Ann Réadaptation Méd Phys 2001 ; 44 : 581-90
© 2001 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés
S0168605401001581/FLA

Article original

Influence de l'âge et de l'activité sportive sur le profil isocinétique des muscles quadriceps et ischio-jambiers de jeunes sportifs gymnastes et footballeurs

M. Amato[1]*, F. Lemoine[2], J. Gonzales[2], C. Schmidt[3], P. Afriat[3], P.L. Bernard[1]

[1]Laboratoire « Structure et Fonction du Muscle », UFR STAPS, 261, route de Grenoble, 06205 Nice cedex 3, France ; [2]centre Hélio-Marin, Voie Julia, 06223 Vallauris, France ; [3]centre régional de biologie et médecine du sport, 155, route de Grenoble, 06205 Nice, France

RÉSUMÉ

OBJECTIF : Notre travail consiste à vérifier l'influence de l'âge et du sport pratiqué sur le profil musculaire isocinétique du genou d'adolescents.

POPULATION ET MÉTHODE : Les sportifs réalisent une évaluation bilatérale de flexion et d'extension du genou sur machine isocinétique aux deux vitesses 60 et 180°.s^{-1} en mode concentrique. Le pic de couple, la puissance moyenne et le ratio ischio-jambiers/quadriceps sont les paramètres isocinétiques retenus. Les tests sont effectués sur 38 footballeurs âgés de16,6 ans (± 1,4) et 22 gymnastes âgés de 18 ans (± 2,8). Ces sportifs sont divisés en trois groupes :15 ans, 17 ans et 20 ans.

RÉSULTATS : Les footballeurs présentent des valeurs isocinétiques significativement supérieures ($p < 0{,}0001$) aux gymnastes. Les footballeurs les plus âgés présentent des valeurs isocinétiques significativement plus élevées ($0{,}005 < p < 0{,}05$) pour les ischio-jambiers comparativement aux plus jeunes. Les gymnastes les plus âgés présentent des valeurs isocinétiques significativement plus élevées ($0{,}005 < p < 0{,}05$) pour les quadriceps comparativement aux plus jeunes. Les membres dominants et non dominants des footballeurs ne présentent aucune différence significative.

CONCLUSION : Pour notre population, la maturation musculaire améliore les valeurs de force absolu des sportifs les plus âgés comparativement aux plus jeunes. La pratique du football favorise davantage la force absolue des membres inférieurs comparativement à la gymnastique.
© 2001 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

football / genou / gymnastique / isocinétisme / jeunes sportifs

ABSTRACT

Influence of age and physical activity on isokinetic characteristics of hamstring and quadriceps muscles of gymnasts and soccer young players.

OBJECTIVE: The aim of this work is the assessment of age and sport influences on the isokinetic knee muscle characteristics.

SUBJECTS AND METHOD: Subjects performed a bilateral knee flexion/extension test on an isokinetic device at 60 and 180°.s^{-1} speed in concentric mode. The three parameters studied in this work were the Peak Torque, Average Power and hamstring/quadriceps ratio. Thirty-eight soccer players (16,6 [± 1.4] years old) and 22 gymnasts (18 [± 2.8] years old) were tested. The population was separated into three groups : 15 years old, 17 years old, 20 years old.

RESULTS: The isokinetic values of soccer players were significantly higher ($p < 0.0001$) than those of the the gymnasts. The isokinetic values of the oldest soccer players were significantly higher ($0.005 < p < 0.05$) for hamstrings than those of the younger soccer players. The isokinetic values of the oldest gymnasts were significantly higher ($0.005 < p < 0.05$) for the quadriceps than those of the younger gymnasts. There were no significant differences between dominant and non dominant limbs in soccer players.

Reçu le 3 avril 2001 ; accepté le 6 juin 2001.
**Correspondance et tirés à part.*
Adresse e-mail : maxamato@ifrance.com (M. Amato).

CONCLUSION: In the present study, the muscular maturation improves the absolute strength of the older sportsmen in comparison to the younger. Soccer favor most the *absolute* strength of the inferior member in comparison to the gymnastics. © 2001 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

gymnastics / isokinetic / knee / soccer / young athletes

Les contraintes mécaniques et physiologiques liées à la pratique sportive sont nombreuses et provoquent des adaptations allant du développement des qualités contractiles au surmenage et aux pathologies [1, 13, 18, 26, 31, 34, 44]. Notre intérêt se porte sur les adaptations musculaires du genou de sportifs gymnastes et footballeurs. À long terme, l'étude longitudinale de l'influence de l'âge et d'une pratique sportive sur les caractéristiques de mobilité articulaire et de capacités musculaires isocinétiques des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou constitue notre objectif principal auquel s'associera l'observation des relations existant entre le développement de ces caractéristiques fonctionnelles et la survenue de signes cliniques de surentraînement. Lors de la croissance, un certain nombre de troubles musculo-articulaires se concentrent autour de l'articulation du genou [4, 28, 43]. La pratique sportive se surajoute aux contraintes existantes et imposent chez ces populations une évaluation régulière des adaptations visant à prévenir les désordres fonctionnels potentiels.

Dans l'attente de l'analyse longitudinale, cet article présente les résultats d'une étude transversale portant sur l'influence de l'âge et de l'activité sportive sur le profil isocinétique des muscles quadriceps et ischio-jambiers de gymnastes et de footballeurs. La méthode isocinétique, que nous utilisons, décrite pour la première fois par Hislop et Perrine [19] a été validé dans la littérature [12, 33]. Le potentiel musculaire évoluant avec l'âge [3, 5, 15, 32, 36, 41], il est intéressant de quantifier ces adaptations et de définir, à classe d'âge égale, l'influence d'une pratique sportive. Si de nombreuses études ont évalué les capacités musculaires de footballeurs [6, 9, 16, 23, 35], très peu se sont intéressées aux gymnastes mâles [11, 40] ou à la comparaison de ces deux types de populations. Le football sollicite intensément les membres inférieurs [8, 10, 48]. Cela nécessite de prévenir les risques de surmenage [18]. En ce qui concerne la gymnastique, ces membres sont l'objet de sollicitations moins fréquentes mais d'intensité aussi importantes voire supérieures dans certaines situations de réception au sol ou aux agrès [20, 31, 39].

Une population de 60 sportifs répartie en deux groupes de gymnastes et de footballeurs a participé à une évaluation bilatérale des muscles du genou à deux vitesses de travail. Ces évaluations visent à vérifier les trois hypothèses suivantes :

– les footballeurs développent des valeurs de pic de couple (PC), de puissance moyenne (PM) et de ratios ischio-jambiers/quadriceps (IJ/Q) de PC et de PM, significativement supérieurs aux valeurs des gymnastes ;

– dans une même discipline sportive, les sujets les plus âgés, développent des valeurs de PC, de PM et de ratio IJ/Q de PC et de PM, significativement supérieurs aux valeurs des sujets les plus jeunes ;

– le football influence le développement musculaire d'un membre. Ceci se traduit par des valeurs de PC, de PM et de ratio IJ/Q de PC et de PM, significativement supérieurs d'un membre par rapport à l'autre.

MÉTHODE

Population

Notre population de 60 sportifs est réparties en deux groupes. Le premier est représenté par 38 footballeurs d'un âge moyen de 16,6 ans (± 1,4) et membres du centre de formation de l'Olympique Gymnaste Club de Nice. Le deuxième groupe comporte 22 gymnastes d'un âge moyen de 18 ans (± 2,8) membres du Pôle France de Gymnastique d'Antibes. Dans chacune des deux disciplines sportives, nous avons constitué trois sous-groupes en fonction de l'âge moyen et respectivement nommés 15 ans, 17 ans et 20 ans. Le *tableau I* présente les caractéristiques anthropométriques des deux groupes.

Matériel et protocole

Les tests ont été réalisé sur le dynamomètre isocinétique Cybex Orthotron KT™ du Centre Hélio-Marin de Vallauris *(figure 1)*. Cet appareillage ne permet pas la correction de la gravité.

Chaque sujet est soumis à un échauffement standardisé sur bicyclette ergomètrique de trois minutes

Tableau I. Caractéristiques anthropométriques des deux groupes de sportifs.

Discipline et âge			*Âge (ans)*	*Tailles (cm)*	*Poids (kg)*
Footballeurs 15 ans	m		15	173,3	64,7
n = 13		sd	0,6	5,4	3,8
Footballeurs 17 ans	m		16,9	175,8	69
n = 18		sd	0,7	6,1	4,9
Footballeurs 20 ans	m		18,6	178,1	72,1
n = 7		sd	0,8	8,7	9
Total Footballeurs	m		16,6	175,4	68,1
n = 38		sd	1,4	6,5	6
Gymnastes 15 ans	m		14,9	158,4	50,9
n = 7		sd	0,9	8,0	10,3
Gymnastes 17 ans	m		17,9	167,3	61,3
n = 7		sd	0,4	2,9	4,3
Gymnastes 20 ans	m		20,8	167,4	63,4
n = 8		sd	2,1	4,6	3,9
Total Gymnastes	m		18	164,5	58,7
n = 22		sd	2,8	7	8,8

à une intensité de 90 watts et de 60 rotations par minute. Le siège sur lequel le sujet est installé, respecte un angle de flexion entre le tronc et la cuisse de 110°. L'évaluation des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou se réalise avec un sanglage du tronc et de la cuisse non active. La position offre un angle de 110° entre le tronc et les cuisses. Les mains sont en appui sur les montants métalliques latéraux du siège. L'évaluation s'effectue en mode concentrique/concentrique, sur une amplitude articulaire de 90° avec placement de butées à 90° et à 0°

Figure 1. Sportif en condition d'évaluation des muscles du genou, sur dynamomètre isocinétique.

d'extension dans le plan sagittal. L'appui jambier est placé à deux doigts sus-malléolaires latérale. Avant le test de force maximale, les sujets réalisent une minute d'échauffement à 120° s^{-1} en flexion-extension du genou du côté dominant et non dominant. Les vitesses du test sont de 60 et 180°.s^{-1} pour des séries de mouvements de cinq répétitions. Le test évalue successivement le coté dominant puis controlatéral à 180°.s^{-1} puis à 60°.s^{-1}. Une période de deux minutes sépare chaque série de mouvements tandis que cinq minutes sont nécessaires à la préparation et à l'échauffement du coté opposé. Les paramètres de pic de couple, de puissance moyenne et les rapports ischio-jambiers/quadriceps sont retenus pour l'analyse des résultats.

Traitement statistique

Les valeurs moyennes et de déviation standard ont été calculées pour l'ensemble des variables étudiées. Nous avons vérifié la normalité de la distribution et utilisé deux tests statistiques, en retenant un seuil de significativité à $p < 0{,}05$. En ce qui concerne la comparaison des valeurs de force, de puissance et de ratio IJ/Q des deux groupes de sportifs, nous avons utilisé le test de Wilcoxon. La comparaison des trois classes d'âge de chacune des activités pour les paramètres de pic de couple, de puissance moyenne et de ratio IJ/Q a été réalisée par le test de Kruskal-Wallis. Pour l'analyse de ces valeurs en fonction du côté

Tableau II. Comparaison des valeurs de pic de couple (PC) entre les deux groupes footballeurs et gymnastes des ischio-jambiers et quadriceps.

PC en Nm.		*60DFL*	*60DE*	*R*	*60NFL*	*60NE*	*R*	*180DFL*	*180DE*	*R*	*180NFL*	*180NE*	*R*
Foot	m	148,71	202,63	0,74	147,58	207,84	0,72	115,32	123,21	0,96	112,97	125,79	0,93
	sd	24,40	36,45	0,10	21,32	42,07	0,10	21,69	25,06	0,19	18,57	25,96	0,22
Gym	m	106,20	163,70	0,67	107,40	167,60	0,65	84,60	105,00	0,83	86,20	105,90	0,83
	sd	19,70	42,60	0,10	19,90	34,40	0,07	14,90	23,30	0,13	14,80	21,40	0,13
	p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : extension côté dominant, NE : extension côté non dominant, R : rapport ischio-jambiers/quadriceps.

testé, nous avons à nouveau retenu le test de Wilcoxon.

RÉSULTAT

Influence du sport sur les valeurs de force et d'équilibre musculaire

En ce qui concerne les valeurs absolues de pic de couple et quelque soit la modalité de test, les footballeurs (FOOT) présentent des résultats significativement supérieurs ($p < 0{,}0001$) à ceux des gymnastes (GYM) *(tableau II)*. Pour la puissance moyenne (PM), nous observons à nouveau une supériorité significative des footballeurs sur les gymnastes dans toutes les modalités de test ($p < 0{,}0001$) *(tableau III)*.

Influence de l'âge sur les valeurs de force et d'équilibre musculaire

Les résultats présentés dans cette partie ne tiennent pas compte du poids des sujets.

Chez les footballeurs, le PC des ischio-jambiers du côté dominant et non dominant aux trois vitesses de test, est significativement différent entre les trois classes d'âge ($0{,}005 < p < 0{,}05$). En ce qui concerne les quadriceps, seule l'évaluation du côté non dominant à 60°.s^{-1} met en évidence des différences significatives ($p < 0{,}05$). Les rapports IJ/Q ne montrent pas de différence significative en fonction de l'âge *(tableau IV)*. Pour la PM, nous observons une absence de différence significative entre les trois classes d'âge à l'exception de trois conditions de test (60 NFL, 60 NE, et 180 DFL). De même, nous n'observons pas de différence significative entre les classes d'âge pour l'ensemble des rapports IJ/Q *(tableau V)*.

Chez les gymnastes, cinq différences significatives de PC sont observées entre les trois classes d'âge. À l'exception du test à 180 DE, ce sont les quadriceps qui sont sensibles aux effets de l'âge ($p < 0{,}05$) tandis qu'aucune différence significative n'est observée entre les trois sous-groupes pour les muscles ischio-jambiers. Deux rapports IJ/Q sur quatre (60° côté dominant et 180° côté non dominant) différent de manière significative ($p < 0{,}05$) entre les trois classes d'âge *(tableau VI)*. Pour le paramètre de PM, les muscles quadriceps montrent des différences signi

Tableau III. Comparaison des valeurs de puissance moyenne (PM) entre les deux groupes de footballeurs et gymnastes des ischio-jambiers et quadriceps.

PM en Watts		*60DFL*	*60DE*	*R*	*60NFL*	*60NE*	*R*	*180DFL*	*180DE*	*R*	*180NFL*	*180NE*	*R*
Foot	m	115,47	128,24	0,91	116,47	130,42	0,91	258,84	233,89	1,13	248,61	232,21	1,11
	sd	17,70	23,36	0,11	19,08	28,32	0,15	46,08	53,07	0,20	50,61	53,76	0,26
Gym	m	90,10	109,90	0,84	88,90	109,00	0,83	191,90	191,10	1,03	200,80	197,80	1,04
	sd	16,60	27,70	0,11	18,90	26,60	0,14	32,40	39,90	0,18	32,30	41,30	0,19
	p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : extension côté dominant, NE : extension côté non dominant, R : rapport ischio-jambiers/quadriceps.

Tableau IV. Comparaison des valeurs de pic de couple (PC) entre les trois classes d'âge 15 ans, 17 ans, 20 ans des ischio-jambiers et quadriceps des footballeurs.

PC Nm. Foot		*60DFL*	*60DE*	*R*	*60NFL*	*60NE*	*R*	*180DFL*	*180DE*	*R*	*180NFL*	*180NE*	*R*
15 ans	m	133,8	183,5	0,74	134,9	183,6	0,75	102,5	117,5	0,88	105,1	121,6	0,88
	sd	21,3	30,1	0,11	11,9	28,9	0,09	20,6	19,6	0,14	15,0	19,4	0,13
17 ans	m	153,1	208,7	0,74	148,1	212,7	0,71	118,7	123,4	1,00	111,8	123,2	0,96
	sd	20,6	34,3	0,10	19,9	42,7	0,11	15,7	23,9	0,22	11,5	28,2	0,25
20 ans	m	165,3	222,6	0,75	169,7	240,4	0,71	130,3	133,3	1,01	130,7	140,1	0,96
	sd	26,5	41,1	0,05	21,8	38,6	0,08	26,6	36,1	0,19	28,2	29,1	0,28
	p<	0,05	NS	NS	0,005	0,05	NS	0,05	NS	NS	0,05	NS	NS

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : extension côté dominant, NE : extension côté non dominant, R : rapport ischio-jambiers/quadriceps.

ficatives ($0{,}005 < p < 0{,}05$) entre les trois classes d'âge. Pour les ischio-jambiers, seule l'évaluation à 60°.s^{-1} montre une différence significative ($p < 0{,}05$) entre les trois classes d'âge. Pour les rapports ischio-jambiers/quadriceps, nous observons des différences significatives ($p < 0{,}05$) pour les côtés non dominants à 60 et 180°.s^{-1} *(tableau VII)*.

Influence du football sur le membre dominant et non dominant

Chez les footballeurs, nous n'observons aucune différence significative, entre les valeurs du côté dominant et non dominant, tant pour le pic de couple que pour la puissance moyenne *(tableaux VIII et IX)*.

Tableau V. Comparaison des valeurs de puissance moyenne (PM) entre les trois classes d'âge 15 ans, 17 ans, 20 ans des ischio-jambiers et quadriceps des footballeurs.

PM Watts Foot		*60DFL*	*60DE*	*R*	*60NFL*	*60NE*	*R*	*180DFL*	*180DE*	*R*	*180NFL*	*180NE*	*R*
15 ans	m	106,7	120,0	0,90	106,5	119,7	0,90	234,4	212,6	1,12	232,1	223,5	1,07
	sd	13,1	21,2	0,10	9,3	16,7	0,10	43,0	43,6	0,16	28,7	42,8	0,20
17 ans	m	117,2	127,7	0,93	114,6	126,6	0,93	265,3	239,8	1,13	252,8	229,7	1,15
	sd	17,1	19,9	0,12	17,1	25,2	0,17	37,5	42,9	0,19	33,1	48,6	0,28
20 ans	m	127,3	145,0	0,89	139,7	160,3	0,90	287,6	258,1	1,17	268,6	254,9	1,09
	sd	20,5	29,5	0,13	19,8	35,3	0,18	55,0	81,1	0,31	99,7	81,7	0,30
	p<	NS	NS	NS	0,005	0,05	NS	0,05	NS	NS	NS	NS	NS

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : extension côté dominant, NE : extension côté non dominant, R : rapport ischio-jambiers/quadriceps.

Tableau VI. Comparaison des valeurs de pic de couple (PC) entre les trois classes d'âge 15 ans, 17 ans, 20 ans des ischio-jambiers et quadriceps des gymnastes.

PC Nm. GYM		*60DFL*	*60DE*	*R*	*60NFL*	*60NE*	*R*	*180DFL*	*180DE*	*R*	*180NFL*	*180NE*	*R*
15 ans	m	91,4	126,7	0,75	93,6	135,0	0,69	76,6	87,1	0,90	78,3	84,9	0,92
	sd	26,4	47,0	0,10	25,8	35,4	0,05	18,6	26,9	0,11	20,8	19,7	0,09
17 ans	m	110,9	177,0	0,63	117,7	182,7	0,65	88,7	110,1	0,81	93,9	114,7	0,82
	sd	14,1	25,8	0,05	13,8	19,9	0,04	7,2	14,5	0,08	8,5	14,1	0,05
20 ans	m	115,1	184,4	0,64	110,4	182,9	0,61	88,1	116,1	0,77	86,4	116,6	0,75
	sd	8,3	30,7	0,09	12,1	24,2	0,09	15,1	18,5	0,16	10,0	14,6	0,16
	p<	NS	0,05	0,05	NS	0,05	NS	NS	NS	NS	NS	0,05	0,05

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : Extension côté dominant, NE : rxtension côté non dominant, R : rapport ischio-jambiers/quadriceps.

Tableau VII. Comparaison des valeurs de puissance moyenne (PM) entre les trois classes d'âge 15 ans, 17 ans, 20 ans des ischio-jambiers et quadriceps des gymnastes.

PM Watts GYM		*60DFL*	*60DE*	*R*	*60NFL*	*60NE*	*R*	*180DFL*	*180DE*	*R*	*180NFL*	*180NE*	*R*
15 ans	m	74,9	83,0	0,93	74,9	82,1	0,91	173,0	152,0	1,18	184,9	153,0	1,20
	sd	19,8	29,8	0,10	22,3	22,3	0,11	36,0	42,2	0,19	43,4	26,3	0,15
17 ans	m	93,9	119,1	0,79	102,9	120,6	0,85	202,3	201,7	1,02	218,4	214,6	1,04
	sd	9,8	13,8	0,06	14,8	13,6	0,09	23,8	19,9	0,18	14,4	33,3	0,18
20 ans	m	100,3	125,4	0,81	88,9	122,3	0,75	199,4	216	0,93	199,4	222,3	0,91
	sd	7	17,1	0,11	8,5	22,1	0,16	32	23,5	0,14	27,7	24,4	0,18
	p<	0,05	0,05	NS	0,05	0,05	0,05	NS	0,005	NS	NS	0,005	0,05

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : extension côté dominant, NE : extension côté non dominant, R : rapport ischio-jambiers/quadriceps.

Tableau VIII. Comparaison des valeurs de pic de couple (PC) entre le côté dominant et le côté non dominant des ischio-jambiers et quadriceps des footballeurs.

Résultats pour le PC en Nm. Foot	*60 DFL*	*60 DE*	*RD 60*	*180 DFL*	*180 DE*	*RD 180*
Membre dominant	148,70	202,60	0,74	115,30	123,20	0,96
sd	24,40	36,5	0,10	21,70	25,10	0,19
	60 NFL	60 NE	RN 60	180 NFL	180 NE	RN 180
Membre non dominant	147,60	207,80	0,72	113,00	125,80	0,93
s d	21,30	42,10	0,12	18,60	26,00	0,22
	NS	NS	NS	NS	NS	NS

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : extension côté dominant, NE : extension côté non dominant, RD : rapport IJ/Q côté dominant, RN : rapport IJ/Q côté non dominant.

Tableau IX. Comparaison des valeurs de puissance moyenne (PM) entre le côté dominant et le côté non dominant des ischio-jambiers et quadriceps des footballeurs.

Résultats pour la PM en Watts FOOT	*60 DFL*	*60 DE*	*RD 60*	*180 DFL*	*180 DE*	*RD 180*
Membre dominant	115,50	128,20	0,91	258,80	233,90	1,13
s d	17,70	23,40	0,11	46,10	53,10	0,20
	60 NFL	60 NE	RN 60	180 NFL	180 NE	RN 180
Membre non dominant	116,50	130,40	0,91	248,60	232,20	1,11
s d	19,10	28,30	0,15	50,6	53,80	0,26
	NS	NS	NS	NS	NS	NS

60 et 180 : vitesse de test en degrés.s^{-1}, DFL : flexion côté dominant, NFL : flexion côté non dominant, DE : extension côté dominant, NE : extension côté non dominant, RD : rapport IJ/Q côté dominant, RN : rapport IJ/Q côté non dominant.

DISCUSSION

Les exigences de l'activité physique associées au phénomène de croissance aboutissent à une adaptation des caractéristiques musculaires. Nous avons déterminé le profil musculaire de jeunes footballeurs et gymnastes en analysant l'influence de l'âge et de l'activité sportive sur les valeurs musculaires isocinétiques. Puis, l'effet du football sur le développement plus marqué d'un membre par rapport à l'autre, a fait l'objet de notre troisième axe de travail. En ce qui concerne l'influence du sport pratiqué, les footballeurs présentent une supériorité significative systématique ($p < 0{,}0001$) des valeurs absolues de pic

de couple et de puissance moyenne comparativement aux gymnastes. Ces différences significatives peuvent s'expliquer par le poids moyen des footballeurs (68,1 ± 6 kg) et des gymnastes (58,7 ± 8,8 kg). À classe d'âge égale, les écarts de masses corporelles justifient de différences significatives de force. Celles-ci étant liées à la surface de section du muscle, il est certain que les caractéristiques anthropométriques influencent les mesures et sous-entendent l'intérêt de les exprimer en valeur absolue et en valeur normalisée par le poids. Cette possibilité sera retenue dans la présentation d'un travail en cours. Indépendamment de ces caractéristiques anthropométriques, les sollicitations physiologiques du football apportent des éléments de compréhension justifiant la supériorité des footballeurs par rapport aux gymnastes. Dans l'activité football, les membres inférieurs servent directement à la performance [8, 48]. L'association quantitative et qualitative des charges de travail liées à l'entraînement et à la compétition favorisent l'adaptation musculo-articulaire en faveur des membres inférieurs à l'inverse des gymnastes qui mobilisent préférentiellement les membres supérieurs. Ces derniers sollicitent le membre inférieur et l'articulation du genou lors des prises d'élan et lors des réceptions de sortie d'agrès. Les muscles travaillent souvent en excentrique et le genou peut être le lieu de surmenage conduisant à des pathologies s'élevant en moyenne à 12,5 % des lésions observées par rapport aux autres articulations [31].

En ce qui concerne les ratios ischio-jambiers/quadriceps (IJ/Q), les footballeurs présentent des valeurs significativement plus élevées comparativement aux gymnastes ($0{,}05 < p < 0{,}0001$). Diverses études confirment cette supériorité pour les footballeurs [35, 37, 38] comparativement aux gymnastes [40]. Au cours des entraînements et plus particulièrement des compétitions, les footballeurs réalisent une moyenne de 100 sprints courts [8, 48]. Ce type de déplacement sollicite intensément les ischio-jambiers en mode concentrique lors de l'appui au sol du pied et de manière excentrique lors des phases d'extension du genou et de frappe de balle. Cette contraction permet de contrôler l'activité concentrique du quadriceps et protège les structures ligamentaires de l'articulation du genou [2, 45]. Mise à part l'activité de saut de cheval et d'enchaînement au sol, les gymnastes utilisent peu le sprint. L'adaptation musculaire des membres inférieurs privilégie les quadriceps qui participent de manière excentrique aux prises d'élan lors des enchaînements au sol et lors de la réception de sauts. La fréquence d'utilisation des ischio-jambiers pour les footballeurs dépasse celle des gymnastes et explique les valeurs de ratio IJ/Q plus élevées des footballeurs.

Les footballeurs et les gymnastes expriment respectivement des valeurs de ratios IJ/Q de pic de couple de 0,73 à $60°s^{-1}$ /0,95 à $180°s^{-1}$ et de 0,66 à $60°s^{-1}$ /0,83 à $180°s^{-1}$. Dans la littérature nous retrouvons, pour les gymnastes et les footballeurs, des valeurs comprises entre 0,5 et 0,7 selon l'âge et la vitesse de test [35, 37, 38, 40, 50]. Nos valeurs sont supérieures à celle de la littérature mais peuvent s'expliquer par l'absence de correction de la gravité. En effet, le poids du membre n'étant pas pris en compte, le mouvement d'extension est pénalisé et le mouvement de flexion est facilité. Ces biais méthodologiques faisaient l'objet d'importantes erreurs sur les mesures isocinétiques pour Winter et al. [49] allant de 26 à 510 %. Mais une étude récente exprime des erreurs de mesure allant de –7,5 % pour les quadriceps et + 12,5 % pour les ischio-jambiers chez les hommes sportifs [21]. Un facteur de correction de l'ordre de –20 % (7,5 % + 12,5 %) permet de se rapprocher des valeurs réelles en accord avec celles de la littérature [35, 37, 38, 40, 50]. En résumé, de part leurs caractéristiques corporelles et leurs modes de sollicitations, les footballeurs développent des valeurs absolues de couple maximal, de puissance moyenne des ischio-jambiers et d'équilibre musculaire significativement supérieures aux gymnastes.

Intéressons-nous à présent à l'influence de l'âge sur les caractéristiques musculaires au sein d'une même discipline sportive. Les sujets les plus âgés présentent des valeurs absolues moyennes supérieures dans toutes les modalités de test et dans les deux sports. Ainsi le groupe 20 ans présente des valeurs moyennes supérieures au groupe 17 ans, lui même supérieur au groupe 15 ans. Pour le pic de couple des footballeurs, nous retrouvons des différences significatives ($0{,}005 < p < 0{,}05$) pour toutes les modalités de test des ischio-jambiers et à $60°\ s^{-1}$ du côté non dominant des quadriceps. À mesure que les footballeurs avancent en âge, les contraintes mécaniques s'intensifient et deviennent plus fréquentes. L'augmentation du nombre d'entraînements, de

matchs, de sprints, de shoot et de séances en renforcement musculaire [29, 30, 36] au cours d'une saison, participent à cette optimisation. D'un point de vue structural, nous notons une baisse du pourcentage de fibres de type I avec l'âge au profit des fibres de type II dans le *vastus lateralis* [27]. Or certains auteurs montrent une corrélation entre l'expression d'une grande force et le pourcentage élevé de fibres de type II [42, 46, 47]. Ces modifications myotypologiques pourraient influencer les résultats en faveurs des sportifs les plus âgés. Lors de la comparaison des PM en valeurs absolues des footballeurs, nous observons trois différences significatives ($0.005 < p < 0{,}05$) sur les huit modalités de test. Ce paramètre d'évaluation globale représentant la force moyenne par la vitesse ne permet pas de différencier les trois classes d'âge. Pour les footballeurs, seul le paramètre de pic de couple mesuré sur les ischio-jambiers s'adapte de manière croissante avec l'âge entraînant des différences significatives ($0{,}005 < p < 0{,}05$). En ce qui concerne le rapport IJ/Q, les footballeurs n'expriment pas de valeurs significativement différentes tant pour le pic de couple que pour la puissance moyenne. Il semble donc que cette force plus marquée sur les ischio-jambiers chez les plus âgés laisse la dynamique de l'articulation du genou en harmonie quelque soit l'âge.

Intéressons-nous maintenant aux valeurs de pic de couple et de puissance moyenne des gymnastes. De manière générale, pour le pic de couple, nous remarquons les mêmes différences entre les classes d'âge que pour la population de footballeurs. Ainsi, les sportifs de 20 ans développent des valeurs absolues moyennes de pic de couple et de puissance supérieures aux sportifs de 17 ans, elles-mêmes supérieures aux valeurs des 15 ans. Chez les gymnastes, des différences significatives ($p < 0{,}05$) de pic de couple, de puissance moyenne et de ratio IJ/Q, s'observent uniquement lors de la comparaison des quadriceps entre les trois groupes. Avec l'âge, les activités spécifiques de réception de saut et de sortie d'agrès hypersollicitent les quadriceps. Les activités de sprint ne présentent qu'une faible part des besoins moteurs des gymnastes, ainsi le développement des ischio-jambiers ne sera pas favorisé. Pour les puissances moyennes des quadriceps des gymnastes en valeurs absolues, nous observons des différences significatives entre les trois classes d'âge ($0{,}005 < p < 0{,}05$). L'intensification des entraînements avec l'âge améliore la force musculaire. Par ailleurs, nous observons des différences significatives pour les ischio-jambiers à $60°.s^{-1}$. La littérature reste à ce jour assez pauvre en ce qui concerne l'évaluation des caractéristiques musculaires des gymnastes garçons [11, 40]. L'étude de Russel et al. [40] rapporte des pics de couple de 84 gymnastes âgés de 12 à 27 ans testés lors de mouvements de flexion-extension du genou à 90 et $230°.s^{-1}$. En fonction de l'âge et de la vitesse du test, les ischio-jambiers expriment une force de 36,6 à 87,2 Nm, alors que les quadriceps développent des valeurs allant de 70 à 182 Nm. Les valeurs de ratio IJ/Q sont comprises entre 0.48 et 0.52. Une population témoin permettrait d'améliorer et de confirmer les explications liées aux facteurs musculaires intrinsèques. Saavedra et al. [41] montrent, chez des sujets non entraînés de 9 à 19 ans, un accroissement du travail maximal à mesure de l'avancée en âge. Mercier et al. [32] mettent en évidence avec un groupe non entraîné de 11 à 19 ans, que la force maximale des membres inférieurs, par un test « force-vitesse », augmente significativement ($p < 0{,}05$) entre 12 et 17 ans. Une étude en cours intègre une population témoin sédentaire testée selon les mêmes modalités que nos sportifs footballeurs et gymnastes.

Étudions, à présent, notre troisième hypothèse qui évoque une différenciation du profil musculaire d'un membre par rapport à l'autre chez le footballeur. Les résultats obtenus, ne permettent même pas de valider notre hypothèse sur les valeurs moyennes. En effet, les côtés dominants et non dominants expriment des valeurs de pic de couple et de puissance moyenne très proches quelles que soient les modalités de test. Ceci tend à montrer que l'activité ne permet pas de « latéraliser » le profil musculaire chez le footballeur. Cette hypothèse s'exprime plutôt par une différence entre les deux membres dans le sens de l'activité gestuelle. Les phases dites de « latéralité accentuée » dans l'activité seraient insuffisantes pour déterminer un tel profil musculaire chez les footballeurs. D'autre part, nos résultats sont en accord avec la littérature [7, 14], bien que Chin et al. [9] retrouvent des valeurs spectaculaires chez des footballeurs haut niveau de 17 ans. En effet, à $60°.s^{-1}$, les auteurs observent un pic de couple pour l'extension côté dominant de 270 Nm et une valeur de 198 Nm pour le côté non dominant. Les autres modalités de test ne montrent aucune différence

significative entre les deux côtés. Chin et al. [9] expliquent cette supériorité des extenseurs côté dominant à 60°.s^{-1} par l'utilisation plus importante de ce membre pour le tir dans le ballon.

Notre étude, à permis de vérifier l'influence de l'âge et du sport sur les caractéristiques isocinétiques exprimées en valeurs absolues. Par ailleurs, notre problématique poursuit une perspective de prévention primaire des surmenages et des pathologies. Cette volonté est d'autant plus appuyée que l'état de la question reste controversée. Certains auteurs ne mettent pas en évidence la corrélation entre les pathologies et les valeurs de balance musculaire [14, 25]. D'autres études, par contre, établissent des corrélations positives entre les profils musculaires et la survenue de pathologies [17, 22, 24].

CONCLUSION

Les objectifs de notre étude correspondent à nos trois hypothèses de travail s'articulant autour de l'influence de l'âge et de l'activité pratiquée sur le profil musculaire des sportifs. Parmi elles, seule la supériorité des footballeurs par rapport aux gymnastes a été validée de manière significative dans toutes les conditions de test, pour les valeurs absolues. Ensuite, l'influence de l'âge sur la différence de profil musculaire se confirme pour les valeurs moyennes absolues mais pas de manière significative dans toutes les conditions de test. La troisième hypothèse qui affirme la prédominance d'un côté par rapport à l'autre chez le footballeur n'est pas validée. Les justifications de ces différents résultats, sont liés à des facteurs intrinsèques et extrinsèques. Mais la compréhension globale du phénomène ne trouve sa véritable explication que dans l'interaction des processus de maturation musculaire associée aux sollicitations de la discipline sportive. Par ailleurs, pour ces trois hypothèses, l'analyse de la littérature nous conforte dans la majorité des valeurs retrouvées. En effet, l'absence de correction de la gravité amène des résultats de rapport IJ/Q supérieurs à la moyenne des études. En exprimant les résultats par le facteur de correction, les valeurs se rapprochent de la littérature.

Face à l'utilisation d'un matériel n'intégrant pas la gravité, et en l'absence de groupe témoin, nous présentons une forte volonté dans la poursuite de cette problématique pour répondre à de nombreuses questions peu étudiées d'un point de vue longitudinal. Ainsi, l'âge chez un groupe témoin influence-t-il les valeurs de pic de couple, de puissance moyenne et de la balance musculaire des deux paramètres ? D'autre part, existe-t-il une relation entre un certain type de profil musculaire et la survenue de pathologies ? Existe-t-il un rapport IJ/Q idéal pour chaque classe d'âge et chaque activité sportive ? Pour répondre à ces interrogations, nous estimons nécessaire, de mettre en place un suivi longitudinal analysant régulièrement les paramètres musculaires des individus. L'équipe pluridisciplinaire envisage de s'engager prochainement dans ce travail. Il présentera l'originalité de s'intéresser à la relation entre les surmenages et le profil musculaire sur une période de 4 ans.

RÉFÉRENCES

1 Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. Am J Sports Med 1995 ; 6 : 694-701.

2 Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. Am J Sport Med 1988 ; 2 : 113-22.

3 Bar OR. Médecine du sport chez l'enfant. Paris : Masson ; 1987.

4 Benezis C, Simeray J, Simon L. L'enfant, l'adolescent et le sport. Paris : Masson ; 1986. p. 77-164.

5 Boisseau N, Delamarche P. Metabolic and hormonal responses to exercice in children and adolescents. Sports Med 2000 ; 6 : 405-22.

6 Capranica L, Cama G, Fanton F, Tessitore A, Figura F. Force and power of prefered and non prefered leg in young soccer players. J Sports Med Phys Fitness 1992 ; 4 : 358-63.

7 Capranica L, Battenti M, Demarie S, Figura F. Reliability of isokinetic knee extension and flexion testing in elderly women. J Sports Med Phys Fitness 1998 ; 38 : 169-76.

8 Chatard JC. La physiologie du footballeur. Sport Med 1998 ; 102 : 16-21.

9 Chin MK, So RCH, Yuan YWY, Li RC, Wong ASK. Cardiorespiratory fitness and isokinetic muscle strength of elite Asian junior soccer players. J Sport Med Phys Fitness 1994 ; 3 : 251-7.

10 Dionnet S. Le syndrome de Lucy chez le footballeur [thèse]. Paris VII : Faculté Bichat X ; 1992.

11 Faria IE, Faria EW. Relationship of the antropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance. J Sport Med Phys Fitness 1989 ; 4 : 369-78.

12 Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer. J Orthopaed Sport PhysTher 1990 ; 7 : 298-300.

13 Glenn B, Akau CK, Martinson M, Olderr TF. High school sports injuries. A longitudinal study at Punahou school : 1988 to 1996. Am J Sports Med 1997 ; 5 : 675-81.

14 Grace TG, Sweetser ER, Nelson MA, Ydens LR, Skipper BJ. Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries. J Bone Joint Surg 1984 ; 5 : 734-40.

15 Grund A, Dilba B, Forberger K, Krause H, Siewers M, Rieckert H, et al. Relationships between physical activity, physical fitness, muscle strength and nutritional state in 5- to 11-year-old children. Eur J Appl Physiol 2000 ; 82 : 425-38.

16 Gür H, Akova B, Pündük Z, Küçükoglu S. Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. Scand J Med Sci Sports 1999 ; 9 : 81-7.
17 Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. Am J Sports Med 1999 ; 2 : 173-6.
18 Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. Am J Sports Med 2000 ; 5 : 659-62.
19 Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercice. Phys Ther 1967 ; 2 : 114-7.
20 Holvoet P, Lacouture P, Duboy J. Apport de l'analyse mécanique à l'étude des techniques gymniques : l'exemple de l'influence de 3 techniques d'appel sur la réalisation du salto avant au sol. Actualité de la recherche en activités gymniques et acrobatiques. Paris : Dossier EPS n° 39 ; 1998. p. 23-8.
21 Janin JF. Effets de la masse segmentaire sur les mesures isocinétiques du dynamomètre Cybex-Norm. Kinésithérapie Scientifique 1999 ; 387 : 7-17.
22 Johansson C, Lorentzon R, Sjöström M, Fagerlund M, Jonhagen S, Nemeth G, et al. Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. Am J Sports Med 1994 ; 2 : 262-6.
23 Kellis S, Kellis E, Manou V, Gerodimos V. Prediction of knee extensor and flexor isokinetic strength in young male soccer players. J Orthopaed Sports Phys Ther 2000 ; 11 : 693-701.
24 Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L. Preseason strength and flexibility imbalance associated with athletic injuries in female collegiate athletes. Am J Sports Med 1991 ; 1 : 76-81.
25 Knapik JJ, Jones BH, Bauman CL, Harris JM. Strength, Flexibility and athletic injuries. Sports Med 1992 ; 5 : 277-88.
26 Krivickas LS. Anatomical factors associated with overuse sports injuries. Sports Med 1997 ; 2 : 132-46.
27 Lexell J, Sjöström M, Nordlund AS, Taylor CC. Growth and development of human muscle : a quantitative morphological study of whole vastus lateralis from childhood to adult age. Muscle and Nerve 1992 ; 15 : 404-9.
28 Maffulli N, Baxter-Jones AD. Common skeletal injuries in young athletes. Sports Med 1995 ; 2 : 137-49.
29 Marini JF. La musculation : principes, méthode et appareils. Muscles tendons et sport. Paris : Masson ; 1985. p. 276-84.
30 Marini JF. Structures et fonctions musculaires : effet de l'entraînement et du désentraînement. Entraînement, désentraînement, surentraînement. Entraînement, désentraînement, surentraînement. Communication scientifique, 1994.
31 Meeusen R, Borms J. Gymnastic injuries. Sports Med 1992 ; 5 : 337-56.
32 Mercier B, Mercier J, Granier P, Le Gallais D, Prefaut C. Maximal anaerobic power : relationship to anthropometric characteristics during growth. Intern J Sports Med 1992 ; 1 : 21-6.
33 Merlini L, Dell'Accio D, Granata C. Reliability of dynamic strength knee muscle testing in children. J Orthopaed Sport Phys Ther 1995 ; 22 : 73-6.
34 Mölsä J, Airaksinen O, Näsman O, Torstila I. Ice hockey injuries in finland. A prospective epidemiologic study. Am J Sports Med 1997 ; 4 : 495-9.
35 Morvan R. Exploration isocinétique des extenseurs et des fléchisseurs du genou de footballeurs Français : premiers résultats [Thèse] : Université de Rennes ; 1986.
36 Naughton G, Farpour-Lambert NJ, Carlson J, Bradney M, Van Praagh E. Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. Sports Med 2000 ; 5 : 309-25.
37 Öberg B, Möller M, Gillquist J, Ekstrand J. Isokinetic torque levels for knee extensors and knee flexors in soccer players. Intern J Sports Med 1986 ; 7 : 50-3.
38 Pocholle M, Codine P. Étude isocinétique des muscles du genou chez des footballeurs de première division. Ann Kinésithér 1994 ; 7 : 373-7.
39 Rozemblat M. Gymnastique et traumatologie. Cinésiologie 1998 ; 182 : 205-9.
40 Russell KW, Quinney HA, Hazlett CB, Hillis D. Knee muscle strength in elite male gymnasts. J Orthopaed Sports Phys Ther 1995 ; 1 : 10-7.
41 Saavedra C, Lagasse P, Bouchard C, Simoneau JA. Maximal anaerobic performance of knee extensor muscles during growth. Med Sci Sports Exercice 1991 ; 9 : 1083-9.
42 Schantz P, Randall-Fox E, Hutchison W, Tyden A, Ästrand PO. Muscle fiber type distribution, muscle cross-sectional area and maximal volontary strength in humans. Acta. Physiol Scand 1983 ; 117 : 219-26.
43 Sires A, Dupont M. Syndrome de rétraction du droit antérieur et des ischio-jambiers chez l'enfant et chez l'adolescent. Le genou de l'enfant et de l'adolescent. Paris : Masson ; 1991. p. 335-41.
44 Sleivert GG, Backus RD, Wenger HA. Neuromuscular differences between volleyball players, middle distance runners and untrained controls. Intern J Sports Med 1995 ; 6 : 390-8.
45 Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, Bose W, Beck C, et al. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. Am J Sport Med 1987 ; 3 : 207-13.
46 Suter E, Herzog W, Sokolosky J, Wiley JP, Macintosh R. Muscle fiber type distribution as estimated by Cybex testing and by muscle biopsy. Med Sci Sports Exercise 1993 ; 3 : 363-70.
47 Tesch P, Karlsson J. Isometric strength performance and muscle fiber type distribution in man. Acta Physiol Scand 1978 ; 103 : 47-51.
48 Tumilty D. Physiological characteristics of elite soccer players. Sports Med 1993 ; 2 : 80-96.
49 Winter DA, Wells RP, Orr GW. Errors in the use of isokinetic dynamometers. Eur J Appl Physiol 1981 ; 46 : 397-408.
50 Zakas A, Mandroukas K, Vamvakoudis E, Christoulas K, Aggelopoulou N. Peak torque of quadriceps and hamstring muscles in basketball and soccer players of different divisions. J Sports Med Phys Fitness 1995 ; 3 : 199-205.