf Sand mit der Möglichkeit ausgleichende fließende Bewegungen durchzuführen eignet sich im Gegensatz zu den abrupten Brems- und Drehmanövern auf Hallenboden- oder Betonplätzen sehr wohl für Endoprothesenträger. Eine mögliche Regeländerung mit der Erlaubnis den Tennisball zweimal auftreten zu lassen, mag zwar eine gewisse Rasanz aus dem

Spiel, nicht jedoch die Freude am weißen Sport nehmen (19, 20).



Es sei darauf hingewiesen, dass die o.a. vielfach verbreitete Einteilung der Sportarten in geeignet, bedingt geeignet und ungeeignet für Endoprothesenträger nicht nur in der Literatur eine geographisch bedingte dynamische Anpassung und Bewertung erfährt: Wird z.B. das alpine Skifahren im Norden Deutschlands noch als „zu risikoreich“ eingestuft, so weicht dieses medizinische Empfehlungsdogma mit zunehmender Alpennähe zusehends auf. Ärzte des mitteleuropäischen Raumes stehen dem Golf-sport noch eher indifferent gegenüber und bewerten ihn für Knie-totalendoprothesenträger zeitweise sogar als zu gefährlich; hingegen zeigt man sich in Nordamerika diesbezüglich in der Bewertung durchweg positiv und wesentlich aufgeschlossener und zugänglicher (17).



Tabelle 1. Sportarten und ihre Eignung für Endoprothesenträger.

Geeignet	Bedingt geeignet	Nicht geeignet
- Radfahren	- Jogging	- Kampfsportarten
- Schwimmen	- Golf	- Ballsportarten
- Wandern	- Tennis	(Basketball, Volleyball, Fußball usw.)
- Rudern	- Alpiner Skilauf	- Geräteturnen
- Gymnastik	- Langlauf	- Leichtathletik
- Walking	- Tischtennis	(Sprung-/Schnellkraftdisziplinen)
- Aqua-Jogging	- Kegeln/Bowling	
	- Reiten	



Am Rande sei noch bemerkt, dass sporttreibende Endoprothesenträger auch bezüglich des gutachtlichen Aspektes eine gewisse argumentative Problematik aufwerfen: Der postoperative vom behandelnden Arzt „abgesegnete“ sportliche Aktivitätsgrad der TEP-Patienten steht zum Teil der gutachtlichen tabellarischen Einteilung der Minderung der Erwerbsfähigkeit diskrepant gegenüber. Es sollte deshalb kritisch darüber nachgedacht werden, ob ein skifahrender, tennisspielender, joggender, beidseits mit Hüfttotalendoprothesen versorgter Patient gutachtlich weiterhin mit 40% MDE bewertet werden kann (21).

Fazit

Dem vielfach geäußerten Patientenwunsch nach Beschwerdereduktion bei bestehender Cox- oder Gonarthrose folgt immer häufiger und vorrangiger die Frage nach der postoperativen sportlichen Leistungsfähigkeit und -belastbarkeit. Der behandelnde Arzt befindet sich diesbezüglich in einer Zwickmühle, da das vom Patienten gewünschte postoperative Aktivitätsniveau und der medizinisch vertretbare Belastungsgrad immer häufiger scherenartig voneinander abweichen.

Hinzu treten die mehr und mehr Einzug haltenden „Garantieforderungen der Krankenkassen“ auf endoprothetischen Gelenkersatz. Die Eventua-

lität einer „durch übermäßige sportliche Aktivität induzierte TEP-Lockerung“ mit daraus resultierenden möglichen Regressforderungen dürfte aufgrund wirtschaftlicher Beweggründe bei den verantwortlichen Operateuren eine eher restriktive Einstellung bezüglich vermehrter sportlicher Aktivitäten verständlich machen. Obwohl es bislang wissenschaftlich ungelöst bleibt, ob, wie und zu welchem Anteil sportliche (Über-)Aktivität als komplikationsauslösender oder -begünstigender Faktor aus dem multifaktoriellen Gesamtbild der Hüft- und Knie-TEP-Lockerungen beiträgt, erscheint dennoch eine individuell anzupassende „Pro-Sport-Haltung“ nach erfolgter Endoprothesenversorgung die medizinisch vertretbare Variante.



Der gesellig-kommunikative Aspekt des Sportes, aber auch die Motivation Bewegungssängste abzubauen und Bewegungssicherheit und -selbstvertrauen zu schaffen, sind nicht zu unterschätzende Argumente für eine postoperative Sportausübung. Ein weiteres nicht zu entkräftendes Argument ist, dass der sportlichen Bewegung und dem damit verbundenen Training der koordinativen Fähigkeiten eine gelenkstabilisierende Schutzfunktion zukommt, insbesondere wenn Bewegungsmuster durch Beseitigung von limitierenden Kontrakturen bei gleichzeitiger gesteigerter Gelenkbeweglichkeit verbessert und gelenkübergreifende Muskelgruppen

gekräftigt bzw. wiederaufgebaut werden. Der hierfür notwendige bzw. maximale Grad der sportlichen Aktivität sollte einerseits durch ärztliche fachlich kompetente individuelle Beratung und sinnvolle Abwägung erfolgen. Zum anderen sollten hier natürlich auch die Vernunft und die Eigenverantwortlichkeit des Patienten eine tragende Rolle spielen.



Zusammenfassend ist eine kontrollierte und vor allem individuell dosierte Sportaktivität dem Hüft- und Kniegelenkttotalendoprothesenträger unter Wahrung und Berücksichtigung der genannten Risikofaktoren unter dem Leitsatz: „Die Dosis macht das Gift“ zu empfehlen.

Literatur

- 1 Bradbury N, Borton D, Spoo G, Cross MJ (1998): Participation in sports after total knee replacement. *Am J Sports Med* 26(4): 530-535
- 2 Bergmann G, Rohlmann A, Graichen F (1989): In vivo Messung der Hüftgelenkbelastung, 1. Teil: Krankengymnastik. *Z Orthop* 127
- 3 Bergmann G, Graichen F, Rohlmann A, Verdonschot N, van Lenthe GH (2001): Frictional heating of total hip implants. Part 1: measurements in patients. *J Biomech* Apr 34(4): 421-428
- 4 Bergmann G, Graichen F, Rohlmann A, Verdonschot N, van Lenthe GH (2001): Frictional heating of total hip implants. Part 2: finite element study. *J Biomech* 34(4): 429-435
- 5 Bergmann G, Deuretzbacher G, Heller M, Graichen F, Rohlmann A, Strauss J, Duda GN (2001): Hip contact forces and gait patterns routine activities. *J Biomech* 34(7): 859-871

- 6 van den Bogart AJ, Read L, Nigg BM (1999): An analysis of hip joint loading during walking, running and skiing. *Med Sci Sports Exerc* 31(1): 13-42
- 7 Cirincione RJ (1996): Sports after total joint replacement. *Md Med J* 45(8): 644-647
- 8 Engelhardt M, Hintermann B, Segesser B (1997): Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin, GOTS-Manual Sporttraumatologie, Verlag Hans Huber, Bern
- 9 Franke H (1998): Sport bei Endoprothesenträgern, Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (Deutscher Sportärztebund) e.V., Sektion Rehabilitation und Behindertensport, August 1998
- 10 Gschwend N, Frei T, Morscher E, Nigg B, Loehr J (2000): 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* 71(3): 243-249
- 11 Goldsmith AA, Dowson D, Wroblewski BM, Siney PD, Fleming PA, Lane JM (2001): The effect of activity levels of total hip arthroplasty patients on socket penetration. *Arthroplasty* 16(5): 620-627
- 12 Healy WL, Ioro R, Lemos MJ (2001): Athletic activity after joint replacement. *Am J Sports Med* 29(3): 377-388
- 13 Horstmann T, Heitkamp HC, Haupt G, Merk J, Mayer F, Dickhuth H-H (2001): Möglichkeiten und Grenzen der Sporttherapie bei Coxarthrose- und Hüftendoprothesen-Patienten. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 52: 10
- 14 Kilgus DJ, Dorey FJ, Finerman GA, Amstutz HC (1991): Patient activity, sports participation and impact loading on the durability of cemented total hip replacements. *Clin Orthop* 269: 25-31
- 15 Kuster MS, Spalinger E, Blanksby BA, Gächter A (2000): Endurance sports after total knee replacement: a biochemical investigation. *Med Sci Sports Exerc* 32(4): 721-724
- 16 Kuster MS (2002): Exercise recommendations after total joint replacement: a review of the current literature and proposal of scientifically based guidelines. *Sports Med* 32(7): 433-445
- 17 Mallon WJ, Liebelt RA, Mason JB (1996): Total joint replacement and golf. *Clin Sports Med* 15(1): 179-190
- 18 McGroory BJ, Stuart MJ, Sim FH (1995): Participation in sports after hip and knee arthroplasty: review of literature and survey of surgeon preferences. *Mayo Clin Proc* 70(4): 342-348
- 19 Mont MA, LaPorte DM, Mullick T, Silberstein CE, Hungerford DS (1999): Tennis after total hip arthroplasty. *Am J Sports Med* 27(1): 60-64
- 20 Mont MA, Rajadhyaksha AD, Marxen JL, Silberstein CE, Hungerford DS (2002): Tennis after total knee arthroplasty. *Am J Sports Med* 30(2): 163-166
- 21 Mouret P, Zichner L (1992): Postoperative Behandlung, Rehabilitation und gutachterliche Beurteilung von Endoprothesenträgern des Hüftgelenkes. *Versicherungsmedizin* 44: 7
- 22 Nagura T, Dyrby CO, Alexander EJ, Andriacchi TP (2002): Mechanical loads at the knee joint during deep flexion. *J Orthop Res* 20(4): 881-886
- 23 Nicholls MA, Selby JB, Hartford JM (2002): Athletic activity after total joint replacement. *Orthopedics* 25(11): 1283-1287
- 24 Riepenhausen U (1979): Sports following endoprothetic. Rowing with an endoprosthesis of the hip. *Z Orthop ihre Grenzgeb* 117(5): 830-832
- 25 Scholz R, Freiherr von Salis-Soglio G (2002): Sportfähigkeit nach endoprothetischem Gelenkersatz. *Orthopäde* 31(4): 423-431
- 26 Widhalm R, Höfer G, Krugluger J, Bartalicky L (1990): Is there greater danger of sports injury or osteoporosis caused by inactivity in patients with hip prosthesis? Sequelae for long-term stability of prosthesis anchorage. *Z Orthop ihre Grenzgeb* 128(2): 139-43
- 27 Wirtz DC, Heller KD, Niethard FU (1998): Biomechanical aspects of load-bearing capacity after total endoprosthesis replacement of the hip. An evaluation of current knowledge and review of the literature. *Z Orthop ihre Grenzgeb* 136(4): 310-316
- 28 Zentek K (2003): Wer rastet, der rostet! Sport bei Endoprothesenträgern. *Orthopaedic dimensions*, Ausgabe 1/2003
- 29 Zichner L, Engelhardt M, Freiwald J (2000): Sport bei Arthrose und nach endoprothetischem Einsatz. *Rheumatologie Orthopädie*, Novartis Pharma Verlag, Nürnberg
- 30 Zichner L, Willert H-G (1992): Comparison of Alumina-Polyethylene and Metal-Polyethylene in clinical trials. *Clinical Orthopaedics and related research* 282: 86-94
- 31 Photomaterial: Storch J, Bad Homburg

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Wolfgang Raussen
 Orthopädische Universitätsklinik
 Stiftung Friedrichsheim, Frankfurt a.M.
 Marienburgstraße 2
 D - 60528 Frankfurt am Main
 Tel.: 069/6705-0
 Fax: 069/6705-375
 e-mail: w.raussen@friedrichsheim.de