

STUDIO BIOMECCANICO DI UN NUOVO CONCETTO DI DEROTAZIONE DELLA SCOLIOSI

GIUSEPPE GUSSONI *, WALTER PARODI **

SUMMARY

The authors are continuing studies, already proposed in a previous work on dorsal scoliosis (in this detailed case a right dorsal scoliosis).

The research is conducted on a direct thoracic rotation of muscular action to the way of clear aggravation of scoliotic hump and of spinal rotation.

The Biomechanical study of a normal thorax first and a biomechanical study of scoliotic thorax than, shows that the impaired vertebrae in their tend, because of the scoliosis consequence, become in deed de-rotate and brought back to physiologic alignment with the driven alteration's recovery in chest too.

RESUME

Les auteurs ont continué les études présentées précédemment sur la scoliose dorsale (et en particulier la scoliose dorsale droite).

La recherche a été conduite sur l'action musculaire dans la rotation thoracique dirigée dans le sens d'une aggravation apparente de la gibbosité et de la rotation vertébrale.

Avant l'étude biomécanique d'un thorax normal et après l'étude d'un thorax scoliothique, démontrent que les vertèbres altérées dans leurs orientation par la scoliose sont de fait véritablement dérotées et ramenées vers leur alignement physiologique avec la récupération même de l'altération induite dans le thorax.

INTRODUZIONE

La torsione del tronco, intesa come rotazione attorno ad un asse verticale, viene tradizionalmente studiata nel suo complesso ricorrendo agli usuali metodi clinici.

La comprensione del fenomeno della torsione del tronco, può essere raggiunta solo analizzando, due diversi meccanismi biomeccanici che la condizionano a livello lombare e toracico.

La sezione lombare individua come unico elemento di massima rigidità relativa il tratto rachideo. Pertanto è solo in tale zona che può situarsi l'asse di istantanea rotazione.

Nelle vertebre lombari l'accoppiamento fra i processi articolari porta l'istante centro di rotazione a non appartenere ai piatti vertebrali ma, bensì, ad essere posizionato circa alla base dell'apofisi spinosa [1]. La conseguenza è che i dischi intervertebrali, nella rotazione del tronco, non sono sottoposti a torsione ma a sollecitazione di taglio [2 + 7].

La somma delle rotazioni torsionali segmentarie delle cinque vertebre lombari si trasferisce totalmente al tronco, ma per i motivi prima illustrati si limita a circa 5°.

Sostanzialmente differente è la biomeccanica della torsione del tratto toracico. L'elemento di differenziazione è la presenza delle costole connesse, a coppie, con le vertebre e rese solidali fra loro nello sterno. L'effetto risultante è quello di non avere corrispondenza diretta fra le rotazioni globali misurate prendendo come riferimento la gabbia toracica e quelle relative alle vertebre. Tale osservazione, già attribuita a G.G. Gregersen e D.B. Lucas, ed ampiamente divulgata in [1], quantifica in valori di 35° + 40° le rotazioni misurate nel tratto T1 + T12 contro rilievi clinici di 15° + 20° riferiti alla gabbia toracica.

Una zona di massima deformabilità torsionale vertebrale era già stata individuata sperimentalmente a livello del tratto T5 + T10 da G.G. Gregersen e D.B. Lucas [1].

Durant l'atto di torsione del tronco, si hanno azioni muscolari dirette sul rachide e sulla gabbia toracica, nonché azioni di interconnessione dipendenti dalle mutue azioni di vincolo.

Le azioni dirette delle vertebre tendono a farle ruotare molto e in modo diversificato fra loro.

Le azioni dirette sulla gabbia toracica hanno come azione immediata quella di PLASMATURA della sua GEOMETRIA.

La continuità della gabbia toracica, tramite le connessioni con le vertebre, media le singole rotazioni segmentarie attraverso le deformazioni elastiche costali.

*E.F./T.D.R. - CASA DI CURA CITTÀ DI PARMA - PARMA

**UNIVERSITÀ DI GENOVA - FACOLTÀ DI INGEGNERIA - ISTITUTO DI MECCANICA APPLICATA - GENOVA

MODELLO DELLA TORSIONE TORACO-RACHIDEA IN CONDIZIONI FISIOLOGICHE E DI ALTERAZIONE SCOLIOTICA. (ESEMPIO : SCOLIOSI DORSALE DESTRA)

Si considera una sezione toracica trasversale ed un fascio di fibre muscolari (corrispondenti alla loro proiezione in pianta) colleganti da una estremità la spina e dall'altra, digradando sul contorno toracico, le coste (Fig. 1).

La forza T applicata alla spina tende a fare RUOTARE LA VERTEBRA IN SENSO ANTIORARIO, attorno al centro di istantanea rotazione posto (tratto toracico) nel corpo vertebrale.

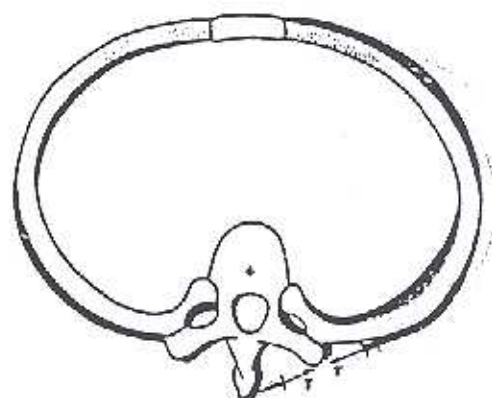


Fig. 1 : SEZIONE TRASVERSLE TORACICA CON FASCIO DI FIBRE MUSCOLARI IN TRAZIONE (T forza generale esercitata).

La forza T , riferita alla gabbia toracica, conviene considerarla ripartita in una certa quantità, « n », di fibre elementari, j , agenti indipendentemente e fornendo ognuna un contributo T_j :

$$T = \sum_{j=1}^n T_j \quad (1)$$

Per i nostri scopi possiamo trascurare l'esistenza dell'attrito fra le fibre e le coste. Questo comporta la costanza della tensione, T_j , lungo tutto lo sviluppo della fibra.

Ricordando che la forza esercitata dalla fibra muscolare ha le caratteristiche di un vettore, se ne deduce che anche la semplice variazione della direzione della retta d'azione richiede l'intervento di un'azione esterna.

Tale azione esterna non può essere altro che la forza di contatto esistente nell' interfaccia : FIBRA - PROFILO TORACICO.

Tale forza, in assenza di attrito, dovrà risultare normale alla superficie in ogni suo punto e su di essa distribuita ; avrà pertanto le caratteristiche di una pressione superficiale (vedere Fig. 2).

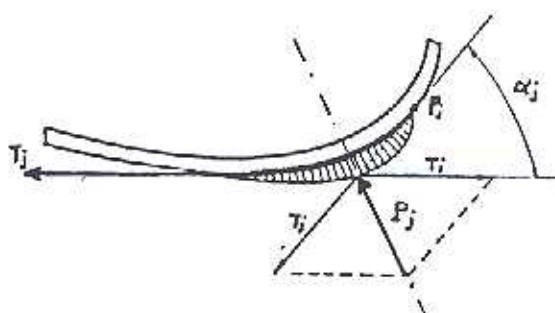


Fig. 2 : AZIONE SUL CONTORNO TORACICO DI UNA SINGOLA FIBRA MUSCOLARE.

Dato però che il profilo toracico è una geometria complessa, con raggio di curvatura variabile da punto, il valore della pressione locale, esercitata tra fibra muscolare e torace, è anche esso variabile. La pressione locale è tanto più elevata quanto maggiore risulta, per unità di spostamento misurata sul perimetro toracico, la deviazione della direzione della fibra muscolare.

Il corretto calcolo della distribuzione delle pressioni sul profilo richiede la conoscenza del modello analitico della sezione toracica.

Assai più semplice è la determinazione dell' effetto totale, P_j , della azione di una fibra muscolare sul complesso del torace, essendo sufficiente la conoscenza del valore angolare globale di deviazione della fibra j , α_j :

$$P_j = \int T_j \sin \frac{\alpha_j}{2} \quad (2)$$

Ovviamente P_j non è più una pressione (intesa come una azione distribuita su di un' area, con valori locali diversificati) ma bensì una forza, che rappresenta l'effetto globale di tutta l'azione pressoria esercitata dalla fibra muscolare sul contorno (in pratica è il calcolo d'integrazione della pressione sulla sua area di dominio), applicata in un punto determinabile con una semplice costruzione grafica.

L'azione globale delle « n » fibre muscolari elementari, j , agenti sul profilo toracico, può essere rappresentata da una distribuzione di forze T_j applicate nei punti di innesto costali e dirette tangenzialment e da una distribuzione di forze P_j , ognuna rappresentante l'effetto globale pressorio di una fibra muscolare, orientate quasi perpendicolarmente alla superficie toracica. (Fig. 3).

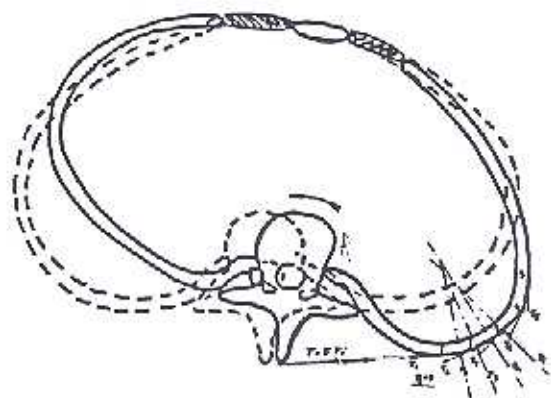


Fig. 3 :
DISTRIBUZIONE SUL CONTORNO COSTALE DEGLI EFFETTI GENERATI DA UN FASCIO DI FIBRE MUSCOLARI AVVOLGENTI IL PROFILO.

Ne segue un effetto globale di :

- SPIANAMENTO per deformazione elastica delle coste, del profilo dorsale toracico del lato in cui i muscoli vanno in trazione (effetto delle P_j) ;

ROTAZIONE *in senso orario* della gabbia toracica (effetto delle T_j) con sua deformazione elastica.

L'esistenza di articolazioni elastiche costo-vertebrali favorisce, in primo tempo, la rotazione delle vertebre *in senso antiorario* (per effetto delle reazioni di vincolo delle coste caricate da T_j e P_j) per poi limitarla in seguito.

La presenza di un gibbo scoliorico nella zona di contrazione muscolare esalta il comportamento biomeccanico descritto. A parità di svolgimento di lunghezza della fibra muscolare, il gibbo incrementa il valore di j e di conseguenza la (2) aumenta la forza pressoria P_j . Inoltre sugli apici, tipici del profilo scoliotico, si concentra gran parte dell' azione pressoria globale con conseguente azione RIMODELLANTE.

Le vertebre alterate nella loro orientazione per effetto della scoliosi, vengono di FATTO DEROTATE e RIPORTATE verso l'allineamento fisiologico con il RECUPERO dell' alterazione indotta nella gabbia toracica.

E' appena il caso di far notare che nella analisi condotta si è considerata T_j come componente orizzontale di torsione di una fibra muscolare comunque orientata.

A rigore nella espressione (2) occorre sostituire ai valori di T_j e α_j i corrispondenti tratti da un riferimento tridimensionale, con enfattizzazione dell' azione pressoria, P_j , conseguente.

BIBLIOGRAFIA :

1 - I.A. KAPANDJI

Fisiologia Articolare, Vol. III - Sc.
Ed. Demi Roma '74

2 - A.T. TENEER, A.M. AHAMED, D.L. BURKE

Some Static Mechanical Properties of the Lumbar Intervertebral Joint, Intact and Injured
Journal of Biomechanical Engineering, ASME, August 1982, Vol. 104, pp. 193-201.

3 - A.F. TENCER, T.G. MAYER

Soft Tissue Strain and Free Face, Interaction in the Lumbar Intervertebral Joint, Part I: Input Data and Computational Technique, Part II: Calculated Results and Comparison With Experimental Data
Journal of Biomechanical Engineering, ASME, August 1983, Vol. 105, pp. 201-209, pp. 210-215.

4 - A.B. SCHULTZ, D.N. WARWICK, M.H. BERKSON, A.L. NACHEMSON

Mechanical Properties of Human Lumbar Spine Motion Segments, Part I: Responses in Flexion, Extension, Lateral Bending and Torsion, Part II: Responses in Compression and Shear, Influence of Gross Morphology
Journal of Biomechanical Engineering, ASME, February 1979, Vol. 101, pp. 46-52, pp. 53-57.

5 - R.J. HINDLE, M.J. PEARCY, J.M. GILL, G.R. JOHNSON

Twisting of the human back in forward Flexion, *Proc. Inst. Mech. Engrs.*, Vol. 23

Journal of Engineering in Medicine, pp. 83-89.

6 - K.E. SCHREINER

Fiber Stabilization of Bent Cylinders, With an Application to Intervertebral Disks
Journal of Biomechanical Engineering, ASME, August 1983, Vol. 105, pp. 294-295.