

# Evaluation de la balance musculaire de l'épaule incidences en rééducation

Autor(en): **Pocholle, Michel / Codine, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Physiotherapie = Fisioterapia**

Band (Jahr): **35 (1999)**

Heft 4

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-929382>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Evaluation de la balance musculaire de l'épaule incidences en rééducation

Michel Pocholle, C.S.K, Chef de Service,  
Clinique Fontfroide, F-1800 Rue de St-Priest, Montpellier Cedex 01  
Ph. Codine, Médecin Rééducateur

## Introduction

L'évaluation isocinétique des muscles de l'épaule présente plusieurs intérêts. Le principal est le calcul de la balance musculaire agonistes/antagonistes, et en particulier rotateurs internes/rotateurs externes, qui permet d'approcher le mécanisme du conflit sous-acromial et de l'instabilité antéro-postérieure et, à partir de là, de proposer des orientations thérapeutiques. Le deuxième est l'évaluation de la force concentrique et excentrique, notamment dans le cadre des tendinopathies où existe souvent un déséquilibre entre ces deux modes de contraction (1). Le troisième est l'appréciation de l'influence de la pratique sportive sur la force des différents groupes musculaires et l'orientation de l'entraînement afin de trouver un compromis entre performance et prévention des accidents tendino-musculaires et articulaires (2). Cette évaluation est cependant soumise aux conditions de test qui doivent être standardisées, tant en ce qui concerne la position et les vitesses de test que le débattement articulaire. Seule cette uniformisation des conditions de l'évaluation permettra de comparer les valeurs retrouvées, d'établir des ratios agonistes/antagonistes en fonction de l'âge, du sexe, de l'activité sportive pratiquée (2, 3, 4, 5).

## Influence de la position de test

On retrouve quatre positions de test dans la littérature:

- Debout coude au corps fléchi à 90° (6, 7, 8)

- Debout ou assis, bras en abduction de 25 à 45° (2, 9, 10)
- Debout ou assis, bras à 90° d'abduction (4, 11)
- Couché bras à 90° d'abduction (5, 12).

Il a été montré des variations de force des rotateurs de l'épaule en fonction de la position d'abduction et du positionnement de l'épaule dans le plan frontal ou dans le plan de la scapula. Greenfield et al. (13), retrouve un accroissement de la force des rotateurs externes lorsque le test est réalisé épaule à 40° d'abduction dans le plan de l'omoplate. Hinton (14), comparant la force des rotateurs dans deux positions, debout coude au corps et en décubitus dorsal avec le membre supérieur à 90° d'abduction, observe une plus grande force des rotateurs externes dans la deuxième position de test. Croisier et al. (3), note également une plus grande force des rotateurs externes lorsque le test est effectué



Fig. 1: Notre position: assis, bras en abduction à 45°, dans le plan de l'omoplate.

épaule à 90° d'abduction comparativement à la position épaule à 45° d'abduction dans le plan frontal en décubitus dorsal. La position bras à 45° d'abduction, dans le plan de l'omoplate (fig. 1), dérivée de celle de Davies (10), semble offrir la plus grande sécurité, limitant les risques de conflit sous acromial lors du test. D'autre part dans cette position les différents muscles de la coiffe sont en couse moyenne (15), les structures passives tendino-capsulo-ligamentaires sont détendues, ce qui prévient toute prétension de ces structures et ainsi toute résistance passive au mouvement qui pourrait modifier le résultat au profit d'un groupe musculaire.

## Influence de l'âge et du sexe

Dans une population sédentaire la force maximale développée par l'ensemble des muscles de l'épaule est plus importante chez les hommes que chez les femmes. Murray a démontré cette relation en mode isométrique dans une population de 40 sujets (16). En mode isocinétique, Kuhlman retrouve cette différence en fonction du sexe pour les rotateurs externes et abducteurs d'épaule (17). Ivey (4) retrouve également une supériorité de force des muscles de l'épaule chez l'homme, même lorsque celle-ci est rapportée au poids de corps.

Par contre la différence de force portant sur tous les muscles, le ratio RI/RE reste constant.

La force musculaire décroît avec l'âge, dans les deux sexes, et de façon similaire sur les différents groupes musculaires, expliquant la constance du ratio RI/RE (16, 17).

## Influence de la vitesse de test

Selon la courbe de Hill (18, 19), la force musculaire décroît lorsque la vitesse de test augmente (5, 11). Cependant cette diminution avec la vitesse est variable selon le groupe musculaire considéré.

Pour Brown (6) McMaster (7, 8) et Wilk (11) la diminution de force touche plus les rotateurs externes ce qui se traduit par une augmentation du ratio RI/RE avec la vitesse. Cependant les études citées ont porté sur des sujets jeunes et sportifs et l'influence de la pratique sportive n'est pas à exclure dans cette modification du ratio avec la vitesse.

## Influence de la pratique sportive

L'activité sportive, par le caractère stéréotypé et répétitif de certains mouvements et l'entraînement spécifique de certains groupes musculaires à la recherche de la performance, peut modifier le ratio RI/RE.

En comparant quatre groupes de sujets sédentaires et sportifs (athlètes, tennismen, baseballers), nous avons retrouvé des différences significatives des valeurs du ratio en fonction de l'activité pratiquée (20).

Les valeurs de ratio RI/RE des sédentaires et des athlètes sont comprises entre 1,3 et 1,5, alors que les tennismen ont des valeurs de 1,5 et les baseballers des ratios compris entre 1,6 et 2,2. Il semble donc que le geste du lancer au baseball qui sollicite particulièrement les rotateurs internes tant en excentrique lors de la phase de l'armer qu'en concentrique lors de la phase du lancer proprement dit, induise une prédominance des rotateurs internes sur les rotateurs externes avec déséquilibre de la balance musculaire. Cette activité importante des rotateurs internes a également été démontrée par les études électromyographiques chez les baseballers au cours du geste sportif (21, 22). Le travail des rotateurs internes est caractérisé, dans le but d'une plus grande efficacité du geste, par une contraction maximale mais aussi par une accélération importante, le geste de lancer se faisant à une vitesse de 5000 à 7000 degrés par seconde (23).

D'autre part, ce recrutement des rotateurs internes est d'autant plus important que le niveau de pratique sportive est élevé. En effet, Bradley et Tibone (24), Glousman (25) et Gowan (26) ont montré par une étude électromyographique que les professionnels recrutent plus les rotateurs internes et tout particulièrement le sous-scapulaire durant la phase d'accélération que les joueurs de niveau inférieur. Il faut cependant souligner le rôle joué par les rotateurs externes en fin de lancer. Durant cette phase, la contraction excentrique de ces muscles permet le contrôle de la décélération et le centrage de la tête humérale. Cependant la forte contraction excentrique des rotateurs externes durant le geste de lancer peut, comme l'a montré Ellenbecker (27), ne pas avoir de traduction sur la force concentrique évaluée pendant le test. Ces deux éléments peuvent expliquer le fort accroissement du ratio RI/RE chez les sportifs. Les tennismen recrutent eux aussi préférentiellement les rotateurs internes durant les gestes de service et de smash (22, 28), mais la diversité des gestes, des prises de raquette au cours de cette activité peut expliquer le moindre développement des rotateurs internes et donc, les valeurs de ratio plus basses dans ce

groupe. Leur ratio RI/RE est compris entre ceux des baseballers et ceux des deux autres groupes d'athlètes et de sédentaires, dont l'activité physique n'entraîne pas un développement particulier des rotateurs internes. Les conclusions de cette étude semblent être qu'une activité spécifique est susceptible d'entraîner une modification du ratio RI/RE.

Rouveau (29), pour sa thèse de Médecine, a étudié le rôle de la position de test et l'influence de la pratique sportive sur le développement de la force maximale des rotateurs de l'épaule et des ratio RI/RE. Dans une population de 36 sujets (13 tennismen âge moyen = 25 ans, 11 haltérophiles âge moyen = 17 ans, 12 volleyeurs âge moyen = 17 ans), des tests isocinétiques concentriques ont été effectués à 60, 180 et 300°/seconde et dans quatre positions de l'épaule: dans le plan frontal à 45 et 90° d'abduction, dans le plan de l'omoplate à 45 et 90° d'abduction. Les résultats montrent que la force développée par les rotateurs internes n'est pas influencée par la position du bras. Par contre pour les rotateurs externes, la force développée est plus importante bras dans le plan frontal à 90° d'abduction, confirmant les résultats de Croisier (3). Les ratios RI/RE ne varient pas de façon significative en fonction du positionnement dans le plan frontal ou de l'omoplate, seule la position d'abduction à 45° augmente ces ratios par diminution de la force des rotateurs externes. Les haltérophiles présentent des ratios supérieurs à 2 à 60 et 180°/seconde, bras à 45° d'abduction, confirmant l'influence de la pratique sportive spécialisée.

## Valeurs normales des ratios

### Ratio rotateurs internes/rotateurs externes

*En mode concentrique:* ce ratio est le plus souvent retenu car sa détermination est fiable dans la mesure ou le calcul de la force des rotateurs s'effectue par un mouvement simple, avec un bon alignement des axes articulaires et du dynamomètre. Cependant comme nous le détaillerons plus loin, certains éléments comme la position et la vitesse de test, l'activité spécifique pratiquée par le sujet sont susceptibles de modifier ce ratio qui n'est donc pas une constante absolue. Malgré ces restrictions on peut avancer que le rapport RI/RE se situe chez des sujets non sportifs ou sportifs non compétiteurs dans des limites variant entre 1,1 et 1,6 (3, 4, 7, 9, 12, 16) (tabl. 1). Entre ces deux limites les valeurs sont très variables (30). Chez les sportifs de haut niveau pratiquant une activité asymétrique, le développement se fait préférentiellement sur les rotateurs internes. Le ratio RI/RE augmente sensiblement pour atteindre 2,22 pour le pic de couple dans certains cas (8) (tabl. 2) ou 2,2 pour la puissance moyenne dans d'autres (20).

*En mode excentrique:* la détermination du ratio de force excentrique des rotateurs est intéressante car ces muscles fonctionnent en grande partie selon ce mode de contraction, en particulier chez le sportif. En effet les rotateurs internes sont sollicités en excentrique en fin de phase d'armer, contrôlant la stabilité antéro-postérieure de l'épaule dans la position d'abduction-rétropulsion-rotation externe. Les rotateurs externes, par leur contraction excentrique durant le mou-

Tableau 1: Valeurs du ratio concentrique RI/RE pour le pic de couple chez les sédentaires et sportifs non compétiteurs

Auteurs	Nombre de sujets	Age moyen	Position du corps	Position du bras	Vitesses de tests	Valeurs des ratio RI/RE
IVEY (1985)	18 Hommes 13 Femmes	entre 21 et 50 ans	Assis	Bras à 90° d'ABD	60 et 180°/s	1,5
OTIS (1990)	36 Hommes	25,8	Couché	Bras à 90° d'ABD	48°/s	1,56
WARNER (1990)	15 Hommes	27	Assis	Plan de l'omoplate	90 et 180°/s	1,3 à 1,4 à 90°/s 1,1 à 1,2 à 180°/s
GREENFIELD (1990)	14 Femmes 6 Hommes	16 à 32 ans	Debout	Bras à 45° ABD	60°/s	1,1
McMASTER (1992)	10 Hommes 10 Femmes	22,5	Debout	Bras au corps	30 et 180°/s	1) Hommes 1,35 à 30°/s 1,53 à 180°/s 2) Femmes 1,35 à 30°/s 1,35 à 180°/s
CROISIER (1993)	10 Hommes	22,1	Assis	1) ABD à 90° 2) ABD à 45°	60 à 400°/s	1) 0,90 à 0,95 2) 1,21 à 1,29

Tableau 2 : Valeurs du ratio concentrique RI/RE pour le pic de couple chez les sujets sportifs compétiteurs

Auteurs	Nombre de sujets	Age moyen	Sport	Position du corps	Position du bras	Vitesses de tests	Valeurs des ratio RI/RE
<b>ALDERINK</b> (1986)	24 Hommes	14-21 ans	Base-ball	Couché	Bras à 90° d'ABD	90°/s 120°/s 210°/s 300°/s	1,48 1,48 1,40 1,43
<b>BROWN</b> (1988)	41 Hommes	27,02	Base-ball	Debout	Coude au corps	180°/s 240°/s 300°/s	1,43 1,53 1,54
<b>HINTON</b> (1988)	26 Hommes	15-18 ans	Base-ball	Debout	Coude au corps	90°/s 240°/s	1,6 1,79
<b>McMASTER</b> (1991)	15 Hommes	26	Water-polo	Debout	Coude au corps	30°/s 180°/s	1,63 1,81
<b>McMASTER</b> (1992)	14 Hommes 13 Femmes	20 18,5	Natation	Debout	Coude au corps	30°/s 180°/s	1) Hommes 1,88 à 30°/s 2,22 à 180°/s 2) Femmes 1,58 à 30°/s 1,58 à 180°/s
<b>WILK</b> (1993)	150 Hommes	18 à 32 ans	Base-ball	Assis	Bras à 90° ABD	180°/s 300°/s	1,55 1,65
<b>MIKESKI</b> (1995)	25 Hommes	19,9	Base-ball	Assis	Bras à 90° ABD	1,6 Rad/s 3,7 Rad/s 5,2 Rad/s	1,59 1,56 1,58
<b>RUPP</b> (1995)	10 Hommes 12 Femmes	14 à 26 ans	Nageurs	Couché	Bras à 90°	60°/s 180°/s	1,31 à 1,46 1,24 à 1,31
<b>SIROTA</b> (1997)	25 Hommes	23,5	Base-ball	Assis	Bras à 90° ABD	60°/s 120°/s	1,06 1,08
<b>CODINE</b> (1997)	39 Hommes	22,7 à 25,7 ans	12 Coureurs 15 Tennismen 12 Base-ball	Assis	Bras à 45° ABD Plan omoplate	60°/s 180°/s 300°/s	Coureurs: 1,28 à 1,32 Tennismen: 1,5 Base-ball: 1,69 à 1,81
<b>ROUVEROUX</b> (1997)	30 Hommes 6 Femmes	25 et 17	13 Tennismen 11 Halterop. 12 Volleyeurs	Assis	Plan omoplate = 45 et 90° Abd Plan frontal = 45 et 90° Abd	60°/s 180°/s 300°/s	1,13 à 2,13 1,33 à 2 1,74 à 1,82

vement d'adduction-flexion-rotation interne (lancer, smash, natation...) assurent le centrage de la tête humérale.

Peu d'études ont été consacrées à la détermination de la force excentrique des rotateurs d'épaule (27, 30, 32, 35, 36, 37), vraisemblablement en raison des doutes existant sur la fiabilité de cette évaluation (36, 38, 39). En effet si la reproductibilité des mesures pour un même dynamomètre semble acceptable (40), il existe par contre des différences de valeurs entre les différents appareils utilisés, qui rend les comparaisons inter-études impossibles (38, 39).

Il est donc essentiel, pour analyser les valeurs publiées dans la littérature, de parfaitement connaître le dynamomètre utilisé mais aussi la position et les vitesses de test, les caractéristiques de la population étudiée.

La force excentrique des rotateurs est plus élevée que la force concentrique, de 14% pour Mikesky (35), 10 à 30% pour Sirota (37), selon la vitesse de test, la différence étant plus marquée à vitesse rapide.

Le ratio RI/RE déterminé à partir de la force excentrique se situe entre 1,10 et 1,72 (35, 37), Bak, chez huit nageurs compétiteurs exempts de toute pathologie d'épaule, retrouve un ratio RI/RE de 1,51 (41) (tabl. 3). Pour Sirota (37) et Mikesky (35) si la force excentrique des rotateurs est supérieure à la force concentrique, il n'existe par contre pas de différence significative entre les ratios concentrique et excentrique.

#### Ratio abducteurs/adducteurs

Il a été moins étudié et semble moins fiable en fonction des compensations possibles. L'influen-

ce de la pratique paraît ici aussi importante. Pour Ivey (4) chez des sujets non sportifs le ratio ABD/ADD est de 0,5. Pour Mc Master (7) chez des sujets non sportifs ce ratio est de 0,65 à 30°/seconde et 0,58 à 180°/seconde, diminuant chez des joueurs de Water-polo à 0,55 à 30°/seconde et 0,48 à 180°/seconde par accroissement de la force des adducteurs. On ne retrouve pas de modification du ratio entre les deux cotés dominant et non dominant. Pour Alderink (5), étudiant pourtant des sportifs à activité asymétrique (Base-ball), le ratio n'est pas significativement différent entre les deux cotés (coté dominant: 0,54, non dominant: 0,57).

Pour Gremion (31), la ratio ABD-EXT-RE/ADD-FLEXION-RI est de 0,83 chez l'homme, 0,67 chez la femme à 60°/seconde. La complexité du geste, malgré son indiscutable coté fonctionnel, le

Tableau 3: Valeurs du ratio excentrique RI/RE pour le pic de couple chez les sujets sportifs compétiteurs ou non

Auteurs	Nombre de sujets	Age moyen	Sport	Position du corps	Position du bras	Vitesses de tests	Valeurs des ratio RI/RE
HAGEMAN (1989)	9 Hommes 10 Femmes	21-33	Sportifs Loisirs	Assis	2 positions Bras à 45° ABD et 45° FLEX	60°/s 180°/s	H = 45° FLEX: 1,82 et 1,62 45° ABD: 1,6 et 1,61 F = 45° FLEX: 1,63 et 1,6 45° ABD: 1,6 et 1,43
MAYER (1994)	32 Hommes 19 Femmes	F = 24,2 H = 25,7	Sportifs Loisirs	?	?	60°/s 120°/s 180°/s 240°/s	H = 1,53; 1,57; 1,58; 1,53 F = 1,39; 1,28; 1,5; 1,26
MIKESKI (1995)	25 Hommes	19,9	Base-ball	Assis	Bras à 90° ABD	1,6 Rad/s 3,7 Rad/s 5,2 Rad/s	1,49 1,57 1,72
SIROTA (1997)	25 Hommes	23,5	Base-ball	Assis	Bras à 90° ABD	60°/s 120°/s	1,10 1,10
BAK (1997)	5 Hommes 3 Femmes	19	Nageurs	Assis	80° ABD 20° Flexion	30°/s	1,51
SCOVILLE (1997)	75 Hommes	19,7	Multisports	Assis	Bras à 90° ABD	90°/s	1,32

nombre de muscles mis en jeu rendent difficile la reproductibilité de telles études. L'intérêt est essentiellement de comparer, chez un même sujet, les deux cotés lors d'une pathologie unilatérale de l'épaule.

#### Le rapport excentrique/concentrique

Rapport de la force musculaire développée en mode excentrique sur la force musculaire développée en mode concentrique pour un même muscle ou groupe musculaire. Il a été peu étudié (32). Pourtant il peut être intéressant à déterminer, en particulier chez les sportifs, où il fournit des renseignements utiles sur le mode de contraction habituel des différents groupes musculaires et sur la pathogénie des accidents tendino-musculaires (1, 33). Pour Kennedy (34) le rapport excentrique/concentrique, chez des joueurs de tennis, est pour les rotateurs externes de 1,46 du côté dominant et 1,19 du côté non dominant. Ceci peut être interprété comme le reflet de l'importance de la contraction excentrique de rotateurs externes dans le contrôle du mouvement lors du coup droit, du service et du smash. Ces résultats corroborent ceux de Calmels (33) qui note dans une population d'enfants (9-14 ans) une prédominance du mode excentrique pour les rotateurs externes et du mode concentrique pour les rotateurs internes. Il semble que la pratique sportive influence ce ratio d'une façon qui reste à démontrer formellement. Ellenbecker (27) chez des joueurs de tennis, a retrouvé des ratios Excentrique/Concentrique de

1,46 à 60°/seconde à 1,8 à 210°/seconde pour les rotateurs internes et de 1,58 à 60°/seconde à 1,71 à 210°/seconde pour les rotateurs externes. Après entraînement isocinétique concentrique ou excentrique, le ratio diminue tant pour les rotateurs internes (1,22 à 1,43) que pour les rotateurs externes (1,25 à 1,56).

De la même façon Mikesky (35) retrouve chez des pitchers des ratios de 0,96 à 1,31 pour les rotateurs internes et de 1,06 à 1,14 pour les rotateurs externes, ce qui correspond à des valeurs relativement basses, surtout pour les rotateurs externes, chez des sujets entraînés.

#### Variations du ratio dans l'instabilité et le conflit sous-acromial

Quelques études ont montré, dans l'instabilité et le conflit sous acromial, des variations du ratio RI/RE.

*Dans l'instabilité:* les différents travaux publiés sont concordants et objectivent une diminution des rotateurs internes avec pour corollaire une baisse du ratio RI/RE qui tend vers 1 (9, 31, 43, 44). La diminution de force des rotateurs internes pourrait expliquer l'instabilité antérieure de l'épaule, ces muscles voyant leur rôle de sangle active antérieure diminué (25, 45). En fonction de ces données il semble licite de proposer dans les cas d'instabilité antérieure de l'épaule un renforcement préférentiel des rotateurs internes (31, 43, 46, 47).

*Dans le conflit sous acromial:* quatre études se sont intéressées au ratio RI/RE (9, 41, 42, 48). Leurs résultats sont contradictoires. Rupp (41), chez des nageurs de compétition, ne retrouve pas de différences de ratio RI/RE entre les sujets indemnes de toute pathologie d'épaule et ceux ayant des douleurs de conflit et un signe clinique de ce conflit (signe de Hawkins positif). Warner (9) a noté une augmentation du ratio RI/RE tendant vers 2, alors que Codine (48) a noté au contraire une diminution du ratio tendant vers 1. De même Bak (42) retrouve, chez des nageurs compétiteurs atteints d'un conflit sous acromial, un ratio RI/RE diminué de manière significative du côté atteint par rapport au côté sain et à un groupe contrôle indemne de toute pathologie. Cette dernière étude viendrait confirmer les conclusions de Codine et montrer que le déséquilibre de la balance musculaire, en cas de conflit sous acromial, s'observe par diminution préférentielle de la force des rotateurs internes, se rapprochant du déséquilibre observé en cas d'instabilité antéro-postérieure. Les différences observées dans ces trois études peuvent s'expliquer par les positions de test différentes, les caractéristiques des populations, les sujets de Rupp, Warner et Bak sont jeunes et sportifs, ceux de Codine plus âgés et non sportifs.

D'autre part les variations du ratio constatées dans le conflit sous acromial sont peut-être en rapport avec une inhibition douloureuse prédominante sur un groupe musculaire. Ben-Yishay (49) a en effet montré chez 14 sujets souffrant de

conflit une différence significative de la force des abducteurs et des adducteurs évalués en isocinétique avant et après infiltration sous acromiale de lidocaïne. Ces muscles, après infiltration, ayant leur force augmentée de façon importante (+82% pour le pic de couple des ab-

ducteurs et +208% pour le pic de couple des adducteurs).

D'autres études sont nécessaires pour préciser les variations réelles du ratio RI/RE dans le conflit sous acromial, en adoptant une position de test la moins contraignante pour la coiffe, en

s'intéressant à des populations homogènes aux caractéristiques définies et éventuellement en évaluant la force musculaire avant et après infiltration pour éliminer l'élément douloureux responsable d'une modification de la force produite par les muscles.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1) MIDDLETON P., TROUVE P., PUIG P.: Etude critique des rapports agonistes-antagonistes concentriques chez le sportif. In «Actualités en Rééducation Fonctionnelle» 1994. Simon L. Paris: Masson, 18-21.
- 2) POCHOLLE M., BERNARD P.L., CODINE P., BRUN V.: Influence de la pratique sportive sur la balance musculaire des rotateurs de l'épaule. Ann Kinésithér 1996. 23, 201-7.
- 3) CROISIER J. L., MOMMER R., LHERMEROUT C., CRIELAARD J. M.: Bilan isocinétique des rotateurs internes et externes d'épaule: importance du positionnement articulaire. In «Pathologie de la Coiffe des Rotateurs de l'épaule» 1993. Simon L. Paris: Masson, 577-85.
- 4) IVEY F. M., CALHOUN J. H., RUSCHE K., BERSCHENK J.: Isokinetic testing of shoulder strength normal values. Arch Phys Med Rehab 1985. 66, 384-6.
- 5) ALDERINK G. J., KUCK D. J.: Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. J Orthop Sports Phys Ther 1986. 7, 163-72.
- 6) BROWN I. P. and al.: Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. Am J Sports Med 1988. 16, 577-85.
- 7) McMASTER W. C., LONG S. C., CAIOZZO V. J.: Isokinetic torque imbalances in rotator cuff of elite water polo players. Am J Sports Med 1991. 19, 72-5.
- 8) McMASTER W. C., LONG S. C., CAIOZZO V. J.: Torque changes in swimming athletes. Am J Sports Med 1992. 20, 323-7.
- 9) WARNER J. P. and al.: Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders with instability and impingement. Am J Sports Med 1990. 18, 366-75.
- 10) DAVIES G. J.: A compendium of isokinetics in clinical usage. 4e Ed. S and S publishers, Wisconsin, 1992.
- 11) WILK K. E., ANDREWS J. R. and al.: The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. Am J Sports Med 1993. 21, 61-6.
- 12) OTIS J. C., WARREN R. F. and al.: Torque production in the shoulder of normal young adult male. Am J Sports Med 1990. 18, 119-24.
- 13) GREENFIELD B. H., DONATELLI R. and al.: Isokinetic evaluation of the shoulder rotational strength between the plane of the scapula and the frontal plane. Am J Sports Med 1990. 18, 124-7.
- 14) HINTON R. Y.: Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. Am J Sports Med 1988. 16, 274-9.
- 15) ZUCKERMAN J. D., LEBLANC J. M., CHOUKA J., KUMMER F.: The effect of arm position and capsular release on rotator cuff repair. J Bone Joint Surg 1991. 73, 402-5.
- 16) MURRAY M. P., GORE D. R. and al.: Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in two age groups. Clin Orthop Rel Res 1985. 192, 268-73.
- 17) KULHMAN J. R., IANNOTTI J. P. and al.: Isokinetic and isometric measurement of strength of external rotation and abduction of the shoulder. J Bone Joint Surg 1992. 74-A, 1320-31.
- 18) KOMI P. V.: Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. Ex. Sports Sciences Rew. 1984. 81.
- 19) HILL A. V.: The heat of shortening and dynamic constants of muscle. Proc. R. Soc. Ser. 1938. 125-36.
- 20) CODINE P., BERNARD P.L., POCHOLLE M. and al.: Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. Med. Science Sports Ex. 1997. 29, 1-6.
- 21) JOBE F. W., MOYNES J. E. and al.: An EMG analysis of the shoulder in pitching: a second report. Am. J. Sports Med. 1984. 12, 218-20.
- 22) PERRY J.: Anatomy and biomechanics of the shoulder in throwing, swimming, gymnastics, and tennis. Clin. Sports Med. 1983. 2, 247-70.
- 23) DILLMAN C. J., FLEISIG S. L. and al.: Biomechanics of the shoulder in sports: throwing activities. Forum Medicus 1991. I-IV.
- 24) BRADLEY J. P., TIBONE J. E.: Electromyographic analysis of muscle action about the shoulder. Clin. Sports Med. 1991. 10, 789-804.
- 25) GLOUSMAN R. E., BARRON F. W. and al.: An electromyographic analysis of the elbow in normal and injured pitchers with medial collateral ligament insufficiency. Am. J. Sports Med. 1992. 20, 311-7.
- 26) GOWAN I. D., JOBE J. W. and al.: A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching. Am. J. Sports Med. 1987. 15, 586-90.
- 27) ELLENBECKER T. S., DAVIES J. G., ROWINSKI M. J.: Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff. Am. J. Sports Med. 1988. 16, 64-9.
- 28) MOYNES D. R., PERRY J. and al.: Electromyography and motion analysis of the upper extremity in sports. Phys. Ther. 1986. 66, 1905-11.
- 29) ROUVEROUX P.: Evaluation isocinétique de l'épaule du sportif. Thèse Médecine Montpellier 1997.
- 30) VOISIN PH., WEISSLAND T. and al.: Revue critique de l'évaluation isocinétique de l'épaule. A paraître In «Isocinétisme de l'épaule» 1998. Ph. Codine, M. Genty. Masson: Paris.
- 31) GREMION G., MORA C. and al.: Isocinétisme et rééducation de l'épaule instable multidirectionnelle non opérée. In «Isocinétisme et médecine de rééducation» 1991. Masson: Paris, 50-4.
- 32) HAGEMAN P. A., MASON D. K. and al.: Effects of position and speed on eccentric and concentric isokinetic testing of the shoulder rotators. J. Orthop. Phys. Ther. 1989. 11, 64-9.
- 33) CALMELS P., CHARMET Y. and al.: Analyse isocinétique de l'épaule auprès d'une population de 36 enfants âgés de 9 à 14 ans. Rôle de la pratique du tennis. A paraître in «Isocinétisme de l'épaule» 1998. Ph. Codine, M. Genty. Masson: Paris.
- 34) KENNEDY K., ALTCHER D. W., GLICKI. V.: Concentric and eccentric isokinetic rotator cuff ratios in skilled tennis players. Isokinetics and Exercise Science 1993. 3, 155-9.
- 35) MIKESKY A. E., EDWARDS J. E. and al.: Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers. Am. J. Sports Med. 1995. 23, 638-42.
- 36) MAYER F., HORTSMANN T. and al.: Reproducibility of isokinetic peak torque in the shoulder joint. Inter. J. Sports Med. 1994. 15, 26-31.
- 37) SIROTA S. C., MALANGA G. A. and al.: An eccentric and concentric strength profile of shoulder external and internal rotator muscles in professional baseball pitchers. Am. J. Sports Med. 1997. 25, 59-63.
- 38) MALERBA J. L., ADAM M. L. and al.: Reliability of dynamic and isometric testing of shoulder external and internal rotators. J. O. S. P. T. 1993. 18, 543-52.
- 39) KIMURA I. F., GULICK D. T. and al.: Reliability of peak torque values for concentric and eccentric shoulder internal and external rotation on the Biodex, Kinetic communicator and Lido dynamometers. Isokinetics Exerc. Sci. 1996. 6, 95-9.
- 40) FRISIELLO S., GAZAILLE A. and al.: Test retest reliability of eccentric peak torque values for shoulder medial and lateral rotation using Biodex isokinetic dynamometer. J. O. S. P. T. 1994. 19, 341-4.
- 41) RUPP S., BERNINGER K., HOPF T.: Shoulder problems in high level swimmers. Impingement, anterior instability, muscular imbalance? Int. J. Sports Med. 1995. 16, 557-62.
- 42) BAK K., MAGNUSSON S. P.: Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. Am. J. Sports Med. 1997. 25, 454-8.
- 43) SABOURIN F., RODINEAU J.: Résultats de tests isocinétiques dans l'épaule instable non opérée. In «Isocinétisme et Médecine de Rééducation» 1991. Paris: Masson, 45-9.
- 44) SABOURIN F.: Intérêt de l'isocinétisme dans l'épaule instable. In «Rééducation» 1992. Exp. Scient. Française Ed. Paris, 111-5.
- 45) SAHA A. K.: Dynamic stability of the gleno-humeral joint. Acta. Orthop. Scand. 1971. 42, 491-505.
- 46) POCHOLLE M., CODINE P. and al.: Rééducation des instabilités des épaules opérées et non opérées. Ann. Kinésithér. 1991. 18, 125-35.
- 47) POCHOLLE M., CODINE P. and al.: Evaluation isocinétique de la balance musculaire de l'épaule et du genou, incidences en rééducation. In «IV congrès Transpyrénéen de Rééducation» 1997. Bilbao, 30.
- 48) CODINE P., POCHOLLE M. and al.: Apport de l'isocinétisme dans le bilan du conflit sous acromial. In «Pathologie de la coiffe des rotateurs» 1993. Paris: Masson, 148-54.
- 49) BEN-YISHAY A., ZUCKERMAN J. D. and al.: Pain inhibition of shoulder strength in patients with impingement syndrome. Orthopedics 1994. 17, 685-8.