

Zeitschrift: Physiotherapie = Fisioterapia
Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband
Band: 34 (1998)
Heft: 4

Artikel: Evaluation comparative isocinétique des muscles fléchisseurs et extenseurs du tronc de sujets sains et de lombalgiques
Autor: Kerokour, K. / Meier, J.L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-929268>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Evaluation comparative isocinétique des muscles fléchisseurs et extenseurs du tronc de sujets sains et de lombalgiques

K. Kerkour: M.C.M.K., Physiothérapeute-chef
Dr J.-L. Meier: Médecin-chef, Service de Rhumatologie, Médecine Physique et Rééducation. Hôpital Régional, 2800 Delémont

Résumé

Dans une étude prospective, randomisée et stratifiée selon l'âge et le sexe, nous avons comparé différents paramètres de la fonction musculaire isocinétique (moment maximal résistant, moyenne des moments, moment maximal résistant rapporté au poids corporel) des fléchisseurs et extenseurs du tronc de 52 sujets sains (32 hommes, 20 femmes) avec 32 sujets lombalgiques intermittents (19 hommes, 13 femmes). Nous avons utilisé un dynamomètre rotatoire de type LIDO (Loredan) avec système d'évaluation du tronc dans le plan sagittal, les mesures (5) sont réalisées en position «assis-debout» aux vitesses angulaires de 60 et 120 deg./sec.

Nos résultats ont montré que le lombalgique présente une diminution relative de force des fléchisseurs du tronc (environ 20%) mais surtout significative pour celle des extenseurs (environ 45%). Cette perte de force entraîne une modification significative du rapport fléchisseurs-extenseurs qui tend à se rapprocher de «1» comparativement à une population non lombalgique ou ce rapport est situé [0,7-0,8]. Ce déséquilibre constaté dans ce travail, et la diminution de l'endurance des muscles extenseurs du sujet lombalgique, sont certainement des éléments utiles à considérer dans la compréhension du difficile problème qu'est la lombalgie chronique.

I. Introduction

Il est impensable pour un clinicien de ne pas associer à l'examen de la mobilité d'une articula-

tion périphérique, une évaluation de la fonction musculaire. Cet élément important qu'est la quantification précise de la force, indispensable à l'évaluation diagnostic d'une pathologie articulaire périphérique est beaucoup moins évident lorsqu'il s'agit du dos. L'évaluation de la force musculaire des fléchisseurs et extenseurs du tronc du sujet «sain» (1, 5, 6, 11, 15, 17, 19, 21) ou sportif (3, 4), et du patient lombalgique a fait l'objet de nombreux travaux récents (7, 8, 13, 14, 16, 17, 18, 20) visant à mieux cerner les facteurs de risque du patient rachialgique.

Cette approche est facilitée, aujourd'hui, par l'expérience et la routine acquise dans la mesure de force en périphérie par l'appareillage isocinétique. Divers travaux (5, 8, 7, 18) montrent une corrélation entre la perte de force musculaire et la fréquence des lombalgies et, ce déficit de force et d'endurance de la musculature paravertébrale est alors régulièrement évoqué com-

me un des facteurs de risque de la lombalgie. Les muscles extenseurs du tronc (tabl. VII) possèdent une majorité de fibres du type I (50-73%); avec l'âge ce pourcentage de fibres du type I augmente. La musculature paravertébrale profonde possède un pourcentage plus élevé de fibres de type I, tandis que celle profonde a un pourcentage plus élevé de fibres de type II. Le patient lombalgique chronique semble présenter une atrophie aussi bien des fibres de type I que II, mais plus marquée sur les fibres du type IIb. Chez ces patients des anomalies des fibres musculaires du Multifidus avec: 1) une atrophie sélective des fibres musculaires de type II, et 2) une anomalie de la structure interne des fibres de type I (aspect en «core-targetoid» et en «moth-eaten»), ce type d'anomalie n'est pas spécifique car, ce remaniement peut être retrouvé lors de dénervation, avec le vieillissement, l'inactivité, ou l'ischémie chronique due à la contracture musculaire.

Les structures musculo-aponévrotiques jouent un rôle important dans le fonctionnement du rachis lombaire en participant: d'une part à la stabilité, notamment du segment mobile intervertébral, par les muscles intersegmentaires, et d'autre part à la fonction d'amortissement des contraintes par le maintien de la lordose lombaire qui agit à la façon d'un ressort flexible. Si la station debout n'exige qu'une faible activité musculaire, c'est surtout dans les mouvements de flexion antérieure (travail excentrique des extenseurs) et le redressement du tronc (travail concentrique et isométrique) que s'observent les sollicitations musculaires des chaînes antérieures et postérieures.

II. Matériel et Méthode

Etude prospective randomisée et stratifiée selon l'âge et le sexe.

Population: elle se composait de 52 sujets (32 hommes, 20 femmes) non lombalgiques (sains) et de 32 sujets (19 hommes, 13 femmes) lombalgiques (patients) dont les caractéristiques (âge, taille, poids) sont données par le tableau I.

fibres type	I	Ila	IIb
Multifidus superficiel	50,7%	25,5%	23,9%
Multifidus profond	57,4%	18,5%	24,2%
longissimus superficiel	65,2%	18,0%	16,3%
longissimus profond	73,4%	16,1%	10,5%
iliocostalis superficiel	52,4%	19,7%	27,7%
iliocostalis profond	57,7%	19,0%	22,8%

Tabl. VII: La répartition des fibres musculaires en fibre de type I, Ila, IIb se fait de façon différente entre les trois principaux groupes musculaires extenseurs du rachis lombaire.

		Age ans	Taille cm	Poids kg
Hommes	Sain (32)	41 ± 7	178 ± 5	76 ± 8
	Patient (19)	41 ± 10	175 ± 6	79 ± 10
Femmes	Sain (20)	34 ± 4	167 ± 7	58 ± 8
	Patient (13)	35 ± 11	167 ± 4	60 ± 7
Population	Sain (52)	38 ± 7	174 ± 8	69 ± 12
	Patient (32)	39 ± 10	174 ± 7	71 ± 13

Tabl. 1: Caractéristiques du collectif non lombalgique (sain) et lombalgique (patient) selon l'âge, la taille et le poids.

Les critères d'inclusion ont été:

Sujets sains:

- n'avoir jamais eu d'arrêt de travail pour lombalgie;
- être en activité;
- être en bonne santé (absence de traitement médical actuel, d'affection cardiovasculaire et de l'appareil locomoteur).

Patients:

- ne pas avoir de douleurs au moment de l'examen;
- lombalgie intermittente durant plus d'une année. Et ne pas avoir eu d'arrêt de travail depuis plus de 8 semaines;
- être en activité.

Remarque: Tous les patients sont adressés par le même médecin (Rhumatologue).

Matériel d'évaluation

Nous utilisons un dynamomètre rotatoire isocinétique, totalement informatisé, de type LIDO (LOREDAN) avec système d'évaluation du tronc dans le plan sagittal.

Méthode

Les sujets sont installés en position «assis-debout» avec un angle tronc-cuisse d'environ 150 deg., les fesses prennent appui contre le siège du LIDO. Pour une meilleure stabilisation du patient, le bassin est sanglé et les pieds sont appuyés sur la barre du socle (*fig. 1 et 2*). Les bras sont croisés sur la butée de poussée antérieure, pour éviter que le sujet puisse tirer ou pousser avec les membres supérieurs.

Le centre de rotation du dynamomètre est perpendiculaire à une droite joignant l'épine iliaque antéro-supérieure (E.I.A.S.) et l'épine iliaque postéro-supérieure E.I.P.S. (approximativement espace intervertébral L4–L5).

Nous utilisons le protocole suivant:

1. Avant chaque évaluation, le sujet est familiarisé au système isocinétique utilisé par 2 séances préalables.
2. Après installation du sujet, nous programmons l'amplitude du mouvement à effectuer soit: 60 degrés, qui se répartissent en une flexion égale à 40 deg. (*fig. 2*) et en une extension relative de «-20 deg.» (*fig. 1*). Le tronc est alors «pesé» pour obtenir une correction en fonction de la gravitation; ceci est automatiquement intégré dans les valeurs de force obtenues.

Le mouvement débute en extension totale (-20 deg.: ce qui correspond à la position neutre pour le tronc) et nous demandons au sujet de réaliser six mouvements maximaux de flexion – extension, sur mode concentrique, aux vitesses angu-

lares de 60 deg./sec. puis 120 deg./sec.; après un échauffement préalable de dix mouvements à force sous-maximale. Pour limiter la fatigue, nous observons un temps de repos de 2 mn entre l'échauffement et le test, ainsi que de 5 mn lors du changement de vitesse angulaire. Pour diminuer les erreurs liées à l'installation du patient et à la technique d'évaluation, tous les enregistrements sont effectués par le même examinateur expérimenté en isocinétique. Une stimulation verbale est donnée tout au long des mouvements. Nous n'avons retenu pour cette étude que du 2^e au 6^e essai. Tous les résultats sont fournis et analysés par le programme statistique (Normative Data-base) du logiciel du LIDO. Ce système joue ainsi le rôle de «double aveugle».

Nous avons étudié les principaux paramètres suivants (le *tableau VI* montre les principaux termes utilisés en isocinétique):

- 1) Moment maximal résistant (Peak Torque: P.T.)
- 2) Moyenne des moments (M.P.T.)
- 3) Moment maximal résistant rapporté au poids corporel (P.T. / poids corporel)
- 4) Travail total
- 5) Angle d'efficacité maximale

- *Le moment maximal résistant (MMR)* correspond au pic de la courbe enregistrée. C'est la valeur la plus souvent étudiée et utilisée, tant pour les études que pour déterminer un pourcentage de charge pour le renforcement. Il est préférable d'utiliser la moyenne des MMR qui exprime une valeur plus proche des possibilités du sujet, surtout si ce MMR est rapporté au poids corporel (Peak Torque to body weight ratio %).

- *Le travail* correspond à la surface de la courbe. Il peut être étudié pour chaque répétition ou sur l'ensemble des répétitions réalisées. Si l'on effectue un test avec 20, 30, ou 40 répétitions



Fig. 1: Installation du sujet en position de départ (extension relative de 20 deg.). Le bassin est sanglé, les bras sont croisés sur la butée de poussée. L'axe du dynamomètre passe par l'espace L4/L5.

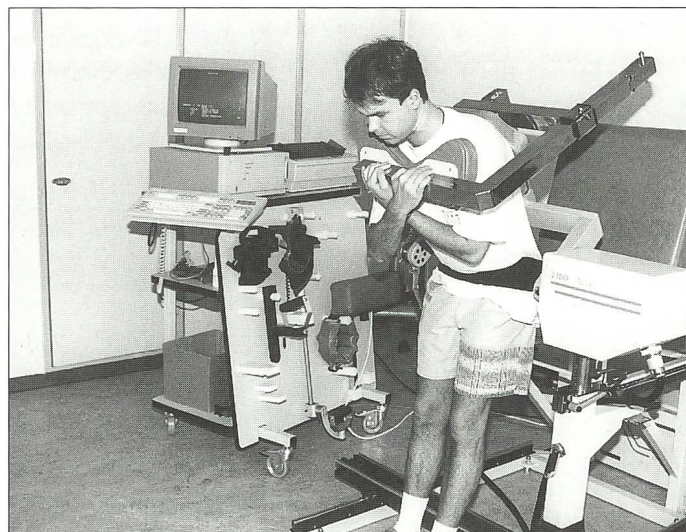


Fig. 2: Position d'arrivée en flexion relative de 40 degrés. L'amplitude totale du mouvement permise est de 60 degrés.

Anglais	Français	Unité de mesure
Peak Torque (PT)	Moment maximal résistant (MMR)	Newton-mètre (Nm)
Average PT	Moyenne des MMR	Nm
Work	Travail	Joules (J)
Power	Puissance	Watts (W)
Torque Acceleration Energy (TAE)	Moment d'inertie	
Angle Joint at PT	Valeur angulaire anatomique au MMR	Degrés d'angle
Ratio	Rapport ou ratio	%
Range of Motion	Amplitude articulaire	Degrés d'angle
Gravity Correction	Correction de la gravité	

Tabl. VI: Tableau des principaux termes utilisés en isocinétique.

maximales (en fonction des sujets à tester: sédentaires, sportifs, athlètes) c'est le meilleur indicateur de la capacité d'endurance pour un groupe musculaire donné. L'étude du travail total nécessite de toujours étudier la même amplitude articulaire. Si nous analysons le travail fourni pendant les premiers 1/6^e de seconde du mouvement (Torque Acceleration Energy: TAE), il exprime alors, la «force explosive» du muscle.

- *Angle d'efficacité maximale ou la valeur angulaire anatomique au moment maximal résistant*: représente la valeur angulaire ou le muscle développe son maximum de force. Cet angle varie en fonction de la vitesse du mouvement, du groupe musculaire étudié, de la position du sujet, de l'âge et du sport pratiqué. Il peut être perturbé en pathologie par la douleur ou le déficit de recrutement de force musculaire.

- *Ratio antagoniste/agoniste*: il étudie le rapport des MMR entre deux groupes musculaires opposés. Il peut être un élément important pour permettre la reprise du sport. Il est généralement perturbé en pathologie par le déséquilibre de force musculaire entre les deux groupes étudiés.

- *La correction de la gravité*: c'est un élément capital lors de la mesure de la force musculaire.

Le segment de membre ou le tronc est «pesé» par le dynamomètre (en décontraction totale). Ceci permet d'obtenir des valeurs fiables et reproductibles de la force musculaire. Si une erreur est faite dans la correction de la gravité, cela fausse tous les résultats et, il est alors impossible de comparer des études qui ont tenu compte de cette correction avec les autres. Il existe en plus des différences intermachines, d'où la disparité des ratios publiés et la contradiction entre certaines études qui ne comparent pas la même chose dans des conditions similaires.

III. Résultats

Les *tableaux II et III* expriment, en pourcentage, la différence de force musculaire isocinétique des Extenseurs (*tabl. II*) et des Fléchisseurs (*tabl. III*) du tronc mesurée entre les sujets sains et les lombalgiques, aux deux vitesses choisies (60 et 120 deg./sec.).

Nous avons obtenu à l'étude du

1) P.T., moyenne des P.T., du P.T./

Poids corporel des sujets:

a) *Pour les muscles Extenseurs*: que les lombalgiques avaient un déficit de recrutement de force

musculaire d'environ 40% par rapport à l'individu sain; cette diminution de force était identique pour l'homme et la femme.

b) *Pour les muscles Fléchisseurs*: que le déficit de force était moins important que pour les extenseurs, elle était d'environ 20%. Ce déficit était sensiblement le même chez l'homme et la femme; mais il était plus marqué (environ 25%) à la vitesse de 120 deg./sec.

2) Travail total:

a) *Pour les muscles Extenseurs*: à la vitesse de 60 deg./sec. que le travail fourni par les sujets lombalgiques a été d'environ 45% inférieur à celui obtenu par les sujets sains. Cette différence était sensiblement supérieure à 120 deg./sec., elle était de 50%; quelque soit le sexe.

b) *Pour les muscles Fléchisseurs*: aux deux vitesses étudiées et pour les deux sexes, la diminution du travail fourni par les lombalgiques a été d'environ 30%.

3) Rapport des moments maximal résistants de force des fléchisseurs/extenseurs aux vitesses de 60 et 120 deg./sec. (tabl. IV):

Fléchisseurs/ Extenseurs		Sain	Patient
60°/s	Hommes	0,75	1,01
	Femmes	0,73	0,93
	Population	0,74	0,98
120°/s	Hommes	0,80	1,06
	Femmes	0,82	1,07
	Population	0,81	1,06

Tabl. IV: Rapport des moments de force fléchisseurs/extenseurs aux vitesses de 60 et 120°/s.

La lombalgie a perturbé le rapport de force entre le groupe des fléchisseurs et celui des extenseurs. Chez le sujet sain aux deux vitesses choisies, ce rapport s'est situé entre [0,73 et 0,82]; par contre chez le lombalgique ce rapport était [0,93 et 1,07].

Extenseurs du tronc Diff. (%): sujets sains/lombalgiques		Peak Torque PT	Moyenne PT	PT Poids Corps	Travail total
60°/s	Hommes	39	41	40,6	45
	Femmes	36,3	38,7	37,2	41,2
	Population	39	41,1	40	44
120°/s	Hommes	39,8	43,1	41	49,2
	Femmes	38,9	39,6	39,6	48,3
	Population	40,4	43,1	41	49,5

Tabl. II: Ce tableau exprime en % la différence de force musculaire isocinétique des extenseurs du tronc (P.T., moyenne P.T., P.T./Poids corporel des sujets, travail total) entre sujets sains et lombalgiques à 60 et 120 deg./sec.

Fléchisseurs du tronc Diff. (%): sujets sains/lombalgiques		Peak Torque PT	Moyenne PT	PT Poids Corps	Trava total
60°/s	Hommes	18,2	21,1	20	29,3
	Femmes	17,8	20	19,7	28,4
	Population	18,8	21,8	20	30
120°/s	Hommes	22,35	24,7	24,2	32,6
	Femmes	20,3	23,4	23	30,8
	Population	23,35	25,4	24,5	32,9

Tabl. III: Ce tableau exprime en % la différence de force musculaire isocinétique des fléchisseurs du tronc (P.T., moyenne P.T., P.T./Poids corporel des sujets, travail total) entre sujets sains et lombalgiques à 60 et 120 deg./sec.

		Fléchisseurs		Extenseurs	
		60°/s	120°/s	60°/s	120°/s
Hommes	Sain	15,8	28,5	11,8	-8,2
	Patient	29,8	31,4	-4	-9,3
Femmes	Sain	20,3	28,8	14,1	-3
	Patient	30,2	32,1	1	-6,5
Population	Sain	17,5	26,6	12,7	-6,2
	Patient	30	31,7	-2,2	-8,2

Tabl. V: Angle d'efficacité maximale des fléchisseurs et extenseurs du tronc en fonction de la vitesse.

4) Angle d'efficacité maximale (tabl. V):

a) Pour les muscles Extenseurs: la vitesse a influencé l'angle d'efficacité maximale: si à 120 deg./sec. il y avait peu de différence entre le sujet sain et le lombalgique, par contre, à 60 deg./sec. la différence était hautement significative.

b) Pour les muscles Fléchisseurs: Chez le sujet sain la vitesse a influencé l'angle d'efficacité maximale; par contre chez le lombalgique la vitesse n'avait aucune influence.

IV. Discussion

Dans un travail précédent (11,21) nous avons montré chez des sujets sains, l'absence de corrélation éventuelle entre la force musculaire mesurée des extenseurs du tronc avec le poids, la taille ou la surface corporelle. Cette étude montre que le lombalgique présente une diminution relative de recrutement de force des fléchisseurs du tronc (environ 20%), mais surtout de celui des extenseurs (environ 45%). Ces résultats sont comparables à ceux trouvés dans la littérature. Cette diminution de force a entraîné une modification significative du rapport fléchisseurs-extenseurs qui tend à se rapprocher de «1» comparativement à des sujets sains (non-lombalgiques) ou ce rapport reste situé entre [0,7 et 0,8]. Ce déséquilibre constaté dans ce travail, et la diminution de l'endurance des muscles extenseurs chez le patient lombalgique documentée également par d'autres auteurs (8, 17, 18) sont certainement des éléments utiles à considérer dans la compréhension du difficile problème qu'est la lombalgie chronique. L'évaluation précise de l'importance du déficit, et les modifications du rapport fléchisseurs-extenseurs, permet de proposer une rééducation adaptée, basée sur un réentraînement progressif visant à améliorer la force des extenseurs du tronc et surtout leur endurance.

Ce déficit de force est également retrouvé dans l'évaluation isocinétique des rotateurs du tronc. Herlant et coll. (10) ont comparé 79 sujets lombalgiques chroniques souffrant depuis plus de six mois, avec un groupe contrôle de 27 sujets sains n'ayant jamais souffert de douleurs lombaires. Ces auteurs ont constaté un déficit autour de 30% pour les rotateurs du tronc; déficit ayant pour particularité d'exister de façon marquée dès les vitesses moyennes (60 deg./sec.).

V. CONCLUSION

Cette étude prospective, randomisée et stratifiée selon l'âge et le sexe, montre que le sujet lombalgique (intermittent), en phase non algique, présente une diminution significative de la force et de l'endurance des muscles extenseurs du tronc. Cette perte de force est moins marquée pour les fléchisseurs à l'examen comparatif avec des sujets sains. Nous constatons également un déséquilibre du rapport fléchisseurs-extenseurs

qui tend à se rapprocher de «1», ce rapport est situé entre [0,7-0,8] chez l'individu non-lombalgique. On ne peut s'empêcher de faire une analogie avec les modifications du rapport de force fléchisseurs-extenseurs du genou après chirurgie réparatrice (12).

Ces mesures nous permettent d'apporter un élément supplémentaire utile à la meilleure compréhension du mécanisme douloureux du patient lombalgique. Cette composante musculaire n'est qu'un des paramètres parmi les autres comme: l'insatisfaction au travail, la motivation, les aspects psychologiques, sociaux-familiaux dans le handicap du lombalgique. Nous préconisons une rééducation adaptée visant à améliorer, non seulement les paramètres de force, mais surtout d'endurance des muscles extenseurs du tronc de nos patients lombalgiques chroniques. Dans ce contexte, les machines isotoniques et l'électrostimulation Neuromusculaire à basse fréquence et de longue durée sont conseillées.

RÉFÉRENCES

- 1) ADDISON R., SCHULTZ A.: Trunk strength in patients hospitalized for chronic low back disorders. *Spine* 5: 5, 39-544, 1980.
- 2) ALSTON W., CARLSON K.E., FELDMANN D.J., GRIMM Z., GERONTINOS E.: A quantitative study of muscle factors in the chronic low back syndrome. *J Am Geriatr Soc.* 14: 1047, 1966.
- 3) ANDERSON E., SWARD L., THORSTENSSON A.: Trunk muscle strength in athletes. *Med. Sci. Sports*, 20, 587-593, 1988.
- 4) BENZOOR M.C., ALBERT M., GRODIN A., WOODRUFF L.D.: Isokinetic trunk muscle performance characteristics of classical ballet dancers. *JOSPT*, 15, 2: 99-105, 1992.
- 5) BIERING-SORENSEN F.: Physical measurements as risk indicators for low trouble over a one-year period. *Spine* 9: 106-118, 1984.
- 6) DELITTO A., CRANDELL C.E., ROSE S.J.: Peak torque to body weight ratios in the trunk. A critical analysis. *Phys. Ther.*: 69, 138-143, 1989.
- 7) GRABINER M.D., JEZIOROWSKI J.J., DIVEKAR A.D.: Isokinetic measurement of trunk extension and flexion performance collected with the biodex clinical data station - *Jorthop sports phys ther* 11: 590-598, juin 1990.
- 8) GREMION G., MEUNIER C., CHANTRAINE A.: Place du renforcement musculaire isocinétique dans la rééducation fonctionnelle des lombalgiques, in *Isocinétisme et médecine de rééducation*, 21: 118-123, Masson 1991.
- 9) HASUE M., FUJIWARA M., KIKUCHI S.: A new method of quantitative measurement of abdominal and back muscle strength. *Spine* 5: 143-148, 1980.
- 10) HERLANT M., VANVELCENAHER J., DELAHAYE H.: Evaluation isocinétique de la fonction musculaire du rachis dans les lombalgies chroniques. *Rev. Med. Orthop.* 28: 7-8, 1992.
- 11) KERKOUR K., TERAZZI G., MEIER J.-L.: Mesure de la force des muscles extenseurs du tronc, in *Rééducation 1991*, Expansion Scientifique Française: 56-66, Paris 1991.
- 12) KERKOUR K., MEIER J.-L.: Plasties intra et extra-articulaires combinées: répercussions sur la force, l'angle d'efficacité maximale, le rapport des fléchisseurs-extenseurs du genou, *Ann. Kinésithér.*, 9: 465-468, 1987.
- 13) LANGRANA N.A., LEE C.K., ALEXANDER H., MAYOTT C.W.: Quantitative assessment of back strength using isokinetic testing. *Spine* 9: 287-290, 1984.
- 14) MAYER T.G., VANHARANTA H., GATCHEL R., BARNES D., JUDGE L., SMITH S., MOONEY V., TERRY A.: Comparaison de CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients. *Spine* 14, 33-36, 1989.
- 15) McNEILL T., WARWICK D., ANDERSSON G., SCHULTZ A.: Trunk strengths in attempted flexion, extension, and lateral bending in healthy subjects and patients with low-back disorders. *Spine* 5: 529-538, 1980.
- 16) NACHEMSON A., LINDH M.: Measurement of abdominal and back muscle strength with and without pain. *Scand J Rehabil Med* 1: 60-65, 1969.
- 17) NORDIN M., KAHANOVITZ N., VERDERAME R., PARNIANPOUR M., YABUT S., VIOLA K., GREENIDGE N., MULVIHILL M.: Normal trunk muscle strength and endurance in women and the effect of exercises and electrical stimulation. *Spine* 12: 105-111, 1987.
- 18) PARNIANPOUR M., NORDIN M., KAHANOVITZ N., FRANKEL V.: The triaxial coupling of torque. Generation of trunk muscles during isometric exertions and the effect of fatiguing isoinertial movements on the motor output and movement patterns. *Spine*, vol. 13, 9: 982-992, 1988.
- 19) ROSE S.J., DELITTO A., CRANDELL C.E.: Reliability of isokinetic measures of trunk performance. *Spine* 7, 800-803, 1991.
- 20) SUZUKI N., ENDO S.: A quantitative study of trunk muscle strength and fatigability in the low-back-pain syndrome. *Spine* 8: 69-74, 1983.
- 21) TERAZZI G.: Mesure de la force des muscles extenseurs du tronc (M.E.T.). Thèse présentée à la faculté de médecine de l'université de Lausanne, 1990.