

L'ESERCIZIO FISICO NEL TRATTAMENTO DELLA SCOLIOSI IDIOPATICA DELL'ADOLESCENZA: INDICAZIONI E LIMITI

*Negrini Antonio**, *Verzini Nevia**, *Parzini Silvana**, *Negrini Alessandra**, *Negrini Stefano***

Negrini Prof. Antonio: Centro Scoliosi e Patologie Vertebrali – Corso Pavia, 37 – 27029
Vigevano (PV) – Tel. 0381 72634 / Fax 0381 7745

* Centro Scoliosi e Patologie Vertebrali di Vigevano

** Fondazione Pro-Juventute Don Gnocchi ONLUS, IRCCS, Milano

Summary - In some countries, physical exercise is employed as a form of therapy in cases of mild scoliosis, whereas in others this is criticized and rejected. There is, in the literature, no strong clinical evidence in favour of, or against, this practice. Results have emerged in favor of physical exercise, but these are not yet unequivocal and this form of treatment is still debated.

Our aim was to ascertain which of the impairments and disabilities caused by scoliosis could, according to current research evidence, be prevented or reduced by physical exercise. We discuss neuromotor, biomechanical, organic and psychological impairments and disabilities and identify some possible therapeutic aims of physical activities.

When there is a high risk of aggravation, appropriate orthopedic therapies are indispensable. However, when this risk is reduced and the critical load threshold and postural collapse are high, physical exercise may be useful.

Knowledge emerging from scientific research data, according to the review of the literature proposed in this paper, confirms that physical exercise: prevents or reduces disabilities of the scoliotic patients; facilitates the neutralization of postural deficits to produce, as a consequence, a stationary or regressive curve.

The use of appropriate kinesitherapy to increase postural stability is theoretically correct, although a more accurate and detailed risk/benefits analysis is needed.

Riassunto - Il grande fiorire di studi sul rachide, dagli anni '70 agli anni '90, e la presentazione dei dati delle ricerche sulle riviste scientifiche a diffusione internazionale, ci ha permesso di approfondire le conoscenze sul processo patologico della scoliosi.

Grazie a queste nuove conoscenze abbiamo compreso che l'esercizio fisico deve essere indirizzato, come ogni terapia medica, a obiettivi ricavati dai dati della ricerca sulla eziologia e la patogenesi della malattia.

I dati della ricerca scientifica, hanno trasformato la scoliosi nella punta di un iceberg, espressione esterna di un processo patologico in gran parte sommerso, sintomo di una sindrome complessa che provoca disfunzioni a vari livelli: neuromotorio, biomeccanico, organico e psicologico. Analizzando questi danni all'organismo è possibile conoscere in quale misura l'esercizio fisico è in grado di influenzarli. In modo particolare è possibile realizzare per il "paziente scoliotico" un approccio di tipo medico, impiegando esercizi da indirizzare a obiettivi terapeutici ricavati dai dati della ricerca.

Negli anni '70 e '80, abbiamo visitato i centri scoliosi di Goteborg, Ginevra, Berck, Lione, Parigi, Mosca, per confrontare le nostre esperienze con quelle praticate in altri paesi europei. In particolare sono risultate fondamentali le conoscenze acquisite presso la scuola cinesiterapica di Lione e negli incontri annuali, prima con il GKTS in Francia e poi con la SIRER in Europa.

Altrettanto preziose, per la nostra crescita, si sono dimostrate le revisioni della letteratura mondiale periodicamente pubblicata dal GSS - Gruppo di Studio della Scoliosi e delle patologie vertebrali, selezionate da 18 riviste internazionali indicizzate su Medline. Così sulla base delle esperienze maturate e dei dati acquisiti dalla ricerca scientifica, alla fine degli anni '80 abbiamo elaborato un nuovo protocollo di trattamento cinesiterapico della scoliosi, in collaborazione con i Centri Scoliosi della Fondazione Don Gnocchi (31).

I dati della ricerca scientifica hanno evidenziato che la deformità scoliotica è solo la punta di un ICEBERG, espressione esterna della scoliosi, la cui sindrome è ancora oggi in gran parte sconosciuta. La scoliosi è quindi considerata come il sintomo di una malattia complessa, che provoca disfunzioni a vari livelli: neuromotorio, neuromuscolare, biomeccanico, biologico, organico e psicologico (30,31,32,35,36).

Analizziamo ora questi danni all'organismo per conoscere in quale misura possono essere influenzati dall'esercizio fisico.

Disfunzioni neuromotorie

Numerosi autori (8,12,19,26,27,45,47,48,51,57,58) hanno studiato le correlazioni fra il SNC e la scoliosi idiopatica dell'adolescenza, indicando in una ritardata maturazione dei centri di controllo neuromotorio uno dei principali fattori eziologici.

Dubousset (12) afferma che la scoliosi idiopatica è conseguente ad un'alterazione nei centri della propiocezione e che la deformazione è una compensazione naturale per ristabilire l'equilibrio posturale.

Secondo Nachemson (26), nella scoliosi idiopatica iniziale, se è buona la stabilità della colonna, si può avere una neutralizzazione dei deficit posturali, e di conseguenza una curva stazionaria.

A sua volta Stagnara (51) afferma che, se si ammette che una delle cause della scoliosi è una disfunzione dei sistemi dell'equilibrio, è logico orientare in questo senso la cinesiterapia.

Da queste conoscenze derivano importanti obiettivi terapeutici per il trattamento cinesiterapico:

- lo sviluppo della stabilità vertebrale;
- lo sviluppo delle reazioni di equilibrio.

Disfunzioni neuromuscolari

Secondo Duval-Beaupère (14), nella valutazione della flessibilità di una curva scoliotica, occorre distinguere la componente posturale da quella strutturale; il cedimento posturale

corrisponde in gradi alla differenza fra una Rx in carico e una supina, ed è un valore correlato al tono muscolare e all'estensibilità dei tessuti del lato convesso. E' questo un concetto molto importante nel trattamento cinesiterapico della scoliosi, perché sappiamo che esistono degli esercizi specifici in grado di rafforzare le strutture muscolari antigravitarie e, di conseguenza, di ridurre il cedimento posturale di una curva scoliotica.

Gli studi di PATWARDAN e BUNCH (40) hanno dimostrato che esiste una "soglia di carico", oltre la quale una colonna inizia a deformarsi. E poiché nelle scoliosi, alla riduzione della curva in carico, corrisponde un aumento della soglia di deformazione, si comprende l'importanza di ridurre la componente posturale della curva scoliotica con esercizi idonei.

Se consideriamo poi che, secondo gli studi di Torrel e Nachemson (53), le scoliosi minori al di sotto dei 20°, presentano un'alta percentuale di cedimento posturale (mediamente del 75%), l'obiettivo del rafforzamento dei muscoli antigravitari per ridurre la componente posturale diventa più facilmente realizzabile nel trattamento delle scoliosi iniziali.

Il ruolo attivo della struttura muscolare è stato sottolineato anche dagli studi di Panjabi e Abumi (39), i quali hanno dimostrato che "il rachide necessita di un buon supporto muscolare, soprattutto in presenza di una maggiore instabilità, come si riscontra in presenza di una scoliosi.

Da queste conoscenze scientifiche deriva che il rafforzamento dei muscoli antigravitari è un importante obiettivo terapeutico nel trattamento della scoliosi (18,24,28).

Disfunzioni biomeccaniche

Dalla conoscenza delle disfunzioni biomeccaniche, provocate dalla scoliosi sui tre piani dello spazio, derivano delle precise indicazioni e limiti per la cinesiterapia.

I dati della ricerca sul piano orizzontale

Di grande interesse sono gli studi realizzati da Geyer (16) sulle forze autodeformanti che agiscono sul torace scoliotico, e le indagini di Vercauteren (54) secondo il quale nei

pazienti scoliotici con oltre 10 millimetri di gibbo dorsale, le forze applicate al torace agiscono in senso autodeformante, come avviene ad esempio nel nuoto.

Stagnara (51) ci ricorda che, oltre un certo grado di curvatura, le forze applicate alla colonna agiscono in senso autodeformante, come nell'azione di un triciclo in curva, e cita lo studio di Dimnet secondo il quale, quando la rotazione della vertebra apicale supera i 20°, le azioni dei muscoli del lato concavo e convesso diventano agoniste. In questa condizione gli esercizi che provocano la contrazione dei muscoli spinali aumentano spontaneamente la deformazione. Ma noi sappiamo che le scoliosi minori non superano mai questa soglia di autodeformazione, pertanto, il rafforzamento dei muscoli paravertebrali non provoca mai l'autoaggravamento della curva scoliotica.

I dati della ricerca sul piano sagittale

Perdriolle (41) ha dimostrato che la deformazione scoliotica, nelle curve dorsali e dorsolombari, evolve in estensione; al contrario Graf (17) ha evidenziato nelle curve lombari un'evoluzione in senso opposto, affermando che la linea dei centri di gravità dei corpi vertebrali si proietta prima lateralmente e poi posteriormente.

A loro volta, White e Panjabi (56) hanno rilevato che l'orientamento delle faccette articolari facilita la rotazione assiale quando le curve sagittali sono ridotte.

Da queste conoscenze deriva un importante obiettivo terapeutico della cinesiterapia nel trattamento della scoliosi: gli esercizi devono essere sempre indirizzati a mantenere o a recuperare le curve fisiologiche sul piano sagittale.

I dati della ricerca sul piano frontale

Perdriolle (41) ha dimostrato che l'ampiezza di movimento della curva scoliotica è di gran lunga maggiore nel senso della correzione rispetto al senso dell'aggravamento e che la mobilità all'apice della curva aumenta con l'aggravamento della scoliosi, confermando così l'intuizione di Stagnara (50). Egli ammoniva i terapisti a non mobilizzare mai una curva scoliotica senza assicurare nel tempo il mantenimento della riduzione, in quanto una maggiore mobilità favorirebbe l'aggravamento della deformità.

Purtroppo, è noto come uno dei principali obiettivi della maggior parte dei metodi di cinesiterapia per la cura della scoliosi sia proprio lo sviluppo di una maggiore flessibilità della colonna. A questo proposito segnaliamo una ricerca di Ducongé (13) a Lione su un gruppo di scoliosi idiopatiche dell'adolescenza trattato con il metodo Mézières, la cui ginnastica è particolarmente indirizzata alla mobilitazione del rachide: dopo un anno l'angolo medio delle curve è risultato aumentato da 18° a 29°.

Da queste conoscenze appare evidente che, nel trattamento di una colonna scoliotica non sostenuta da un corsetto, una maggiore flessibilità favorisce l'aggravamento delle curve. Di conseguenza, il soggetto scoliotico non deve mai eseguire esercizi che aumentano la mobilità della colonna a scapito della stabilità.

Disfunzioni a livello biologico, organico e psicologico

Cheng (5) ha pubblicato su Spine i dati di una ricerca da cui risulta che la densità ossea negli adolescenti scoliotici è inferiore ai soggetti normali.

Diversi autori (11,15,22) hanno evidenziato una riduzione significativa della capacità vitale, della capacità di sforzo negli adolescenti con scoliosi di media gravità, e inoltre disturbi nello sviluppo dell'immagine corporea che l'adolescente ha di sé.

Di conseguenza, gli obiettivi terapeutici da conseguire per quanto concerne le disfunzioni a livello biologico e psicologico sono:

- attivare la funzione cardiorespiratoria (1,2,3);
- favorire l'aumento della densità ossea (46);
- sviluppare un'immagine positiva del corpo (37).

Tali obiettivi sono realizzabili attraverso la pratica di un'attività motoria globale. Secondo Stagnara (52) e numerosi altri autori (4,27,29,33,34) il mezzo che permette più facilmente di realizzare questi obiettivi è lo sport eseguito in forma ricreativa, inteso come "il versante attivo della cinesiterapia".

Metodi di ginnastica

Nel secolo scorso abbiamo assistito ad un continuo fiorire di metodi per la cura della scoliosi, alcuni dei quali sono ancora oggi molto diffusi (49).

Secondo Stagnara (50) le lacune principali erano, e noi crediamo che lo siano ancora oggi:

- la pretesa di correggere la scoliosi;
- l'impiego di esercizi esclusivi sulla base di ipotesi eziologiche mai provate;
- il rifiuto della verifica dei risultati.

Così, sovente, i pazienti con scoliosi evolutive arrivano all'osservazione del medico, quando la malattia ha oramai provocato danni irreparabili.

La conseguenza logica di tutto questo è stato il discredito della cinesiterapia presso gran parte del mondo scientifico. Ovviamente questo non significa che "i metodi" sono tutti dannosi o inutili, ma che dai vari metodi occorre saper scegliere gli esercizi che realizzano gli obiettivi terapeutici utili per il paziente scoliotico nella fase del trattamento in cui viene formulato il piano di lavoro specifico.

L'esercizio fisico nel trattamento della scoliosi in corsetto: obiettivi terapeutici

Nel trattamento della scoliosi in corsetto la correzione posturale e la stabilità vertebrale sono realizzati dall'ortesi. Tuttavia, l'esercizio fisico è ugualmente importante per conseguire altri obiettivi essenziali (21,25,51,52):

1. in preparazione al corsetto: mobilizzare su tutti i piani la colonna vertebrale per favorire le correzioni successive dell'apparecchio;
2. in corsetto: accentuare le correzioni dell'apparecchio, sviluppare il trofismo muscolare, sviluppare il controllo propriocettivo del rachide;
3. in fase di liberazione: rieducare la postura statica e dinamica.
4. durante l'intero periodo di trattamento: attivare le funzioni organiche e una equilibrata maturazione psicologica con attività motorie ricreative e sportive.

Tutti sappiamo che il corsetto, per essere efficace, richiede da parte del paziente la massima scrupolosità nel rispettare i tempi stabiliti per l'indossamento. Sappiamo anche

che la prescrizione del busto da parte del medico rappresenta un momento difficile per il giovane adolescente. Per superare questo delicato momento psicologico e per stimolare un atteggiamento collaborante mostriamo ai pazienti un video, nel quale vengono presentati dei giovani che praticano attività motorie indossando un corsetto. Abbiamo notato che la visione del filmato aiuta i giovani, più di tanti discorsi, a credere veramente che con il corsetto si può condurre una vita normale.

Conclusioni

Nella cura della scoliosi con l'esercizio fisico, è possibile realizzare un approccio di tipo medico, vale a dire una metodologia che proponga obiettivi terapeutici attendibili, per offrire benefici reali al paziente scoliotico.

Ovviamente spetta al medico prescrivere la cinesiterapia, indicare gli obiettivi terapeutici e verificare i risultati. Mentre compete al tecnico scegliere e attuare le modalità terapeutiche più adeguate a realizzare gli obiettivi prescritti dal medico.

Cobb (7) affermava che la cinesiterapia è realmente benefica quando è indirizzata a insegnare comportamenti corretti, a migliorare funzioni neuromotorie e a sviluppare qualità fisiche utili al paziente scoliotico.

In alcuni paesi, l'esercizio fisico è impiegato come una terapia per le scoliosi minori (6,9,23,29,32,35,36,43,49,55), mentre in altri è criticato o non accettato (10).

Benchè in letteratura non si evidenziano prove cliniche con alti punteggi di validità scientifica a favore o contro la pratica della cinesiterapia, i risultati finora riportati in letteratura documentano che una ginnastica ben indirizzata a migliorare la stabilità della colonna è efficace nel frenare l'evoluzione naturale della curva scoliotica (20,38,24,55).

Senza alcuna pretesa di correggere le scoliosi, crediamo che la ginnastica sia benefica ogni volta che gli esercizi sono indirizzati a insegnare comportamenti corretti, a migliorare delle funzioni neuromotorie, a sviluppare delle qualità fisiche utili al paziente scoliotico.

Bibliografia

1. Astrand PO: Exercise physiology and its role in disease prevention and in rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil 68:305-309, 1987
2. Astrand PO, Grimby G: Physical Activity in Health and Disease, Acta Medica Scandinavica Symposium, Stockholm Series, N° 2, Stockholm: Almqvis & Wiksell International, 1986
3. Blomquist CG, Saltin B: Cardiovascular adaptations to physical training. Ann Rev Physiol 45:169-189, 1983
4. Caillens F, Jarousse Y, Adrey J, Dimeglio A: Vivre or survivre avec une scoliose de 180 degrees. In: Echanges En Reeducation, pp 317-322. Montpellier: Sauramps Medical, 1989
5. Cheng JC, Tang SP, Guo X, Chan CV, Qin L. Osteopenia in adolescent idiopathic scoliosis: a histomorphometric study, SPINE 2001, Feb. 1; 26(3):E19-23.
6. Cimino F, Barbieri G, Bertelli G, Nozzi A, Sgarbi C: Kinesiological method in the dry treatment of scoliotic pathologies by the public health service of modena. In: Proceedings of the 1st International Symposium on 3-D Scoliotic Deformities, June, 1992, pp 480-487. Montréal: Gustav Fisher Verlag, 1992
7. Cobb J: Outline for the study of scoliosis. In: Instructional Course Lectures, 5:241-275. Ann Arbor MI: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1948
8. Costanzo G, Frascarelli M: Vestibular lesions and experimental scoliosis. Presented at the 1st European Congress on Scoliosis and Kyphosis, Dubrovnik, Yugoslavia, October, 1983
9. Cristofanilli MA: Nouvelles methodes de kinesitherapie dans la reeducation des scolioses par des techniques basees sur les equilibres. Resonances Europeennes du Rachis 3:36-38, 1994
10. Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WP: The pathogenesis of idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg 66B:8-15, 1984

11. Dirocco P, Vaccaro P: Cardiopulmonary functioning in adolescent patients with mild idiopathic scoliosis. *Arch Phys Med Rehabil* 69:198-201, 1988
12. Dubousset J: Etat actuel des hypotheses etiologiques de la scoliose idiopathiques. *Cahiers de Kinesitherapie* 105:11-18, 1984
13. Duconge P: Progressive puberal scoliosis: Pelvic rotation in horizontal plane: Consequences on curvatures in a sagittal plane. *Resonances Europeennes du Rachis* 3:25-30, 1994
14. Duval-Beaupere G, Lespargot A, Brossiord A: Flexibility of scoliosis: What does it mean? *Spine* 10:428-432, 1985
15. Fallstrom K, Cochran T, Nachemson A: Long-term effects on personality development in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 10:1-14, 1985
16. Geyer B: Scoliose thoracique et sport. Presented at XV Journees du Groupe Kinesitherapique de Travail sur la Scolios, Palavas Les Flots, Octobre, 1986
17. Graf H: La derotation de la colonne vertebrale est le principale objectif du traitement. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on 3-D Scoliotic Deformities*, June, 1992, pp 356-358. Montréal: Gustav Fisher Verlag, 1992
18. Granata C, Merlini L, Cervellati S: Isokinetic testing of trunk muscles in idiopathic scoliosis. Presented at the Combined Meeting of the Scoliosis Research Society and European Spinal Deformities Society, Amsterdam, September, 1989
19. Herman R, Mixon J, Fischer A, Maulucci R, Stuyck J: Idiopathic scoliosis and the central nervous system. *Spine* 10:1-14, 1985
20. Klisic P, Nicolis Z: Scoliotic attitudes and idiopathic scoliosis. Presented at the Giornate Internazionali sulla Scoliosi, Roma, March, 1981
21. Lonstein JE, Carlson M: The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *J Bone Joint Surg* 66A:1061-1071, 1984

22. Milner AD, Milner NE: The place of lung function in children with scoliosis. In: Proceedings of the Zorab Scoliosis Symposium. London, October, 1983, pp 190-199. New York: Praeger, 1985
23. Miramand Y: The lumbar spine, pelvis-sacrum, lower limbs complex. Resonances Europeennes du Rachis 2:17-18, 1994
24. Mollon G, Rodot JC: Scolioses structurales mineures et kinesiterapie. Kinesitherapie Scientifique 244:47-56, 1986
25. Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. The Bone Joint Surg 77A(6):815-821, 1995
26. Nachemson A, Sahlstrand T: Etiologic factors in adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2: 176-184, 1977
27. Nai Fovino PL, Gremmo M, Ventura F: Lo sviluppo motorio nei desmorfismi minori della colonna vertebrale. Gior Ital Med Riab 4(3):294-298, 1989
28. Negrini A: Il Rafforzamento muscolare in soggetti portatori di dismorfismi vertebrali. La Ginnastica Medica 30:58-60, 1987
29. Negrini A, Negrini S: Scoliosi, chinesiterapia e sport. In: Cimino F (ed), La Scoliosi in Età Evolutiva: Attualità e Tecniche di Trattamento a Confronto, pp 21/1-21/4. Modena (Italy): Groupe Kinesitherapique Europeen de Travail sur la Scolios, 1991
30. Negrini A, Sibilla P, Negrini S: La cinesiterapia nel trattamento della scoliosi: nuovi orientamenti metodologici. Riabilitazione Oggi 9(4):11-15, 1992
31. Negrini A, Verzini N. La scoliose, les données de la recherche et leur indications thérapeutiques. Atti Journées G.K.T.S., Louvain (belgio), 1989;
32. Negrini A, Verzini N, Parzini S, Negrini A, Negrini S. Role of physical exercise in the treatment of mild idiopathic adolescent scoliosis. Eur. Med. Phys. 37(3):181-90, 2001
33. Negrini S: Sport, zainetto e scoliosi idiopatica: Problemi clinici quotidiani correlati al ruolo del sistema posturale. La Ginnastica Medica 39:43-50, 1996

- 34.Negrini S, Corno C: Controllo neuromotorio in acqua nella scoliosi idiopatica adolescenziale. Eur Med Phys 32:101-109, 1996
- 35.Negrini S, Negrini A, Sibilla P: La rieducazione del paziente affetto da scoliosi idiopatica. In: Scoliosis: State of the Art, pp 68-71. Barcellona: Société Internationale de Recherche et d'Etude sur le Rachis, 1996
- 36.Negrini S, Selleri U: La riabilitazione del paziente affetto da scoliosi idiopatica. In: Trattato di Medicina Fisica e Riabilitazione, pp. 1123-47, Basaglia N (ed). Napoli: Idelson-Gnocchi, 2000
- 37.Ollier M: A propos de globalite "ecoute voir". Resonances Europeennes du Rachis 2:20-25, 1994
- 38.Ottone MC, Pivetta S: Valutazioni clinico-statistiche sul trattamento incruento della scoliosi. La Ginnastica Medica 1-2:23-31, 1987
- 39.Panjabi M, Abumi K: Spinal stability and intersegmental muscle forces: a biomechanical model. Spine 14:194-200, 1989
- 40.Patwardhan AG, Bunch WH, Meade KP: A biomechanical analog of curve progression and orthotic stabilization in idiopathic scoliosis. J Biomech 19: 103-117, 1986
- 41.Perdriolle R: La Scoliose: Son Etude Tridimensionnelle, Paris: Maloine, 1979
- 42.Perdriolle R, Becchetti S, Vidal J, Lopez P: Mechanical process and growth cartilages: Essential factors in progression of scoliosis. Spine 18: 343-349, 1993
- 43.Pirola V: La Chinesiterapia Nella Rieducazione Delle Scoliosi - I Metodi, Milano: Sperling & Kupfer, 1994
- 44.Pivetta S, Pivetta M: Evolutivita' e Trattamento Della Scoliosi - 120 Storie Documentate Fino ai Trent'Anni, Milano: Sperling & Kupfer, 1992
- 45.Sahalstrand T, Petruson B: A study of labyrinthine function in patients with adolescent idiopathic scoliosis. Acta Orthop Scand 50:759-769, 1979

46. Saltin B, Gollnick Pd: Skeletal muscle adaptability: Significance for metabolism and performance. In: Handbook of Physiology, pp 555-631. Baltimore: Williams and Wilkins Company, 1983
47. Sibilla P: Sistema vestibolare e scoliosi: approccio otoneurologico alla valutazione prognostica e diagnostica della scoliosi. Presented at Pediatria 90, S. Margherita Ligure, June, 1990
48. Sibilla P, Cesarani A, Negrini S, Atanasio S, Alpini D, Romano M, Barozzi S: Stepping coordination in scoliosis evaluated by the mean of cranio-corpography. In: Taguchi K, Igarashi M, Mori S (eds) Vestibular and Neural Front, pp 39-42. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1994
49. Souchard Ph E: Méthode Mézières, Paris: Maloine s.a., 1979
50. Stagnara P: Deviations laterales du rachis: Scolioses structurales. Enc Med Chir, Appareil Locomoteur, 15865 G10 Et G20, 1974
51. Stagnara P: Les Deformations du Rachis, Paris: Masson, 1985
52. Stagnara P, Mollon G, Demauroy JC: Reeducation des scolioses. Paris: Exp. Scient. Fran., 1990
53. Torrel G, Nachemson A, Haderspeck K, Shultz A: Standing and supine Cobb measures in girls with idiopathic scoliosis. Spine 10:425- 427, 1985
54. Vercauteren M: Trunc asymmetries in a belgian school population. Spine 7: 555-562, 1982
55. Weiss HR, Bettany J: The effectiveness of a tree-dimensional exercise regime in the treatment of idiopathic scoliosis. In: Proceedings of the 1st International Symposium on 3-D Scoliotic Deformities, June, 1992, pp 332-339. Montréal: Gustav Fisher Verlag, 1992
56. White E, Panjabi A: Kinematics human. Spine 3:12-20, 1978

57. Yamada K, Yamamoto H, Tamura T, Tezuka E: Development of scoliosis under neurological cases, particularly in relation with brain-stem abnormalities. *J Bone Joint Surg* 56A:1764-1766, 1974
58. Yamamoto H, Yamada K: Equilibrium approach to scoliotic posture. *Aggressologie* 17:61-66, 1976