Annales de Chirurgie
1998, *52*, n° 8

Évaluation stéréovidéographique de la géométrie posturale du sujet sain et scoliotique

F. DE LA HUERTA, M.A. LEROUX, K.F. ZABJEK, C. COILLARD, C.H. RIVARD

DE LA HUERTA F., LEROUX M.A., ZABJEK K.F., COILLARD C., RIVARD C.H. – Évaluation stéréovidéographique de la géométrie posturale du sujet sain et scoliotique.

Ann Chir, 1998, *52*, n° 8, 776-783.

RÉSUMÉ : La déformation rachidienne caractéristique de la scoliose idiopathique est associée à une désorganisation posturale telle que relevée lors de l'examen clinique. Les données quantitatives sur ce thème sont cependant limitées par leur caractère bidimensionnel et par l'absence d'une couverture globale de l'ensemble du corps. De plus, la validité et la fidélité de ces approches est peu documentée. Le but de cette étude est de quantifier la fidélité inter-essais et inter-sessions d'une approche globale de la géométrie posturale (GP) et de démontrer son potentiel discriminant quant à l'évaluation de patients scoliotiques. La GP de 14 sujets sains, de 9 patients scoliotiques à un stade sous-thérapeutique (Cobb < 20°) fut évaluée à l'aide d'un système stéréovidéographique. Cette approche permet, entre autres, le calcul de paramètres de position et d'orientation du bassin, du tronc, de la ceinture scapulaire et de la tête. La variabilité inter-essais et inter-sessions de l'approche proposée est de 12,5 mm, 2,8° et de 5,4 mm, 1,4° respectivement. Le groupe de patients est hétérogène mais certaines caractéristiques pathologiques sont relevées. L'évaluation globale de la géométrie posturale telle que proposée semble suffisamment précise, fidèle et discriminante pour permettre le suivi de patients scoliotiques.

MOT-CLÉ : Scoliose.

DE LA HUERTA F., LEROUX M.A., ZABJEK K.F., COILLARD C., RIVARD C.H. – Postural geometry evaluation of control subjects and scoliotic patients using stereovideography. *(In French)*.
Ann Chir, 1998, *52*, n° 8, 776-783.

SUMMARY : Idiopathic scoliosis principally characterised by a deformation of the vertebral column can also be associated to postural abnormalities. The validity and reliability of current quantitative postural evaluations has not been thoroughly documented, frequently limited by a two dimensional view of the patient, and do not include the whole posture of the patient. The purpose of this study is to 1) quantify within and between-session reliability of a stereovideographic Postural Geometry (PG) evaluation and 2) to investigate the sensitivity of this technique for the postural evaluation of scoliosis patients. The PG of 14 control subjects and 9 untreated scoliosis patients were evaluated with 5 repeat trials, on two occasions. Postural geometry parameters that describe the position and orientation of the pelvis, trunk, scapular girdle and head were calculated based on the 3-dimensional co-ordinates of anatomical landmarks. The mean between and within-session variability across all parameters were 12.5 mm, 2.8° and 5.4 mm and 1.4° respectively. The patient group was heterogeneous with some noted pathological characteristics. This global stereovideographic postural geometry evaluation appears to demonstrate sufficient reliability and sensitivity to follow-up on the posture of scoliosis patients.

KEY-WORDS : Orthopaedic. – Posture. – Idiopathic scoliosis.

Service de Chirurgie, Faculté de Médecine, Université de Montréal, Centre de Recherche, Hôpital Sainte-Justine, 3175, Ch. Côte Sainte-Catherine, MONTRÉAL, Québec, H3T 1C5 (Canada).

Correspondance : Dr M.A. Leroux (adresse ci-dessus).

Manuscrit reçu à la Rédaction le 20 juillet 1998.

Journée de la Recherche en Chirurgie, Montréal, 1997.

© *Société d'Édition de l'Association d'Enseignement Médical des Hôpitaux de Paris, 1998*

INTRODUCTION

Diagnostics, pronostics et planifications thérapeutiques de la scoliose idiopathique (SI) sont presque exclusivement basés sur les informations provenant de l'évaluation radiologique du rachis (angle de Cobb, Risser, cyphose et lordose) ainsi que sur un examen clinique (gibbosité, déjettement). Cependant, ces deux approches ne rendent qu'une image partielle de l'état du patient. D'une part, l'approche radiologique est limitée à l'étude de vues planaires alors que, depuis quelques années, la scoliose est reconnue comme une déformation tridimensionnelle (3D) du rachis pouvant être associée à une réorganisation morphologique des différents paliers corporels [1, 2, 3]. D'autre part, l'examen clinique permet la détection de certaines déviations morphologiques mais leur évaluation demeure principalement qualitative et subjective. Quelques auteurs ont développé une approche plus rigoureuse afin d'objectiver et quantifier la géométrie posturale [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Cependant ces techniques ne permettent qu'une évaluation partielle de la géométrie de l'ensemble du corps et les résultats sont généralement analysés en deux dimensions. De plus, la fidélité de ces techniques est peu discutée [7] et leur application à une évaluation aussi particulière que celle de la scoliose idiopathique est presque inexistante [4].

Une technique d'évaluation 3D de la géométrie posturale (GP) globale fut donc développée pour assister le chirurgien-orthopédiste dans chacune des phases de son action clinique. Le but de cette étude est d'exposer certains paramètres posturaux et morphologiques pouvant être mesurés à partir d'une approche stéréovidéographique ainsi que d'en évaluer la fidélité inter-essais, la fidélité inter-sessions et le potentiel discriminant dans le cadre de l'évaluation de patients scoliotiques.

MÉTHODOLOGIE

Sujets

L'aspect méthodologique de ce projet fut développé grâce à la participation volontaire de 14 sujets sains (âge moyen : 13 ans) et de 9 patients scoliotiques à un stade sous-thérapeutique (âge moyen : 14 ans, Cobb < 20°). Tous les sujets étaient ectomorphes et de sexe féminin.

Matériel et méthodes

L'évaluation de la géométrie posturale fut effectuée à l'aide d'un système stéréovidéographique composé de huit caméras. Ce système (Motion Analysis Corp.) permet la reconstruction 3D de marqueurs réflecteurs apposés sur des sites anatomiques présélectionnés. Les structures anatomiques choisies sont détectées par palpation et permettent la quantification de la position et de l'orientation de plusieurs paliers corporels. Ainsi, la base de sustentation est définie par la projection au sol du centre de chaque talon et l'extrémité de chaque deuxième orteil ; le bassin est représenté par les épines iliaques postéro-supérieures, les épines iliaques antéro-supérieures et la partie la plus externe de chaque crête iliaque ; le rachis est modélisé par l'identification de chaque apophyse épineuse impaire de T1 à L5 et S1 ; la ceinture scapulaire est identifiée par les acromions gauche et droit, la pointe des omoplates, T1 et le sus-sternal ; la tête est représentée par les deux tragions, l'opisthocranion et la glabelle.

Après la détection, le marquage et l'identification par un repère réflecteur, plat ou sphérique, de ces sites anatomiques, le sujet est conduit au plateau expérimental (fig. 1). Il doit positionner ses pieds dans un gabarit fixé au sol qui assure sa stabilité ainsi que la reproductibilité des mesures. Le sujet doit écarter légèrement les bras et rester immobile pendant l'acquisition qui dure une seconde (60 Hz). Cinq essais sont ainsi réalisés pour évaluer la variabilité inter-essais. Une période de repos de une minute est accordée aux sujets entre chaque essai. Les sujets participent, une semaine plus tard, à une seconde évaluation afin d'estimer la variabilité inter-sessions de cette nouvelle approche. Chaque évaluation dure approximativement 30 minutes.

Mesures

Le calcul de la position spatiale des différents marqueurs apposés sur les sites anatomiques permet la création d'une représentation schématique de la géométrie posturale du sujet (fig. 2) et la quantification de différents paramètres posturaux d'intérêt clinique. Ainsi, les paramètres de déjettement latéral (DL), de déjettement antéro-postérieur (DAP) et de hauteur (H) permettent de situer chaque palier corporel par rapport au sol ou relativement à un autre palier. Les valeurs positives (+) soulignent pour DL, une position à la gauche d'un plan sagittal passant par le centre de la base de sustentation du sujet ; pour DAP, une position à l'avant du plan frontal défini par les repères des talons et la verticale ; pour H, l'élévation à partir du sol. Les valeurs négatives (–) représentent la réciproque des mesures positives.

Les paramètres de bascule, de rotation et de version permettent de quantifier l'orientation des paliers corporels par rapport aux plans anatomiques ou encore par rapport à un autre palier. Les valeurs positives (+)

soulignent une orientation anti-horaire du palier lorsqu'observé d'une vue PA, latérale droite ou apicale. Les valeurs négatives (–) sont associées à une orientation horaire tel qu'observée à partir des mêmes points de vue. Des paramètres de cyphose (C) et de lordose (L) sont également calculés suite à l'analyse des courbures superficielles du dos définies par la position des repères apposés sur les apophyses épineuses. Ces mesures correspondent à la plus grande distance observée entre la droite reliant T1 à S1 et la position des épineuses dans le plan sagittal. Cyphose et lordose linéaires sont calculés suivant une approche similaire à celle utilisée par Voutsinas et Mac Ewen [10]. Ces paramètres sont normalisés, pour chaque patient, à la hauteur T1-S1.

RÉSULTATS

L'ensemble des résultats est présenté au tableau I. La variabilité inter-essais de chaque paramètre, pour chaque sujet, fut évaluée par l'écart entre la plus petite et la plus grande valeur obtenue. La variabilité inter-essais est donc représentée par la moyenne des écarts de tous les sujets d'un groupe. Aucune différence significative n'ayant été notée entre la variabilité des sujets sains et des patients scoliotiques ($p > 0,05$), les résultats présentés au tableau I laissent voir la variabilité de chaque paramètre pour l'ensemble des deux groupes. Ainsi, les paramètres posturaux sont peu variables entre les cinq essais, les mesures d'orientation variant entre 0,6 et 3,9 degrés alors que les mesures de position s'échelonnent de 4,1 à 19,3 mm. Il est à noter que les mesures de déjettement antéro-postérieur sont plus variables que les mesures de déjettement latéral et de hauteur.

La variabilité inter-sessions fut évaluée pour chaque paramètre en utilisant un test t de Student (22 degrés de liberté) comparant les valeurs moyennes obtenues pour chaque sujet ou patient lors de la première session à celles calculées pour la seconde session expérimentale. Aucune mesure de variabilité ne s'est avérée significativement différente entre les deux sessions ($p > 0,05$). Les résultats présentés au tableau I représentent la différence moyenne entre les deux sessions pour les deux groupes jumelés. Les paramètres posturaux sont peu variables entre les deux sessions. Les paramètres les moins variables sont les mesures de hauteur dont les coefficients de corrélation intraclasse (r_I) s'élèvent à plus de 0,99 et présentent une variabilité moyenne de 2,1, 1,7 et 4,1 pour le bassin, la ceinture scapulaire et la tête respectivement. Les r_I calculés pour les paramètres d'orientation du bassin et des épaules sont tous supérieurs à 0,8, variant entre 0,3° et 2,0°.

Les paramètres d'orientation de la tête sont légèrement plus variables. Les r_I se situent entre 0,61 et 0,67 et les différences moyennes s'échelonnent de 1,3° à 2,6°. Les r_I calculés pour les paramètres de déjettement des trois paliers corporels laissent voir une correspondance similaire (0,54 à 0,82) à l'exception du déjettement ML du bassin qui n'est que de 0,38. Les différences moyennes entre les deux sessions sont cependant similaires, s'échelonnant de 6 mm à 9,7 mm. Pour les mesures cutanées de cyphose et de lordose, les r_I sont de 0,93 et 0,77 respectivement et reflètent bien les différences inter-sessions moyennes de faible amplitude (0,4).

La figure 2 laisse voir une représentation de la désorganisation posturale d'une patiente type ainsi que la géométrie posturale d'un sujet sain. Des différences importantes peuvent être notées pour de nombreux paramètres tels les déjettements latéraux, les rotations et bascules ainsi que pour les courbures du rachis dans le plan sagittal. Ainsi, afin d'évaluer le potentiel discriminant de cette approche, les patients furent comparés au groupe de sujets sains (tableau I). Puisque le nombre de sujets est peu élevé dans chaque cellule, un test statistique non-paramétrique (Wilcoxon Two-Sample) fut effectué pour évaluer la différence entre les valeurs d'orientation et de position calculées pour les deux groupes. Quatre paramètres se sont avérés significativement différents ($p < 0,05$). Il s'agit de la rotation et du déjettement latéral du bassin, de la cyphose et de la lordose. Les patients scoliotiques laissent voir une rotation plus horaire du bassin, un déjettement plus prononcé vers la gauche, une cyphose moins importante et une lordose de plus grande amplitude. Puisque les patients et les sujets présentent des valeurs positives (anti-horaires, vers la gauche ou vers l'avant) ou négatives, l'amplitude des caractéristiques posturales (valeurs absolues) des deux groupes fut également comparée statistiquement. Cinq paramètres se sont avérés significativement différents ($p < 0,05$). En plus de la cyphose et de la lordose, le déjettement latéral du bassin, la rotation des épaules ainsi que le déjettement antéro-postérieur de la tête. L'amplitude des paramètres de lordose, de déjettement latéral du bassin et de rotation des épaules est plus élevée pour le groupe de patients que pour le groupe de sujets contrôles (tableau I). Le groupe de patients laissent voir des amplitudes de cyphose et de déjettement antéro-postérieur de la tête moins élevées.

Les figures 3 et 4 laissent voir les résultats obtenus pour chaque patient lorsque mis en relation avec la moyenne et l'écart-type des sujets contrôles pour les paramètres de position et d'orientation respectivement. L'ensemble de ces résultats laisse voir que le groupe de patients scoliotiques est relativement hétérogène. Les patients présentant des caractéristiques normales et pathologiques propres.

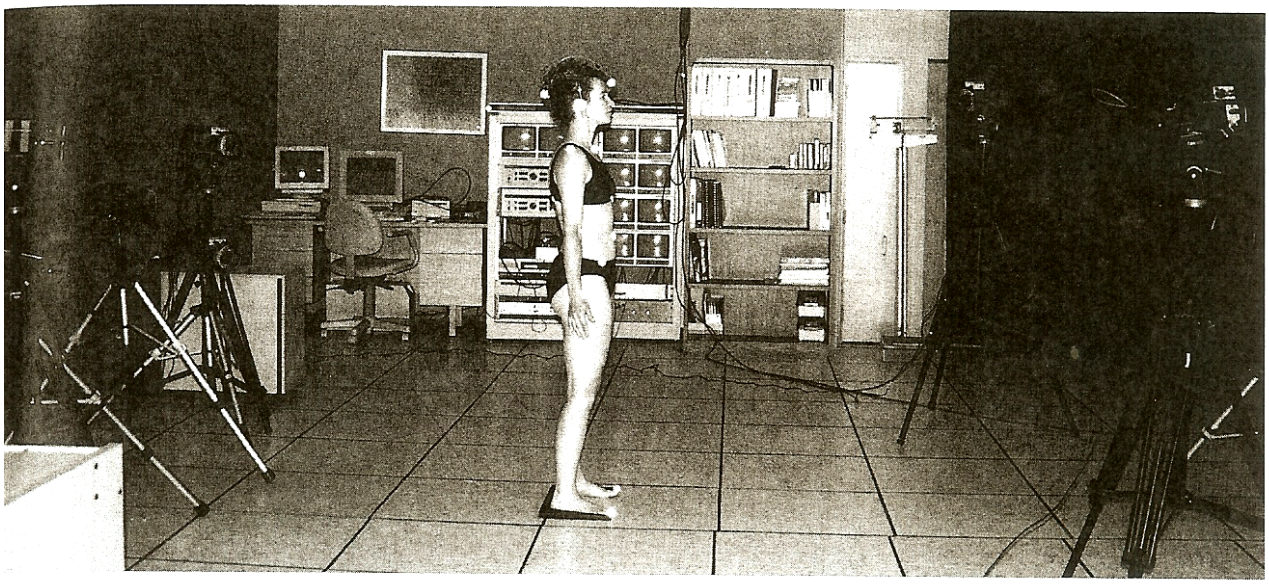

Fig. 1. – Plateau expérimental et positionnement des sujets.

Fig. 1. – Experimental set-up and subject positioning.

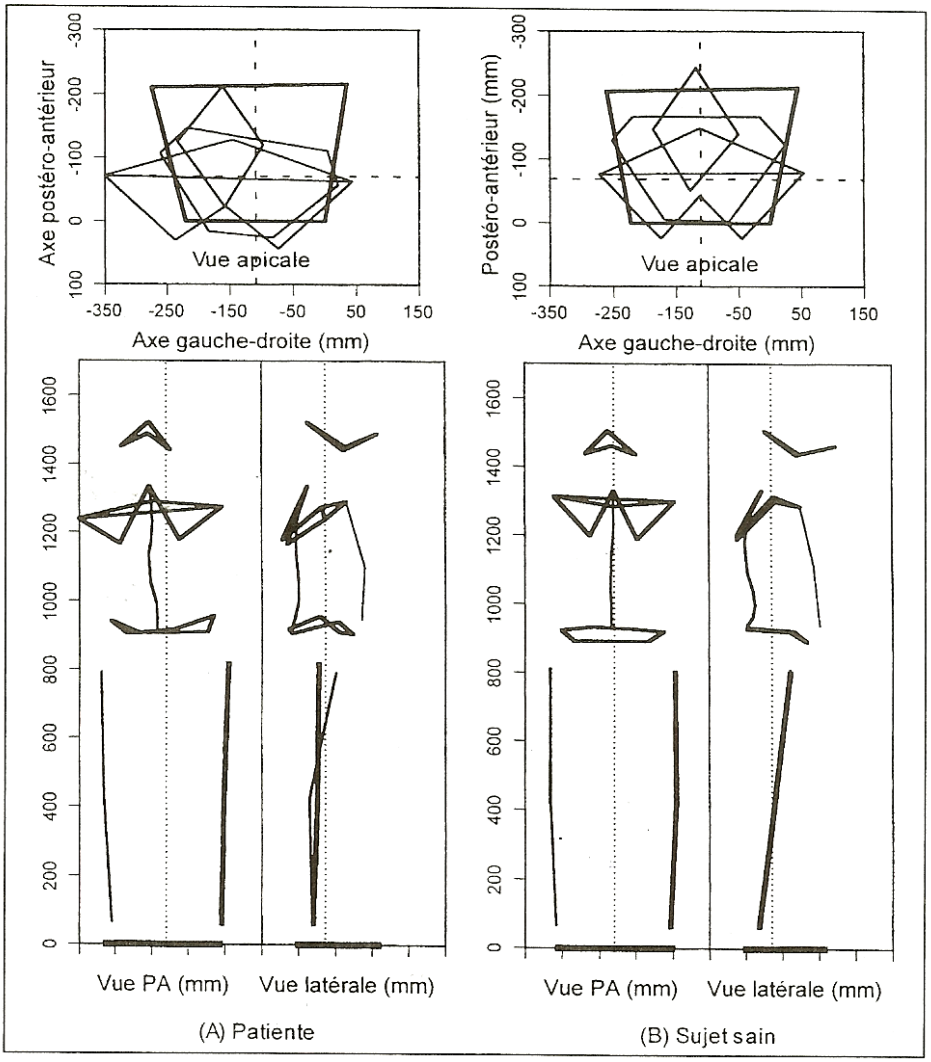

Fig. 2. – Représentation de la géométrie posturale. (A : patient ; B : sujet sain).

Fig. 2. – Postural geometry representation. (A : patient ; B : control subject).

TABLEAU I. – **Évaluation de la géométrie posturale.**

TABLE I. – Postural geometry evaluation.

	Tous les sujets			Contrôles		Patient	
	Écarts Inter-essais	Différences Inter-sessions	r_I[1]	Moyenne Relative/	Absolue	Moyenne Relative/	Absolue
Bassin							
Rotation (°)	3,3	1,2	0,83	0,8	2,6	–1,6	2,5
Bascule (°)	0,6	0,3	0,80	0,2	1,1	0,7	2,0
Version (°)	2,4	0,9	0,82	– 11,2	11,2	– 10,5	10,5
Déjet AP (mm)	17,8	8,4	0,68	18,3	19,5	11,3	19,3
Déjet ML (mm)	12,4	7,8	0,38	0,6	6,6	10,4	11,6
Hauteur (mm)	4,1	2,1	0,99	923,4		940,8	
Épaules							
Rotation (°)	3,3	1,5	0,83	0,5	2,0	1,5	3,7
Bascule (°)	1,8	1,1	0,88	– 1,5	1,9	0,0	2,5
Version (°)	3	2	0,81	– 22,8	22,8	– 22,1	22,1
Déjet. AP (mm)	19,3	9,6	0,68	41,3	41,4	33,1	33,1
Déjet. ML (mm)	13,8	6,7	0,82	5,6	10,2	11,0	19,4
Hauteur (mm)	3,9	1,7	0,99	1316,5		1353,7	
Tête							
Rotation (°)	3,9	1,7	0,63	0,6	2,8	– 0,6	2,7
Bascule (°)	2,7	1,3	0,67	– 1,8	2,6	– 1,7	2,9
Version (°)	4,6	2,6	0,61	– 2,3	6,1	2,0	7,1
Déjet. AP (mm)	19,3	9,7	0,54	33,9	34,5	24,2	24,2
Déjet. ML (mm)	15,1	6	0,74	1,4	12,7	7,7	21,0
Hauteur (mm)	8,3	4,1	0,99	1484,2		1523,4	
Tronc							
Cyphose (%)	1,2	0,4	0,93	6,4		4,5	
Lordose (%)	1,2	0,4	0,77	3,2		5,7	

1. r_I : coefficient de corrélation intra-classe.

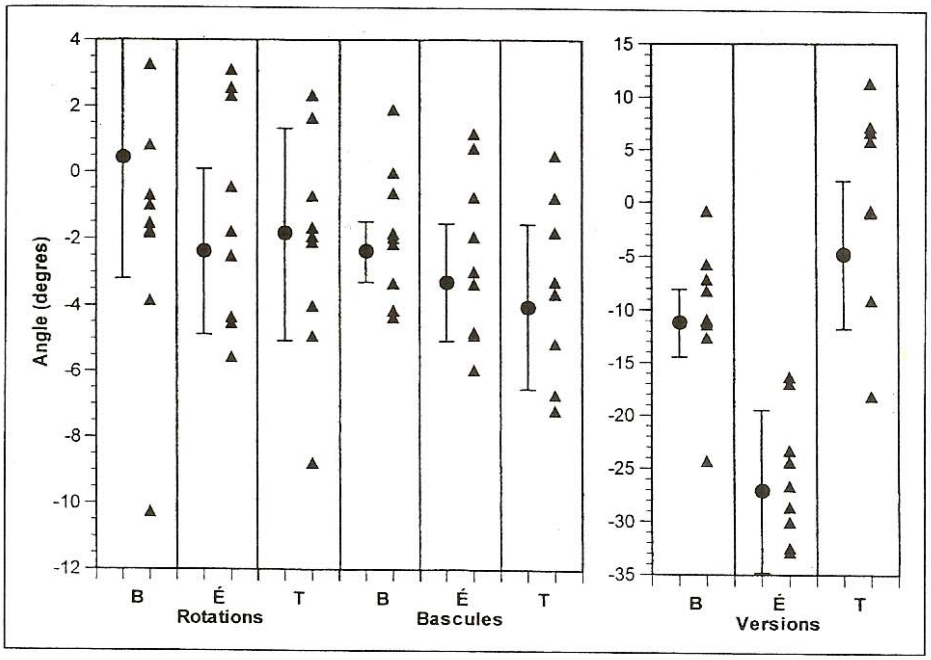

Fig. 3. – Distribution des patients scoliotiques par rapport au groupe contrôle (moyenne ± 1 écart-type) pour les paramètres d'orientation. (B : bassin ; É : épaules ; T : tête ; • moyenne des sujets contrôles ; ▲ patient).

Fig. 3. – Scoliotic patients distribution in relation with the control group (mean ± 1 standard deviation) for orientation parameters. (B : pelvis ; É : shoulders ; T : head ; • mean of the control group ; ▲ patient).

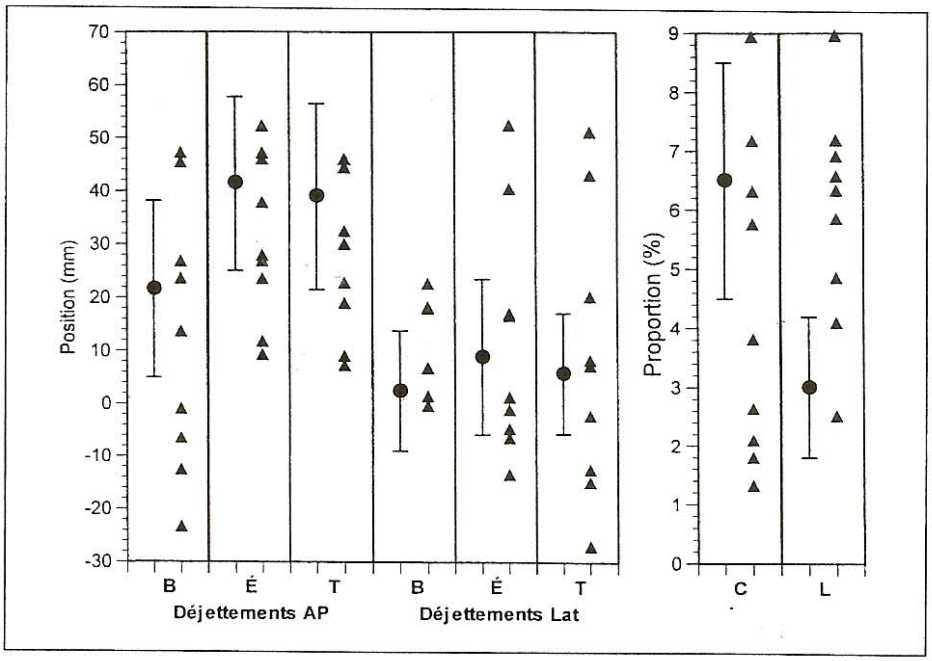

Fig. 4. – Distribution des patients scoliotiques par rapport au groupe contrôle (moyenne ± 1 écart-type) pour les paramètres de position. (B : bassin ; É : épaules ; T : tête ; C : cyphose ; L : lordose ; • moyenne des sujets contrôles ; ▲ patient).

Fig. 4. – Scoliotic patients distribution in relation with the control group (mean ± 1 standard deviation) for position parameters. (B : pelvis ; É : shoulders ; T : head ; C : kyphosis ; L : lordosis ; • mean of the control group ; ▲ (patient).

DISCUSSION

Le but de cette étude était de présenter certains paramètres posturaux et morphologiques pouvant être mesurés à partir d'une approche stéréovidéographique ainsi que d'en évaluer la fidélité inter-essais, la fidélité inter-sessions et le potentiel discriminant dans le cadre de l'évaluation de patients scoliotiques. Pour ce faire, un groupe de sujets sains et un groupe de patients furent évalués à 5 reprises au cours de deux sessions expérimentales distinctes.

La fidélité inter-essais de la méthode était représentée par l'écart entre la plus petite et la plus grande valeur calculées pour les 5 essais réalisés à l'intérieur d'une même session. Cette variable fut sélectionnée pour estimer la pertinence de l'évaluation posturale pour la situation clinique la plus simple soit, lorsqu'une seule évaluation est effectuée. Malgré la rigueur de ce critère, les résultats obtenus laissent voir une bonne reproductibilité des paramètres posturaux. Les bascules et les mesures de hauteur sont moins variables puisqu'elles sont calculées sans la coordonnée de profondeur qui est la dimension reconstruite. D'autre part, les mesures de déjettement AP apparaissent comme plus variables, en raison de l'utilisation de la dimension reconstruite mais également en raison de l'oscillation plus importante du patient dans le plan sagittal [11, 12, 13, 14]. En effet, les articulations de chaque cheville forment un axe de rotation presque unique [13, 15], ce qui défavorise la stabilisation du patient surtout s'il est jeune, donc plus instable [16, 17, 18].

La réalisation de 2 ou 3 essais est donc à conseiller afin d'obtenir une mesure plus représentative de l'état moyen du patient. Cet argument est appuyé par la comparaison des résultats obtenus pour les deux sessions qui laissent voir une variabilité de deux à trois fois moins importante. Des coefficients de corrélation intra-classe élevés jumelés à une différence moyenne inter-sessions relativement faible (0,3 à 2,6° et 1,7 à 9,7 mm) laissent voir la reproductibilité de ces résultats malgré la nécessité de détecter, de marquer et d'identifier les sites anatomiques à deux occasions. Il est cependant important de noter que la fidélité de l'approche repose en grande partie sur la standardisation des procédures, principalement en imposant une base de sustentation fixe. En effet, les pieds représentent le seul contact du patient avec le sol et la reproductibilité de ce contact permettra une meilleure reproductibilité des résultats [19].

La faible variabilité inter-essais et inter-sessions mesurée dans cette étude laisse croire à la pertinence de l'approche pour détailler les caractéristiques posturales de sujets sains et scoliotiques. Il est intéressant de noter que, malgré l'hétérogénéité du groupe de patientes scoliotiques étudiées et l'amplitude peu élevée de leurs déformations scoliotiques, il est possible de noter 4 différences significatives entre les deux groupes. Ainsi, le déjettement latéral du bassin est plus accentué chez les patients scoliotiques. Cette différence, jumelée à une tendance vers une bascule plus prononcée du bassin, semble corroborer certains résultats suggérant une relation étroite entre certaines scolioses et une inégalité des membres inférieurs vraie ou une obliquité du bassin [20, 21, 22, 23, 24]. Dans cette étude, 5 des 9 patients présentent une bascule du bassin plus prononcée, en valeur absolue, que tous les sujets sains. Les patients présentent également une rotation plus horaire du bassin qui laisse bien voir la désorientation 3D du bassin chez plusieurs patients. En effet, de par la configuration des articulations coxo-fémorales, rotation, bascule et version sont intimement liées.

Au niveau de la ceinture scapulaire, aucune différence significative ne fut relevée pour les paramètres relatifs d'orientation ou de position. Cependant les amplitudes moyennes (valeurs absolues) de la rotation observées pour la ceinture scapulaire du patient scoliotique sont plus importantes pour une majorité de patientes (6). De plus, certains patients présentent, de façon individuelle, des caractéristiques qui peuvent être considérées comme pathologiques puisque différentes par plus de deux écarts-types de la moyenne du groupe de sujets sains. Les mesures cutanées de cyphose et de lordose du groupe de patients diffèrent également de celles obtenues par l'évaluation des sujets sains. Ces résultats laissent bien voir que la scoliose est une pathologie 3D du rachis qui se reflète dans le plan sagittal [1, 2, 3].

L'évaluation de la géométrie posturale semble donc suffisamment discriminante pour souligner les caractéristiques pathologiques scoliotiques. Par contre, la diversité qu'offre la population scoliotique exige, à ce stade, une évaluation personnalisée qui semble suffisamment fidèle pour permettre le suivi du patient à intervalles réguliers.

CONCLUSIONS

Le modèle stéréovidéographique développé dans cette étude permet d'objectiver, de quantifier et d'étoffer l'examen clinique traditionnel de la scoliose. Les paramètres posturaux quantifiés lors de plusieurs essais sont similaires mais la moyenne de plusieurs essais semble plus représentative de l'état du sujet comme le laisse voir la faible variabilité inter-session. Cette approche est suffisamment sensible pour discriminer les caractéristiques pathologiques de patients présentant des scolioses à un stade sous-thérapeutique. Cette approche peut donc permettre d'étoffer la caractérisation du patient scoliotique et assister le chirurgien-orthopédiste dans ses décisions diagnostiques, pronostiques ou pour la spécification d'un traitement chirurgical ou par corset.

RÉFÉRENCES

1. GRAF H., HECQUET J., DUBOUSSET J. – Approche tridimensionnelle des déformations rachidiennes. *Rev Chir Orthop* 1983 ; *69 :* 407-416.
2. PERDRIOLLE R., VIDAL J. – Morphology of scoliosis : three-dimensional evolution. *Orthopaedics* 1987 ; *10 :* 909-915.
3. STOKES I.A.F. – Three-dimensional terminology of spinal deformity. *Spine* 1994 ; *19 :* 236-248.
4. LE BLANC R., LABELLE H., POITRAS B., RIVARD C.H., KRATZENBERG J. – 3-D evaluation of posture in normal and scoliotic adolescents. *Ann Chir* 1996 ; *50 :* 631-636.
5. BRAUN B.L. – Postural differences between asymptomatic men and women and craniofacial pain patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1991 ; *72 :* 653-656.
6. RAINE S., TWOMEY L.T. – Head and shoulder posture variations in 160 asymptomatic women and men. *Arch Phys Med Rehabil* 1997 ; *78 :* 1215-1223.
7. FERRARIO V.F., SFORZA C., TARTAGLIA G., BARBINI E., MICHIELON G. – New television technique for natural head and body posture analysis. *Cranio* 1995 ; *13 :* 247-255.
8. PETERSON D.E., BLANKENSHIP K.R., ROBB J.B. et al. – Investigation of the validity and reliability of four objective techniques for measuring forward shoulder posture. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997 ; *25 :* 34-42.
9. PASCOE D.D., PASCOE D.E., WANG Y.T., SHIM D.M., KIM C.K. – Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths. *Ergonomics* 1997 ; *40 :* 631-641.
10. VOUTSINAS S.A., MACEWEN GD. Sagittal profiles of the spine. *Clin Orthop* 1986 ; 210 : 235-242.
11. PAULUS W.M., STRAUBE A., BRANDT T. – Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain* 1984 ; *107 :* 1143-1163.
12. STRAUBE A., KRAFCZYK S., PAULUS W., BRANDT T. – Dependence of visual stabilization of postural sway on the cortical magnification factor of restricted visual fields. *Exp Brain Res* 1994 ; *99 :* 501-506.
13. WINTER D.A., PRINCE F., FRANK J.S., POWELL C., ZABJEK K.F. – Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol* 1996 ; *75 :* 2334-2343.
14. WINTER D.A., PRINCE F., STERGIOU P., POWELL C. – Medio-lateral and antero-posterior motor responses associated with centre of pressure changes in quiet standing. *Neurosci Res Commun* 1993 ; *3 :* 141-148.
15. KOLES Z.J., CASTELEIN R.D. – The relationship between body sway and foot pressure in normal man. *J Med Eng Technol* 1980 ; *4 :* 279-285.
16. SHAMBES G.M. – Static postural control in children. *Am J Phys Med* 1976 ; *55 :* 221-252.
17. ASHTON-MILLER J.A., MCGLASHEN K.M., SCHULTZ A.B. – Trunk positioning accuracy in children 7-18 years old. *J Orthop Res* 1992 ; *10 :* 217-225.
18. RIACH C.L., HAYES K.C. – Maturation of postural sway in young children. *Dev Med Child Neurol* 1987 ; *29 :* 650-658.
19. DAY B.L., STEIGER M.J., THOMPSON P.D., MARSDEN C.D. – Effect of vision and stance width on human body motion when standing : implications for afferent control of lateral sway. *Physiol (Lond)* 1993 ; *469 :* 479-499.
20. PAPAIOANNOU T., STOKES I., KENWRIGHT J. – Scoliosis associated with limb-length inequality. *J Bone Joint Surg Am* 1982 ; *64-A :* 59-62.
21. IRVIN R.E. – Reduction of lumbar scoliosis by use of a heel lift to level the sacral base. *J Am Osteopath Assoc* 1991 ; *91:* 36-44.
22. MANGANIELLO A. – Radiologic findings in idiopathic scoliosis. Etiopathogenetic interpretation. *Radiol Med (Torino)* 1987 ; *73 :* 271-276.
23. MANGANIELLO A. – Asymmetrical lower limbs. Lumbosacral changes and scoliosis. *Radiol Med (Torino)* 1985 ; *71:* 298-302.
24. MANGANIELLO A., SCAPIN F. – Lower extremity length inequality and scoliosis. Clinical and radiological study. *Radiol Med (Torino)* 1980 ; 66 : 911-914.

ARCHIVES D'ANATOMIE ET DE CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES

Rédaction : 31, bd de Latour-Maubourg, 75343 PARIS Cedex 07
Tél. : 01 40 62 64 00 – Télécopie : 01 45 55 69 20

Administration – Abonnements – Publicité : 15, rue Saint-Benoît, 75278 PARIS Cedex 06
Tél. : 01 45 48 42 60 – Télécopie : 01 45 44 81 55

ABONNEMENTS 1998
(5 numéros par an)

FRANCE : 1 570 F – Étudiant, CES : 785 F - ÉTRANGER : 1 860 FF – Étudiant : 930 FF

Les abonnements sont payables au comptant et ne sont mis en service qu'après réception du règlement.

Les chèques bancaires en provenance de l'étranger devront être adressés au compte :
Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé rib : 05.

Checks drawn on banks in countries other than France should be made payable to *account :*
Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé rib : 05.