

L'ALLINEAMENTO DELLE PROTESI TOTALI NEL GINOCCHIO VARO

Overall alignment and components alignment in total knee arthroplasty in varus knees

RIASSUNTO

Background. Il ripristino dell'allineamento neutro dell'arto inferiore e il posizionamento delle componenti perpendicolare all'asse meccanico è generalmente considerato un requisito essenziale per il successo della protesi totale di ginocchio. Tuttavia occorre considerare che una notevole quota della popolazione presenta un allineamento dell'arto inferiore che non è neutrale e così pure una interlinea articolare che non è orientata perpendicolarmente all'asse meccanico. Per questa categoria potrebbe essere dunque deleterio ottenere un allineamento post-operatorio neutro perchè non rappresenta una condizione fisiologica per il loro morfotipo.

Obiettivi. Lo scopo del nostro studio è pertanto quello di determinare l'influenza dell'allineamento globale post-operatorio e il posizionamento delle singole componenti protesiche sui risultati clinici e funzionali in un gruppo di pazienti con un ginocchio varo artrosico preoperatorio.

Metodi. Prospettivamente sono stati seguiti 132 pazienti (143 ginocchia) con ginocchio varo artrosico sottoposti ad intervento di protesi totale di ginocchio con un follow-up medio di 7,2 anni. I risultati clinici sono stati raccolti mediante i punteggi KSS e WOMAC. L'allineamento dell'arto inferiore (FTMA) pre e post operatorio e l'allineamento della componente protesica tibiale (MPTA) e femorale (LDFA) è stato determinato sulla base di radiografie in toto degli arti inferiori.

Risultati. Il gruppo con allineamento postoperatorio in varismo moderato ($FTMA > 177^\circ$ e $< 174^\circ$) presenta un punteggio clinico e funzionale significativamente migliore rispetto ai gruppi neutro ($FTMA = 180^\circ \pm 3$) e con varismo severo ($FTMA > 174^\circ$).

I peggiori risultati clinici sono stati registrati quando la componente tibiale o quella femorale venivano posizionate in varismo ($MPTA < 188^\circ$ o $LDFA > 92^\circ$) rispetto ad un posizionamento neutro ($MPTA = 90^\circ \pm 2^\circ$ or $LDFA = 90^\circ \pm 2^\circ$). Entrambe le componenti posizionate in varo determinano i peggiori risultati clinici.

Conclusioni. Pazienti con un varismo preoperatorio presentano migliori risultati clinici e funzionali se l'allineamento postoperatorio prevede alcuni gradi di varismo residuo. Il posizionamento della componente femorale e tibiale oltre i 2° di varismo è associata ad un peggior risultato clinico e funzionale.

Parole chiave: protesi totale di ginocchio, allineamento, ginocchio varo

SUMMARY

Background. Restoration of neutral limb alignment with components position perpendicular to mechanical axis is generally considered one of the prerequisites for successful total knee arthroplasty. However relevant proportion of the normal population has a natural limb alignment in some degrees of varus, and joint line not oriented perpendicular to mechanical axis. In these patients restoration to a neutral mechanical alignment may not be the optimal situation because unnatural and non-physiological.

Purposes. The purpose of this study was therefore to determine the effect of overall alignment, femoral and tibial component alignment on clinical and functional scores following total knee arthroplasty in a cohort of patients with preoperative varus deformity.

Methods. Prospectively were evaluated 132 consecutive patients (143 knees) with pre-operative varus alignment was evaluated with a mean follow-up period of 7.2 years. Clinical evaluation was done using KSS and WOMAC score. Full leg postoperative x-rays were used to determine overall limb alignment (FTMA) tibial component alignment (MPTA) and femoral component alignment (LDFA).

Results. The overall alignment in mild varus ($FTMA > 177^\circ$ e $< 174^\circ$) scored significantly better in the total KSS and in WOM-

F. MATASSI, T. LUYCKX*, L. VANLOMMELE*,
M. INNOCENTI, J. BELLEMANS**

Clinica Ortopedica, Università degli Studi di Firenze,
C.T.O Firenze, Italia; * University Hospital Leuven,
Pellenberg, Belgium; ** Ziekenhuis Oost-Limburg,
Genk, Belgium

Indirizzo per la corrispondenza:

Fabrizio Matassi
Clinica Ortopedica Università di Firenze
largo Palagi 1, 50141 Firenze
Tel. +39 055 7948286 - Fax +39 055 432156
E-mail: fabriziomatassi@gmail.com

AC score as compared with both the neutral (FTMA = $180^\circ \pm 3$) and severe varus group (FTMA > 174°). Worst results for postoperative tibia alignment in varus (MPTA < 188°) or post operative femur alignment in varus (LDFA > 92°) were recorded compared to neutral component alignment (MPTA = $90^\circ \pm 2^\circ$ or LDFA = $90^\circ \pm 2^\circ$). The combination of femur in varus and tibia in varus position yields worst functional outcomes.

Conclusions. Patients with pre-operative varus had better clinical and functional outcome scores if the alignment was left in mild varus, as compared with patients with an alignment correction to neutral. The combination of femur and tibial component in varus position yields worst functional outcomes.

Key words: total knee arthroplasty, alignment, varus knee

INTRODUZIONE

Il ripristino dell'allineamento neutro dell'arto inferiore con il posizionamento delle componenti perpendicolarmente all'asse meccanico è considerato un prerequisito essenziale per il successo della protesi totale di ginocchio. Alcuni studi hanno evidenziato una scarsa sopravvivenza per quegli impianti in cui l'allineamento meccanico dell'arto inferiore non veniva ripristinato entro $\pm 3^\circ$ ¹⁻⁷.

Tuttavia una certa quota della popolazione normale adulta presenta un allineamento dell'arto inferiore in 3 o più gradi di varismo, in una condizione definita come "varo costituzionale"⁸. In tali pazienti dunque, che sin dal termine del loro accrescimento presentano una configurazione in varismo dell'arto inferiore, potrebbe essere innaturale e deleterio ripristinare un allineamento neutro dopo l'impianto di una protesi totale di ginocchio. Sarebbe dunque logico che il miglior allineamento post-operatorio per questa categoria di pazienti debba essere un lieve varismo piuttosto che un allineamento neutro.

Inoltre l'orientamento dell'interlinea articolare non è perpendicolare all'asse meccanico ma con una lieve inclinazione mediale. Basandoci su questo presupposto dunque e per poter conferire all'arto inferiore un certo grado di varismo sembrerebbe necessario posizionare una delle due componenti in lieve varismo.

Il presente studio ha pertanto lo scopo di determinare in un gruppo di pazienti con un varismo preoperatorio e sottoposti ad intervento di protesi totale di ginocchio, l'influenza dell'allineamento globale post-operatorio dell'arto inferiore e dell'allineamento delle singole componenti negli outcome clinici. Il principale proposito del presente studio è quello di determinare quale sia il miglior allineamento globale post-operatorio e il miglior allineamento delle componenti in gruppo di soggetti con ginocchio varo artrosico.

MATERIALI E METODI

Tra il 2002 e il 2005 presso il Department of Orthopedic Surgery, Leuven University Hospital—Pellenberg, Belgium sono state eseguite 618 protesi totali di ginocchio impiegando la protesi Profix Posterior Stabilized (Smith & Nephew; Memphis, Tennessee). Dallo studio sono sta-

ti esclusi pazienti con allineamento preoperatorio neutro o in valgo (n = 229); radiografie preoperatorie o score clinici non disponibili (n = 180); radiografie non eseguite secondo i criteri di Paley⁹ (n = 21); pazienti con oltre 5° di deficit di estensione (n = 8) ed infine casi persi al follow-up (n = 37). Applicando tali criteri di esclusione la popolazione dello studio risulta costituita da 132 pazienti (143 ginocchia) con artrosi primaria del ginocchio e allineamento preoperatorio in varo.

Intervento chirurgico

Tutti gli interventi sono stati eseguiti dalla stessa equipe chirurgica impiegando lo stesso modello protesico. L'esposizione del ginocchio è stata eseguita mediante una incisione paratulea mediale. Dopo l'alesaggio del canale midollare femorale un asta intramidollare da 8 mm è stata introdotta e la resezione del femore eseguita mediante una mascherina di taglio allineata a 5° - 6° - 7° di valgismo in base alle misure preoperatorie dell'angolo di divergenza tra l'asse anatomico e meccanico del femore. Il taglio tibiale è stato eseguito perpendicolarmente all'asse meccanico con strumentario intramidollare. La componente tibiale, femorale e rotulea è stata cementata in tutti i casi. Tutti i pazienti hanno seguito lo stesso protocollo post-operatorio e riabilitativo.

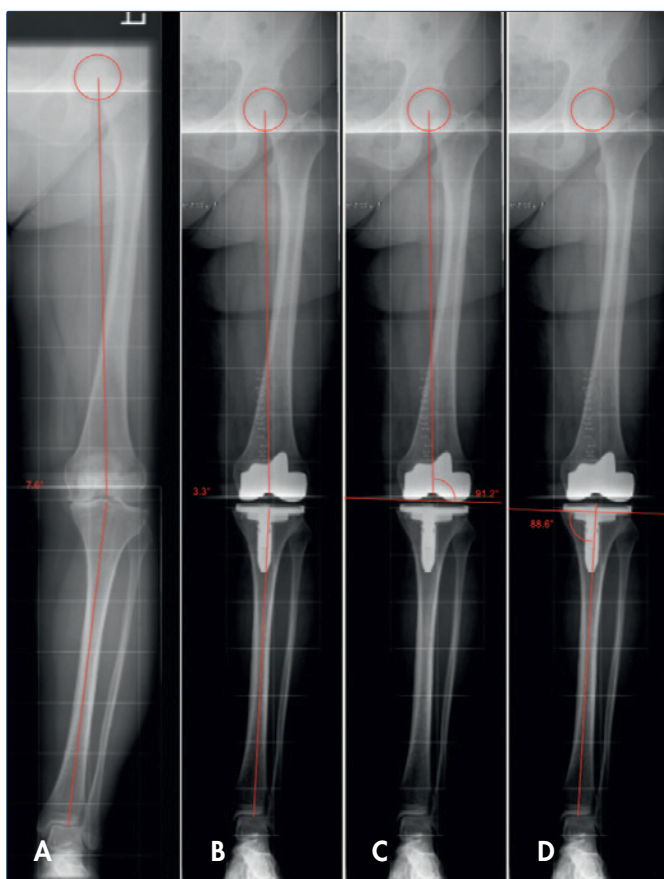
Valutazione dei pazienti

In accordo con i criteri di Paley una radiografia in toto degli arti inferiori è stata eseguita prima e dopo l'intervento chirurgico⁹. L'allineamento dell'arto inferiore (FTMA) pre e post operatorio e l'allineamento della componente protesica tibiale (MPTA) e femorale (LDFA) è stato determinato sulla base di radiografie standardizzate¹⁰ (Fig. 1). Due osservatori (FM, LV) hanno eseguito tutte le misurazioni con un'accuratezza di $0,1^\circ$ usando il sistema AGFA PACS software package (Agfa-Gevaert).

Dopo l'impianto della protesi totale di ginocchio i pazienti sono stati suddivisi in tre gruppi in base all'allineamento post-operatorio dell'arto inferiore: neutro (FTMA = $180^\circ \pm 3^\circ$; n = 75); varo moderato (FTMA > 177° e < 174° , n = 46); varo severo (> 174° ; n = 22). In base all'allineamento delle componenti tibiale i pazienti sono stati suddivisi in due gruppi: neutro (MPTA = $90^\circ \pm 2^\circ$; n = 104); varo (MPTA < 188° ; n=39). In base all'allineamento della

FIGURA 1.

A. Asse meccanico arto inferiore (FTMA) preoperatorio. B. Asse meccanico arto inferiore (FTMA) post-operatorio. C. Allineamento componente femorale misurata come l'angolo laterale formato tra la componente e l'asse meccanico del femore (LDFA). D. Allineamento componente tibiale misurata come l'angolo mediale tra la componente e l'asse meccanico della tibia (MPTA).



componente femorale i pazienti sono stati suddivisi in tre gruppi: valgo (LDFA < 88°; n = 15); neutro (LDFA = 90° ± 2°; n = 91); varo (LDFA > 92°; n = 37).

Gli esami radiografici e gli score clinici che comprendono l'International Knee Society Score (KSS) e Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC), sono stati determinati in modo prospettico prima e dopo l'intervento ad ogni visita a 6 settimane, 3 e 6 mesi e poi annualmente.

Analisi statistica

L'analisi statistica è stata condotta usando il sistema SAS statistical package version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC). Le caratteristiche demografiche dei pazienti, gli score clinici e le misurazioni radiografiche sono stata riportante

con media e deviazione standard. Kruskal-Wallis (K-W), Mann-Whitney U (MWU) e il test di Fisher sono stati impiegati per comparare le variabili tra i vari gruppi. Valori di P inferiori a 0.05 sono considerati significativi. Per un'analisi comparativa tra i gruppi la combinazione di tibia vara e femore valgo è stato escluso essendo composto da due soli casi.

RISULTATI**Allineamento globale**

L'allineamento del gruppo neutro (n = 75) è passato da una media preoperatoria di 7,8° ± 3,6° a 0,7° ± 1,5° post-operatori, il gruppo varo moderato da 9,3° ± 3,7° a 4,5° ± 0,8° (n = 46), e il gruppo varo severo da 12,3° ± 1,3° to 7,5° ± 1,3° (n = 22). L'entità della correzione del varo preoperatorio incrementa con una relazione r² con un coefficiente di 0,52.

Nessuno dei pazienti è stato revisionato o considerato per una revisione al momento dell'ultimo follow-up. In 4 (2,8%) delle 143 ginocchia analizzate (due nel gruppo neutro zona 2 e 4, uno nel gruppo varo moderato zona 1 e uno nel gruppo varo severo zona 1) presentavano una linea di radiolucenza non progressiva a livello della componente tibiale secondo la classificazione di Ewald¹¹.

Il punteggio preoperatorio del KSS score è simile in tutti e tre i gruppi (114,3 ± 24,2 vs. 106,2 ± 23,3 vs. 108,5 ± 28,9, n.s.). Un significativo incremento del KSS è stato registrato in tutti i gruppi in seguito all'intervento chirurgico. Il gruppo con il varismo moderato tuttavia presenta un punteggio KSS (169,5) maggiore rispetto al gruppo neutro (159,0; P = 0,02) e a quello con varismo severo (152,9; P = 0,01) (Fig. 2).

Così pure per la scala di valutazione WOMAC, il gruppo con un varismo moderato ha evidenziato un punteggio significativamente inferiore rispetto al gruppo neutro e con varismo severo (Fig. 3).

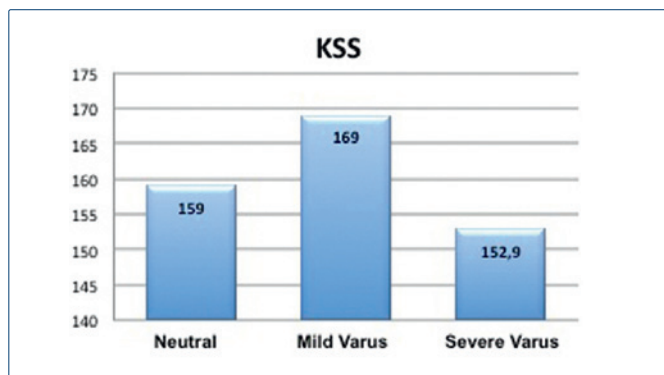
Allineamento delle componenti

La componente tibiale è risultata in posizione neutra in 104 casi (72,7%) e in varismo in 39 casi (27,3%) mentre in nessun caso è stata posizionata in oltre 2° di valgismo. Benchè il punteggio clinico sia risultato peggiore per la componente tibiale in varismo (KSS 155,4; WOMAC 26) rispetto ad un allineamento neutro (KSS 163,5; WOMAC 22,3) non sono risultate differenze statisticamente significative (p = 0,067; p = 0,452). (Tab. I).

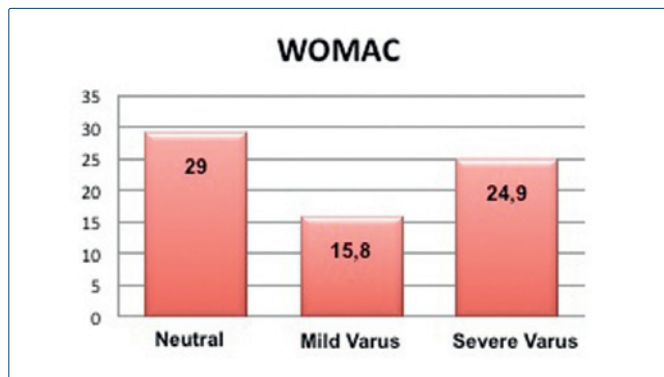
La componente femorale è risultata in valgismo in 15 casi (10,5%), in posizione neutra in 91 (63,6%) ed in varismo in 37 casi (25,9%). I migliori risultati clinici sono stati riscontrati per quei casi in cui la componente femorale veniva posizionata neutra (KSS 164,0; WOMAC 20,8) rispetto ai casi in cui veniva posizionata in valgismo (KSS

FIGURA 2.

Differenze nel KSS tra i tre gruppi. Il gruppo con allineamento postoperatorio in lieve varismo evidenzia migliori risultati.

**FIGURA 3.**

Differenze nel WOMAC score tra i tre gruppi. Il gruppo con allineamento postoperatorio in lieve varismo riporta un punteggio migliore.



157,7; WOMAC 28,6) o in varismo (KSS 156,1; WOMAC 27,4) benchè non vi sono differenze statisticamente significative sia per il punteggio KSS ($p = 0,358$) che per il punteggio WOMAC ($p = 0,289$) (Tab. II).

Analizzando le combinazioni tra il posizionamento delle

varie componenti, il gruppo con tibia vara - femore varo ha evidenziato un punteggio KSS di $137^\circ \pm 24,29^\circ$ statisticamente inferiori rispetto agli altri gruppi. Tale gruppo presenta un allineamento medio postoperatorio di $7,2^\circ \pm 2,3^\circ$ che risulta statisticamente più in varo rispetto agli altri gruppi. Non vi sono invece differenze significative tra i due gruppi tibia neutra - femore varo e tibia vara - femore neutro sia in termini di risultati clinici ($165,4^\circ \pm 27,36^\circ$ e $162,6^\circ \pm 22,85^\circ$ rispettivamente) che di allineamento medio post-operatorio ($4,2^\circ \pm 1,77^\circ$ e $5,3^\circ \pm 0,28^\circ$ rispettivamente) (Tab. III e IV).

In fine analizzando l'allineamento globale postoperatorio combinato con l'allineamento delle singole componenti i risultati migliori sono stati ottenuti con una componente tibiale neutra e un allineamento globale in varo (Tab. V). I risultati peggiori sono stati riscontrati con una componente tibiale neutra e un allineamento post operatorio neutro o una componente tibiale vara e un allineamento post operatorio varo.

DISCUSSIONE

Il principale dato che emerge da questo studio è che un varismo residuo dopo intervento di protesi totale di ginocchio si associa ai miglior risultati clinici e funzionali. Un allineamento post-operatorio in lieve varismo garantisce migliori outcome rispetto ad allineamento neutro o con varismo severo in pazienti con un ginocchio varo artrosico preoperatorio. Un allineamento in varo oltre i 2° della componente tibiale o di quella femorale determina risultati funzionali inferiori rispetto ad un allineamento neutro. Il peggior risultato si ottiene quando sia la componente tibiale che quella femorale vengono posizionate in varismo.

Il ripristino dell'allineamento neutro dopo protesi totale di ginocchio è generalmente considerato uno dei requisiti fondamentali per garantire ottimi risultati clinici ed una lunga sopravvivenza dell'impianto^{2 3 6 7 12-14}. Tuttavia occorre considerare che una certa quota della popolazione presenta fisiologicamente un allineamento dell'arto inferiore che non è neutrale e che quindi potrebbe essere deleterio per tale gruppo di pazienti ottenere un allineamento post-operatorio neutro perchè non rappresenta una

TABELLA I.

Punteggio KSS e WOMAC in accordo con il posizionamento della componente tibiale.

Variable	Statistic	Neutral (88° to 92°)	Varus (MPTA < 88°)	P-value
	N	104	39	
KSS total (post)	Mean	$163,5 \pm 24,31$	$155,4 \pm 26,07$	0,067
Womac total	Mean	$22,3 \pm 19,72$	$26,0 \pm 20,56$	0,452

TABELLA II.

Punteggio KSS e WOMAC in accordo con il posizionamento della componente femorale.

Variable	Statistic	Valgus (LDFA < 88°)	Neutral (88° to 92°)	Varus (LDFA > 92°)	P-value
	N	15	91	37	
KSS total (post)	Mean	157,7 ± 24,06	164,0 ± 22,95	156,1 ± 29,25	0,358
Womac total	Mean	28,6 ± 20,00	20,8 ± 18,42	27,4 ± 22,66	0,289

TABELLA III.

Punteggio KSS e allineamento postoperatorio (HKA) medio tra le varie combinazioni di allineamento della componente tibiale e femorale.

Variable	Statistic	Tibia neutral, Femur Valgus	Tibia neutral, Femur Neutral	Tibia neutral, Femur Varus	Tibia varus, Femur Neutral	Tibia varus, Femur Varus	Tibia varus, Femur Valgus
	N	13	67	24	24	13	2
KSS total	Mean	154,0 ± 23,58	164,6 ± 23,15	165,4 ± 27,36	162,6 ± 22,85	137,5 ± 24,29	180 ± 15,56
HKA post	Mean	-1,3 ± 1,5	1,5 ± 1,81	5,3 ± 0,28	4,2 ± 1,77	7,2 ± 2,31	2,4 ± 0,28

TABELLA IV.

Analisi delle differenze (p-value) del KSS tra i vari gruppi.

		P-value
T neutral, F neutral	T neutral, F valgus	0,5707
T neutral, F neutral	T neutral, F varus	0,1055
T neutral, F neutral	T varus, F neutral	0,2460
T neutral, F neutral	T varus, F varus	<,0001
T neutral, F valgus	T neutral, F varus	0,5919
T neutral, F valgus	T varus, F neutral	0,8003
T neutral, F valgus	T varus, F varus	0,0056
T neutral, F varus	T varus, F neutral	0,7247
T neutral, F varus	T varus, F varus	0,0034
T varus, F neutral	T varus, F varus	0,0011

condizione fisiologica per il loro morfotipo^{8 15}. Inoltre recenti analisi hanno evidenziato una sopravvivenza simile e risultati clinici comparabili o superiori per quegli impianti con allineamento post-operatorio in lieve varismo

rispetto a un allineamento neutro¹⁵⁻¹⁸. Magnussen et al. hanno dimostrato come un varismo postoperatorio residuo determini un punteggio KSS migliore rispetto al gruppo con allineamento neutro benché non statisticamente significativo¹⁶. Howell et al. eseguendo una protesi totale di ginocchio con allineamento cinematico hanno ottenuto una ridotta necessità di un release dei legamenti con un ripristino di un allineamento globale dell'arto inferiore allo stato pre-artrosico e non neutrale. Questo viene percepito dal paziente come più naturale e fisiologico garantendo risultati clinici superiori rispetto ad un allineamento neutro¹⁵. Dall'analisi dei nostri dati, in accordo con questi studi, si conferma come una ipocorrezione dell'allineamento preoperatorio determini migliori outcome clinici¹⁹. Anche l'allineamento delle componenti perpendicolarmente all'asse meccanico rappresenta uno dei cardini della chirurgia protesica del ginocchio. Occorre considerare tuttavia che fisiologicamente l'interlinea articolare che non è orientata perpendicolarmente all'asse meccanico e che per ottenere un certo grado di varismo residuo occorre posizionare una delle due componenti lievemente

TABELLA V.

Punteggio KSS in accordo con l'allineamento globale e della componente tibiale.

Variable	Statistic	T Neutral, Leg Neutral	T Neutral, Leg Varus	T varus, Leg Neutral	T varus, Leg Varus	P-value
	N	67	37	8	30	
KSS total (post)	Mean	160,3 ± 24,20	169,1 ± 23,80	168,9 ± 14,58	152,28 ± 27,30	0,035

in varismo. Numerosi studi in letteratura raccomandano un posizionamento neutro delle componenti per garantire la massima sopravvivenza degli impianti²³²⁰. Ritter et al. hanno evidenziato come il rischio di fallimento dell'impianto è statisticamente superiore quando la componente tibiale viene posizionata in varismo raccomandando un allineamento neutrale di entrambe le componenti. Tuttavia analizzando in dettaglio i risultati da loro ottenuti si evidenzia come il gruppo che ha minor fallimenti è quel gruppo con allineamento globale in lieve varismo e con tibia in posizione neutra²⁰.

Nel nostro studio si osserva come un allineamento in varismo oltre i 2° della componente tibiale o di quella femorale si associa a peggiori risultati clinici e non è raccomandabile. Tuttavia per garantire un lieve varismo postoperatorio una delle due componenti deve essere posizionata il lieve varo che non eccede i 2°. Quando entrambe le componenti vengono posizionate oltre i 2° di varismo si ottiene un allineamento post-operatorio in varismo severo oltre i 6° che si associa ai peggiori risultati clinici.

Non sono state eseguite revisioni nel periodo in cui è stato condotto lo studio. Alcuni recenti analisi evidenziano un incremento del rischio di revisione per gli impianti con malallineamento specialmente se in varo¹⁴⁵¹³¹⁴. Il follow up medio della nostra analisi è a medio termine e comunque troppo breve per trarre delle conclusioni circa la relazione tra allineamento postoperatorio, allineamento delle singole componenti e sopravvivenza dell'impianto. Uno studio con un follow up più lungo sarà in grado di terminare il mantenimento nel tempo della superiorità clinica di un allineamento in lieve varismo.

CONCLUSIONE

Pazienti con un varismo preoperatorio presentano migliori risultati clinici e funzionali se l'allineamento postoperatorio prevede alcuni gradi di varismo residuo. Per ottenere tale allineamento una delle due componenti deve essere posizionata in alcuni gradi di varismo ma non oltre i 2°. Se entrambe le componenti vengono posizionate oltre i 2° di varismo si ottiene un allineamento postoperatorio in varismo severo che correla con peggiori risultati clinici.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Paratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, et al. *Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements.* J Bone Joint Surg Am 2010;92:2143-9.
- 2 Berend ME, Ritter MA, Meding JB, et al. *Tibial component failure mechanisms in total knee arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res 2004;428:26-4.
- 3 Hungerford DS. *Alignment in total knee replacement.* AAOS Instr Lect 1995;44:455-68.
- 4 Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. *Coronal alignment after total knee replacement.* J Bone Joint Surg Br 1991;73:7097-14.
- 5 Morgan SS, Bonshahi A, Pradhan N, et al. *The influence of postoperative alignment on revision surgery in total knee arthroplasty.* Int Orthop 2008;32:639-42.
- 6 Ma Ritter, Faris PM, Keating EM, et al. *Post-operative alignment of total knee replacement. Its effect on survival.* Clin Orthop Relat Res 1994;299:153-6.
- 7 Sikorski JM. *Alignment in total knee replacement.* J Bone Joint Surg Br 2008;90:1121-7.
- 8 Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, et al. *Is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus.* Clin Orthop Relat Res 2012;470:45-53.
- 9 Paley D. *Principles of deformity correction.* Heidelberg, Germany: Springer-verlag 2003, pp. 1-60.
- 10 Cooke TD, Sled EA, Scudamore RA. *Frontal plan knee alignment: a call for standardized measurement.* J Rheumatol 2007;34:1796-801.
- 11 Ewald FC. *The knee society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system.* Clin Orthop Relat Res 1989;248:9-12.
- 12 Fang DM, Ritter LA, Davis KE. *Coronal alignment in total knee arthroplasty: just how important is it?* J Arthroplasty 2009;24:39-43.
- 13 Morgan SS, Bonshahi A, Pradhan N, et al. *The influence of postoperative alignment on revision surgery in total knee arthroplasty.* Int Orthop 2008;32:639-42.
- 14 Werner FW, Ayers DC, Maletsky LP, et al. *The effect of valgus/varus malalignment on load distribution in total knee replacements.* J Biomech 2005;38:349-55.
- 15 Howell SM, Howell SJ, Kuznik KT, et al. *Does a kinematically aligned total knee arthroplasty restore function without failure regardless of alignment category?* Clin Orthop Relat Res 2012;471:1000-7.
- 16 Magnussen RA, Weppe F, Demey G, et al. *Residual varus alignment does not compromise results of TKAs in patients with preoperative varus.* Clin Orthop Relat Res 2011;469:3443-50.
- 17 Bonner TJ, Eardley WG, Patterson P, Gregg PJ. *The effect of post-operative mechanical axis alignment on the survival of primary total knee replacements after a follow-up of 15 years.* J Bone Joint Surg Br 2011;93:1217-22.
- 18 Matziolis G, Adam J, Perka C. *Varus alignment has no influence on clinical outcome in midterm follow-up after total knee replacement.* Arch Orthop Trauma Surg 2010;130:1487-91.
- 19 Vanlommel L, Vanlommel J, Claes S, et al. *Slight undercorrection following total knee arthroplasty results in superior clinical outcomes in varus knees.* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2013;21:2325-30.
- 20 Ritter MA, Davis KE, Meding JB, et al. *The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement.* J Bone Joint Surg Am 2011;93:1588-96.