

LA REVISIONE COMPUTER ASSISTITA NEI FALLIMENTI ASETTICI DELLE PROTESI MONOCOMPARTIMENTALI DI GINOCCHIO

Computer-assisted revision in aseptic failure of unicompartmental knee arthroplasty

Riassunto

La revisione dei fallimenti di protesi monocompartimentali di ginocchio non è così semplice a causa della impossibilità di standardizzare il trattamento chirurgico¹. In questo studio sono state analizzate le differenze degli impianti utilizzati nelle revisioni dei fallimenti delle protesi mono: nel tempo chirurgico, nell'allineamento dell'arto inferiore, nella correzione della joint line, e nei relativi costi. È stato eseguito uno studio comparativo tra 44 revisioni di protesi monocompartimentale (UKR). Un gruppo di 22 con la chirurgia computer assistita (CAS) ed un gruppo omogeneo con metodica tradizionale. Nel gruppo trattato senza l'aiuto del navigatore sono stati utilizzati prevalentemente impianti postero stabilizzati (PS) ed impianti condylar constrained (CCK), così come è stato riscontrato l'elevato utilizzo di augmentations (femorali), steli lunghi femorali e tibiali con offset. Non abbiamo riscontrato differenze statisticamente significative relative all'asse meccanico postoperatorio, al tempo chirurgico o alla durata di degenza. Si segnala un modesto miglior ripristino della joint line nel gruppo trattato con l'aiuto del sistema di navigazione. Sono state eseguite maggiori trasfusioni di sangue ed un aumento dei costi nel gruppo trattato con metodica classica.

Parole chiave: computer, revisione, monocompartimentale, ginocchio, protesi di ginocchio, navigazione

Summary

Revision of failed unicompartmental knee replacement (UKR) is not so easy, because there isn't a standard treatment¹. In this study differences in implants used in the revision, surgical time, limb alignment, joint line restoration, and procedure costs were analyzed. The authors performed a matched-paired study comparing 22 computer-assisted surgery (CAS) unicompartmental knee replacement revisions with a similar group of partial knee replacement revisions performed conventionally. In group treated without computer assistant, there was a higher percentage of posterior stabilized (PS) and condylar constrained knee (CCK) implants, as well as a higher percentage of augmentations/stems/offsets. There were no statistically significant differences in postoperative mechanical axis, surgical time, or hospital stay. We noted fewer outliers and better joint line restoration in the CAS group. More blood transfusions were performed in the conventional group, and costs were higher in this group.

Key words: computer, revision, unicompartmental, knee, total knee replacement, navigation

**N. CONFALONIERI, A. MANZOTTI,
C. CHEMELLO*, P. CERVERI****

I e II Divisione di Ortopedia e Traumatologia, Chirurgia Plastica e Ricostruttiva della Mano, Centro Traumatologico ed Ortopedico (CTO), Istituti Clinici di Perfezionamento, Milano; * Università di Padova, Clinica Ortopedica e Traumatologica, Padova; ** Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano

Indirizzo per la corrispondenza:

Cesare Chemello
via G. Berchet 9, 35131 Padova
Fax +39 424 512711
E-mail: cesarechemello@gmail.com

Ricevuto il 3 febbraio 2011
Accettato il 26 gennaio 2012

INTRODUZIONE

Per un chirurgo, il trattamento dei fallimenti delle protesi di ginocchio risulta essere una sfida chirurgica a causa della presenza di importanti perdite di osso, del difficile bilanciamento legamentoso e del difficile ripristino della rima articolare corretta¹.

A dimostrazione di come questo sia un argomento alquanto dibattuto, diversi autori esprimono pareri discordanti. Alcuni ricercatori ritengono che la UKR sia particolarmente difficile da impiantare con scarsi risultati, rispetto alle classiche protesi di ginocchio totali (TKR)²⁻⁵. Altri ricercatori sostengono che la conversione da UKR a TKR non comporti particolari problematiche intraoperatorie e consenta, dopo un breve follow-up, risultati comparabili ad un primo impianto di TKR⁶⁻⁸. Tuttavia quasi tutti gli autori evidenziano la necessità di utilizzare innesti, wedge, steli lunghi ed, in alcuni casi, perfino l'utilizzo di protesi semivincolate o vincolate per la revisione delle protesi monocompartimentali, dimostrando così come richieda una certa esperienza^{2,3,5,7}. Per esempio, Sprinter et al. nel 2006, hanno riportato di aver utilizzato wedge metallici ed augmentation nel 23% dei casi su 22 revisioni di UKR, nonostante la disponibilità di avere UKR con disegni moderni più conservativi³. Più recentemente Saragaglia et al. hanno riportato l'utilizzo di wedge metallici ed augmentation nel 60% dei casi in un gruppo di 33 casi di revisione di UKR⁹.

La chirurgia computer assistita (CAS) è stata sviluppata per aiutare i chirurghi a eseguire interventi di ricostruzione, per migliorare gli impianti, gli allineamenti e i risultati. Vari studi hanno dimostrato l'efficacia del sistema CAS nella chirurgia ricostruttiva di ginocchio di primo impianto perfino con sistemi differenti¹⁰⁻¹⁶. I sistemi di navigazione hanno permesso di ottenere una maggiore accuratezza nel posizionamento delle componenti protesiche e più precisi tagli ossei che potrebbero portare a vantaggi e progressi nella chirurgia mini invasiva (TSS)^{17,18}.

Ciononostante, pochi studi hanno analizzato l'utilizzo del sistema CAS negli interventi di revisione^{19,21}. Perlick et al. nel 2005 hanno dimostrato che il sistema CAS può permettere di ottenere simili miglioramenti nell'allineamento delle componenti protesiche, così come si ottiene coi sistemi tradizionali, perfino nei casi di revisione²⁰. Nel 2008, Massi et al. hanno evidenziato un maggior affidabilità del sistema CAS nel ripristino della joint line nei casi di revisione di fallimenti di TKR¹⁹. Tuttavia, nessuno studio in letteratura ha riportato risultati riguardo l'utilizzo del sistema CAS negli interventi di revisione di fallimento di UKR. Noi abbiamo effettuato uno studio comparativo tra 44 revisioni di UKR. Un gruppo di 22 con la navigazione ed un gruppo omogeneo trattato con metodica tradizionale. Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare le differenze tra i due gruppi: nel tempo chirurgico, nell'allineamento dell'arto inferiore, nel ripristino della joint line e nei costi dell'intervento.

MATERIALI E METODI

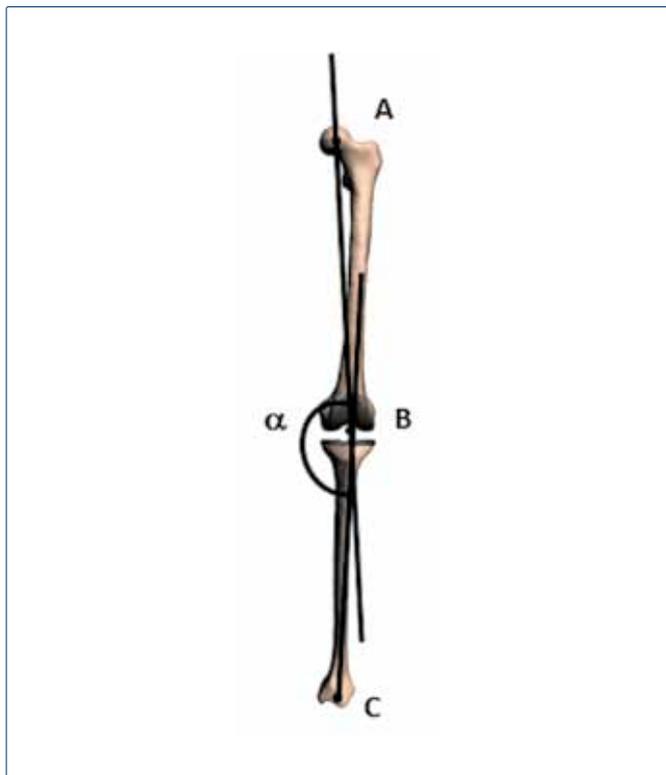
La nostra esperienza conta di 878 interventi di protesi di ginocchio computer assistita, a cominciare dal 1999. In questo studio abbiamo valutato 22 interventi consecutivi di revisione di UKR computer assistita (gruppo A). La causa di fallimento degli impianti è stata di mobilitazione asettica o impianto protesico doloroso in tutti i casi. Nessun caso di franca o sospetta sepsi è stato incluso. Per aiutare il chirurgo nella valutazione dell'asse dell'arto inferiore, nei tagli ossei e nel bilanciamento legamentoso è stato utilizzato un sistema di navigazione. Dopo un follow-up minimo di 12 mesi, tutti i pazienti sono stati comparati, con successo, a pazienti che erano stati sottoposti ad intervento di revisione di UKR, nel nostro ospedale, utilizzando le tradizionali guide di allineamento extramidollare (gruppo B). Ogni paziente è stato abbinato per sesso, età, diagnosi preoperatoria, e perdita ossea intraoperatoria secondo la classificazione dei difetti ossei dell'Anderson Orthopedic Research Institute. I pazienti sono stati abbinati con una differenza di età massima di tre anni. Nel gruppo A, gli interventi di revisione sono stati eseguiti utilizzando un sistema di allineamento computer assistito Tac-free (OrthoPilot 4.08, 4.2, e 4.3; Aesculap, Tullingen, Germany). Nel gruppo A tutti gli interventi sono stati eseguiti da 2 degli autori (N.C. e A.M.); nel gruppo B, diversi chirurghi della stessa unità operativa hanno eseguito gli interventi.

A distanza di 12 mesi dall'intervento, ogni paziente ha eseguito un controllo radiografico dell'arto inferiore in toto in carico in antero-posteriore e in laterale del ginocchio utilizzando lo stesso protocollo standard. Siamo riusciti a collaborare con i nostri radiologi per ottenere controlli radiografici uniformi prima di iniziare lo studio. Nel caso in cui fosse stato evidenziato un difetto di proiezione nelle immagini radiografiche, abbiamo ripetuto l'esame.

I radiogrammi sono stati esaminati da un radiologo non connesso alla nostra unità, il quale ha valutato con metodica tradizionale l'asse meccanico dell'arto inferiore (anca-ginocchio-caviglia [HKA]) come indice radiologico principale di outcome (Fig. 1). Per quanto riguarda l'allineamento delle componenti protesiche, il nostro obiettivo era ottenere un angolo HKA di 180°. Il numero e la percentuale di successi (componenti protesiche con angolo HKA con deviazione inferiore ai 3 gradi rispetto al prestabilito) sono stati calcolati. Il ripristino della linea articolare è stato eseguito secondo le indicazioni di Figgì, è stata inoltre studiata la differenza rispetto al controllo radiografico del ginocchio contro laterale, considerando 0 mm come valore ideale²².

Il tempo chirurgico, l'impianto protesico utilizzato per la revisione, la durata della degenza e la percentuale di trasfusioni di sangue sono state analizzate per ciascun paziente alla fine dell'intervento. Abbiamo inoltre stimato il costo medio del trattamento utilizzando una scheda

FIGURA 1.
Angolo asse meccanico dell'arto inferiore [anca-
ginocchio-caviglia (HKA)].



spese ospedaliera. Il costo medio del trattamento chirurgico è stato stimato, utilizzando un prezzo fisso per ciascuna componente dell'impianto (wedge, offset e steli) e utilizzando un costo medio derivato dal prezzo di vendita delle due principali aziende che forniscono il nostro ospedale. La spesa ospedaliera media è stata valutata considerando il tempo medio di degenza e il costo medio di una trasfusione di sangue per ciascun gruppo. Inoltre abbiamo aggiunto una spesa fissa extra di 336 euro per il gruppo trattato col sistema di navigazione come suggerito da Dong et al. nel 2006¹⁰.

Il calcolo statistico è stato effettuato utilizzando il sistema SPSS per Windows versione 11.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois). Sono state misurate differenze tra i due gruppi mediante il test t-Student per campioni indipendenti o il test non parametrico Mann-Whitney secondo i dati di distribuzione delle variabili continue.

Differenze nella percentuale di outlier dei singoli parametri sono stati analizzati utilizzando il test esatto di Fisher. È stato utilizzato un indice di significatività statistica per tutti i dati analizzati, p inferiore a 0,05.

RISULTATI

Nel gruppo A, l'età media dei pazienti al momento dell'intervento chirurgico di revisione è stata di 71,8 anni (range tra 62-83) con un tempo medio di sopravvivenza del primo impianto di UKR di 7,5 anni (range tra 2-15). Nel gruppo B, l'età media al momento dell'intervento chirurgico di revisione è stata di 73,6 anni (range 66-81)

TABELLA I.
Caratteristiche pazienti in gruppo A e B.

	Gruppo A (22 revisioni UKR con CAS)	Gruppo B (22 revisioni di UKR con tecnica tradizionale)	p
Età (anni)	71,8 (range 63-83) SD: 6,5	73,6 (range 66-81) SD: 4,4	,2
Sopravvivenza UKR (anni)	7,5 (range 2-15) SD: 3,6	8,2 (range 3-16) SD: 3,3	,5
Follow-up (mesi)	42,7 (range 13-66) SD: 1,8	48,4 (range 14-65) SD: 13,9	,06
Deformità preoperatoria (HKA angolo)	174,1° (range 172-179) SD: 1,8	175,1° (range 173-178°) SD: 1,6	,06
KSS score preoperatorio	42,9 (range 38-48) SD: 2,7	41,4 (range 37-50) SD: 2,9	,07
Functional score preoperatorio	46,9 (range 42-53) SD: 2,9	45,3 (range 41-50) SD: 2,8	,06
Classificazione perdite ossee	Grado I: 9 casi Grado II: 13 casi	Grado I: 9 casi Grado II: 13 casi	

CAS: chirurgia computer assistita; SD: deviazione standard; UKR: protesi monocompartimentale.

TABELLA II.
Risultati postoperatori.

	Gruppo A (22 revisioni UKR con CAS)	Gruppo B (22 revisioni di UKR con tecnica tradizionale)	p
Tempo chirurgico (minuti)	142,3 (range 85-132) SD: 13,7	98,8 (range 80-122) SD: 11,8	,2
Tipo impianto utilizzato nella revisione	2 Mono, 1 Bi-Mono, 7 CR TKR, 12 PS TKR	5 CR TKR, 13 PS TKR, 3 CCK	
Tipo e numero di augmentation	3: 4 mm wedge	5: 4 mm wedge 1: 8 mm wedge 2 allograft	
Angolo HKA postoperatorio (numero di outliers)	178,1° (range 175-182°) SD: 2,0 (0 outliers)	179,4 (range 17-181°) SD: 1,1 (5 outliers)	,06
Ripristino della Joint Line (rispetto controlaterale)	1,6 mm (range 0-4 mm) SD: 1,2	2,5 mm (range 0-6 mm) SD: 1,5	,6
KSS postoperatorio	80,05 (range 74-88) SD: 5,2	77,9 (range 73-87) SD: 4,5	,1
Functional score postoperatorio	82,3 (range 70-100) SD: 8,9	77,8 (range 69-90) SD: 0,7	,08
Trasfusioni di sangue	0,7 (range 0-2) SD: 0,7	1,4 (range 0-3) SD: 0,7	,006
Giorni di ricovero	7,1 (range 4-10) SD: 1,7	8 (range 4-13) SD: 2,1	,1

CAS: chirurgia computer assistita; HKA: anca-ginocchio-caviglia; TKR: protesi totale di ginocchio; CCK: protesi vincolata; PS: postero-stabilizzata; KSS: Knee Society Score; SD: deviazione standard; UKR: protesi monocompartimentale.

con un tempo medio di 8,2 anni (range 3-16) dal primo intervento di protesi monocompartimentale di ginocchio. Ci sono state 14 femmine e 8 maschi per ogni gruppo. I parametri preoperatori sono stati raccolti nella Tabella I, mentre i parametri postoperatori nella Tabella II. L'angolo HKA medio preoperatorio è stato di 174,1° (range 172-179) e 175,1 (range 173-178) rispettivamente per il gruppo trattato con navigazione ed il gruppo trattato con metodica tradizionale. Preoperatoriamente, il Knee Society Score (KSS) medio è stato di 42,9 (range 39-48) nel gruppo UKR e 41,4 (range 37-50) nel gruppo TKR. Il functional score medio preoperatorio è stato di 46,9 (range 42-53) per il gruppo A e di 45,3 (range 41-50) per il gruppo B.

Non abbiamo riportato alcuna complicanza intra- o postoperatoria relativa alla tecnica chirurgica, ad eccezione della rottura intraoperatoria di un filo di K, utilizzato per fissare il tracker all'osso nel gruppo operato col sistema di navigazione; ciò non ha comportato nessuna influenza sul risultato finale. (Fig. 2).

Il tempo chirurgico medio è stato maggiore nel gruppo A (104,3 minuti (range 80-122)); non c'è stata nessuna differenza statistica significativa tra i 2 gruppi.

FIGURA 2.

Revisione computer assistita di protesi monocompartimentale con protesi CR, con rottura intraoperatoria di filo di K utilizzato per fissare il tracker per la navigazione.



FIGURA 3.

a) Protesi monocompartimentale mediale dolente con ipercorrezione dell'asse meccanico; b) correzione computer assistita con protesi bimonocompartimentale.



In accordo con l'Anderson Orthopaedic Research Institute Bone Defect Classification, abbiamo rilevato 10 casi di I grado e 12 casi di II grado per ciascun gruppo.

Nel gruppo A, l'intervento di revisione è stato eseguito utilizzando nuovamente una UKR in 2 casi, una Bi-UKR in 1 caso (Fig. 3), a protesi totale a risparmio del crociato (CR) in 7 casi e una protesi totale postero stabilizzata (PS) in 12 casi. Nel gruppo B invece, l'intervento di revisione è stato eseguito utilizzando una CR TKR in 5 casi, una PS TKR in 14 casi e una CCK TKR in 3 casi. Abbiamo utilizzato un augmentation in metallo di 4 mm in 3 casi nel gruppo A, mentre nel gruppo B abbiamo utilizzato 5 augmentation in metallo di 4 mm e 1 da 8 mm. Inoltre in 2 casi nel gruppo B è stato utilizzato osso di banca. Nel gruppo A sono stati utilizzati due steli tibiali non cementati da 80 mm, mentre nel gruppo B sono stati utilizzati 2 steli tibiali non cementati da 80 mm e 3 da 120 mm.

All'ultimo follow-up, il KSS score medio è stato di 80,04 (range 74-88) e 77,9 (range 73-87) rispettivamente per il gruppo A e B²³. Nessuna differenza statisticamente significativa è stata calcolata tra i 2 gruppi riguardo il KSS. Il functional score medio è stato di 82,3 (range 70-100) per il gruppo A e 77,9 (range 69-90) per il gruppo B. Nessuna differenza statisticamente significativa è stata evidenziata tra i 2 gruppi riguardo il functional score.

Nel gruppo trattato col sistema di navigazione, i pazienti sono rimasti ricoverati per un tempo medio di 7,4 giorni (range 4-10); nel gruppo trattato con metodica tradizio-

nale, i pazienti sono rimasti ricoverati per un tempo medio di 8 giorni (range 4-13). Postoperatoriamente, per i pazienti del gruppo B sono state necessarie in media 1,4 trasfusioni di sangue (range 0-2), mentre nel gruppo A 0,7 (range 0-3).

All'ultimo follow-up, l'angolo HKA medio è stato di 179,4° (range 177-181°) nel gruppo con sistema di navigazione e 178,1° (range 175-182°) nel gruppo con strumentario classico, senza differenze statisticamente significative. Tutte le protesi re-impiantate col sistema di navigazione sono state posizionate entro 3° dai 180° ideali dell'angolo HKA prefissato. Il ripristino della joint line è stato calcolato su 20 pazienti del gruppo A e su 19 del gruppo B; 2 casi del gruppo A e 3 casi del gruppo B sono stati esclusi poiché già sottoposti a TKR nell'arto contro laterale. All'ultimo follow-up il ripristino della joint line è stato maggiormente ottenuto nel gruppo A con significatività statistica rispetto al gruppo B, con un valore medio statisticamente più vicino a 0 mm (Tab. II).

Analizzando i costi medi delle tecniche chirurgiche, considerando un costo medio per l'impianto protesico, i costi di ospedalizzazione ed una cifra fissa extra per il gruppo con navigazione, abbiamo calcolato un costo medio di euro 131,4 inferiore nel gruppo trattato con l'utilizzo del sistema di navigazione.

DISCUSSIONE

I chirurghi si esprimono in modo diverso riguardo la difficoltà nell'eseguire l'intervento di revisione di UKR. Diversi chirurghi lo considerano una sfida difficile da vincere. Springer et al. nel 2006 consideravano la conversione di un fallimento di UKR a TKR una procedura complessa tecnicamente e che richiedeva una accurata pianificazione preoperatoria²³. Rivedendo il New Zealand Joint Arthroplasty National Register del 2010, Pearse et al. hanno evidenziato scarsi risultati nella revisione di UKR con TKR rispetto all'intervento primario di TKR²⁴.

In controtendenza, Levine et al. nel 1996 e Chàtan et al. nel 2004 calcolarono che i risultati della revisione di fallimenti di UKR sono superiori rispetto a quelli di revisione di TKR e fallimenti di osteotomie tibiali prossimali, mentre sono simili ai risultati di TKR primarie^{5,8}. Per di più Johnson et al. hanno riportato risultati clinici sovrapponibili tra la revisione di UKR e la protesizzazione primaria di ginocchio dopo un follow-up di 10 anni⁷.

Molti possono essere gli imprevisti e le difficoltà durante questo intervento chirurgico; l'affrontare le perdite ossee, rappresenta la più grave complicanza della tecnica di revisione di protesi UKR di prima generazione, rispetto a interventi che utilizzano disegni protesi moderni maggiormente conservativi. Padgett et al. hanno dimostrato difficoltà tecniche negli interventi di revisione e fallimenti in casi di cementazione per trattare importanti perdite os-

see, suggerendo la necessità di utilizzare innesti ossei, wedge metallici, steli e persino impianti vincolati.

Teoricamente, la chirurgia con il computer potrebbe offrire differenti vantaggi in queste complicanze. Nel 2007, Thielemann et al. hanno sottolineato come i sistemi di navigazione possano aiutare i chirurghi ad ottenere un asse meccanico dell'arto inferiore neutro e a ripristinare la joint line perfino nei casi di revisione di TKR²¹. Ancor più la navigazione fornisce al chirurgo ulteriori informazioni al fine di evitare un eccessivo utilizzo di augmentation o osso di banca grazie a precisi dati sui tagli ossei, sull'allineamento dell'arto e sul bilanciamento dei tessuti molli.

Nella nostra esperienza che consiste in oltre 800 impianti, la CAS ha permesso di creare una nuova concezione di tissue sparing surgery (TSS) che non si basa su piccole incisioni chirurgiche ma piuttosto su impianti protesici meno invasivi.

Questo è il primo studio in letteratura che riporta i risultati di un gruppo di pazienti sottoposti a revisione di UKR mediante CAS e ne compara i risultati con un gruppo tradizionale.

Al primo controllo post-operatorio, non abbiamo individuato alcuna differenza nei risultati clinici ma questo non è stato lo scopo principale dello studio. Non abbiamo riscontrato alcuna differenza nel tempo chirurgico o nell'incidenza di complicazioni. Come in precedenti pubblicazioni, riguardanti TKR primarie, abbiamo dimostrato un miglioramento dell'asse meccanico con un significativo minor numero di outliers, rispetto al gruppo trattato con tecnica tradizionale. Inoltre, la joint line è stata ripristinata, più anatomicamente, nel gruppo con l'ausilio del sistema di navigazione.

Infine, noi abbiamo evidenziato una minor frequenza di utilizzo di impianti maggiormente invasivi nel gruppo navigato. Spesso, abbiamo potuto scegliere tra un protesi Uni o Bi-Uni per revisionare un fallimento senza dover utilizzare un impianto totale.

Nel 2007, Saldanha et al., utilizzando un sistema di allineamento tradizionale, auspicavano l'uso di augmentation e wedge solo in casi selezionati; l'83% dei suoi casi non richiese l'uso di alcuna ricostruzione delle perdite ossee⁶. Inoltre, lui descrisse come l'utilizzo di uno spessore della componente tibiale minimo, compreso l'inserito in polietilene, poteva essere, solamente e lievemente, maggiore, rispetto ad un primo impianto. Similmente, nel nostro studio noi abbiamo cercato di ridurre l'utilizzo di wedge e augmentation in entrambi i gruppi; in accordo coi nostri risultati, questo è stato possibile con maggior frequenza nel gruppo che utilizzava il sistema di navigazione.

Nessun sistema di allineamento intramidollare, una chirurgia meno invasiva, impianti più economici e minor necessità di innesti ossei, hanno ridotto i costi di questo trattamento chirurgico con il computer. Anche con l'aggiunta di un costo extra, maggiore e fisso, nel caso di utilizzo del sistema di navigazione. Nel nostro studio noi abbiamo dimostrato una riduzione media dei costi di euro 121,4 quando viene utilizzato il sistema di navigazione, rispetto alla tecnica tradizionale, nei casi di revisione di fallimenti di UKR.

CONCLUSIONI

Per noi la ricerca di un risultato il più anatomico possibile rappresenta il gold point. Grazie ai moderni software e seguendo i suggerimenti del sistema di navigazione computer assistito, che consentono minimi tagli ossei ed un ripristino ideale della joint line, noi abbiamo potuto ricreare una ricostruzione più anatomica, con un miglior allineamento dell'impianto, con il ripristino della joint line naturale e con l'utilizzo di protesi meno invasive. Noi crediamo che i vantaggi del CAS siano dimostrati in questi complicati casi di revisione di fallimenti di UKR. Da ultimo, utilizzando procedure che consentono il risparmio dei tessuti si ottiene una riduzione dei costi e, in caso di malaurata re-revisione, un maggior bone stock da sfruttare.

Bibliografia

- Engh GA, Ammeen DJ. *Bone loss with revision total knee arthroplasty: defect classification and alternatives for reconstruction*. AAOS Instr Course Lect 1999;48:167-75.
- Barrett WP, Scott RD. *Revision of failed unicompartmental knee arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am 1987;69:1328-35.
- Springer BD, Scott RD, Thornhill TS. *Conversion of failed unicompartmental knee arthroplasty to TKA*. Clin Orthop Relat Res 2006;:214-22.
- Padgett DE, Stern SH, Insall JN. *Revision total knee arthroplasty for failed unicompartmental replacement*. J Bone Joint Surg Am 1991;73:186-90.
- Chatain F, Richard A, Deschamps G, et al. *Revision total knee arthroplasty after unicompartmental femorotibial prostheses: 54 cases*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2004;90:49-57.
- Saldanha KA, Keys GW, Svard UC, et al. *Revision of Oxford medial unicompartmental knee arthroplasty to total knee arthroplasty: results of a multicentre study*. Knee 2007;14:275-9.
- Johnson S, Jones P, Newman JH. *The survivorship and results of total knee replacements converted from unicompartmental knee replacements*. Knee 2007;14:154-157.
- Levine WN, Ozuna RM, Scott RD, et al. *Conversion of failed modern unicompartmental arthroplasty to total knee arthroplasty*. J Arthroplasty. 1996;11:797-801.
- Saragaglia D, Estour G, Nemer C, et al. *Revision of 33 unicompartmental knee prostheses using total knee arthroplasty: strategy and results*. Int Orthop 2009;33:969-74.
- Dong H, Buxton M. *Early assessment of the likely cost-effectiveness of a new technology: a Markov model with probabilistic sensitivity analysis of computer-assisted total knee replacement*. Int J Technol Assess Health Care 2006;22:191-202.
- Lüring C, Oczipka F, Perlick L, et al. *Two year follow up comparing computer assisted versus freehand TKR on joint stability, muscular function and patients satisfaction*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2009;17:228-232.
- Seon JK, Park SJ, Lee KB, et al. *Functional comparison of total knee arthroplasty per-*

- formed with and without a navigation system. *Int Orthop* 2009;33:987-990.
- ¹³ Kim SJ, MacDonald M, Hernandez J, et al. Computer assisted navigation in total knee arthroplasty: improved coronal alignment. *J Arthroplasty* 2005;20(Suppl 3):123-31.
- ¹⁴ Lin Chin P, Ying Yang K, Jin Yeo S, et al. Randomized control trial comparing radiographic total knee arthroplasty implant placement using computer navigation versus conventional technique. *J Arthroplasty* 2005;20:618-26.
- ¹⁵ Bathis H, Perlick L, Tingart M, et al. Alignment in total knee arthroplasty. A comparison of computer-assisted surgery with the conventional technique. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:682-7.
- ¹⁶ Jenny JY, Boeri C. Computer-assisted implantation of a total knee arthroplasty: a case controlled study in comparison with classical instrumentation. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2001;87:645-52.
- ¹⁷ Confalonieri N, Manzotti A, Montironi F, et al. Tissue sparing surgery (TSS) in knee reconstruction: unicompartamental (UKA), patellofemoral (PFA), UKA + PFA, Bi-unicompartamental (Bi-UKA) arthroplasties. *J Orthop Traumatol* 2008;9:171-7.
- ¹⁸ Confalonieri N, Manzotti A, Pullen C, et al. Mini-incision versus mini-incision and computer-assisted surgery in total knee replacement: a radiological prospective randomised study. *Knee* 2007;14:443-7.
- ¹⁹ Massin P, Boyer P, Pernin J, et al. Navigated revision knee arthroplasty using a system designed for primary surgery. *Comput Aided Surg* 2008;13:179-87.
- ²⁰ Perlick L, Lüring C, Tingart M, et al. Revision prosthetic of the knee joint. The influence of a navigation system on the alignment and reconstruction of the joint line. *Orthopade* 2006;35:1080-6.
- ²¹ Thielemann FW, Clemens U, Hadjicostas PT. Computer-assisted surgery in revision total knee arthroplasty: early experience with 46 patients. *Orthopedics* 2007;30(Suppl 10):132-5.
- ²² Figgie HE 3rd, Goldberg VM, Heiple KG, et al. The influence of tibial-patellofemoral location on function of the knee in patients with the posterior stabilized condylar knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:1035-40.
- ²³ Insall JN, Dorr LD, Scott RD, et al. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(248):13-4.
- ²⁴ Pearse AJ, Hooper GJ, Rothwell A, et al. Survival and functional outcome after revision of a unicompartamental to a total knee replacement: the New Zealand National Joint Registry. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92:508-12.