

AIR
IX Congresso
Nazionale 7-8 Marzo Verona



Nuova Biomeccanica della Protesi Inversa

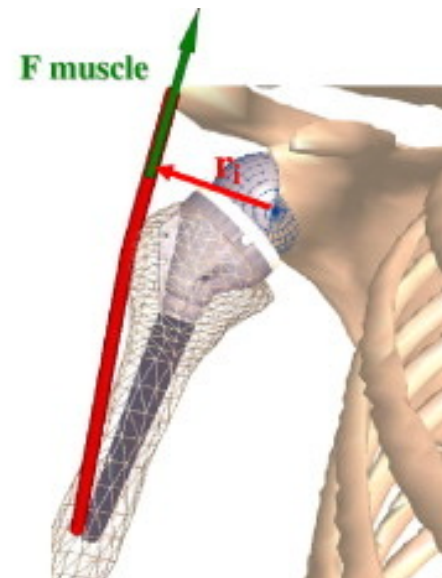
Raffaele Russo

A.Fedele P. Dalla Pria



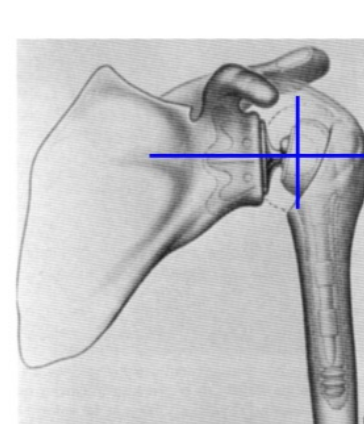
Protesi inversa: forma e funzione

- Il più **importante effetto** della protesi inversa è secondario alla **inversione geometrica delle parti** con l'azione **meccanica** primaria della **componente sferica** che evita la **migrazione superiore della testa** omerale durante la contrazione del deltoide. Questo **arresto meccanico converte la forza del deltoide in rotazione** e, così facendo, ripristina funzionalmente **la stabilità articolare** per i pazienti con spalla instabile.

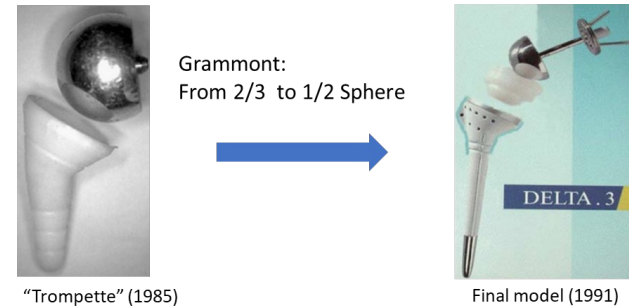


Storia della inversione

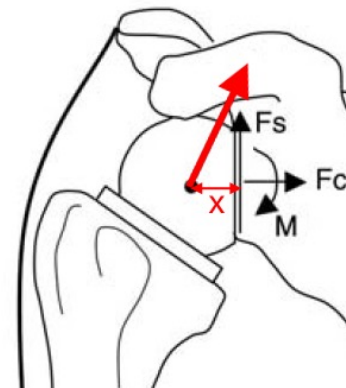
- Periodo pre-Grammont



- Periodo Grammont



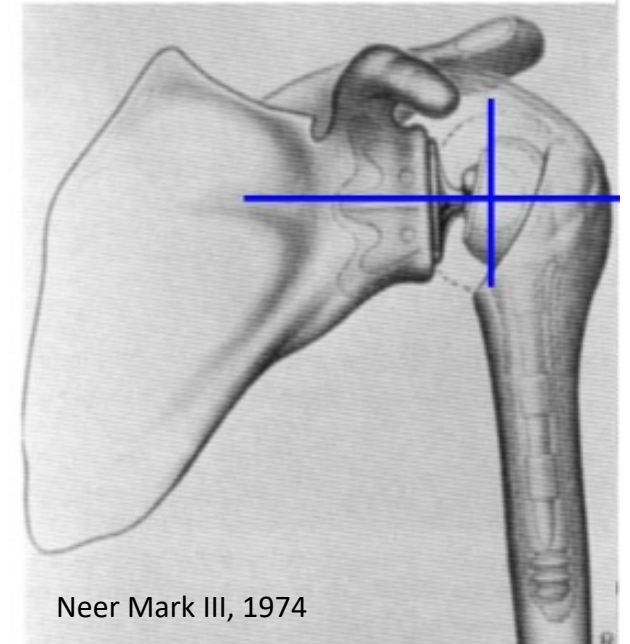
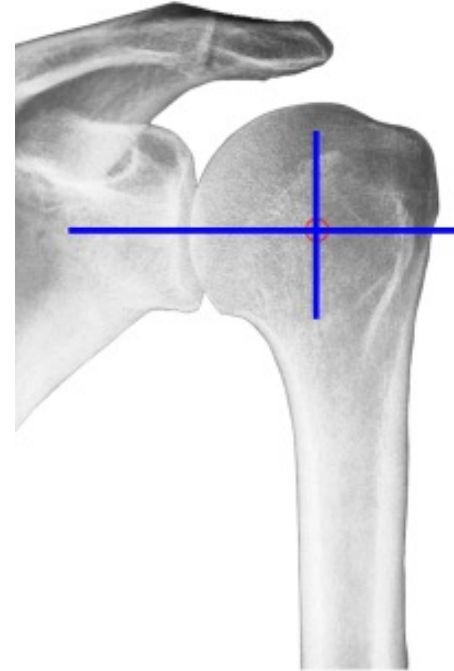
- Periodo Post Grammont



Pre-Grammont rTSA

Key design features¹:

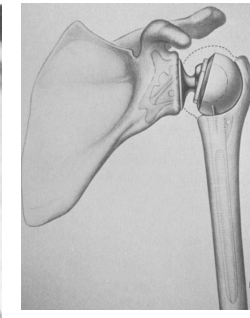
- Semi-vincolato per fornire un fulcro stabile
- CoR nativo



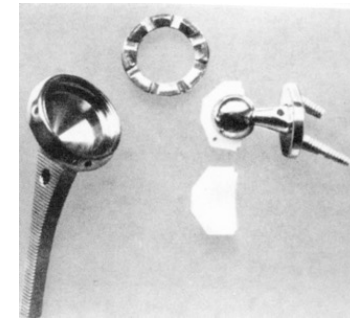
- Cattivi risultati
- Fallimenti meccanici



Kölbl, 1972



Neer Mark I, 1972



Reeves, 1974

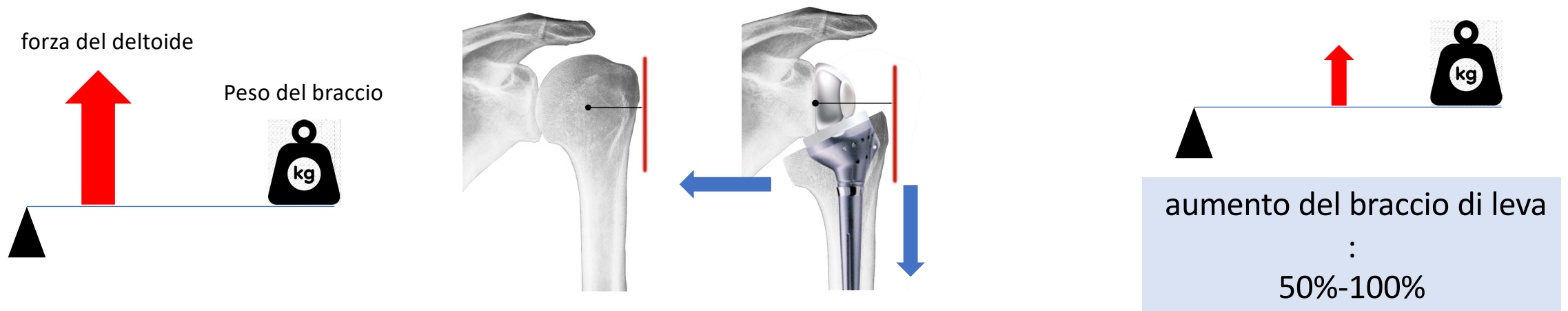


Fenlin, 1975

(1) Flatow, E. et Al. A history of reverse total shoulder arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 469(9).

Grammont r-RSA: 4 principi fondamentali della protesi inversa

- “La medializzazione del COR dell’articolazione scapolo-omerale, e quindi l’aumento del braccio di leva deltoide, compenserà la mancanza di attività del muscolo sovraspinato.”¹
- “ L’omero è medializzato e abbassato → il deltoide risulta allungato e stirato .
- Posizionando il centro di rotazione articolare all'interfaccia osso-impianto si riducono le forze di taglio sull'impianto glenoideo aumentandone la stabilità
- Una configurazione semi-vincolata ad un disegno protesico può fornire stabilità statica e un fulcro stabile

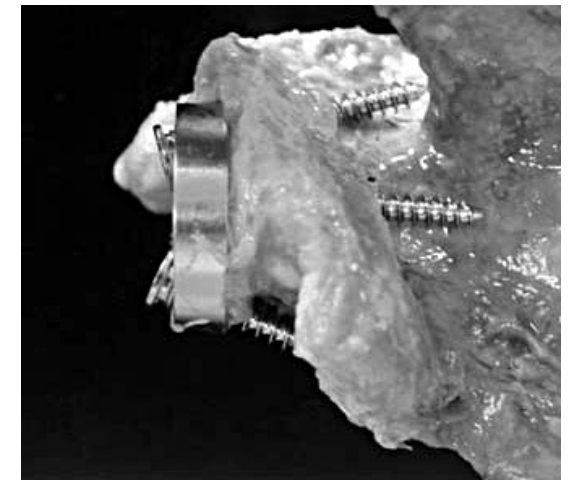
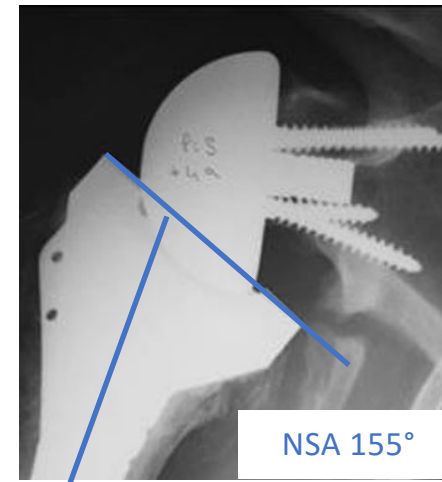
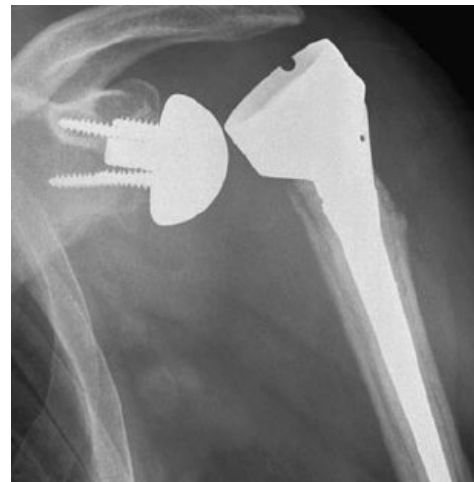
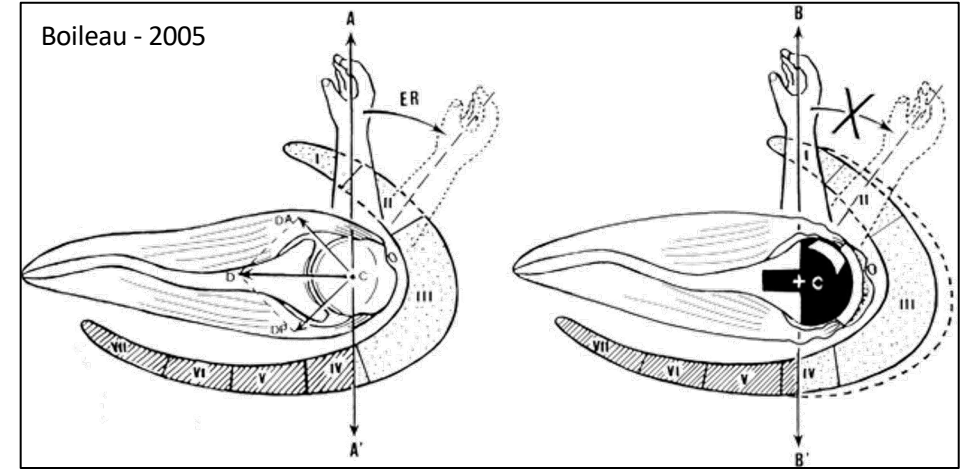


(1) Grammont PM et al. Study of a Mechanical Model for a Shoulder Total Prosthesis: Realization of a Prototype. Lyon, France: ECAM de Lyon; 1981.

Svantaggi della medializzazione dell'omero: Grammont e seguaci

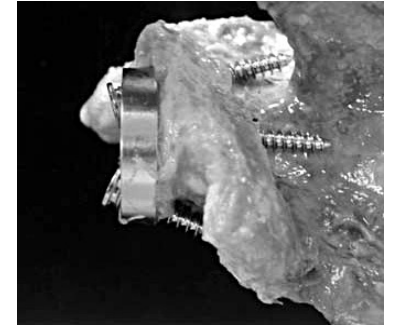
Un'eccessiva medializzazione può portare a:

- Debolezza nella rotazione esterna¹.
- Instabilità articolare ².
- Perdita della funzione di rotazione assiale del deltoide ³.
- Perdita ossea scapolare dovuto all'elevato Neck Shaft Angle NSA (155°).



(1) Herrmann S. et Al. (2011). Reverse shoulder arthroplasty leads to significant biomechanical changes in the remaining rotator cuff. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 6(1)
(2) Boileau P. et Al. Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. J Shoulder Elbow Surg. 2005
(3) Ackland DC et Al. Moment arms of the shoulder musculature after reverse total shoulder arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 2010 May;92(5)

Scapular Notching



- Si verifica entro 6 mesi dalla procedura .
- Sembrerebbe maggiormente causata dalla componente omerale che colpisce la parte inferiore e posteriore del collo della scapola.
- Nei primi studi, lo scapular notching era un reperto prevalente nella rTSA, ma la sua rilevanza clinica non e' ancora chiara

Nicholson GP, Strauss EJ, Sherman SL. Scapular notching: Recognition and strategies to minimize clinical impact. Clin Orthop Relat Res 2011;469:2521-30.

Kennon JC, Songy C, Bartels D, et al. Primary reverse shoulder arthroplasty: how did medialized and glenoid-based lateralized style prostheses compare at 10 years? J Shoulder Elbow Surg 2020;29:S23-31.

Harman M, Frankle M, Vasey M, et al. Initial glenoid component fixation in "reverse" total shoulder arthroplasty: a biomechanical evaluation. J Shoulder Elbow Surg. 2005;14:162S-167S.

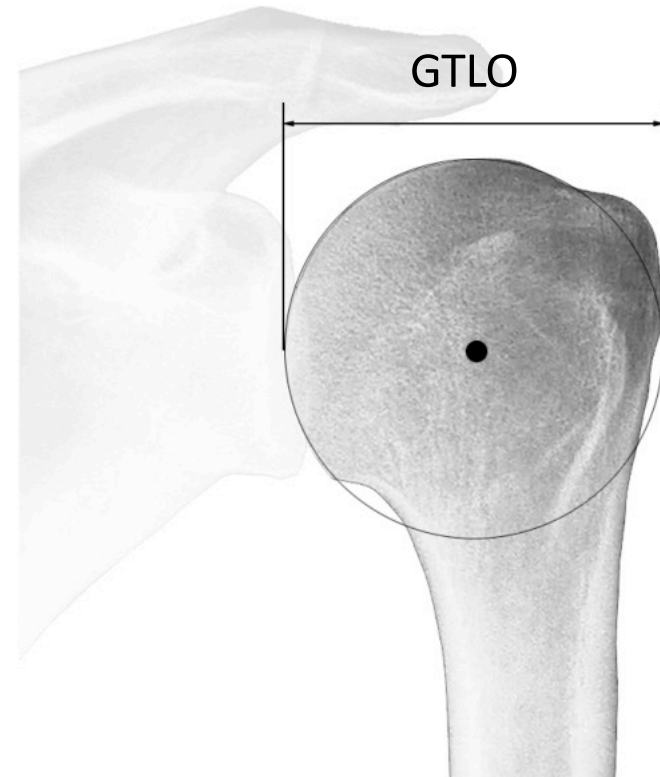
Lévigne C, Garret J, Boileau P, et al. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty: is it important to avoid it and how? Clin Orthop Relat Res 2011;469:2512-20.

Restauro dell'OFF-SET laterale della grande tuberosità(G.T.L.O.

Alcuni inconvenienti della medializzazione omerale possono essere prevenuti se il L'offset laterale della tuberosità maggiore (GTLO) viene (parzialmente) ripristinato.

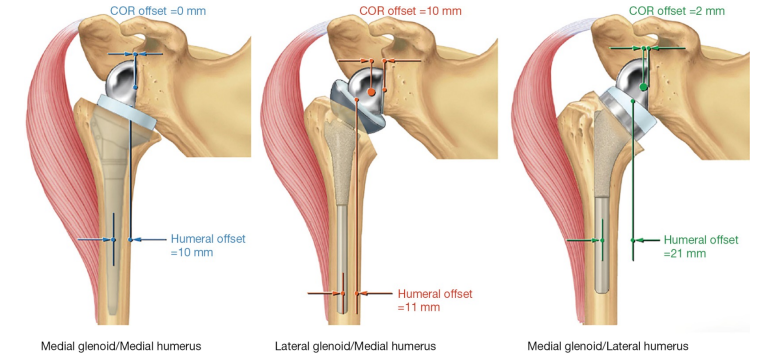


13,8mm



Evoluzione della artroplastica totale inversa: post-Grammont

- Configurazioni di design variabili
- Lateralizzazione sul lato glenoideo e sul lato omerale



Vantaggi

**Scapular notching ridotto,
Maggiore range di movimento e rotazione,
Maggiore stabilità grazie all'avvolgimento" del deltoide
Maggiore reazione articolare**

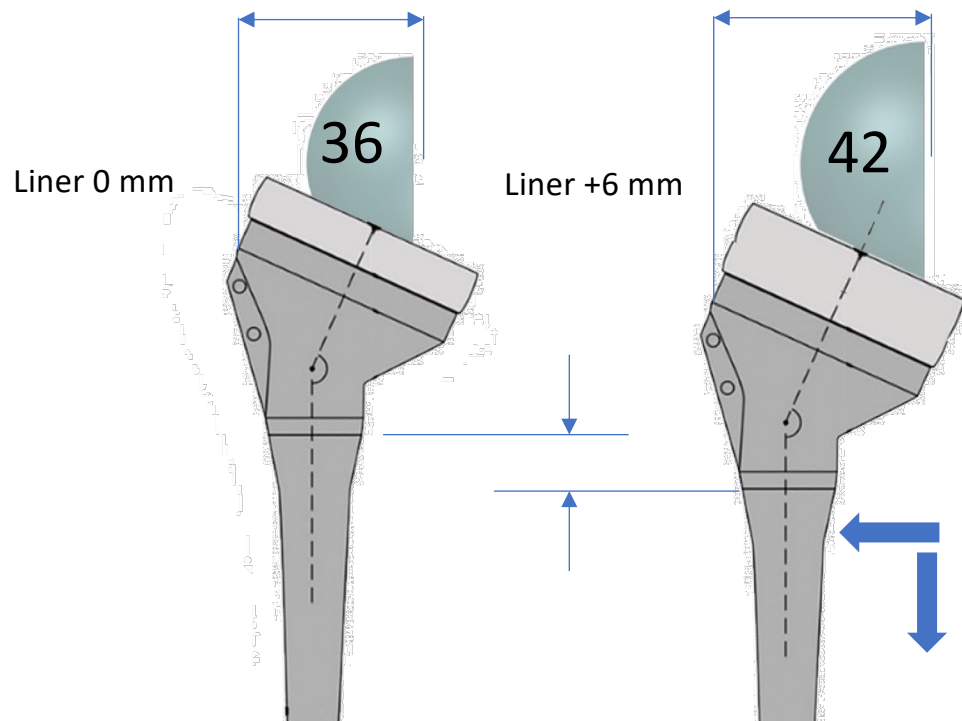
Come aggiustare il Lateral OFF-SET ?

- Diametro e Posizione della glenosfera
- Inclinazione della glenosfera
- Modifica dell'angolo tra collo anatomico e asse diafisario
- Modifica del design Protesico

Diametro della glenosfera

Glenosfera più grande e liner più spessa

- Nessuna modifica del CdR
- La Glenosfera più grande e liner più spesso lateralizzano e distalizzano l'omero
- L'effetto dipende dallo Stem Neck Shaft Angle



From 36 mm / H0 to 42 mm / H6

NSA	Lateralization	Distalization
155°	3,8 mm	8,1 mm

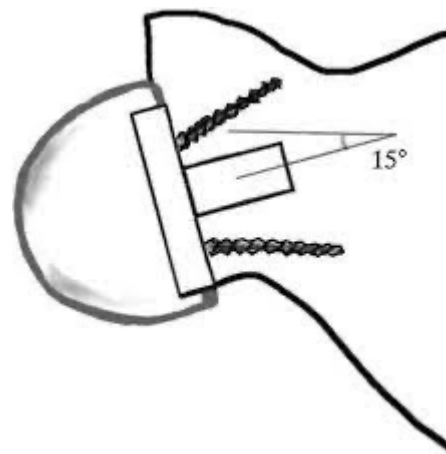
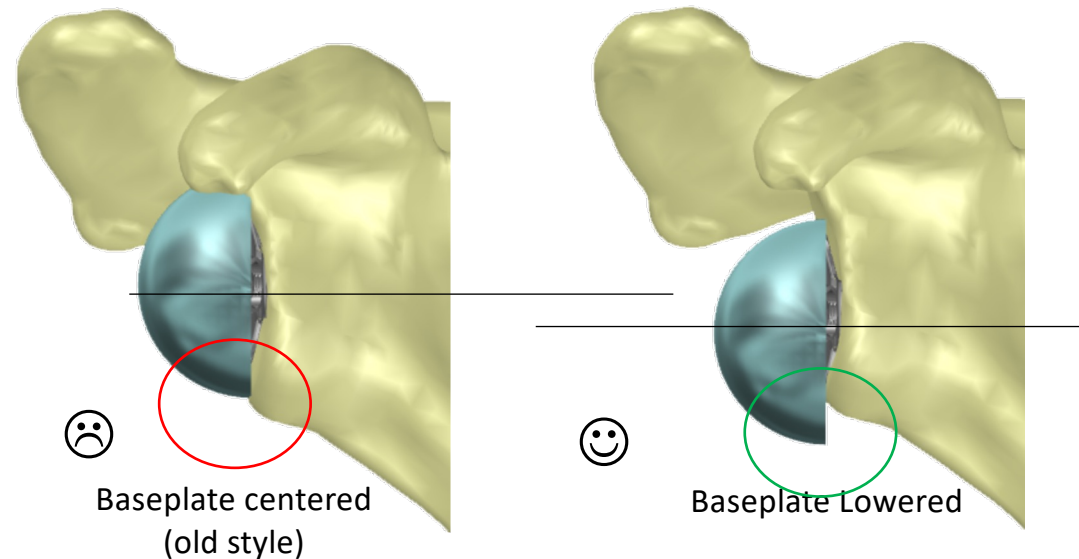
Inclinazione ed impianto abbassato metalback

Medialized Glenoid

La sporgenza inferiore della glenosfera impedisce lo scapular notching .¹

Inclinazione inferior della glenosfera di 15° previene lo scapular notching e migliora l'elevazione

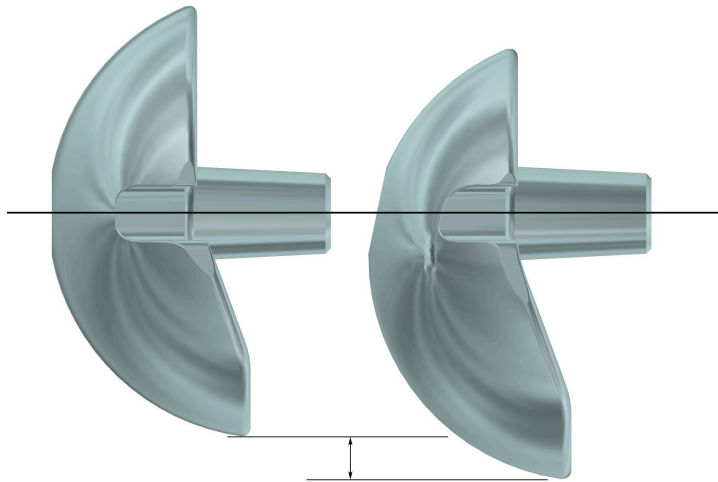
Lo spostamento in basso del metal back migliora l'adduzione (per ogni mm circa 4° di adduzione)



- (1) Nyffeler RW, Werner CM, Gerber C. Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis. J Shoulder Elbow Surg. 2005.
- (1) Wong, M.T.; Daniel, G.; Langohr, G.; Athwal, G.S.; Johnson, J.A. Implant positioning has an effect on acromial stresses in reverse shoulder arthroplasty. J. Orthop. Res. 2016, 34, 1889–1895.
- (2) De Biase C.F. et Al. (2013). The use of an eccentric glenosfera compared with a concentric glenosfera in reverse total shoulder arthroplasty: Two-year min. f.u. results. International Orthopaedics, 37(10).
- (3) Läderrmann, A. et Al. (2015). Scapular notching on kinematic simulated range of motion after reverse shoulder arthroplasty is not the result of impingement in adduction. Medicine (United States), 94(38), 1–6.

Eccentricità : effetti su scapular notching, miglioramento della adduzione ed abduzione e stress acromiale

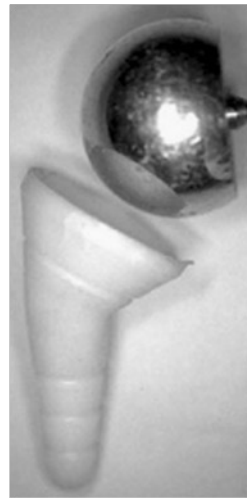
-
- Glenosfera eccentrica: migliori risultati clinici sullo scapular notching **sull'adduzione- abduzione**



L'effetto dell'inferiorizzazione della **glenosfera sullo stress acromiale** Lockhart et al. [] Wong et al hanno riscontrato una **riduzione significativa del picco di stress acromion** durante l'abduzione con **un'inferiorizzazione della glenosfera di 2,5 mm** di 1,8 MPa (3%, $p = 0,001$), mentre **un'inferiorizzazione di 5 mm** ha comportato una diminuzione maggiore di 3 Mpa (5%, $p = 0,002$) nello stress acromiale rispetto a 0 mm di inferiorizzazione.

-
- (1) Wong, M.T.; Daniel, G.; Langohr, G.; Athwal, G.S.; Johnson, J.A. Implant positioning has an effect on acromial stresses in reverse shoulder arthroplasty. J. Orthop. Res. 2016 , 34 , 1889–1895.
- (2) De Biase C.F. et Al. (2013). The use of an eccentric glenosphere compared with a concentric glenosphere in reverse total shoulder arthroplasty: Two-year min. f.u. results. International Orthopaedics, 37(10).
- (3) Lädermann, A. et Al. (2015). Scapular notching on kinematic simulated range of motion after reverse shoulder arthroplasty is not the result of impingement in adduction. Medicine (United States), 94(38), 1–6.

Glenoide medializzata versus glenosfera lateralizzata



"Trompette" (1985)

Grammont:
From 2/3 to 1/2 Sphere



Final model (1991)



Lateralizzazione del centro di rotazione con glenosfera superiore ad una metà della sfera

U.S. dopo 2004

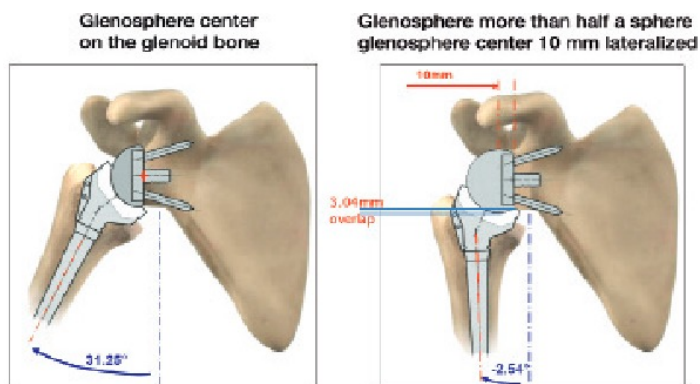
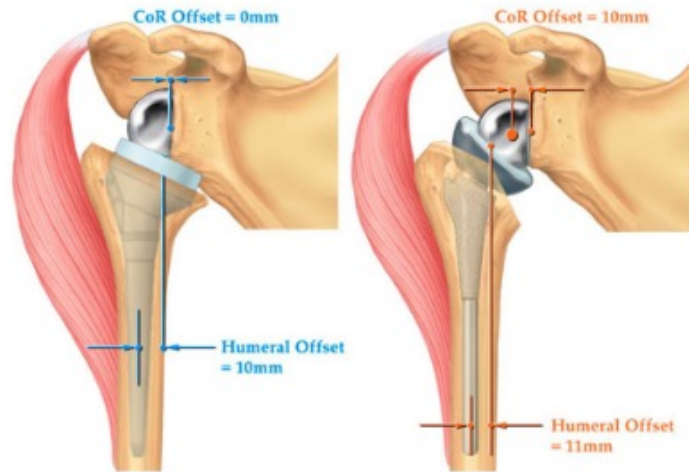


Figure 10. Explanation of the dilemma of Gutiérrez: a prosthetic overhang can also be created by the prosthesis if the center of rotation is lateralized and if the glenosphere is more than half a sphere.

Gutiérrez S, Comiskey CA, Luo Z-P, Pupello DR, Frankle MA. Range of impingement-free abduction and adduction deficit after reverse shoulder arthroplasty: hierarchy of surgical and implant-design-related factors. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;

Prosthetic overhang is the most effective way to prevent scapular conflict in a reverse total shoulder prosthesis

[Lieven F de Wilde](#)

, [Didier Poncet](#)

, [Bart Middernacht](#)

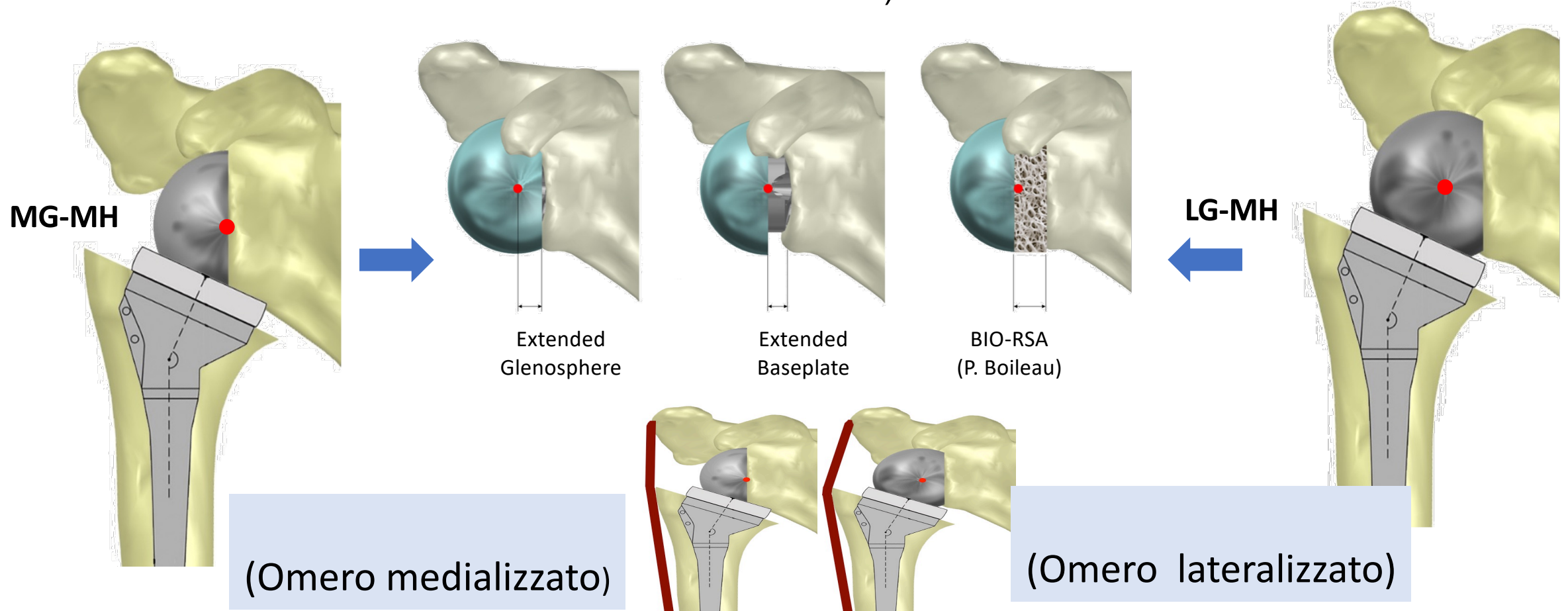
& [Anders Ekelund](#)

Pages 719-726 | Received 21 Apr 2010,

Metodo per lateralizzare gli impianti INLAY

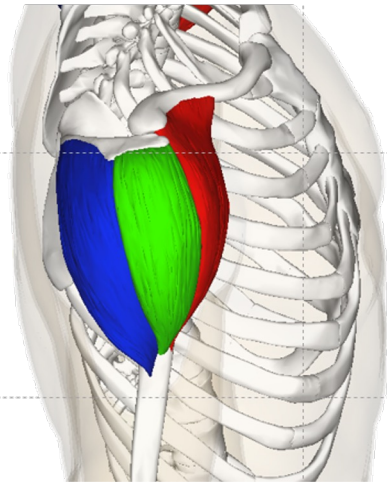
- Lateralizzazione completa (nessuna distalizzazione)
- Spostamento "laterale" del CdR (medializzazione inferiore)

Glenoide lateralizzato (LG)



Allungamento del deltoide come effetto della medializzazione e distalizzazione

Media di allungamento 16 mm+_4
Valore limite 30 mm



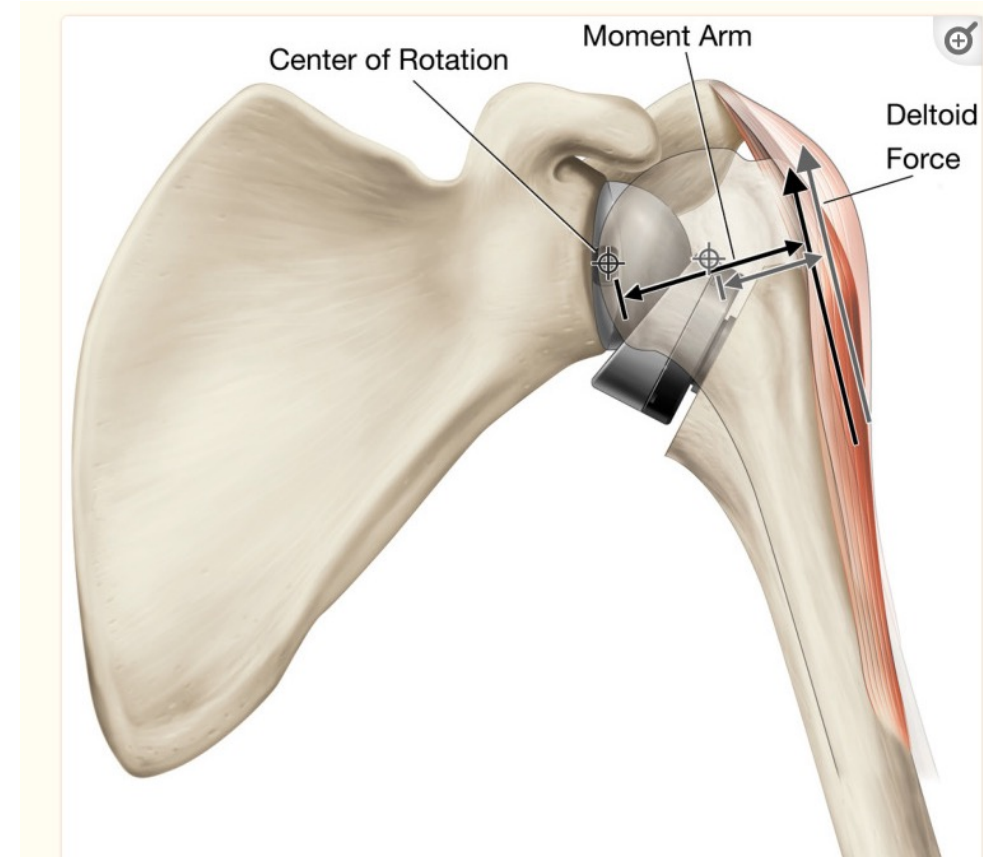
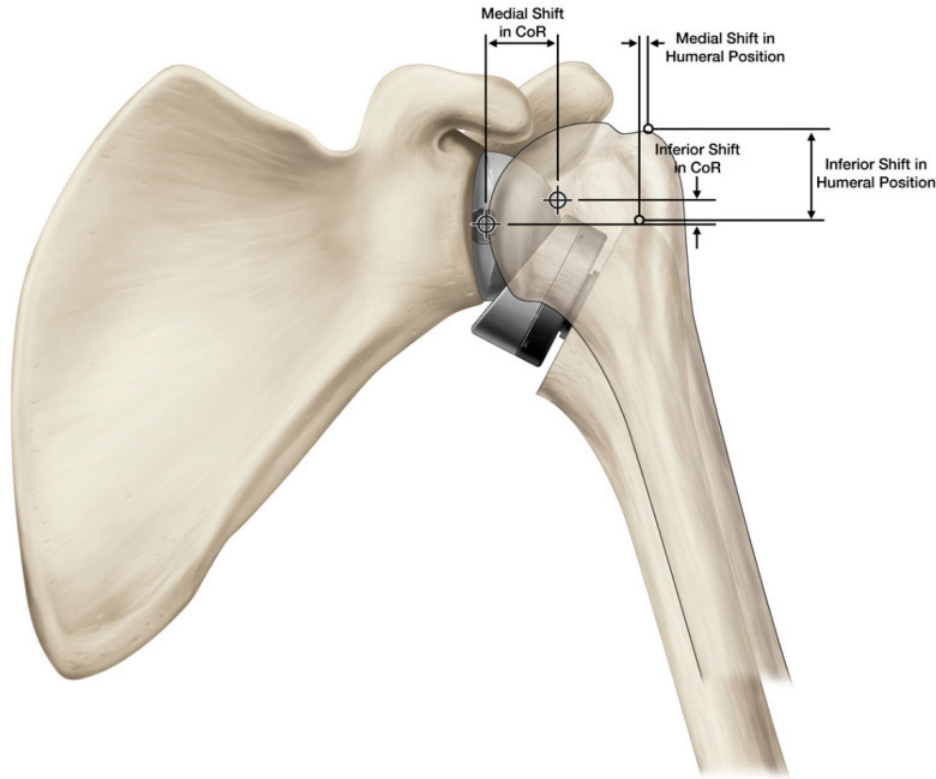
Vantaggi

Svantaggi

Vantaggio della medializzazione e abbassamento

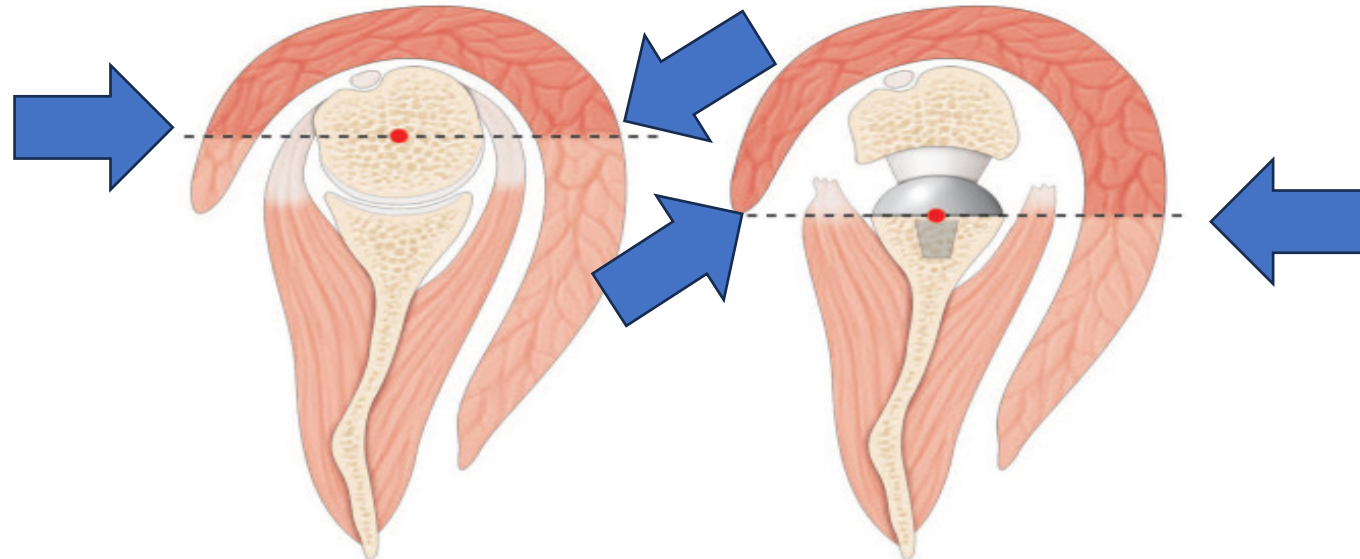
Aumento del moment arm (braccio di leva) del 42%

Aumento della forza del deltoide



Vantaggi della modifica della funzione deltoide

Le suddette modifiche all'anatomia fisiologica della spalla portano ad un aumento del **reclutamento di fibre muscolari deltoidee anteriori per eseguire l'abduzione**



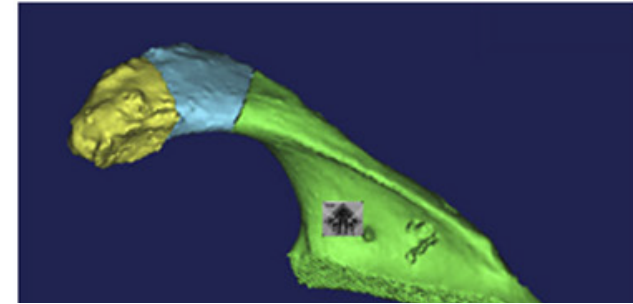
Svantaggi delle modificazioni anatomiche del braccio del momento fisiologico.

Mentre il deltoide anteriore e posteriore, così come il grande pettorale, sono reclutati come **flessori e abduzioni aggiuntivi**, il gran dorsale, il grande rotondo e la parte inferiore del grande pettorale hanno bracci del momento adduttore ed estensore aumentati, limitando quindi direttamente la loro partecipazione alla rotazione attiva interna ed esterna.

Ackland DC, Richardson M, Pandy MG. Axial rotation moment arms of the shoulder musculature after reverse total shoulder arthroplasty. J Bone Joint Surg [Am] 2012;94-A:1886–1895.

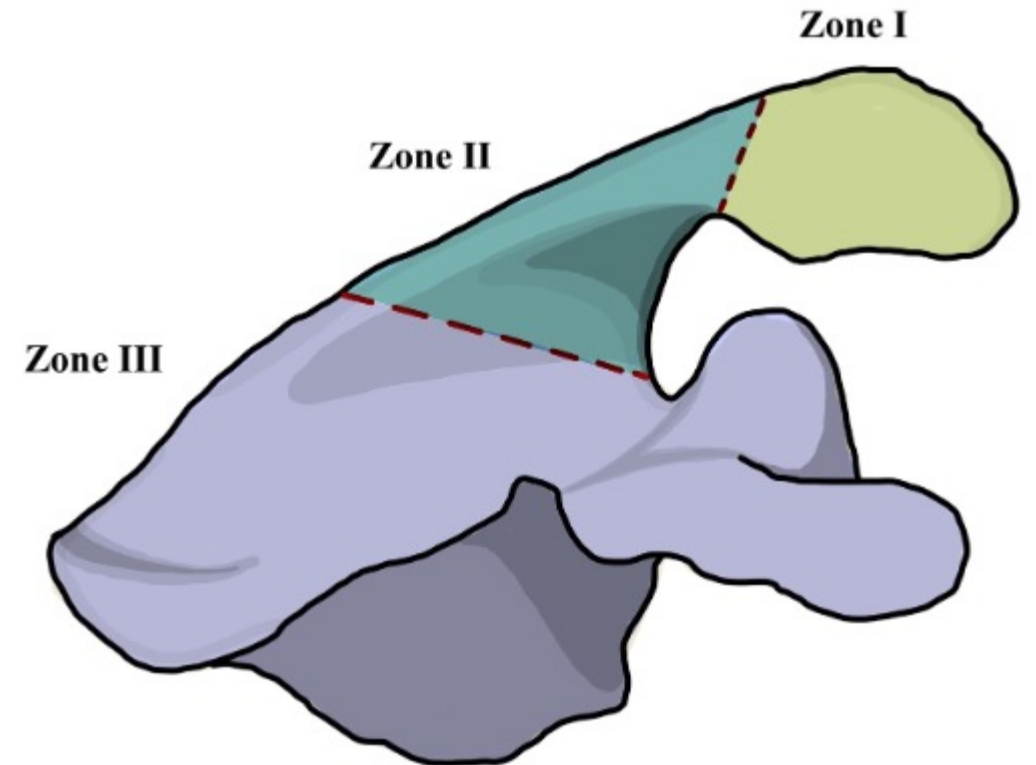
Ackland DC, Roshan-Zamir S, Richardson M, Pandy MG. Moment arms of the shoulder musculature after reverse total shoulder arthroplasty. J Bone Joint Surg [Am] 2010;92-A:1221–1230.

Svantaggi dell'allungamento del deltoide sulle componenti ossee



Fratture da stress sull'acromion
4,4% review fi Patterson 3838 impianti

Patterson DC, Chi D, Parsons BO, Cagle PJ. Acromial spine fracture after reverse total shoulder arthroplasty: a systematic review. J Shoulder Elbow Surg 2019;28:792-801.



Quale è il reale meccanismo della frattura?

- **L'esatto meccanismo** per l'aumento di modelli di deformazione che si ritiene siano associati alla frattura acromiale o della spina della scapola dopo la RSA **rimane indefinita**
- Alcuni teorizzano **un eccessivo tensionamento del deltoide** con uno sforzo significativo sull'acromion secondario a abbassamento sproporzionato dell'omero
- Altri hanno suggerito che **la lateralizzazione provoca un aumento della tensione** che può portare alla frattura acromiale secondaria ad un aumento della forza abduzione del deltoide richiesta.

I fattori di rischio clinici proposti per fratture dell'acromion e della spina della scapola includono

L'osteoporosi

Un minore spostamento laterale del grande tuberosità,

Design della glenosfera lateralizzata

Onlay componente omerale

Angolo Delta, con braccio di leva aumentato



Schenk P, Aichmair A, Beeler S, Ernstbrunner L, Meyer DC, Gerber C. Acromial fractures following reverse total shoulder arthroplasty: a cohort controlled analysis. Orthopedics 2020;43:15-22.

Effetti della lateralizzazione sull'acromion e spina della scapola

Zeng: **12 mm di lateralizzazione della glenosfera** ha aumentato la forza deltoidea del 16% e lo stress di picco acromiale di MPa rispetto alla lateralizzazione di 0 mm.

Shah :

Un aumento di 6 mm della lateralizzazione della glenosfera con un onlay omerale lateralizzato di +10 mm ha comportato un aumento significativo della deformazione acromiale rispetto a 0 mm di lateralizzazione (905 $\mu\epsilon$ contro 962 $\mu\epsilon$)

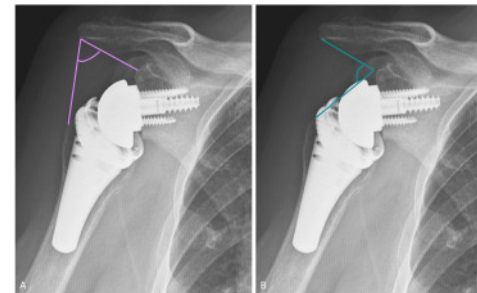




(A)

(B)

E... solo importante off-set laterale o anche off-set antero posteriore?

- Coracoide e sua influenza sul dolore anteriore



[Emma L. Klosterman MD](#) ¹, [Adam J. Tagliero MD](#) ², [Timothy R. Lenters MD](#) ³, [Patrick J. Denard MD](#) ⁴,
[Evan Lederman MD](#) ⁵, [Reuben Gobezie MD](#) ⁶, [Benjamin Sears MD](#) ⁷, [Brian C. Werner MD](#) ⁸  
Shoulder Arthroplasty Research Committee (ShARC)

The Subcoracoid Distance is Correlated with Pain and Internal Rotation after Reverse Shoulder Arthroplasty

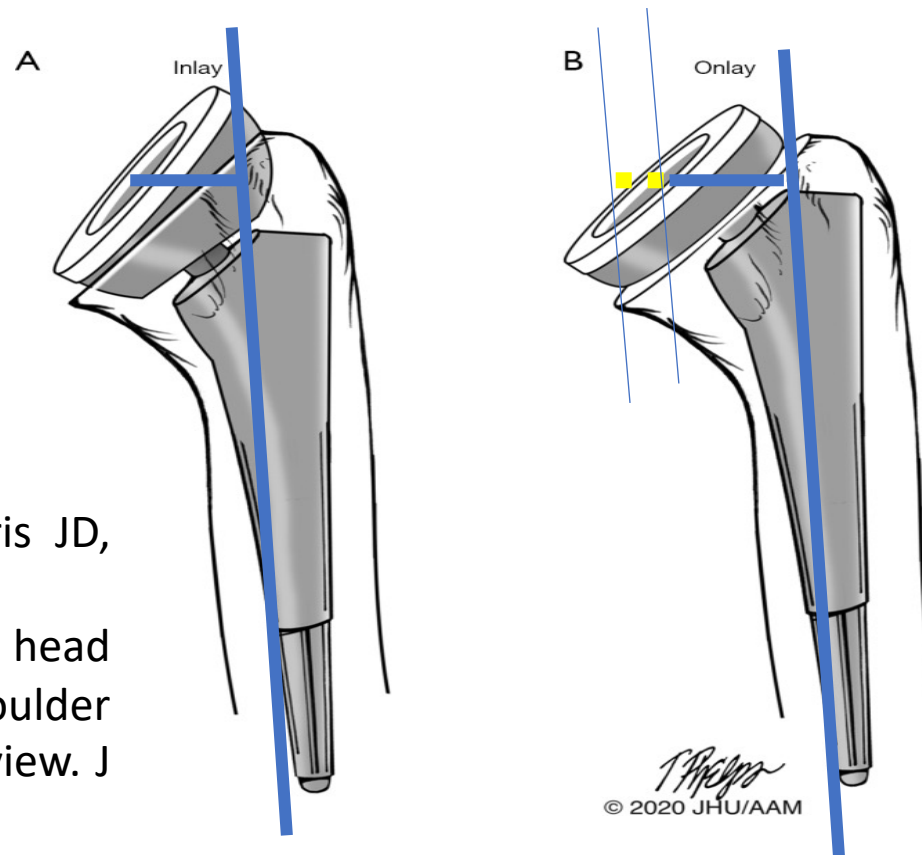
Svantaggi a lungo termine dell'allungamento del deltoide

- Una popolazione chiusa di spalle operate con inversa seguita longitudinalmente in più punti temporali, è stata osservata una piccola ma progressiva perdita di elevazione e abduzione : in media di 0,8°/anno.

Deltoid fatigue: a longitudinal assessment of reverse shoulder arthroplasty over time
sindrome da fatica cronica **Bradley S. Schoch** [Journal of Shoulder and Elbow Surgery](#) 2021

Modifica del design protesico : Lateralizzazione sull'omero

Il posizionamento della componente omerale onlay e la riduzione di 20° dell'orientamento del liner cioè da 155° a 135° automaticamente lateralizzano l'omero



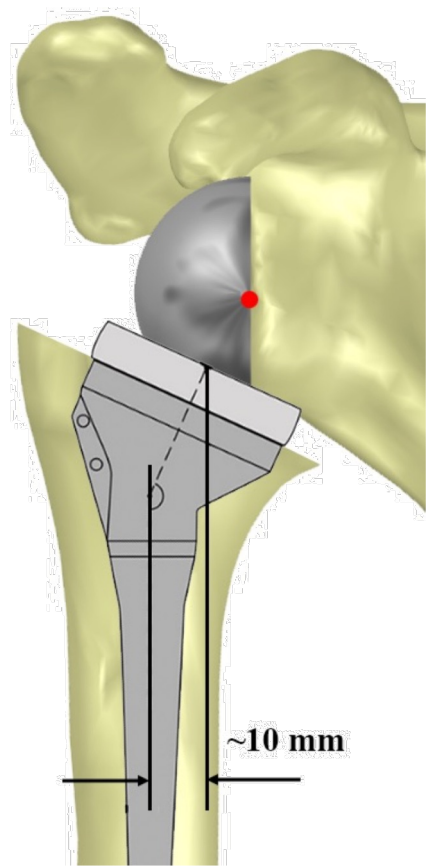
Erickson BJ, Frank RM, Harris JD, Mall N, Romeo AA (2015) The influence of humeral head inclination in reverse total shoulder arthroplasty: a systematic review. J Shoulder Elb Surg

This study shows that the modification
of the neck-shaft angle only leads to minimal lateralization: + 3.2 mm

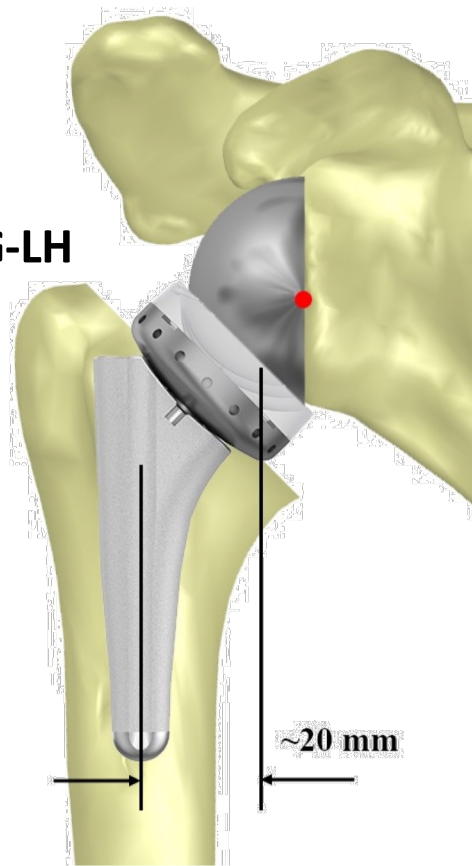
Componente omerale lateralizzata (LH)

Sistemi ONLAY

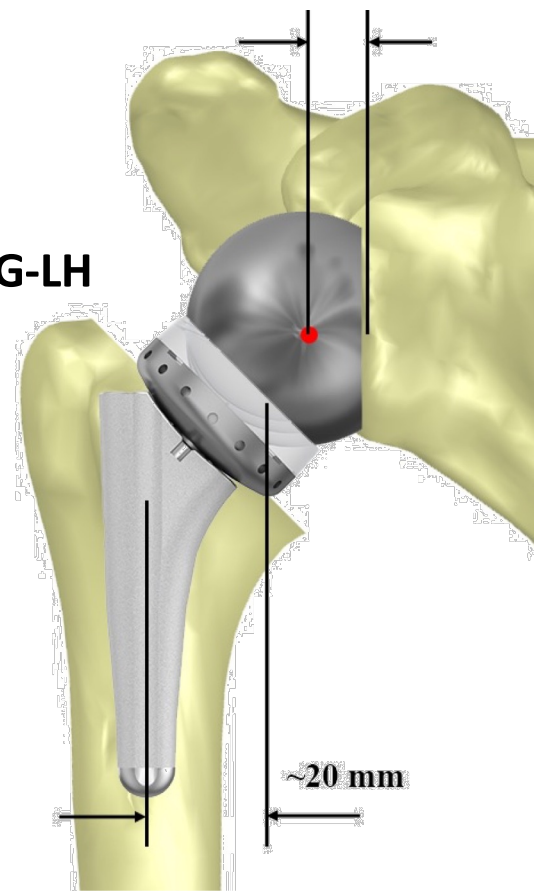
MG-MH



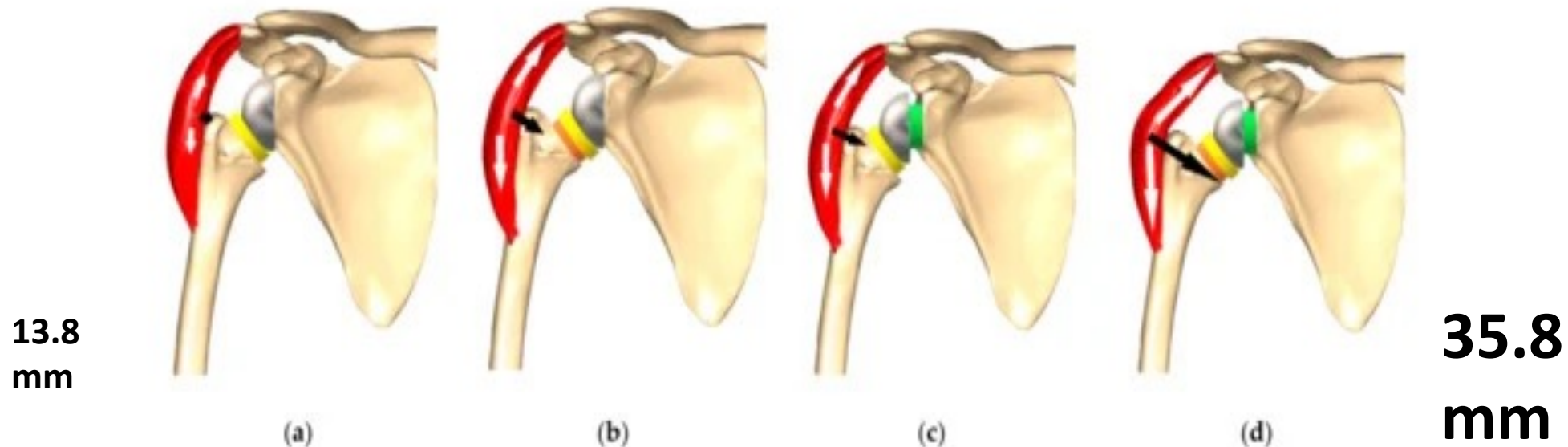
MG-LH



LG-LH



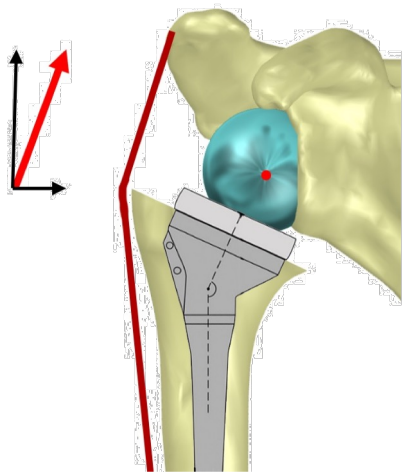
Effetto della lateralizzazione sul deltoide : wrapping effect



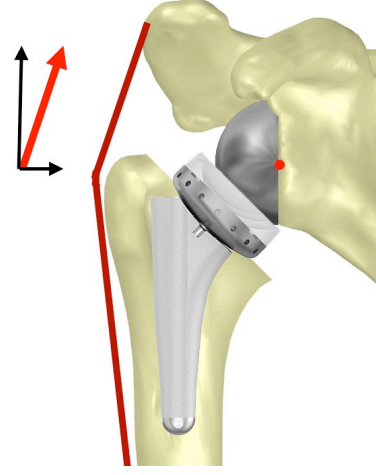
Lateralization in Reverse Shoulder Arthroplasty

[Stefan Bauer](#),^{1,*} [Jocelyn Corbaz](#),² [George S. Athwal](#),³ [Gilles Walch](#),⁴ and [William G. Blakeney](#)⁵ [J Clin Med.](#) 2021 Nov;

Glenoide medializzato vs. lateralizzato



Medialized Humerus (MH)
Lateralized Glenoid (LG)



Lateralized Humerus (LH)
Medialized Glenoid (MG)

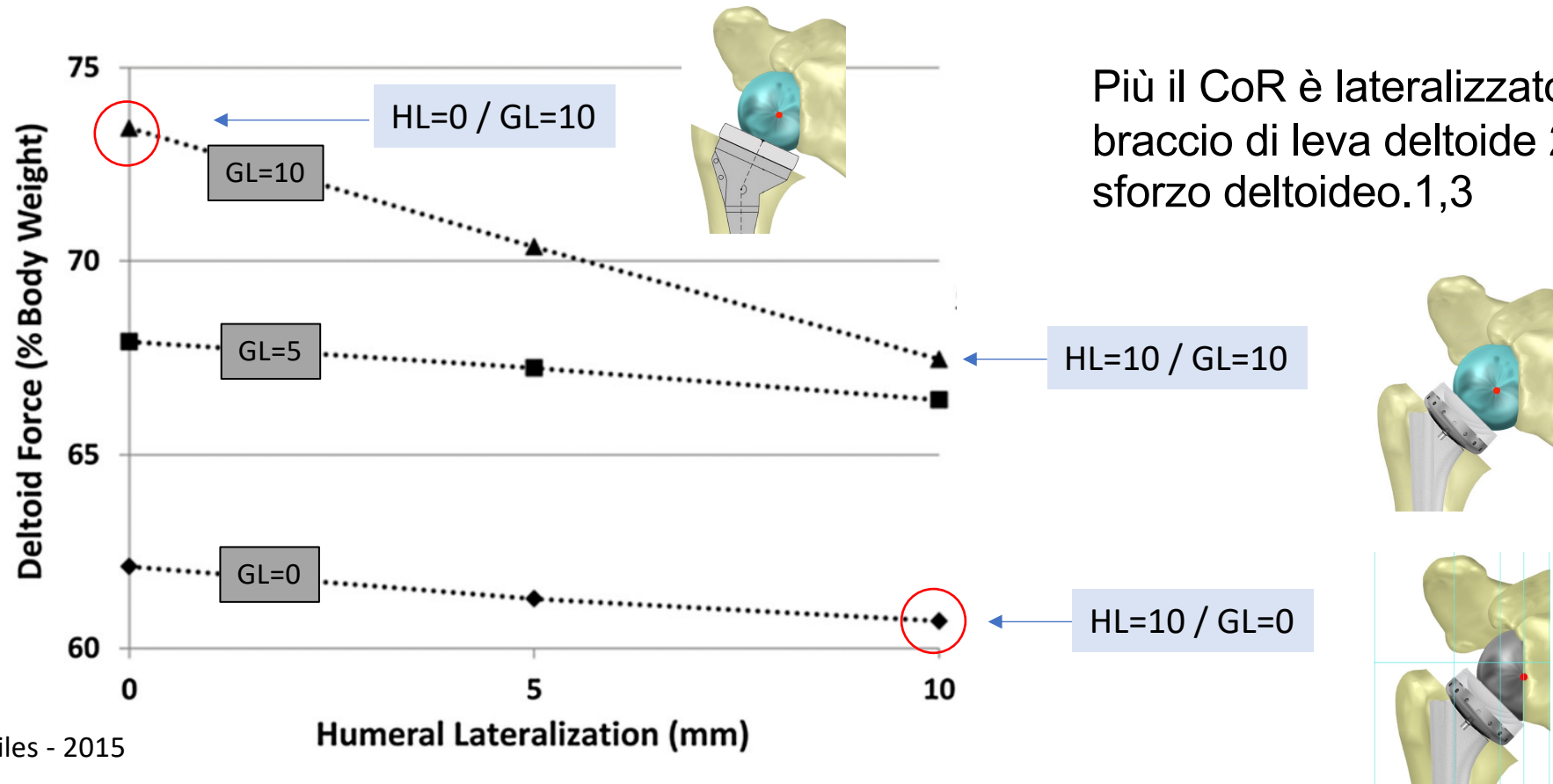
- Entrambi i disegni lateralizzanti ripristinano (parzialmente o totalmente) l'offset della Tuberosità Maggiore.
- Tensionamento di qualsiasi cuffia dei rotatori esistente: migliore IR/ER.^{1,2}
- Migliore avvolgimento deltoideo: forza stabilizzante orizzontale ³ e miglioramento dell'ER anche in assenza di cuffia residua dei rotatori.⁴
- Non c'è bisogno di riparazione SSC.⁵

C'è qualche differenza?

- (1) Streit JJ et Al. Medialized versus lateralized center of rotation in reverse shoulder arthroplasty. Orthopedics 2015
- (2) Chan, K. et Al. (2017). Does Humeral Component Lateralization in Reverse Shoulder Arthroplasty Affect Rotator Cuff Torque? Clinical Orthopaedics and Related Research, 475(10)
- (3) Henninger, H. B. et Al. (2012). Effect of lateral offset center of rotation in reverse total shoulder arthroplasty: A biomechanical study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 21(9)
- (4) Hamilton MA, Diep P, Roche C, et al: Effect of reverse shoulder design philosophy on muscle moment arms. J Orthop Res 2015
- (5) Jawa, A., & Colliton, E. M. (2021). Role of Subscapularis Tendon Repair in Reverse Total Shoulder Arthroplasty. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 29(14)

Glenoide medializzato vs. lateralizzato

La lateralizzazione omerale riduce le forze deltoidi rispetto alla lateralizzazione glenoide.¹



- (1) Giles JW et Al. Implant design variations in reverse total shoulder arthroplasty influence the required deltoid force and resultant joint load. Clin Orthop Relat Res 2015
- (2) Costantini O et Al. The effects of progressive lateralization of the joint center of rotation of reverse total shoulder implants. J Shoulder Elbow Surg. 2015 Jul;24(7).
- (3) Henninger, H. B. et Al. (2012). Effect of lateral offset center of rotation in reverse total shoulder arthroplasty: A biomechanical study. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 21(9).

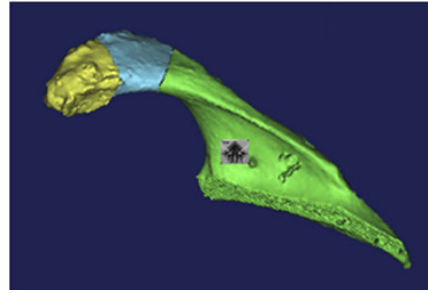
Conclusioni

- **Migliore ER degli impianti lateralizzati rispetto agli impianti medializzati, ma nessuna chiara differenza nell'esito clinico.1,2,3,4**
- **I sistemi ONLAY con glenoide medializzata offrono alcuni vantaggi biomeccanici:**
- **Forza deltoidea inferiore**
- **Maggiore sollecitazioni sulla metaglena**
- **Minor rischio di frattura dell'acromion/scapolare**
- **Sistemi INLAY aumentano la forza di compressione deltoidea e quindi la stabilità**
- **Liner più alto aumenta la stabilità mentre la lateralizzazione omerale può aumentare la compressione del fascio medio del deltoide ma non si hanno prove certe che aumenta la stabilità**

- (1) Helmkamp, J. K. et Al. (2018). The clinical and radiographic impact of center of rotation lateralization in reverse shoulder arthroplasty: a systematic review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 27(11).
- (2) Nunes, B. et Al.(2021). Lateralized versus nonlateralized glenospheres in reverse shoulder arthroplasty: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 30(7), 1700–1713.
- (3) Merolla, G. et Al. (2018). Grammont humeral design versus onlay curved-stem reverse shoulder arthroplasty: comparison of clinical and radiographic outcomes with minimum 2-year follow-up. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 27(4), 701–710.
- (4) Greiner, S. et Al. (2015). Clinical performance of lateralized versus non-lateralized reverse shoulder arthroplasty: A prospective randomized study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 24(9), 1397–1404.

- Grazie

Le classificazioni



- Crosby Classificazione Type I Davanti a A/C
- Type II Dietro a A/C
- Type III Spina della scapola

Scapula Fractures After Reverse Total Shoulder Arthroplasty: Classification and Treatment
L. Crosby A. Hamilton T. Twiss Clinical Orthopaedics and Related Research 30 March 2011

In accordo alla sede della frattura rispetto all'articolazione acromion clavicolare

- Levy Classification Tipo I Fascio anteriore e medio del deltoide
- Tipo II Fascio mediano e parte del posteriore
- Tipo III Parte del deltoide medio e tutto il deltoide posteriore

In relazione al complesso muscolare del deltoide

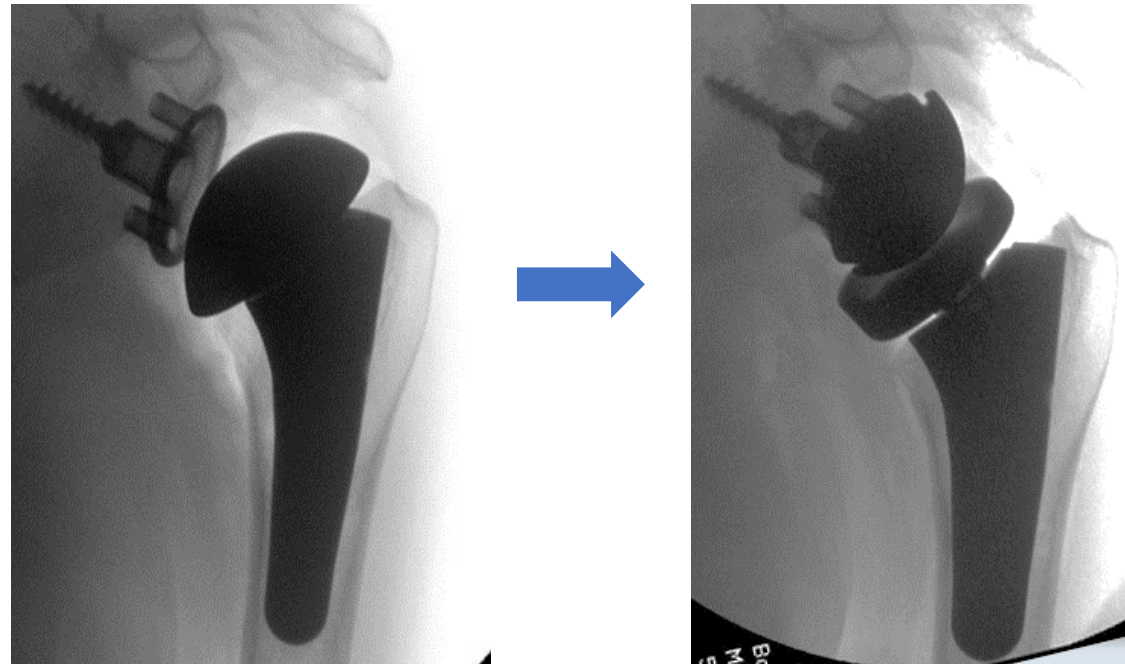
Levy, J.C.; Anderson, C.; Samson, A. Classification of postoperative acromial fractures following reverse shoulder arthroplasty. J. Bone Jt. Surg. Am. 2013, 95, e10

- La lateralizzazione ASSOLUTA dell'impianto aumenta il coinvolgimento dei fasci anteriore ma soprattutto posteriore (dal 7% al 16% del carico totale) del deltoide
- La lateralizzazione PURA di glenoide aumenta la forza che il carico che il deltoide sopporta in abduzione ed elevazione (da 0 a 5mm si passa al 6%, da 5mm a 10mm sul 9% [tot 16%])
- La lateralizzazione PURA di omero diminuisce in carico che il deltoide sopporta in abduzione ed elevazione (da 0 a 10mm circa 5%)
 - Secondo Heat (cfr con spalla normale, cuffia ricostruita con fili) con la progressiva lateralizzazione questo carico però aumenta mantenendosi comunque inferiore all'articolazione nativa
 - Secondo Giles (cfr tra inserti omerali lat o glenoide lat con cuffia «vera») la progressiva lateralizzazione diminuisce il carico sopportato dal deltoide
 - In combinazione, si ha effetto sinergico (la pendenza della diminuzione aumenta con la lateralizzazione glenoidea) tra le due lateralizzazioni ma si aumenta anche di molto la compression force sull'articolazione
 - Se anche si lateralizza solo di omero, resta un 5% fisso di aumento di carico del deltoide (valore finale sempre inferiore a quello della spalla nativa con design Heat ma con Giles?) che non può essere eliminato ma che è proprio la soglia di differenza clinica
 - Le compression forces sono dirette posteriormente in elevazione e anteriormente negli altri casi □ possibile rocking horse se non si mettono tutte le viti (ma la Lima?)
 - Il polietilene aumenta le compression forces così come la lateralizzazione di glenoide (moderatamente durante tutto l'arco di abduzione) ma non la lateralizzazione omerale

Conclusions

ONLYAY Systems are characterized by a more exploitable modularity

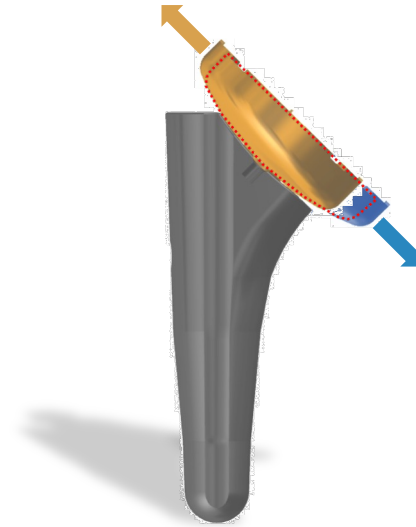
- Lower invasiveness
- Quick conversion from aTSA to rTSA without bone loss



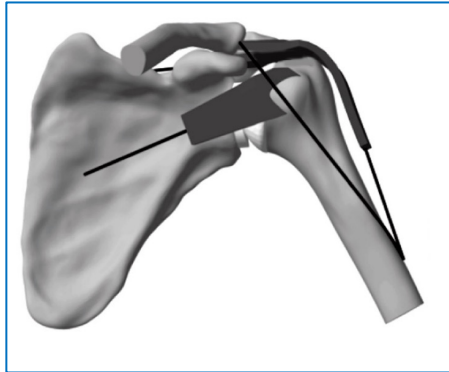
Conclusions

ONLYAY Systems are characterized by a more exploitable modularity

- Reverse Tray with translational offset
- Face changer to modify the retroversion independently from the stem version



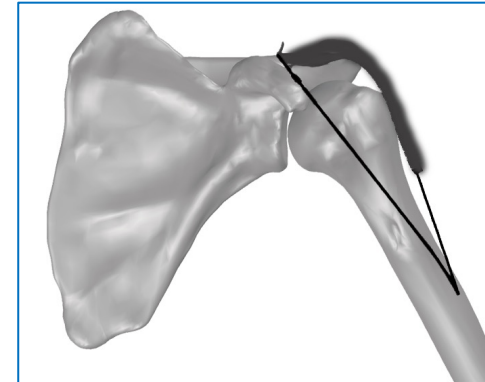
Forza massima del deltoide in Abduzione



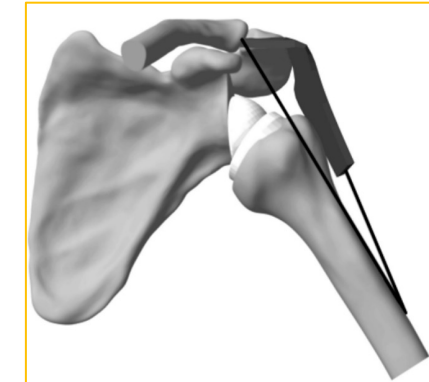
Protesi anatomica
Con sottoscapolare



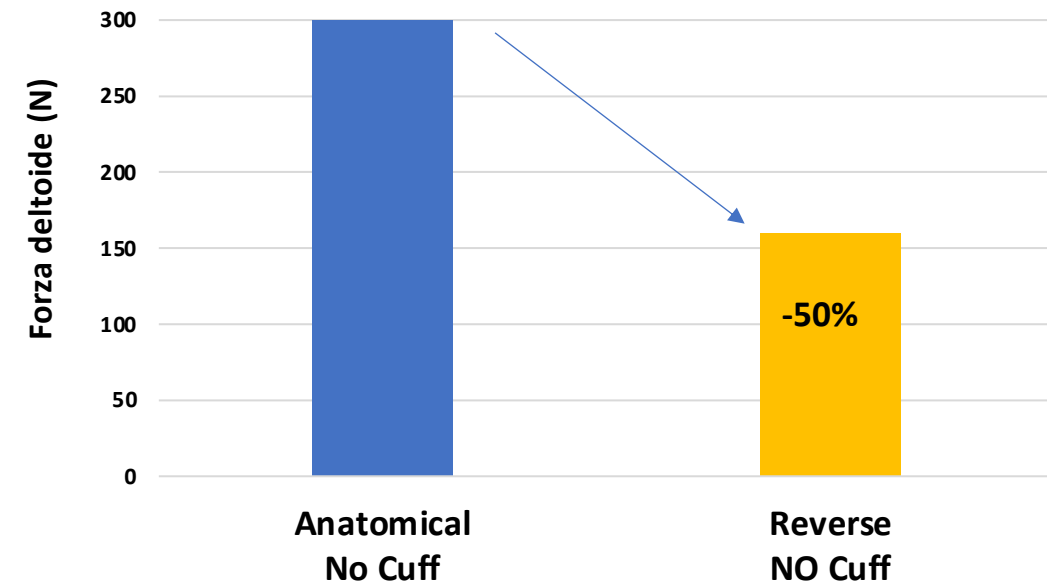
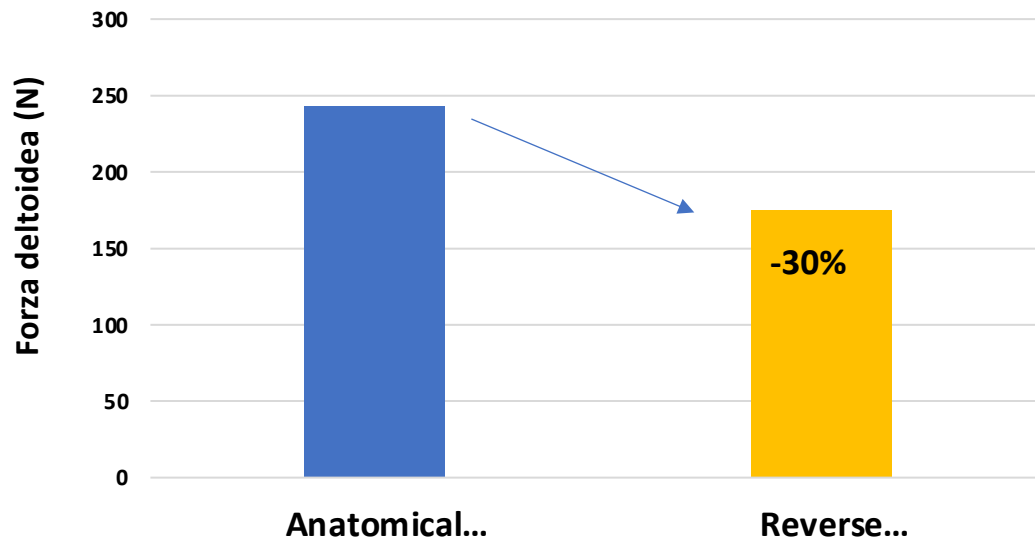
Protesi inversa
Con sottoscapolare



Protesi anatomica senza cuffia



Protesi inversa senza cuffia



- L'influenza dell'allungamento del deltoide è stata valutata nello studio in vitro di Shahet al. [29]. Hanno dimostrato che la lunghezza del deltoide era aumentata di 16 mm con l'inserito omerale onlay standard e la glenosfera standard rispetto a quella della spalla nativa. La lunghezza del deltoide è aumentata significativamente fino a 29 mm con l'inserito onlay omerale da +13 mm ($p < 0,01$). Il picco di allungamento del deltoide di 31 mm è stato osservato con una glenosfera lateralizzata di +6 mm combinata con un inserito omerale di +13 mm. Questo massimo allungamento del deltoide è stato associato ad uno stiramento acromiale di 1112 $\mu\epsilon$, che rappresentava un aumento dell'83% dello stiramento rispetto a quello a 25 mm di allungamento deltoide ($p = 0,012$). In tutte le altre configurazioni di impianti con conseguente allungamento del deltoide oltre 25 mm, un aumento incrementale di 79 $\mu\epsilon$

Shah et al. : influenza della morfologia acromiale sulla spina della scapolare e sulle tensioni acromiali

- .
- Delle 10 spalle cadaveriche testate, cinque spalle (gruppo A) presentavano uno sforzo **maggiore sulla spina scapolare** che sull'acromion (1445 $\mu\epsilon$ contro 862 $\mu\epsilon$; $p = 0,02$) al massimo allungamento del deltoide.
- Nel frattempo, le restanti cinque spalle (gruppo B) hanno mostrato una tensione **maggiore sull'acromion** che sulla spina scapolare (1203 $\mu\epsilon$ vs. 603 $\mu\epsilon$; $p = 0,003$) con lo stesso grado di allungamento del deltoide.
- Hanno scoperto che il gruppo A, con una maggiore tensione della spina scapolare rispetto a quella acromiale, aveva un **Scapular spine Angle** medio **più ampio** (cioè, spina **scapolare più piatta**), rispetto al gruppo B, con tensione acromiale maggiore rispetto alla tensione scapolare (55° vs. 43°; $p < 0,001$).
- Inoltre, è stato riscontrato che il gruppo A (tensione maggiore sulla spina scapolare) ha un acromion **più orientato posteriormente** rispetto al gruppo B (tensione maggiore sull'acromion), che aveva un acromion posizionato più anteriormente (-5,3 mm contro 6,7 mm, $p < 0,001$).