

Publicato sulla rivista Scoliosis 2006, 1:20 (5 December 2006)

I parametri classificativi della classificazione 3-DEMO per la scoliosi

Negrini S^{1,2}, Negrini A^{1,2}, Atanasio S^{1,2}, Santambrogio GC^{2,3}

1) ISICO (Istituto Scientifico Italiano Colonna vertebrale), Milano, Italia

2) Fondazione Don Carlo Gnocchi IRCCS-ONLUS, Milano, Italia

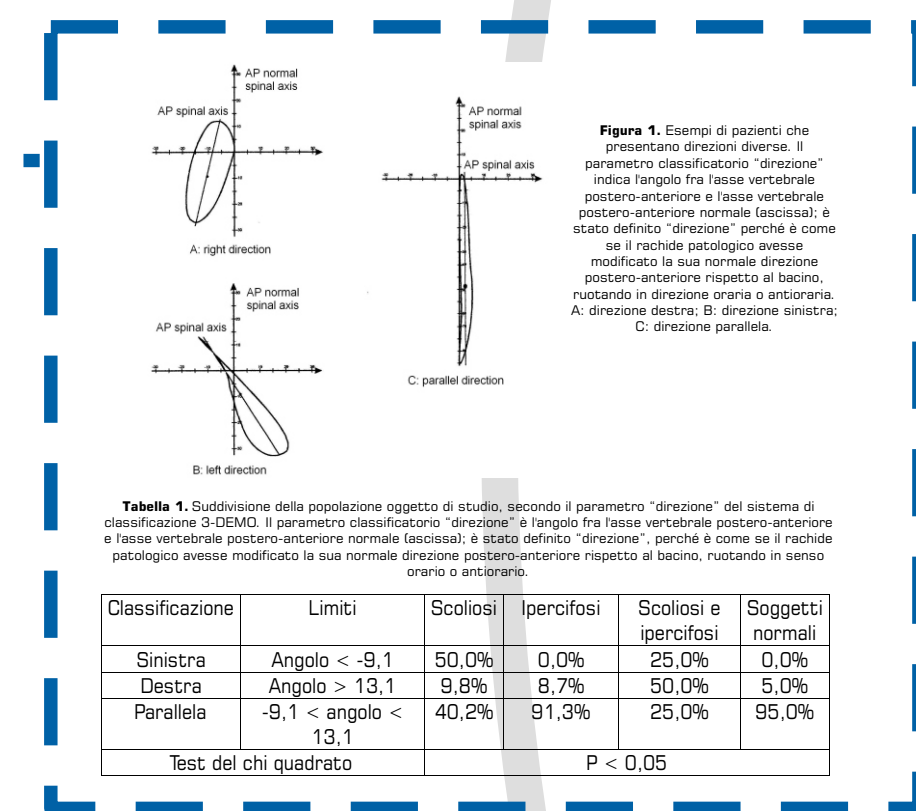
3) Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano, Italia.

1 Lo studio

Introduzione. Nonostante la scoliosi sia stata per lungo tempo definita una deformità tridimensionale (3D), le classificazioni morfologiche sono confinate alle due dimensioni delle valutazioni radiografiche. Le classificazioni tridimensionali attualmente esistenti sono state ideate nei laboratori di ricerca e sono di difficile comprensione da parte dei medici.
Obiettivo dello studio. L'obiettivo di questo studio era quello di utilizzare i risultati di una valutazione tridimensionale per ottenere una classificazione morfologica semplice e clinicamente orientata (3-DEMO), in grado di distinguere fra le diverse popolazioni di pazienti scoliotici.
Metodo. Abbiamo utilizzato un ampio database di valutazioni ottenute mediante un sistema optoelettronico (AUSCAN) che fornisce una ricostruzione tridimensionale del rachide. È stata utilizzata la vista orizzontale, insieme a un sistema di riferimento vertebrale (vista dall'alto). Un medico esperto ha valutato la ricostruzione morfologica di 149 colonne vertebrali patologiche allo scopo di rilevare parametri che potessero essere utilizzati a scopo di classificazione. Tali parametri sono stati verificati in modo automatico e mediante simulazioni computerizzate; è stato necessario escludere alcuni parametri. I dati patologici sono stati messi a confronto con quelli provenienti da 20 volontari normali.

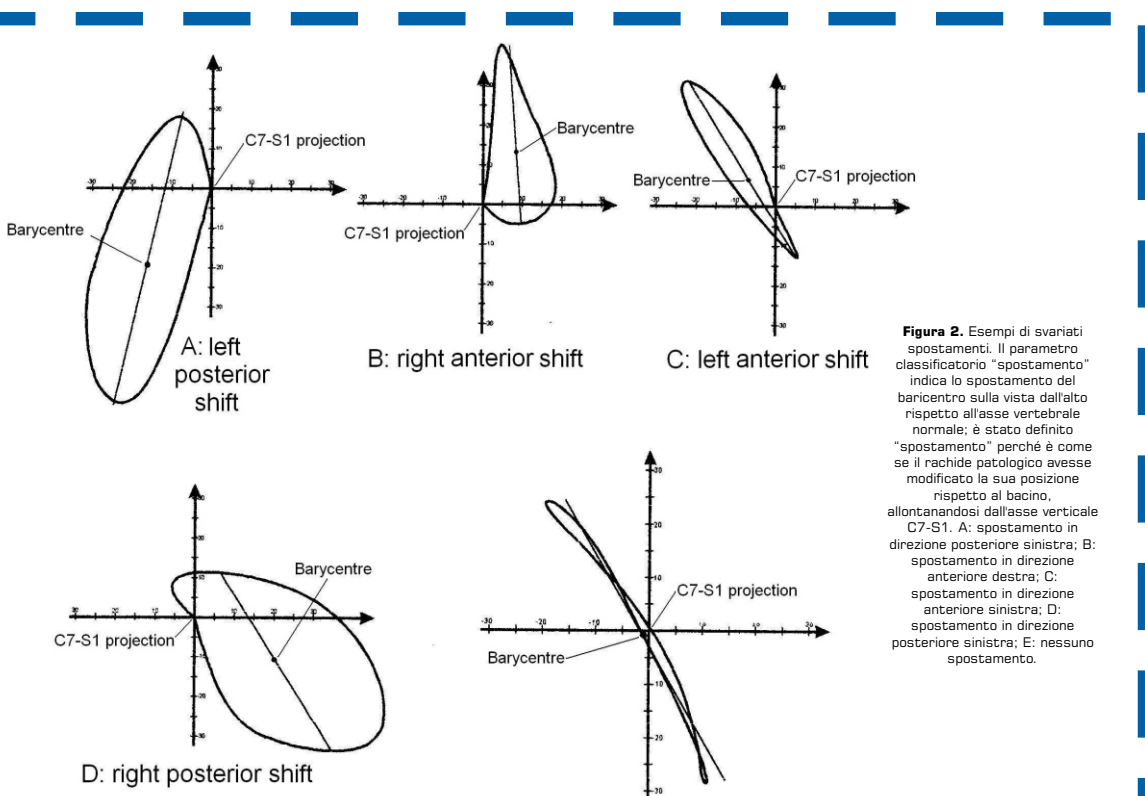
2 Il parametro "Direzione"

Osservazione: abbiamo verificato l'effettiva possibilità di raggruppare le curve secondo l'orientamento dell'asse vertebrale postero-anteriore rispetto all'asse vertebrale postero-anteriore normale (Figura 1).
Definizione: il parametro classificatorio "direzione" indica l'angolo fra l'asse vertebrale postero-anteriore e l'asse vertebrale postero-anteriore normale; è stato definito "direzione" perché è come se il rachide patologico avesse cambiato la sua normale direzione postero-anteriore rispetto al bacino, ruotando in senso orario o antiorario.
Elementi di calcolo: la direzione è uguale all'angolo fra l'asse vertebrale postero-anteriore e l'asse vertebrale postero-anteriore normale. Un segno positivo indica una rotazione in senso orario dell'asse vertebrale postero-anteriore.
Opzioni di classificazione:
 destra (Figura 1A): l'asse vertebrale postero-anteriore è ruotato, in direzione postero-anteriore, verso destra rispetto all'asse vertebrale postero-anteriore normale;
 sinistra (Figura 1B): l'asse vertebrale postero-anteriore è ruotato, in direzione postero-anteriore, verso sinistra rispetto all'asse vertebrale postero-anteriore normale;
 parallela (Figura 1C): la rotazione dell'asse vertebrale si trova entro i limiti normali.
Normalità: i quantili al 95% nella popolazione normale hanno dato un range di normalità da 9,1° verso sinistra a 13,1° verso destra.
Risultati numerici (Tabella 1): la direzione normale del rachide è leggermente verso destra (media 2,0°, 2,4° e 3,0° nelle tre valutazioni eseguite sul campione normale); tutte le colonne vertebrali normali che non presentavano una direzione parallela, la presentavano a destra. Al contrario, nella popolazione scoliotica la direzione più frequente era la sinistra (50%), ma si è avuta anche un'alta percentuale di risultati paralleli (40%) come previsto, la direzione più frequente nel gruppo affetto da ipercifosi era quella parallela (91%). Fra i gruppi è emersa una differenza statisticamente significativa ($P < 0,05$).
Discussione. La direzione viene definita come una rotazione dell'asse vertebrale postero-anteriore rispetto all'asse vertebrale postero-anteriore normale. In condizioni di normalità anatomica, la direzione dell'asse vertebrale postero-anteriore dovrebbe essere ortogonale rispetto al bacino e dovrebbe coincidere con l'asse vertebrale postero-anteriore normale che corrisponde all'asse corporeo postero-anteriore. Comunque, secondo il nostro campione normale, si ha una leggera rotazione verso destra pari a circa 2°. Questo parametro è tridimensionale nel senso che consente di definire la curva vertebrale come sinistra o destra, indipendentemente dalle localizzazioni delle curve sulle radiografie postero-anteriori. Si tratta di una rotazione che, risultando da un orientamento patologico assunto dalla colonna vertebrale rispetto al bacino, coinvolge l'intero rachide. Qualsiasi cambiamento di direzione dell'asse vertebrale è ovviamente di natura patologica. Un tale cambiamento dovrebbe generalmente essere presente in una popolazione scoliotica, dato che implica una deformità tridimensionale, ma non in un campione affetto da ipercifosi. La differenza statisticamente significativa emersa fra i nostri gruppi conferma questa ipotesi. La popolazione affetta da ipercifosi presentava, dal punto di vista tridimensionale, lo stesso comportamento della popolazione normale. Finora non è stato possibile verificare alcuna corrispondenza definitiva fra tale asse patologico e gli elementi già riferiti nella letteratura, come il piano di curvatura massima (il piano sul quale la proiezione del rachide evidenzia la deformità massima) e/o la rotazione fra le spalle e il bacino. Nonostante l'esistenza di un collegamento fra questo parametro e altri dati presenti in letteratura sia piuttosto probabile, secondo noi esso offre la possibilità di combinare in modo utile, comprensibile e rigorosamente tridimensionale (a livello del rachide) le informazioni ottenute utilizzando altre metodologie.

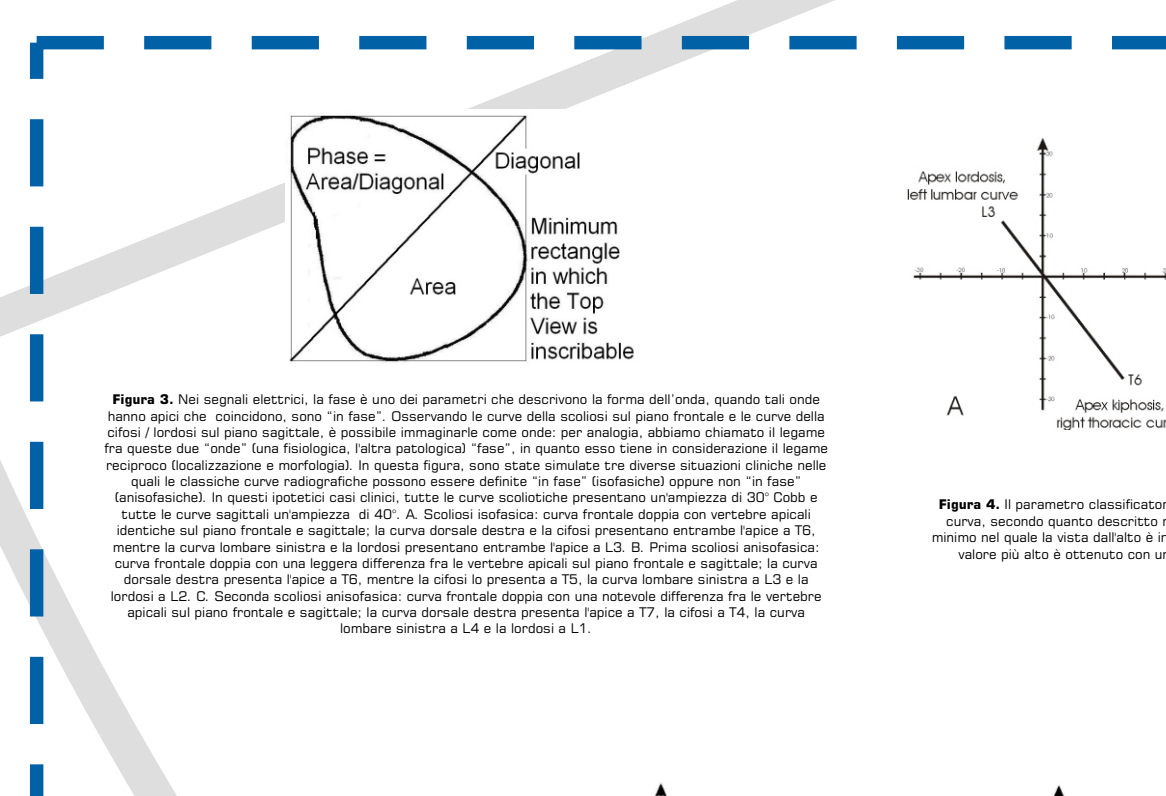


3 Il parametro "Spostamento"

Osservazione: abbiamo verificato l'effettiva possibilità di raggruppare le curve secondo una differente proiezione della curva vertebrale rispetto al rachide normale qui identificato mediante il sistema di riferimento vertebrale (Figura 2).
Definizione: il parametro classificatorio "spostamento" indica lo spostamento del baricentro della vista dall'alto rispetto all'asse vertebrale verticale normale; è stato definito "spostamento" perché è come se il rachide patologico avesse modificato la sua posizione rispetto al bacino, allontanandosi dall'asse verticale C7-S1.
Elementi di calcolo: lo spostamento è uguale alle coordinate del baricentro sul piano della vista dall'alto vertebrale.
Opzioni di classificazione:
 Spostamento a destra (Figura 2 B, D): il baricentro si trova sul lato destro rispetto all'asse vertebrale postero-anteriore normale;
 Spostamento a sinistra (Figura 2 A, C): il baricentro si trova sul lato sinistro rispetto all'asse vertebrale postero-anteriore normale;
 Spostamento anteriore (Figura 2 B, C): il baricentro si trova in posizione anteriore rispetto all'asse vertebrale latero-laterale normale;
 Spostamento posteriore (Figura 2 A, D): il baricentro si trova in posizione posteriore rispetto all'asse vertebrale latero-laterale normale.
 Nessuno spostamento (Figura 2 E): lo spostamento del baricentro sulla vista dall'alto rispetto all'asse vertebrale si trova entro i limiti normali.
Normalità: i quantili al 95% nella popolazione normale hanno dato questi range di normalità: spostamento laterale, 8,0 mm a destra, 4,1 a sinistra; spostamento sagittale: 26,4 mm in direzione posteriore, 4,6 in direzione anteriore.
Risultati numerici (Tabella 2): lo spostamento laterale normale del rachide si verifica verso destra (media rispettivamente di 2,2, 2,1 e 1,9 mm nelle tre valutazioni eseguite sul campione normale) e sul piano sagittale si verifica in direzione posteriore (media rispettivamente di 13,0, 13,1 e 10,9 mm); se presentano uno spostamento, tutte le colonne vertebrali normali sono spostate in direzione posteriore e verso destra. Al contrario, nella popolazione scoliotica, lo spostamento laterale più frequente è stato verso sinistra (49%), mentre la maggior parte delle curve ha dimostrato di non presentare alcuno spostamento sul piano sagittale (56%); nel gruppo affetto da ipercifosi, lo spostamento laterale più frequente era verso destra (87%), mentre tutte le curve presentavano uno spostamento in direzione posteriore sul piano sagittale. Sono emerse differenze statisticamente significative fra il gruppo affetto da scoliosi e da ipercifosi (spostamento latero-laterale: test χ^2 : 13,57, $P < 0,05$; spostamento postero-anteriore: test χ^2 : 23,25, $P < 0,05$).
Discussione. Lo spostamento è definito come una modifica del baricentro vertebrale rispetto alla linea verticale C7-S1 e al bacino. In condizioni anatomicamente normali, non dovrebbe essere presente alcuno spostamento, anche se nel nostro campione normale abbiamo rilevato un leggero spostamento verso destra, inferiore al mezzo centimetro. Abbiamo inoltre rilevato uno spostamento in direzione posteriore pari a circa 1 cm rispetto al punto zero che coincide con S1. Questo parametro è tridimensionale perché si riferisce a un singolo punto che integra le informazioni relative al comportamento del rachide nello spazio e al suo spostamento rispetto alla sua base naturale, cioè il bacino e la vertebra S1. Un notevole spostamento del baricentro vertebrale è ovviamente di natura patologica dato che, dal punto di vista concettuale, indica un'asimmetria nel posizionamento dell'asse centrale verticale nella proiezione del rachide. Vista l'implicazione di una curva frontale, la variazione lungo l'asse vertebrale latero-laterale dovrebbe essere principalmente presente in una popolazione scoliotica e molto meno in un campione di soggetti affetti da ipercifosi. Queste affermazioni sono confermate dai nostri dati: la popolazione scoliotica evidenzia principalmente uno spostamento verso destra, ma sono necessari ulteriori studi per chiarire questi riscontri. Lo spostamento lungo l'asse vertebrale postero-anteriore è interessante: sulla base della nostra conoscenza attuale delle patologie, possiamo ipotizzare che una deformità scoliotica possa evidenziare una localizzazione spostata in avanti del baricentro, in quanto è noto che la scoliosi sposta il rachide in avanti; l'opposto potrebbe valere per i casi di ipercifosi. Solo l'ultima ipotesi ha dimostrato di essere veritiera, mentre tutte le colonne vertebrali scoliotiche con un orientamento sagittale patologico presentavano uno spostamento in direzione posteriore (44,3%). Un elemento apparentemente simile allo spostamento e normalmente evidenziato nel corso degli esami sia clinici che radiografici è descritto in letteratura sul piano frontale dallo squilibrio fra C7 e S1. In realtà, questo parametro differisce profondamente dallo spostamento, dato che nella nostra vista dall'alto C7 per definizione è posizionato sull'asse di simmetria. Altri riscontri clinici quotidiani, a volte discussi fra gli specialisti, ma non pubblicati nella letteratura indicizzata, come lo spostamento del punto di transizione radiografico fra la curva dorsale e lombare / dorso-lombare rispetto alla linea sacrale centrale, lo spostamento della gabbia toracica rispetto al bacino o persino lo spostamento della vertebra stabile, potrebbero presentare una correlazione con lo spostamento qui definito: ulteriori studi potrebbero chiarire questi punti.



Classificazione	Limiti	Scoliosi	Ipercifosi	Scoliosi e Ipercifosi	Soggetti normali
Spostamento a destra	x < -8,0	9,9%	4,3%	50,3%	0,0%
Spostamento a sinistra	x > 8,0	42,8%	47,7%	49,7%	0,0%
Nessuno spostamento	-8,0 < x < 8,0	47,3%	48,0%	0,0%	100,0%



Classificazione	Limiti	Scoliosi	Ipercifosi	Scoliosi e Ipercifosi	Soggetti normali
Anisofasica	Fase > 8,1	58,5%	0,0%	50,0%	3,0%
Isofasica	Fase < 8,1	41,5%	100,0%	50,0%	96,4%

Test del chi quadrato P < 0,05

4 Il parametro "Fase"

Osservazione: abbiamo verificato l'effettiva possibilità di raggruppare le curve secondo evoluzioni completamente differenti del rachide nello spazio, che hanno reso alcune curve simili a cerchi intorno al baricentro e altre simili a linee (Figura 3).
Definizione: il parametro classificatorio "fase" viene ottenuto dividendo l'area della vista dall'alto per la diagonale del rettangolo minimo nel quale la vista dall'alto è inscritta (Figura 4); in pratica, la fase è una misura dell'evoluzione spaziale tridimensionale della curva; questa caratteristica è stata definita "fase" perché prende in considerazione il legame reciproco (localizzazione e morfologia) fra le curve vertebrali proiettate sui piani frontale e sagittale, solitamente rilevate all'esame radiografico; il rachide patologico presenta curve sul piano frontale, che potrebbero essere o meno "in fase" con le curve fisiologiche sul piano sagittale (Figura 3).
Elementi di calcolo: la fase viene calcolata dividendo l'area per la diagonale del rettangolo minimo nel quale la vista dall'alto è inscritta (Figura 3).
Opzioni di classificazione:
 anisofasica (Figura 5A): lo sviluppo della curva offre un alto valore area/diagonale; è come se il rachide patologico avesse completamente modificato il suo aspetto, allargando come un cerchio la sua proiezione sul piano orizzontale; non si registra alcuna coincidenza fra le vertebre terminali e apicali delle curve sul piano frontale e sagittale (Figura 3B).
 isofasica (Figura 5B): lo sviluppo della curva offre un basso valore area/diagonale; le vertebre terminali e apicali delle curve frontali e sagittali sono vicine o coincidono le une con le altre (Figura 3A); è come se il rachide patologico si fosse semplicemente allungato (ipercifosi, iperlordosi) o avesse ruotato intorno al baricentro (scoliosi) rispetto al bacino e al corpo, senza modificare la sua forma in modo completo.
Normalità: i quantili al 95% della popolazione normale hanno indicato un limite di 8,1 mm al di sopra di questo valore, la curva è anisofasica.
Risultati numerici (Tabella 3): in condizioni normali e nel gruppo affetto da ipercifosi, il rachide è risultato essere isofasico (media 4,0, 3,9 e 4,0 mm nelle tre valutazioni eseguite sul campione normale), mentre nella popolazione scoliotica la fase più frequente è risultata essere quella anisofasica (58%). È emersa una differenza statisticamente significativa fra i gruppi ($P < 0,05$).
Discussione. La fase è definita come una descrizione dell'evoluzione dello spazio, che rende alcune curve simili a cerchi intorno al baricentro e altre simili a linee. Il nome deriva dal legame fra le curve vertebrali proiettate sul piano frontale e sagittale, che insieme danno vita all'aspetto della curva nella vista dall'alto. Quando sul piano frontale non è presente alcuna curva (normalità anatomica), la vista dall'alto deve essere isofasica. Questo non è completamente vero, ma il valore "fase" dei soggetti normali è molto basso. Si tratta di elemento reale e interamente tridimensionale; paradossalmente, il nome utilizzato, che deriva dalla nostra abitudine di vedere il rachide in due dimensioni (postero-anteriore e latero-laterale) e che descrive in modo coerente ciò che accade, non è altrettanto coerente con la realtà tridimensionale ed è meno autentico rispetto al fenomeno in sé. Per quanto sappiamo, nella letteratura non esistono descrizioni di elementi simili, e resta ancora molto da chiarire mediante ulteriori ricerche. In particolare, rimane aperta la questione di quale sia la reale natura di questa occupazione tridimensionale dello spazio, evidenziata da alcune curve. Se un paziente scoliotico non presenta alcuna alterazione della fase, non deve avere una direzione parallela (entrambi gli elementi possono ovviamente essere modificati insieme, ma senza il cambiamento di uno di essi non può esistere alcuna scoliosi in quanto non si ha alcuna curva sul piano frontale) (Figura 4 e 5). È possibile ipotizzare differenze a livello di patogenesi, terapia o prognosi secondo la presenza della fase.

Chi desidera la bibliografia di questo lavoro la può richiedere all'indirizzo email: isico@isico.it