

La chirurgia computer assistita serve ai chirurghi esperti o principianti? Correlazione tra errori di taglio e curva di apprendimento nell'artroprotesi di ginocchio

*Is computer assisted surgery most useful for surgeons with experience
or general orthopaedic surgeons?
Correlations between cutting errors and learning curve in total knee replacement*

N. Confalonieri
C. Chemello¹
A. Manzotti

RIASSUNTO

La tecnica computer assistita ha dimostrato di migliorare l'allineamento radiografico nella protesizzazione totale di ginocchio. I costanti suggerimenti del navigatore permettono di correggere i tagli ossei, riducendo gli errori. Questo studio dimostra la frequenza di errori nel taglio osseo intra-operatorio e nell'allineamento dell'impianto durante l'apprendimento della tecnica computer guidata nella artroprotesi di ginocchio. Nello studio sono stati inclusi tre gruppi omogenei di pazienti candidati a protesizzazione totale di ginocchio navigata. Ciascun gruppo è stato trattato da uno dei tre chirurghi con diversa esperienza nella chirurgia protesica di ginocchio e nell'ausilio del computer. Gli errori di taglio e il numero di correzioni sono stati determinati intra-operatoriamente. Per ciascun gruppo è stato calcolato il tempo chirurgico medio e il numero di complicazioni. Nel post-operatorio è stato valutato l'allineamento degli assi e delle componenti protesiche. I risultati mostrano che il numero di errori di taglio è stato inferiore per protesizzazioni totali di ginocchio applicate dal chirurgo con esperienza nella navigazione. Questa differenza è stata statisticamente significativa, quando è stata comparata con quella dell'ortopedico senza esperienza in chirurgia computer assistita. Un risultato superiore e significativo è stato ottenuto nell'allineamento finale dell'asse meccanico dal chirurgo con esperienza nella chirurgia navigata. Tuttavia il numero totale di incongruenze non ha dimostrato differenze significative tra i tre gruppi. Il tempo chirurgico si riduce significativamente con l'aumentare dell'esperienza nella navigazione.

Parole chiave: computer, protesi totale di ginocchio, curva di apprendimento, errori di taglio

SUMMARY

Computer assisted total knee replacement has been shown to improve radiographic alignments. Continuous feedback from the navigation system allows accurate adjustment of the bone cuts, reducing errors. The aim of this study is to determine the impact of experience both with computer navigation and knee replacement

I e II Divisione di Ortopedia
e Traumatologia Chirurgia
Plastica e Ricostruttiva della
Mano, Centro Traumatologico
ed Ortopedico (C.T.O.), Istituti
Clinici di Perfezionamento,
Milano.

¹ Clinica Ortopedica e
Traumatologica, Università
degli Studi di Padova

Indirizzo per la corrispondenza:
Dott. A. Manzotti, Via S. Pertini
21, 20040 Cambiagio Milano.
Tel. +39 02 95345116
Fax: +39 02 57993299
E-mail: alf.manzotti@libero.it

*Ricevuto il 19 gennaio 2010
Accettato il 7 aprile 2010*

surgery on the frequency of errors in intra-operative bone cuts and implant alignment. Three homogeneous patient groups, undergoing computer assisted total knee replacement were included in the study. Each group was treated by one of three surgeons with varying experience in computer-aided and knee replacement surgery. The cutting errors and the number of re-cuts were determined intra-operatively. The complications and mean surgical time were collected for each group. The post-operative frontal femoral component angle, frontal tibial component angle, hip-knee-ankle angle and component slopes were evaluated. The results showed that the number of cutting errors were lowest for total knee replacements performed by the surgeon with experience in navigation. This difference was statistically significant when compared to the general orthopaedic surgeon. A statistically significant superior result was achieved in final mechanical axis alignment for the surgeon experienced in computer guided surgery, compared to the other two groups. However, the total number of outliers was similar with no significant differences among the 3 surgeons. Experience with navigation did significantly reduce the surgical time.

Key words: computer, total knee replacement, learning curve, cutting errors

INTRODUZIONE

Il mal-allineamento può avere effetti negativi sulla longevità dell'impianto protesico di ginocchio, provocando una precoce usura e mobilizzazione, entrambi correlati al posizionamento non ottimale delle componenti protesiche¹⁻³. Un mal-allineamento maggiore di 3° in varo o valgo nella protesizzazione totale di ginocchio (PTG) può comportare una più alta percentuale di fallimenti, viceversa il corretto posizionamento è associato con un miglioramento degli outcome clinici³⁻⁵. Molti autori hanno dimostrato che le tecniche tradizionali di allineamento delle componenti protesiche, possono causare errori nei tagli ossei anche nelle mani di chirurghi esperti⁶⁻¹¹. Recentemente, Manley et al. hanno dimostrato che pazienti sottoposti a PTG, in ospedali in cui vengono effettuati pochi interventi di protesizzazione (1-25 interventi/anno), hanno un rischio maggiore di subire un intervento di revisione a 5 o 8 anni, rispetto a quelli effettuati in ospedale con elevati numeri (> 200 interventi/anno)¹².

La sostituzione protesica totale di ginocchio eseguita mediante allineamento computer guidato, dimostra di ottenere risultati radiologici superiori a confronto della tecnica tradizionale. Questo sistema computer assistito ha dimostrato di migliorare sia l'allineamento meccanico sia di ridurre gli insuccessi. Questi risultati sono correlati con una potenziale riduzione della percentuale degli interventi di revisione di PTG. Il sistema di navigazione fornisce continui controlli durante tutte le fasi chirurgiche di protesizzazione di ginocchio, concedendo l'opportunità di correggere alcuni errori dei tagli ossei. Questo indica che il sistema di navigazione computer assistita potrebbe essere usato come uno strumento di insegnamento, consentendo risultati migliori perfino per chirurghi che si cimentano raramente in PTG^{6 13 14}. Nel 2008, Yau et al., in uno studio retrospettivo, non riuscirono a dimostrare un miglioramento nell'allineamento post-operatorio in un ridotto numero di interventi usando la tecnica computer assistita¹⁵. Nel 2005, Daubresse et al. ipotizzarono che la curva di apprendimento della tecnica di PTG computer navigata non poteva essere più lunga di quella a mano libera perfino in un ospedale comune¹⁶.

In questo studio abbiamo determinato l'influenza sia dell'esperienza con sistemi di navigazione computer guidata che con sostituzione protesica di ginocchio, sulla frequenza di errori nei tagli ossei e nell'allineamento delle componenti protesiche

MATERIALI E METODI

È stato eseguito uno studio prospettico su 75 pazienti candidati a PTG computer assistita. Sono stati suddivisi in 3 gruppi uguali: nel gruppo A gli interventi sono stati eseguiti da un chirurgo esperto sia di PTG (più di 70 PTG/anno) sia di chirurgia computer navigata (più di 250 PTG-CAS). Nel gruppo B, il chirurgo operatore era esperto nella protesizzazione di ginocchio (più di 70 PTG/anno), ma non aveva fino ad ora adoperato sistemi di navigazione per la chirurgia. Un ortopedico generico invece, ha eseguito gli interventi di sostituzione protesica di ginocchio nel gruppo C. Quest'ultimo chirurgo aveva una bassa esperienza personale di PTG (meno di 20 PTG/anno) e nessun'esperienza nella chirurgia computer assistita.

È stato usato lo stesso sistema di navigazione in tutti gli interventi di PTG (Vector Vision, versione 1.52, BrainLAB, Monaco, Germania). Le protesi utilizzate in

tutti i pazienti sono state sempre la stessa (Genesis II, Smith and Nephew, Memphis, USA). Nello studio sono stati utilizzati criteri di inclusione rigidi che prevedevano: pazienti con osteoartrite primaria isolata, BMI inferiore o uguale a 35, deformità massima dell'asse meccanico inferiore a 15° e non meno di 90° di flessione. Tutti e tre i chirurghi sono stati esclusi da qualsiasi coinvolgimento negli interventi dei colleghi.

La tecnica operatoria è stata standardizzata per tutti gli interventi di PTG. In tutti i casi si è proceduto disegnando l'incisione cutanea lungo la midline rotulea per una lunghezza compresa tra 13,5 e 15,5 cm. L'artrotomia parapatellare è stata estesa prossimalmente fino al tendine del quadricipite in tutti i pazienti. La rotula è stata lateralizzata in tutti i casi senza lussarla. Tutte le protesi sono state impiantate usando lo stesso strumentario dedicato che includeva blocchi di taglio specifici per la navigazione computer assistita. Tali blocchi sono stati fissati con una combinazione di pin trattati e levigati in tutti i pazienti. Tutti gli impianti sono stati cementati. Nessun paziente è stato sottoposto a resurfacing della rotula. In tutti e tre i gruppi è stato utilizzato lo stesso protocollo riabilitativo pre- e post-operatorio. In tutti i pazienti è stato incoraggiato il carico completo precoce se tollerato.

Per ogni impianto, gli errori di taglio tibiale e femorale ed il numero di re-tagli sono stati conteggiati. Si ottiene un errore di taglio quando l'angolo previsto del taglio osseo, come misurato dal blocco di taglio, differisce dall'angolo che si misura dopo segatura. L'errore di taglio è stato misurato sia nel piano frontale che sagittale rispetto alla tibia ed al femore, ottenendo 4 misurazioni. In accordo ad un protocollo chirurgico pre-determinato, il re-taglio viene eseguito se l'errore di taglio era maggiore o uguale a 3°. Il numero di complicazioni ed il tempo chirurgico medio (tra incisione cutanea e rilascio del tourniquet) è stato misurato per ogni gruppo.

A 6 mesi dall'intervento sono state eseguite radiografie in carico con il ginocchio in massima estensione, rotula centrata ed entrambe le anche e le caviglie visibili alla lastra. La radiografia in laterale è stata eseguita con le ginocchia in flessione di 30° su una radiografia 20x40 cm. Le radiografie sono state impresse con protocollo ed ingrandimento standardizzato. In caso di mal rotazione le radiografie venivano ripetute. Un unico radiologo ha valutato tutte le radiografie.

L'angolo frontale delle componenti femorali (FFC), l'angolo frontale delle componenti tibiali (FTC), l'angolo anca-ginocchio-caviglia (HKA) e l'orientamento sagittale

delle componenti (slope) sono stati tutti calcolati. Questi parametri sono stati utilizzati per valutare la qualità dei risultati chirurgici. L'FFC è l'angolo tra l'asse meccanico del femore e l'asse trasversale della componente femorale. L'FTC è l'angolo tra l'asse meccanico della tibia e l'asse trasversale della componente tibiale. Lo slope della componente femorale (SF) e tibiale (ST) è stato definito come l'angolo formato da una linea disegnata tangenzialmente alla base del piatto (superficie in contatto con l'osso) delle rispettive componenti e, rispettivamente, la corticale femorale anteriore e l'asse meccanico tibiale. Prima dello studio è stato definito l'allineamento protesico desiderato per ogni parametro: FFC 90°, FTC 90°, HKA 180°, SF 90°, ST 87°. Per ogni gruppo è stato calcolato il numero totale di incongruenze per tutti e cinque i parametri radiologici e sono state confrontate. Una aberrazione è stata definita come mal allineamento post-operatorio di un parametro, se superiore di 3° rispetto al valore desiderato.

È stata quindi eseguita una analisi statistica dei risultati, ed i tre gruppi sono stati confrontati. A causa di una anormale distribuzione dei dati è stato adoperato un test non parametrico (Kruskal-Wallis test) utilizzando un software statistico (StaaSoft Inc., Tulsa, OK, USA) per l'analisi. Significato statistico è stato attribuito per valori di $p \leq 0,05$.

RISULTATI

L'analisi dei dati anagrafici non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i tre gruppi riguardo flessione pre-operatoria, body mass index (BMI) e deformità pre-operatoria (Tab. I).

Non sono state evidenziate differenze statisticamente significative di taglio femorale distale nel piano coronale con una deviazione standard di 0,89°, 0,87° e 0,95 rispettivamente per il gruppo A, B e C (Tab. II). La deviazione standard del taglio femorale distale nel piano sagittale è stata 0,77°, 0,78° e 0,98° rispettivamente per il gruppo A, B e C. Un risultato inferiore, statisticamente significativo, è stato evidenziato nei pazienti operati dal chirurgo ortopedico generale nei tagli femorali distali e nel piano coronale rispetto agli altri due gruppi ($p = 0,05$). Per quanto riguarda il taglio tibiale prossimale nel piano coronale vi è stata una deviazione standard di 0,91°, 1,31° e 1,28° per i gruppi A, B, C rispettivamente. Le differenze non sono state statisticamente significative. Nel piano sagittale, la

Tab. I. Dati demografici dei pazienti dei tre gruppi. Venticinque pazienti in ogni gruppo. I dati riportano i valori medi, la deviazione standard (SD) e l'intervallo.

	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C	p
Body Mass Index	31,36	31,72	31,20	0,79
SD ± 2,78	SD ± 2,44	SD ± 2,86		
Intervallo: 26-35	Intervallo: 26-35	Intervallo: 26-35		
Flessione (°) pre-operatoria	105,4	109,8	107,6	0,23
SD ± 9,67	SD ± 10,25	SD ± 8,43		
Intervallo: 90-120	Intervallo: 90-120	Intervallo: 95-120		
Angolo HKA (°) Pre-operatorio	170,84	171,96	174,4	0,38
SD ± 5,04	SD ± 5,26	SD ± 4,79		
Intervallo: 165-183	Intervallo R: 172-180	Intervallo: 166-183		
Flessione (°) post-operatoria	113,6	113,8	144,0	0,70
SD ± 9,18	SD ± 8,20	SD ± 8,41		
Intervallo: 95-130	Intervallo: 100-125	Intervallo: 100-130		
Angolo HKA (°) post-operatorio	179,28	178,94	178,12	0,005
SD ± 1,06	SD ± 1,50	SD ± 1,50		
Intervallo: 177-181	Intervallo: 177-182	Intervallo: 176-183		

Tab. II. Errori Intra-operatori di taglio e numero re-tagli per i tre gruppi. I dati riportano i valori medi, la SD, l'intervallo ed il numero di re-tagli.

	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C
FFC angolo (°)	1,04	1,20	1,32
SD ± 0,89	SD ± 0,87	SD ± 0,95	
Intervallo: 0-3	Intervallo: 0-3	Intervallo: 0-3	
# Recuts: 2	# Recuts: 2	# Recuts: 3	
FTC angolo (°)	0,80	0,96	1,28
SD ± 0,91	SD ± 1,31	SD ± 1,28	
Intervallo: 0-3	Intervallo: 0-5	Intervallo: 0-4	
# Recuts: 1	# Recuts: 4	# Recuts: 5	
SF angolo (°)	0,52	0,76	1,04
SD ± 0,77	SD ± 0,78	SD ± 0,98	
Intervallo: 0-3	Intervallo: 0-3	Intervallo: 0-3	
# Recuts: 1	# Recuts: 1	# Recuts: 2	
ST angolo (°)	0,72	0,88	1,08
SD ± 0,79	SD ± 0,83	SD ± 1,04	
Intervallo: 0-2	Intervallo: 0-3	Intervallo: 0-3	
# Recuts: 0	# Recuts: 1	# Recuts: 3	

deviazione standard del taglio tibiale prossimale è stata 0,79°, 0,83°, e 1,04° rispettivamente per i gruppi A, B e C. Una differenza statisticamente significativa ($p = 0,007$) è stata rilevata per il taglio tibiale prossimale nel piano sagittale, tra i pazienti operati dal chirurgo esperto in chirurgia protesica di ginocchio computer assistita e dal chirurgo ortopedico generico. Vi è stata una correlazione

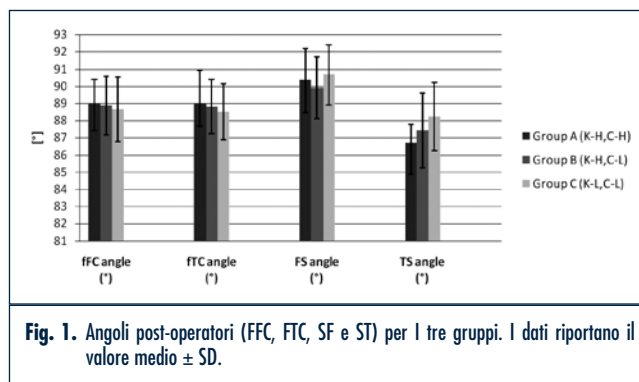
tra il livello di esperienza nella chirurgia ricostruttiva di ginocchio e nella chirurgia computer guidata con il numero di re-tagli. Quattro re-tagli sono stati conteggiati nel gruppo A, 8 nel gruppo B e 13 nel gruppo C. È stata calcolata una differenza statisticamente significativa tra il gruppo A e il gruppo C ($p = 0,02$). Questa differenza evidenzia una correlazione inversa tra l'esperienza del chirurgo e il numero di re-tagli.

L'angolo FFC post-operatorio è stato di 89,04° (intervallo 86°-92°) nel gruppo A, 88,88° (intervallo 86°-93°) nel gruppo B e 88,68° (intervallo 86°-93°) nel gruppo C (Tab. III e Fig. 1). L'angolo FTC nel post-operatorio è stato di 89,04° (intervallo 86°-91°), 88,82° (intervallo 85°-91°) e 88,52° (intervallo 85°-91°) rispettivamente nei gruppi A, B e C. Non è risultata una differenza statisticamente significativa per questi due parametri radiologici nei tre gruppi di pazienti. Lo slope della componente femorale è stato di 90,36° (intervallo: 87°-94°), 89,92° (intervallo: 88°-95°) e 90,68° (intervallo: 88°-94°) rispettivamente nei gruppi A, B e C. È stata evidenziata una differenza statisticamente significativa ($p = 0,05$) per lo slope della componente femorale tra i pazienti operati dal chirurgo esperto in PTG e il chirurgo ortopedico generale. Lo slope della componente tibiale nel gruppo A è stato di 86,72° (intervallo 84°-91°), nel gruppo B 87,44° (intervallo 84°-92°) e 88,24° (intervallo 84°-92°) nel gruppo C. Una differenza statisticamente significativa ($p = 0,007$) è stata evidenziata tra i gruppi A e C. L'angolo HKA è stato di 179,28° (intervallo 177°-181°), 178,94° (intervallo 177°-

Tab. III. Risultati post-operatori dei tre gruppi. I dati riportano i valori medi, la SD e l'intervallo.

	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C
Tempo chirurgico (minuti)	78,72	89,20	99,04
SD ± 4,57	SD ± 7,84	SD ± 7,87	
Intervallo: 70-88	Intervallo: 78-107	Intervallo: 88-114	
FFC angolo (°)	89,04	88,88	88,68
SD ± 1,62	SD ± 1,69	SD ± 1,88	
Intervallo: 86-92	Intervallo: 86-93	Intervallo R: 86-93	
FTC angolo (°)	89,04	88,82	88,52
SD ± 1,37	SD ± 1,59	SD ± 1,63	
Intervallo: 86-91	Intervallo: 85-91	Intervallo: 85-91	
FS angolo (°)	90,36	89,92	90,68
SD ± 1,89	SD ± 1,78	SD ± 1,75	
Intervallo: 87-94	Intervallo: 88-95	Intervallo: 88-94	
TS angolo (°)	86,72	87,44	88,24
SD ± 1,84	SD ± 2,18	SD ± 2,00	
Intervallo: 84-91	Intervallo: 84-92	Intervallo: 84-91	
HKA angle (°)	179,28	178,94	178,12
SD ± 1,06	SD ± 1,50	SD ± 1,50	
Intervallo: 177-181	Intervallo: 177-182	Intervallo: 176-183	

182°) e 178,12° (intervallo 176°-183°) rispettivamente per i gruppi A, B e C. I pazienti operati dal chirurgo con esperienza in PTG e chirurgia computer assistita hanno evidenziato un miglior allineamento dell'asse meccanico con significatività statistica sia rispetto ai pazienti del gruppo B (p = 0,0030) sia a quelli del gruppo C (p = 0,0006) (Fig. 2).

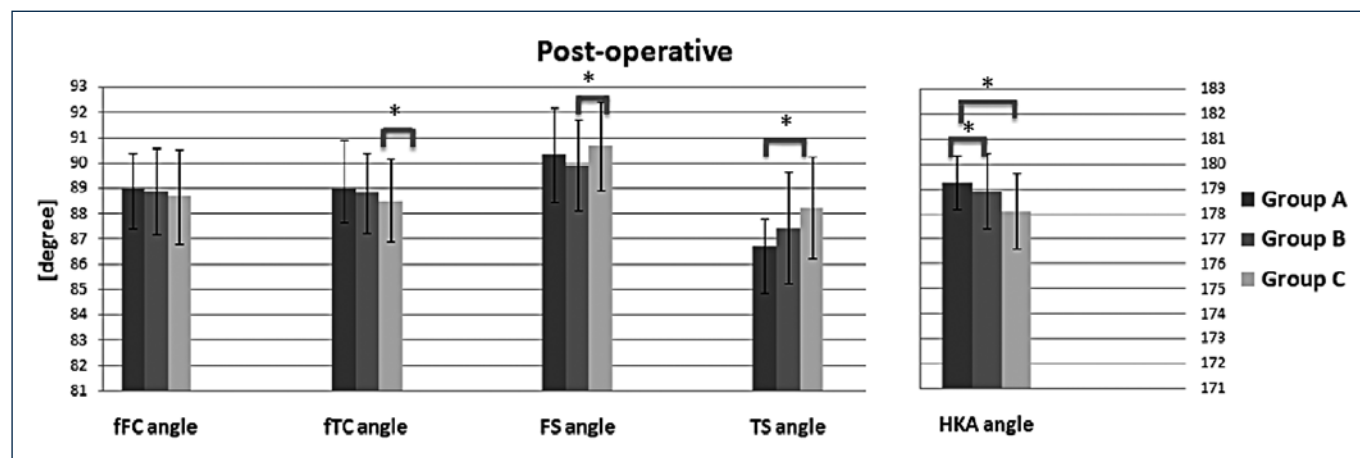


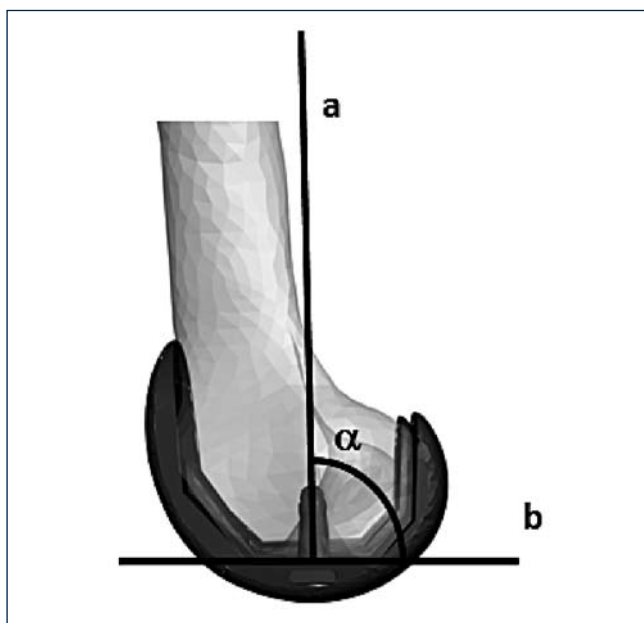
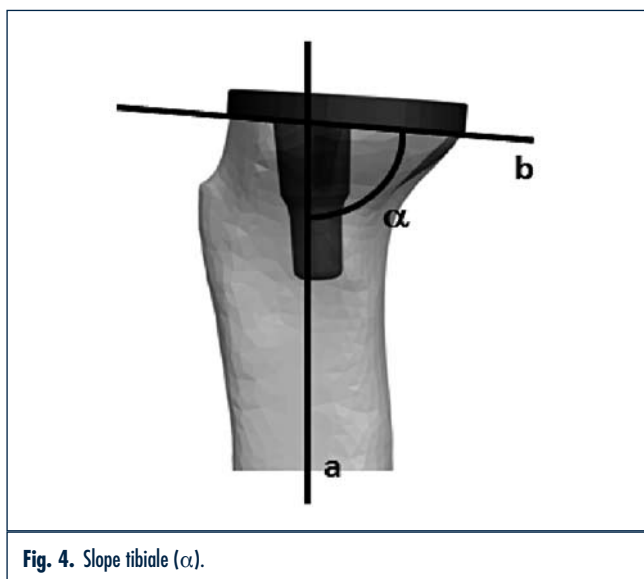
Nonostante questi dati, non è stata evidenziata differenza statisticamente significativa tra i tre gruppi per quanto riguarda il numero totale di incoerenze relativamente ai cinque parametri radiologici.

È stato evidenziato un aumento statisticamente significativo del tempo chirurgico per i pazienti del gruppo B (in media + 10,4 minuti) e C (in media + 20,32 minuti), cioè nei gruppi con chirurghi senza conoscenza di chirurgia computer assistita. Nessuna complicanza è stata segnalata nei tre gruppi.

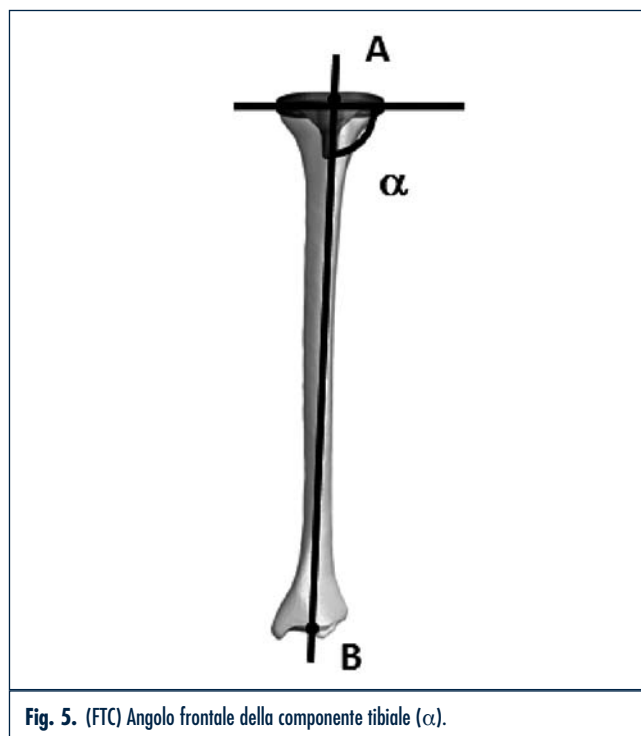
DISCUSSIONE

Il mal-allineamento nelle PTG si è dimostrato essere infuosto sulla sopravvivenza dell'impianto protesico. Un mal-allineamento nel piano sagittale superiore a 3° può aumentare la percentuale di fallimenti e rendere più scarsi i risultati clinici post-operatori^{3,12}. L' allineamento finale



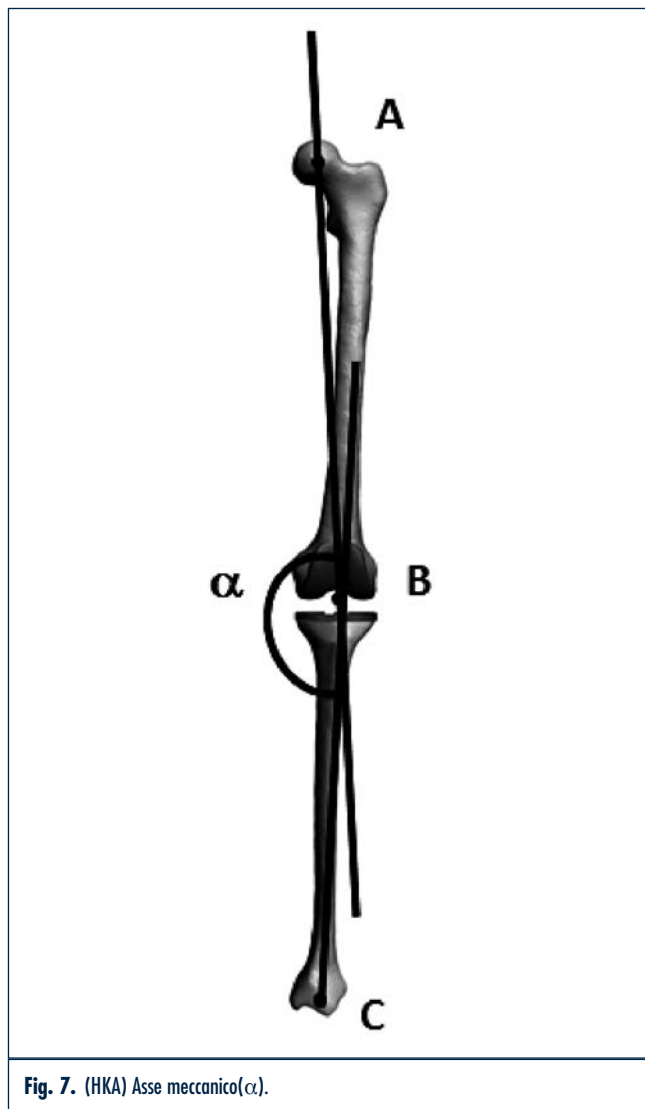
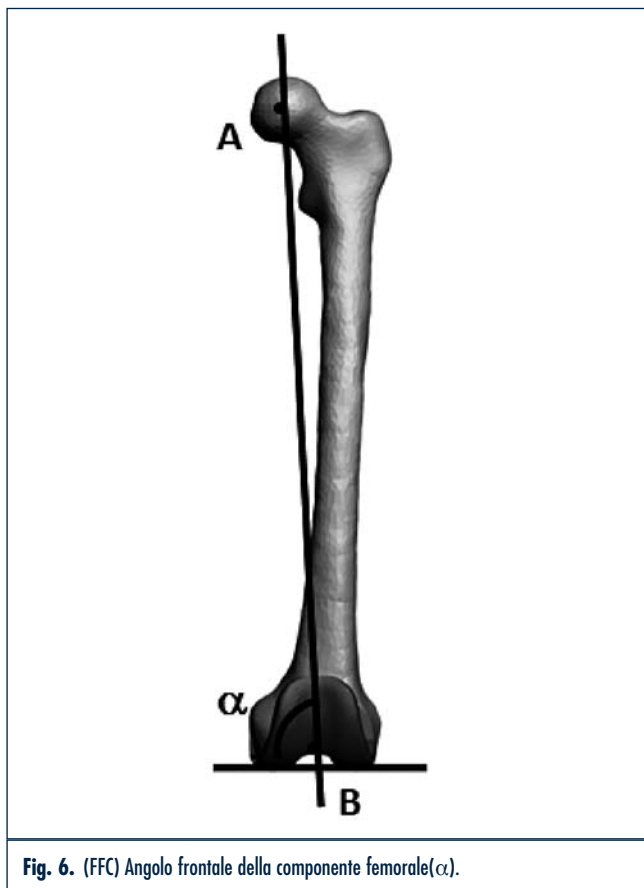
Fig. 3. Slope femorale (α).Fig. 4. Slope tibiale (α).

post-operatorio delle protesi di ginocchio è soggetto a numerose trappole. Usando il sistema di allineamento intra-midollare, si può avere una deviazione superiore a 8° nell'asse femorale a seconda della taglia e della lunghezza della guida ¹⁰. Blocchi di taglio fissati non correttamente e deviazione della sega durante l'osteotomia è stato dimostrato essere responsabili di errori di taglio ^{6 10 17 18}. Mahaluxmivala et al., nel 2001, dimostrarono

Fig. 5. (FTC) Angolo frontale della componente tibiale (α).

che l'allineamento delle PTG migliora con l'esperienza chirurgica ⁸. Una precisa correlazione è stata dimostrata tra l'esperienza chirurgica nella PTG e la durata dell'impianto protesico ^{3 8 12}.

La chirurgia computer assistita fornisce al chirurgo continui feedback intra-operatori riguardo gli errori di taglio e l'allineamento delle componenti protesiche, durante tutte le fasi della PTG ⁶. È stata evidenziata una riduzione degli errori di taglio quando viene utilizzato il sistema di navigazione nella chirurgia protesica di ginocchio ¹⁰. L'uso del sistema di navigazione computer assistito riduce l'influenza della stabilità del blocco di taglio e dei movimenti della lama della sega sul risultato finale ¹⁰. Recenti studi hanno dimostrato che la navigazione col computer sembra avere un ruolo importante nel ridurre la curva di apprendimento nella chirurgia ricostruttiva ^{18 20}. Sono stati evidenziati un allineamento migliore ed allo stesso tempo un risultato clinico migliore nella chirurgia protesica di ginocchio computer assistita, rispetto alle tecniche tradizionali perfino in mani esperte ¹⁹⁻²². Sampath et al., nel 2008, riportarono che, usano la tecnica computer assistita per le PTG, il tempo del tourniquet aumenta quanto maggiore è la deformità pre-operatoria ed il BMI, mentre diminuisce con l'esperienza chirurgica ²⁰.



I vantaggi della tecnica computer guidata, non sono stati così chiaramente dimostrati nei centri chirurgici con bassi volumi di interventi. Yau et al., in uno studio retrospettivo, non hanno potuto evidenziare alcun miglioramento dell'allineamento post-operatorio delle PTG mediante l'uso del sistema di navigazione in un numero ridotto di interventi^{15 22}. Gli autori affermarono che la gravità della deformità pre-operatoria influisce sull'allineamento post-operatorio. Slover et al., usando un modello decisionale Markov, hanno dimostrato che la navigazione computer assistita è meno adatta come effettivo investimento economico nel miglioramento della salute in centri con bassi volumi di interventi di sostituzione protesica²³.

Lo scopo di questo trial di controllo prospettico è stato quello di valutare l'influenza di diversi livelli di esperienza sia con la chirurgia computer assistita, sia con la chirurgia ricostruttiva, rispetto all'allineamento delle PTG. La forza di questo studio si basa sull'uso di un protocollo chirurgico standardizzato che viene svolto in un singolo dipartimento ortopedico e sull'uso di criteri di inclusione rigorosi. I pazienti obesi e quelli con una

deformità del ginocchio pre-operatoria maggiore sono stati esclusi. Come tale, è il primo articolo in letteratura che cerca di ridurre delle variabili dei pazienti sul risultato finale, minimizzando pre-operatoriamente le differenze. Una potenziale debolezza dello studio è la dimensione delle serie che non è stata confermata da uno studio preliminare.

Questo studio dimostra che l'esperienza con il sistema di computer navigazione nelle PTG comporta un numero inferiore di errori di taglio intra-operatori. Il numero di re-tagli è stato maggiore nei 2 gruppi senza esperienza preliminare nella PTG computer assistita. Un aumento statisticamente significativo del numero di re-tagli è stato evidenziato negli interventi di PTG eseguiti dal chirurgo

ortopedico generale rispetto al chirurgo esperto nella chirurgia computer assistita.

Jeffery et al. affermarono che un errore di rotazione dell'arto alla radiografia fino a 20° potrebbe comportare un errore di proiezione inferiore a 2° nell'angolo tibio-femorale, purché il ginocchio sia completamente esteso, ma una combinazione di rotazione e flessione del ginocchio può introdurre errori più importanti¹⁴.

Anche nel nostro studio noi abbiamo adottato un protocollo standardizzato rigido per tutti e 3 i gruppi, con radiologi accuratamente istruiti.

L'asse meccanico post-operatorio del ginocchio è stato significativamente migliore quando eseguito dal chirurgo con esperienza in PTG computer assistita (179,28° confronto 178,94° e 178,12°). Altri parametri radiologici post-operatori nel piano coronale, sono stati simili in tutti e 3 i gruppi. L'accuratezza del taglio dello slope femorale e tibiale è stata determinata dall'esperienza del chirurgo. Un risultato statisticamente inferiore è stato ottenuto quando la PTG è stata applicata dal chirurgo ortopedico generale per entrambi questi parametri. Una possibile spiegazione per questa differenza, basata sulla precedente esperienza dell'autore con la chirurgia computer assistita per le PTG, risiede nel fatto che sul piano sagittale, l'inclinazione della sega non è perfettamente controllata dal blocco di taglio. Di conseguenza, l'esperienza nella chirurgia ricostruttiva del ginocchio, può giocare un ruolo estremamente importante nel determinare in particolare lo slope femorale e tibiale. Nonostante questo, l'allineamento complessivo post-operatorio delle PTG è stato simile per tutti e tre i chirurghi. Ogni chirurgo ha avuto un numero totale di differenze simile per tutti e 5 i parametri radiografici senza differenze statisticamente significative e senza mal-allineamenti superiori a 3° rispetto ai criteri stabiliti (8 inesattezze per gruppo A, 10 per gruppo B e 9 per il gruppo C).

Studi precedenti^{12 15 19 20 24} hanno evidenziato differenze statisticamente significative nel tempo chirurgico, calcolato dall'incisione cutanea al rilascio del tourniquet, quando venivano paragonati chirurghi con familiarità nella computer navigazione e chirurghi inesperti. Studi correnti dimostrano inoltre una riduzione statisticamente significativa del tempo chirurgico senza complicazione nei tre gruppi.

In questo studio gli autori hanno dimostrato che, nonostante i differenti livelli di esperienza chirurgica, PTG impiantate con l'ausilio del sistema di computer navigazione presentano simili allineamenti complessivi

post-operatori senza differenza statisticamente significativa nel numero totale di inesattezze. Anche il riallineamento dell'asse meccanico è stato effettuato in modo statisticamente migliore quando l'operatore è risultato essere il chirurgo con esperienza con il sistema di computer navigazione. Inoltre l'esperienza nella chirurgia sostituiva del ginocchio ha prodotto risultati staticamente superiori nello slope femorale e tibiale. Il tempo chirurgico è stato direttamente influenzato dall'esperienza con la tecnica di allineamento computer assistita: maggiore era l'esperienza del chirurgo, minore era il tempo chirurgico.

In conclusione, la navigazione computer assistita appare essere un utile strumento di insegnamento per chirurghi inesperti nella chirurgia protesica del ginocchio, in centri clinici dedicati. Follow-up più lunghi saranno necessari per determinare se un miglior allineamento post-operatorio comporterà risultati clinici superiori e compenserà i maggiori costi e il più lungo tempo chirurgico.

BIBLIOGRAFIA

- Lewold S, Knutson K, Lidgren L. *Reduced failure rate in knee prosthetic surgery with improved implantation technique.* Clin Orthop Relat Res 1993;287:94-7.
- Lotke PA, Ecker ML. *Influence of positioning of prosthesis in total knee replacement.* J Bone Joint Surg Am 1977; 59: 77-9.
- Ritter MA, Faris PM, Keating EM, et al. *Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival.* Clin Orthop Relat Res 1994;299:153-6.
- Ek ET, Dowsey MM, Tse LF, et al. *Comparison of functional and radiological outcomes after computer-assisted versus conventional total knee arthroplasty: a matched-control retrospective study.* J Orthop Surg (Hong Kong) 2008;16:192-6.
- Longstaff LM, Sloan K, Stamp N, et al. *Good alignment after total knee arthroplasty leads to faster rehabilitation and better function.* J Arthroplasty 2009;25:570-8.
- Bathis H, Perlick L, Tingart M, et al. *Intraoperative cutting errors in total knee arthroplasty.* Arch Orthop Trauma Surg 2005;125:16-20.
- Carter RE 3rd, Rush PF, Smid JA, et al. *Experience with computer-assisted navigation for total knee arthroplasty in a community setting.* J Arthroplasty 2008;23:707-13.
- Mahaluxmivala J, Bankes MJ, Nicolai P, et al. *The effect of surgeon experience on component positioning in 673 Press Fit Condylar posterior cruciate-sacrificing total knee arthroplasties.* J Arthroplasty 2001;16:635-40.
- Otani T, Whiteside LA, White SE. *Cutting errors in preparation of femoral components in total knee arthroplasty.* J Arthroplasty 1993;8:503-10.

- ¹⁰ Plaskos C, Hodgson AJ, Inkpen K, et al. *Bone cutting errors in total knee arthroplasty*. J Arthroplasty 2002;17:698-705.
- ¹¹ Santini AJ, Raut V. *Ten-year survival analysis of the PFC total knee arthroplasty--a surgeon's first 99 replacements*. Int Orthop 2008;32:459-65.
- ¹² Manley M, Ong K, Lau E, et al. *Total knee arthroplasty survivorship in the United States Medicare population: effect of hospital and surgeon procedure volume*. J Arthroplasty 2009;24:1061-7.
- ¹³ Cobb JP, Kannan V, Brust K, Thevendran G. *Navigation reduces the learning curve in resurfacing total hip arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res 2007;463:90-7.
- ¹⁴ Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. *Coronal alignment after total knee replacement*. J Bone Joint Surg 1991;73B:709-14.
- ¹⁵ Yau WP, Chiu KY, Zuo JL, et al. *Computer navigation did not improve alignment in a lower-volume total knee practice*. Clin Orthop Relat Res 2008;466:935-45.
- ¹⁶ Daubresse F, Vajeu C, Loquet R. *Total knee arthroplasty with conventional or navigated technique: comparison of the learning curves in a community hospital*. Acta Orthop Belg 2005;71:710-3.
- ¹⁷ Confalonieri N, Manzotti A, Pullen C, et al. *Computer-assisted technique versus intramedullary and extramedullary alignment systems in total knee replacement: a radiological comparison*. Acta Orthop Belg 2005;71:703-9.
- ¹⁸ Reed SC, Gollish J. *The accuracy of femoral intramedullary guides in total knee arthroplasty*. J Arthroplasty 1997;12:677-82.
- ¹⁹ Jenny JY, Mielke RK, Giurea A. *Learning curve in navigated total knee replacement. A multi-centre study comparing experienced and beginner centers*. Knee 2008;15:80-4.
- ²⁰ Sampath SA, Voon SH, Sangster M, et al. *The statistical relationship between varus deformity, surgeon's experience, BMI and tourniquet time for computer assisted total knee replacements*. Knee 2009;16:121-4.
- ²¹ 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;17:228-32.
- ²² Seon JK, Park SJ, Lee KB, et al. *Functional comparison of total knee arthroplasty performed with and without a navigation system*. Int Orthop 2009;33:987-90.
- ²³ Slover JD, Tosteson AN, Bozic KJ, et al. *Impact of hospital volume on the economic value of computer navigation for total knee replacement*. J Bone Joint Surg 2008;90A:1492-500.
- ²⁴ Sparmann M, Wolke B, Czupalla H, et al. *Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. A prospective, randomized study*. J Bone Joint Surg 2003;85B:830-5.