



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



ARTICLE ORIGINAL

Profil musculaire isocinétique des athlètes de haut niveau en fonction de la pratique de sports différents : le football, le basketball, le handball, le volleyball, et le cyclisme

Isokinetic knee muscle strength profile in accordance with the practice of basketball, handball, volleyball, cycling or football at a professional level

E. Menager, M. Dauty*

Service de MPR locomoteur et thoracique, médecine du sport, PHU 10, hôpital Saint-Jacques, CHU de Nantes, 85, rue Saint-Jacques, 44093 Nantes cedex 1, France

Reçu le 11 avril 2019 ; accepté le 7 mai 2019
Disponible sur Internet le 22 juin 2019

MOTS CLÉS

Isocinétisme ;
Genoux ;
Sports

Résumé

Objectif. – Déterminer et comparer les profils musculaires isocinétiques des cuisses en fonction de la pratique de haut niveau du basketball, du handball, du volleyball, du football, et du cyclisme.

Méthode. – Cent dix-neuf sportifs professionnels ont été inclus. Trente pratiquaient le basketball (10 en Ligue A, 10 en Ligue B et 10 en National Ligue 1), vingt et un pratiquaient le handball (Ligue 1), 13 pratiquaient le volleyball (Ligue A), trente pratiquaient le cyclisme (*Continental Pro Tour*) et vingt-cinq pratiquaient le football (Ligue 1). L'âge des sportifs professionnels était de 26 ± 4 ans [18–38] pour une taille de 186 ± 13 cm [167–213] et un poids de 84 ± 14 Kg [63–120], soit un indice de masse corporelle (IMC) de $23,8 \pm 1,9$ kg/cm² [19,2–28,6]. La force musculaire des genoux a été mesurée à l'aide d'un dynamomètre isocinétique CybexNorm® en début de saison sportive. La force maximale des quadriceps et ischio-jambiers a été rapportée au poids du corps pour les comparaisons. Les ratios conventionnels (ischio-jambiers/Quadriceps) et bilatéraux (quadriceps/quadriceps et ischio-jambiers/ischio-jambiers) ont été calculés pour les vitesses angulaires de 60 et 180°/s.

Résultats. – L'âge, la taille et le poids étaient différents en fonction des sports pratiqués. La vitesse angulaire de 180°/s a permis la meilleure identification des profils musculaires en fonction des sports pratiqués. La force relative des quadriceps des footballeurs était supérieure

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : marc.dauty@chu-nantes.fr (M. Dauty).

KEYWORDS

Isokinetic;
Sports;
Knee

à celle des basketteurs, handballeurs et cyclistes. La force relative des ischio-jambiers des footballeurs était supérieure à celle des autres sports étudiés excepté les handballeurs. Les ratios conventionnels et bilatéraux n'étaient pas différents en fonction des sports pratiqués.

Conclusion. — Notre étude a permis de chiffrer et de comparer les caractéristiques anthropométriques ainsi que les valeurs isocinétiques des sportifs de haut niveau. Les footballeurs ont un profil isocinétique différent des autres sports, probablement en lien avec la spécificité de ce sport. Ces résultats pourront servir aux entraîneurs, aux kinésithérapeutes et aux médecins du sport qui encadrent les sports individuels et collectifs qui ont été étudiés.

© 2019 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary

Objective. — To determine and compare the knee isokinetic profiles in accordance with the high level practice of basketball, handball, volleyball, cycling or football.

Method. — One hundred and nineteen professional athletes were included. Thirty practiced basketball (10 in A League, 10 in B League and 10 in First National League), twenty-one practiced handball (First League), thirteen practiced volleyball (A League), thirty practiced cycling (Continental Pro Tour) and twenty-five practiced soccer (First League). The age was 26 ± 4 years old [18–38] for 186 ± 13 cm height [167–213], 84 ± 14 kg weight [63–120], and 23.8 ± 1.9 kg/cm² Body Mass Index [19.2–28.6]. The knee strength was measured using a CybexNorm[®] isokinetic dynamometer at the beginning of sport season. Quadriceps and hamstring maximal strength was reported to the body weight for comparison. The isokinetic conventional ratios (hamstring-to-quadriceps) and the bilateral (quadriceps-to-quadriceps and hamstring-to-hamstring) ratios were calculated for the 60 and 180°/s angular speed.

Results. — Age, height and weight were different depending on the sports practiced. The 180°/s angular speed allowed a better identification of muscle profiles according to the sports practiced. The quadriceps relative strength of soccer players was greater than basketball, handball players and cyclist's ones. The hamstrings relative strength of soccer players was superior to the other sports except the handball players. The conventional and bilateral ratios were not different in accordance with the sport practice.

Conclusion. — Our study has quantified and compared the anthropometric characteristics and isokinetic values of high level athletes. Soccer players have an isokinetic profile different from other sports players, probably related to the specificity of this sport practice. These results can be used by coaches, physiotherapists and reference sports physicians in relation to the individual and collective sports that have been studied.

© 2019 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

1. Introduction

La pratique du sport de haut niveau pourrait être à l'origine du développement de profils musculaires spécifiques en raison de la répétition multiple et quotidienne de gestuelles sportives stéréotypées et très spécialisées qui sont réalisées lors des entraînements et des matchs de compétition en fonction du sport pratiqués [1–3].

Depuis les années 2000, l'évaluation de la force musculaire isocinétique des quadriceps et ischio-jambiers est réalisée systématiquement en début de saison chez le sportif de haut niveau, en particulier chez le footballeur professionnel [Svensson 2005 [4]]. Il s'agit d'une mesure objective de la force musculaire reconnue pour sa reproductibilité, sa fiabilité et sa précision [5,6]. La force du quadriceps et des ischio-jambiers est particulièrement mesurée car elle contribue mécaniquement à la fonction du genou et à sa performance lors de la réalisation des gestes sportifs. Les quadriceps ont un rôle dans les sauts, la frappe de balle [7], les sprints [8], et les ischio-jambiers dans la protection du genou et plus particulièrement du ligament croisé

antérieur lors des changements de directions [7]. En effet, des corrélations ont été établies entre la force musculaire isocinétique des quadriceps et la vitesse de sprint ou les sauts [Dauty 2001 [9], Fischer 2017 [10], Sliwowski 2017 [11]].

De plus, la mesure isocinétique permet d'établir des valeurs de références de la force musculaire d'un athlète afin de mieux comprendre ses variations individuelles au cours d'une saison, ou encore de le comparer à un groupe de sportifs notamment lors de la pratique d'un sport collectif [Risberg 2018 [12]]. Établir des valeurs normales de force musculaire en fonction des sports pratiqués représentent donc un intérêt pour les entraîneurs, les masso-kinésithérapeutes et les médecins du sport pour connaître la santé des athlètes mais également pour décider le retour au sport après les blessures les plus fréquentes comme les lésions musculaires de la cuisse ou la rupture du ligament croisé antérieur du genou [Dauty 2010 [13]].

Différents auteurs ont même tenté de prédire les lésions musculaires des ischio-jambiers à partir des évaluations de

la force musculaires isocinétiques de début de saison [Dauty 2016 [14]].

Actuellement, peu de valeurs de référence de la force musculaire de la cuisse existent pour la pratique du sport à part récemment chez la femme qui pratique le football ou le handball [Risberg 2018 [12]]. Excepté pour le football et à un moindre degré le basket-ball, la force isocinétique pour d'autres sports chez le sujet de sexe masculin a été peu étudiée et les comparaisons entre les sports sont relativement rares ou anciennes alors que la pratique sportive professionnelle ne cesse d'évoluer. De plus, les résultats sont controversés pour établir ou non des différences de profil musculaire en fonction des sports [7,15–19].

À partir de ce constat, l'objectif de cette étude a donc été de décrire et comparer le profil de force musculaire isocinétique du genou des basketteurs, footballeurs, handballeurs, volleyeurs et cyclistes professionnels en début de saison sportive et secondairement de confronter ces profils musculaires à l'analyse de la littérature.

2. Matériel et méthode

2.1. Population

Tous les sportifs professionnels de sexe masculin qui pratiquaient le basketball, le handball, le volleyball, le cyclisme ou le football et qui avaient bénéficié d'une évaluation de la force isocinétique de la cuisse ont été inclus en début de saison sportive 2017–2018. Étaient exclus les sportifs professionnels blessés lors de l'évaluation et les sportifs non professionnels ou en cours de formation. Tous les sportifs ont donné leur consentement afin que leurs données isocinétiques puissent être utilisées anonymement à des fins de recherche. L'étude a été approuvée par l'institut régional de médecine du sport de Nantes.

2.1.1. Tests isocinétiques

L'évaluation isocinétique a été réalisée en début de saison sportive à l'aide d'un dynamomètre CybexNorm® (Inc. Ronkoma, NY, USA) au sein du service de médecine du sport du centre hospitalier de Nantes (France).

Après un échauffement de dix minutes sur bicyclette ergométrique (100 watts ; 70 rpm) et la réalisation d'exercices d'étirements musculaires, le sportif a été sanglé, en position assise hanche à 85 degrés. L'axe du dynamomètre a été placé en regard de l'épicondyle latéral du genou. La correction de la gravité a été prise en compte et le dynamomètre a été étalonné selon les procédures du constructeur.

Après familiarisation à la méthode d'évaluation isocinétique par la réalisation de trois répétitions sous maximales et de deux répétitions maximales, le sujet a réalisé trois répétitions à 60°/s suivies de cinq répétitions à 180°/s avec 30 secondes de repos entre chaque série. Un encouragement verbal a été dispensé et le feedback visuel autorisé afin d'aider le sujet à réaliser un effort maximal. Les deux jambes ont été testées selon un ordre aléatoire. Tous les tests ont été conduits par le même médecin investigateur (MD).

2.1.2. Paramètres d'étude

La force relative (MFM/kg) a été calculée en rapportant le moment de force maximal isocinétique (MFM) au poids des sportifs. Le ratio conventionnel (IJ/Q) a été calculé au niveau de chaque membre en rapportant la force des fléchisseurs (IJ) à celle des extenseurs (Q) du genou selon les deux vitesses angulaires testées de 60 et 180°/s. Les valeurs obtenues au niveau du côté gauche et droit ont également été moyennées. Le ratio bilatéral a été calculé pour les extenseurs (Q/Q) et fléchisseurs (IJ/IJ) du genou aux deux vitesses angulaires testées (60 et 180°/s) afin d'obtenir une valeur toujours inférieure à 1 (sans tenir compte du membre dominant).

2.1.3. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide d'un logiciel SPSS 23,0® (IBM corp. Ireland). La distribution des paramètres de force selon les sports a été vérifiée à l'aide d'un test de normalité de Shapiro–Wilk. Les profils de force musculaire ont ensuite été comparés en fonction des sports pratiqués en utilisant une analyse ANOVA (Force × Sports). En raison de variances inégales vérifiées par le test de Levene pour certains paramètres étudiés, un post-hoc test de T3 de Dunnett a été utilisé. Une différence significative a été jugée pour $p < 0,05$.

3. Résultats

Cent dix-neuf sportifs professionnels ont été inclus. Trente pratiquaient le basketball (10 en Ligue A, 10 en Ligue B et 10 en National Ligue 1), vingt et un pratiquaient le handball (Ligue 1), treize pratiquaient le volleyball (Ligue A), trente pratiquaient le cyclisme (Continental Pro Tour) et vingt-cinq pratiquaient le football (Ligue 1).

L'âge des sportifs professionnels était de 26 ± 4 ans [18–38] pour une taille de 186 ± 13 cm [167–213] et un poids de 84 ± 14 kg [63–120], soit un Indice de Masse Corporelle (IMC) de $23,8 \pm 1,9$ kg/cm² [19,2–28,6]. L'âge, la taille et le poids étaient différents en fonction des sports pratiqués (Tableau 1). Les footballeurs étaient plus jeunes que les autres sportifs professionnels. La taille, le poids des footballeurs et des cyclistes étaient plus petits que ceux des basketteurs, handballeurs et volleyeurs. L'IMC était plus faible chez les footballeurs, cyclistes, volleyeurs par rapport aux basketteurs et handballeurs.

Les footballeurs présentaient un profil de force différent de celui des autres sports, surtout identifié par la vitesse angulaire de 180°/s (Tableau 2).

La force relative des quadriceps des footballeurs à 60°/s, était supérieure à celle des basketteurs, et cyclistes. On ne retrouvait pas de différence significative entre les handballeurs, volleyeurs et footballeurs ni entre les basketteurs, handballeurs, volleyeurs et cyclistes. À 180°/s, les footballeurs présentaient une force relative des quadriceps supérieure à celle des basketteurs, handballeurs et cyclistes. Il n'y avait pas non plus de différence entre les footballeurs et les volleyeurs. Les volleyeurs présentaient également une force des quadriceps plus grande que celle des cyclistes sans qu'il n'y ait de différence entre les basketteurs et handballeurs avec les volleyeurs ni entre les basketteurs et handballeurs avec les cyclistes.

Tableau 1 Paramètres anthropométriques en fonction du sport pratiqué à un niveau professionnel (ANOVA).

Sport	Basketball (<i>n</i> = 30)	Handball (<i>n</i> = 21)	Volleyball (<i>n</i> = 13)	Cyclisme (<i>n</i> = 30)	Football (<i>n</i> = 25)	F	<i>p</i>
Âge	26 ± 5 ^{a*} [18–37]	28 ± 5 ^{a**} [20–38]	26 ± 3 [22–36]	25 ± 4 [21–36]	22 ± 3 ^a [18–38]	5,7	0,0001
Poids	197 ± 8 ^{a,b***} [178–213]	191 ± 6 ^{a,b***} [187–207]	195 ± 8 ^{a,b***} [180–212]	178 ± 5 ^b [169–188]	178 ± 5 ^a [167–190]	17	0,0001
Taille	96 ± 10 ^{a,b***} [78–120]	96 ± 10 ^{a,b***} [75–116]	90 ± 10 ^{a,b***} [72–115]	70 ± 5 ^b [62–80]	74 ± 6 ^a [63–85]	55	0,0001
IMC	24,5 ± 1,5 ^{a,b***c*} [21,1–27,8]	25,9 ± 1,7 ^{a,b,d***c*} [22,6–28,6]	23,4 ± 1,4 ^{c,d} [21,2–26,5]	22,1 ± 1,2 ^b [19,2–24,4]	23,2 ± 1 ^a [20,5–24,8]	25	0,0001

Abréviation : IMC : indice de masse corporelle. **p* < 0,01 ; ***p* < 0,001 ; ****p* < 0,0001.

^a Différence entre footballeurs et autres sports.

^b Différence entre cyclistes et autres sports.

^c Différence entre basketteurs et handballeurs.

^d Différence entre volleyeurs et handballeurs.

Tableau 2 Profil de force musculaire isocinétique en fonction du sport pratiqué à un niveau professionnel (ANOVA).

Force	Basketball (n = 30)	Handball (n = 21)	Volleyball (n = 13)	Cyclisme (n = 30)	Football (n = 25)	F	p
Q 60 mNm/kg	2,53 ± 0,45 ^{a**}	2,63 ± 0,40	2,80 ± 0,32	2,64 ± 0,30 ^{a**}	2,89 ± 0,35 ^a	4	0,004
Q 180 mNm/kg	1,80 ± 0,28 ^{a***}	1,87 ± 0,20 ^{a**}	2,02 ± 0,26 ^b	1,79 ± 0,21 ^{a***b*}	2,12 ± 0,19 ^a	9,4	0,0001
IJ 60 mNm/kg	1,63 ± 0,21 ^{a**}	1,71 ± 0,21	1,71 ± 0,18	1,63 ± 0,22 ^{a**}	1,86 ± 0,27 ^a	4,3	0,003
IJ 180 mNm/kg	1,25 ± 0,16 ^{a***}	1,31 ± 0,17	1,27 ± 0,16 ^{a**}	1,29 ± 0,15 ^{a**}	1,48 ± 0,23 ^a	6	0,0001
IJ/Qm 60	0,66 ± 0,12	0,66 ± 0,12	0,62 ± 0,09	0,62 ± 0,06	0,65 ± 0,08	1,2	0,28
IJ/Qm 180	0,71 ± 0,11	0,70 ± 0,08	0,63 ± 0,10	0,72 ± 0,06	0,70 ± 0,10	2	0,08
Q/Q 60	0,86 ± 0,13	0,85 ± 0,11	0,90 ± 0,06	0,92 ± 0,06	0,91 ± 0,07	2,2	0,06
Q/Q 180	0,89 ± 0,10	0,91 ± 0,07	0,91 ± 0,03	0,91 ± 0,06	0,93 ± 0,03	1,5	0,18
IJ/IJ 60	0,91 ± 0,06	0,91 ± 0,05	0,93 ± 0,04	0,91 ± 0,06	0,89 ± 0,07	0,62	0,64
IJ/IJ 180	0,92 ± 0,05	0,93 ± 0,04	0,91 ± 0,06	0,93 ± 0,05	0,90 ± 0,010	0,58	0,67

Abréviations : Q et IJ : quadriceps et ischio-jambiers ; 60 et 180 : vitesse angulaire de 60°/s et 180°/s ; m : valeurs moyennées.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

^a Différence entre footballeurs et autres sports.

^b Différence entre volleyeurs et autres sports.

La force relative des ischio-jambiers des footballeurs à 60°/s était supérieure à celle des basketteurs et cyclistes. On ne retrouvait pas de différence significative entre les handballeurs, volleyeurs et footballeurs ni entre les basketteurs, handballeurs, volleyeurs et cyclistes. À 180°/s, les footballeurs présentaient une force relative des ischio-jambiers supérieure à celle des basketteurs, volleyeurs et cyclistes. On ne retrouvait pas de différence entre les footballeurs et les handballeurs. On ne retrouvait pas de différence significative entre les basketteurs, handballeurs, volleyeurs et cyclistes.

Les ratios conventionnels et bilatéraux n'étaient pas différents en fonction du sport pratiqué à un niveau professionnel.

4. Discussion

Notre étude est la première à déterminer et comparer les profils isocinétiques musculaires des sportifs de haut niveau selon cinq disciplines sportives différentes. Les profils musculaires isocinétiques ont été mieux identifiés en utilisant la vitesse angulaire de 180°/s. Par comparaison avec la vitesse angulaire de 60°/s, les mouvements de flexion-extension du genou paraissent plus faciles à réaliser par le sujet sportif. Il est possible que nos sportifs qui ont l'habitude de réaliser des gestuelles rapides en raison de leur niveau professionnel développent des fibres musculaires rapides (type II). [Ksibi 2015 [20], Modod [21]]. Les comparaisons ont été réalisées en rapportant la force au poids des sujets en raison des différences anthropométriques des sportifs pratiquant des disciplines très différentes. Une grande taille est en effet nécessaire pour pratiquer à un niveau professionnel le basketball (197 ± 8 cm), le handball (191 ± 6 cm) ou le volley-ball (195 ± 8 cm) [Metaxas et al. [17], Zakas. [7], Schiltz et al. [22], Gonzales et al. [23] Chang Gyun Kim et al. [24], Pedro Schons et al. [25]]. La pratique du cyclisme à un niveau professionnel nécessite un faible poids (70 ± 5 kg) du fait qu'il s'agisse d'un sport porté [Rannama [26]]. Un faible IMC est une prérogative pour la pratique du cyclisme (22,1 ± 1,2 kg/m²), mais également pour sauter lors de la

pratique du volleyball (23,4 ± 1,4 kg/m²) et pour courir lors de la pratique du football (23,2 ± 1 kg/m²) [Metaxas et al. [17], Zakas [7]] (Tableau 3).

Selon l'évaluation de la force musculaire, les footballeurs présentaient une force des quadriceps (2,89 Nm/kg et 2,12 Nm/kg) supérieure à celle des basketteurs (2,53 Nm/kg et 1,80 Nm/kg) aux deux vitesses étudiées (60°/s et 180°/s). Nos résultats semblent en contradiction avec ceux de Zakas et al., qui n'avaient pas retrouvé de différence [7] et ceux de Metaxas et al. qui avaient montré des résultats inverses aux nôtres [17]. En fait, Zakas et al. ne rapportaient pas les mêmes valeurs relatives des basketteurs selon les tableaux de comparaison (2,88 Nm/kg puis 3,10 Nm/kg à 60°/s, 1,64 Nm/kg puis 1,85 Nm/kg à 180°) et Metaxas et al. n'ont montré que des résultats bruts dont la différence s'explique par le poids significativement plus grand des basketteurs par rapport à celui des footballeurs [27]. Si la comparaison entre footballeurs et basketteurs avait été faite en rapportant la force au poids des sujets, la force musculaire des footballeurs aurait été supérieure à celle des basketteurs professionnels (2,33 Nm/kg chez les footballeurs versus 2,19 Nm/kg chez les basketteurs) (Tableau 4). Zakas et al. avaient expliqué leurs résultats en considérant que ces deux pratiques sportives étaient comparables en termes de fréquence, intensité et durée. Pourtant, la pratique de ces deux disciplines est très différente étant donnée la taille des terrains de jeu par exemple (105 m × 68 m pour le football versus 26 m × 14 m à 28 m × 15 m pour le basketball) [28,29]. Les footballeurs parcourent donc de longues distances (environ 1,6 fois plus que les basketteurs par match), multiplient les sprints (environ 2,4 fois plus de sprints supérieurs à 25 km/h par match) et réalisent comme les basketteurs un nombre important de changements de direction [Krustup [30], Bloomfield [31]]. De plus, les footballeurs utilisent leurs membres inférieurs pour frapper le ballon contrairement aux basketteurs qui shoot avec leurs membres supérieurs.

Les footballeurs ont présenté également une force des quadriceps (2,12 Nm/kg) supérieure à celle des handballeurs (1,87 Nm/kg) à la vitesse angulaire de 180°/s. Cette différence est probablement également liée à la spécificité du

Tableau 3 Comparaison des caractéristiques anthropométriques avec les données de la littérature.

	Articles	Années	Matériel	Niveau	Nb de joueurs	Âge	Poids moyen en kg	Taille en cm	IMC kg/m ²
Basketball	ZAKAS	1995	CYBEX	Équipe Nationale	8	24	94,1	200,4	23,53
	ZAKAS	1995	CYBEX	1 ^e division	10	25,5	88,6	192,2	24,01
	BAMAC	2008	BIODEX	2 ^e division	20	23,6	84,7	188,2	23,93
	SCHILTZ	2009	CYBEX	1 ^e et 2 ^e division	15	27	94,9	200	23,72
	METAXAS	2009	CYBEX	1 ^e division	14	23,6	95,8	193	25,75
Handballeurs	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e et 2 ^e division	30	26	96	197	24,5
	GONZALES	2014	BIODEX	1 ^e division	20	27,68	92,89	190	25,7
	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e division	21	28,43	95,9	191	25,9
Volleyball	BAMAC	2008	BIODEX	2 ^e division	20	19,55	79,4	185,2	23,15
	CHANG GYUN KIM	2016	CYBEX	Équipe nationale	14	20,7	84,76	193,69	22,54
	PEDRO SCHONS	2018	BIODEX	1 ^e division	11	26,8	90,3	194	24
	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e division	13	26,85	89,54	195,15	23,6
Cyclisme	RANNALA	2012	HUMAC	Élite	17	20,7	74,3	180,8	22,65
	Notre étude	2018	CYBEX	Professionnel	30	25,8	70,33	178	22,19
Football	ZAKAS	1995	CYBEX	1 ^e division	15	26,6	78,1	180,6	23,9
	METAXAS	2009	CYBEX	1 ^e division	26	25,5	76,7	179	23,9
	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e division	25	22	74	178	23,2

En italique : valeurs calculées.

football qui nécessite de nombreuses frappes de balle au pied sur un terrain de jeu très grand (dimensions du terrain de handball : 40 m × 20 m) [32]. D'après les statistiques de match, le handball se rapproche plus du basketball que du football par le nombre d'accélération et de décélération mais également par la distance parcourue et le nombre de sprints par match. [Povoas [33], Aaron [34], Carlos Puente [35]]. Les footballeurs ont également présenté une force des ischio-jambiers (1,48 Nm/kg) significativement supérieure à celle des basketteurs (1,25 Nm/kg) et des volleyeurs (1,27 Nm/kg). Une tendance à des ischio-jambiers plus forts par rapport aux handballeurs (1,31 Nm/kg) était également retrouvée. Cela peut s'expliquer par les différences de pratiques sportives comme déjà exposé, mais également par le fait que les footballeurs ont pu bénéficier de programmes de renforcement spécifique des ischio-jambiers en prévention de blessures de ce groupe musculaire très fréquentes lors de la pratique du football professionnel [Buckthorpe 2019 [36]].

Les footballeurs ont également présenté une force musculaire des quadriceps et des ischio-jambiers supérieure à celle des cyclistes aux deux vitesses angulaires étudiées (60°/s et 180°/s). Ces résultats peuvent sans doute s'expliquer du fait que le cyclisme est avant tout un sport d'endurance pour parcourir plus de 200 km pour une étape du Tour de France par exemple, avec des efforts réalisés dans l'axe, sans pivot ni changement de direction et moins de contraintes de la masse corporelle.

Par contre, aucune différence n'a été retrouvée entre les footballeurs (2,12 Nm/kg) et les volleyeurs (2,02 Nm/kg) pour la force des quadriceps. Pourtant, Magalhaes et al. avaient montré que les volleyeurs présentaient une force des quadriceps supérieure à celle des footballeurs [15]. Ces résultats avaient été expliqués par une sollicitation des quadriceps plus importante chez les volleyeurs du fait du nombre répété des sauts. En effet, la pratique du volleyball

requiert jusqu'à dix fois plus de sauts par match que la pratique du football [Lima 2018 [37]]. À l'inverse, le football exige des courses avec sprint non réalisées lors de la pratique du volleyball. Par comparaison, les résultats que nous avons recalculé par rapport au poids des volleyeurs à partir des études non comparative de Pedro Schons et al. (2,31 Nm/kg) [25] et de Bamac et al. (2,17 Nm/kg) [16] étaient un peu supérieurs aux nôtres.

Le calcul des ratios a montré que les sportifs professionnels présentaient des ratios conventionnels (IJ/Q) et bilatéraux (Q/Q, IJ/IJ) non différents quel que soit le sport qu'ils pratiquaient. En d'autres termes, les sportifs présentent une symétrie de force au niveau de leurs cuisses quel que soit le sport pratiqué à un niveau professionnel d'une part. D'autre part, l'équilibre de force entre les ischio-jambiers et les quadriceps n'était pas influencé par le sport pratiqué. Nous pouvons suggérer que cette absence de différence retrouvée dans notre étude peut être en lien avec le niveau professionnel de nos sportifs, la préparation physique s'attachant à la bonne stabilité du genou et à un ratio IJ/Q équilibré. Ces résultats sont en accord avec ceux de Zakas et al. et Rosene et al. qui ont comparé le basketball, football, et volleyball [7,19] et ceux de Bamac et al. qui ont comparé les basketteurs et volleyeurs [16]. Ces auteurs ont expliqué que la symétrie et l'équilibre musculaire était liés à des mouvements similaires de course, sauts, accélération et décélération. La symétrie de force est sans doute indispensable pour un sport comme le cyclisme afin de propulser la bicyclette [Grappe 2009 [38]]. De plus, la force n'a pas été influencée par la dominance du membre inférieur contrairement aux idées reçues notamment pour la pratique du football. Il est vrai qu'un footballeur professionnel est capable de frapper la balle des deux pieds mais en plus, le membre de soutien, qui doit contrôler l'ensemble du corps lors de cette gestuelle spécifique, nécessite sans doute de la force.

Tableau 4 Comparaison des profils isocinétiques avec les données de la littérature.

	Articles	Années	Matériel	Niveau	Valeurs Moyennées (m)					valeurs maximales (max)												
					Q60m ^a	Q180m ^a	U 60 m ^a	U180m ^a	U/Q 60m	U/Q 180m	Q60 max	Q60 max ^a	Q180 max	Q180 max ^a	U60 max	IJ60 max ^a	U180 max	U180 max ^a	U/Q 60 max	U/Q 60 max ^a	U/Q 180 max	U/Q 180 max ^a
Basketball	ZAKAS	1995	CYBEX	Équipe nationale							313,5	3,33	194,5	2,06	209,6	2,23	146,9	1,56	0,67	0,67	0,76	0,76
	ZAKAS	1995	CYBEX	1 ^e division							255	2,88	145,5	1,64	191,8	2,16	112,1	1,27	0,75	0,75	0,77	0,77
	BAMAC	2008	BIODEX	2 ^e division							246,5	2,91	159,6	1,88	124,6	1,47	93,8	1,11	0,51	0,51	0,59	0,59
	SCHILTZ	2009	CYBEX	1 ^e et 2 ^e division							286,1	3,01			182,1	1,92			0,64	0,64		
	METAXAS	2009	CYBEX	1 ^e division							295,4	3,08	209,4	2,19	159,7	1,67	112,6	1,18	0,54	0,54	0,54	0,54
	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e et 2 ^e division	2,53	1,80	1,63	1,25	0,66	0,71		2,55		1,81		1,65	121,13	1,26	0,65	0,65	0,70	0,70
Handball	GONZALES RAVE	2014	BIODEX	1 ^e division	2,77	1,85	1,76	1,30	0,63	0,70												
Volleyball	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e division	2,63	1,87		1,31	0,67	0,71	258,86	2,70		1,88	163,24	1,70	126,43	1,32	0,63		0,70	0,70
	BAMAC	2008	BIODEX	2 ^e division							247,3	3,11	172,5	2,17	127,40	1,60	82,80	1,04	0,52	0,52	0,48	0,48
	CHANG GYUN KIM	2016	CYBEX	Équipe nationale	2,53		1,68		0,67													
	PEDRO SCHONS	2018	BIODEX	1 ^e division	3,30	2,31	1,81	1,38	0,55	0,60												
Cyclisme	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e division	2,81	2,02	1,72	1,27	0,62	0,64	262	2,93	187,08	2,09	155,38	1,74	116,08	1,30	0,59	0,59	0,62	0,62
	RANNALA	2012	HUMAC	Élite							223	3,00	158	2,13	127,00	1,71	94,00	1,27	0,57	0,57	0,59	0,59
Football	Notre étude	2018	CYBEX	professionnel	2,64	1,79	1,63	1,29	0,62	0,72	190,37	2,71	129,13	1,84	118,87	1,69	93,2	1,33	0,62		0,72	0,72
	ZAKAS	1995	CYBEX	1 ^e division							245	3,14	153,7	1,96	167,6	2,13	121,7	1,55	0,68	0,68	0,79	0,79
	METAXAS	2009	CYBEX	1 ^e division							270,4	3,53	178,9	2,33	155,2	2,02	104,2	1,36	0,57	0,57	0,58	0,58
	Notre étude	2018	CYBEX	1 ^e division	2,89	2,12	1,86	1,48	0,65	0,70	240,62	3,25	157,68	2,13	137,84	1,86	110,52	1,49	0,57		0,70	0,70

Abréviations : Q et IJ : quadriceps et ischio-jambiers ; 60 et 180 : vitesse angulaire de 60°/s et 180°/s ; m : valeurs moyennées. En italique et en gras : valeurs calculées.

^a Valeurs relatives (Nm/kg).

Seule l'étude de Maghalaes et al. avait montré un ratio conventionnel inférieur chez les volleyeurs par rapport aux footballeurs pour la vitesse angulaire de 90°/s [15]. Ce résultat avait été expliqué par l'entraînement du volleyball qui était à l'origine d'une grande force des quadriceps par la nécessité de sauts répétés avec un défaut d'adaptation des ischio-jambiers.

Le faible nombre de volleyeurs que nous avons étudiés par comparaison au nombre de sujets inclus pour les autres disciplines sportives a peut-être été à l'origine d'un manque de puissance pour montrer une différence de force des quadriceps au profit des volleyeurs. Cependant, l'effectif que nous avons évalué a représenté une équipe complète de volleyball de haut niveau en début de saison sportive à l'image du nombre de sujets que nous avons évalué pour les autres disciplines sportives, à l'exception du basketball (3 équipes différentes évaluées).

Bien que chaque geste technique, durée et intensité soit propre à chaque sport, l'hypothèse que la pratique d'un sport entraîne un profil musculaire type reste à démontrer. La façon de sélectionner les jeunes athlètes pour devenir professionnels peut également expliquer les différences retrouvées entre les sports. [Malina et al. [39]]. Aussi, l'arrivée de la biologie moléculaire dans le monde du sport permettra peut-être à terme de détecter les prédispositions génétiques à la pratique du sport de haut-niveau dans les différentes disciplines sportives. [Vandewalle [40]].

5. Conclusion

Notre étude a permis de chiffrer et de comparer les valeurs isocinétiques des sportifs professionnels selon les cinq disciplines suivantes : le football, le basketball, le volleyball, le handball, et le cyclisme. Elle a montré que les ratios ne sont pas discriminatifs pour différencier les sports et que les sportifs de haut niveau ont des ratios conventionnels et bilatéraux équilibrés.

Les footballeurs professionnels présentent par contre un profil musculaire différent. Leur force musculaire relative (rapportée au poids) est plus grande par rapport à celle des autres sportifs, exceptés par rapport à celle des volleyeurs. Ces résultats s'expliquent sans doute par la spécificité de cette pratique sportive. La taille du terrain demande de nombreuses courses longues. Les changements de direction, les frappes de balle au pied ont sans doute également contribué à ce résultat surtout lorsque ces gestuelles ont été répétées depuis de nombreuses années. Les volleyeurs ont un profil musculaire des quadriceps se rapprochant de celui des footballeurs par la répétition et la hauteur des sauts qu'ils réalisent. On ne retrouve pas de différence significative entre les profils musculaires des basketteurs, handballeurs, et cyclistes.

Enfin, notre étude a permis de déterminer les caractéristiques anthropométriques de ces sportifs de haut niveau à savoir une grande taille pour les basketteurs, handballeurs, volleyeurs, un faible poids pour les cyclistes et un faible IMC pour les volleyeurs, footballeurs et cyclistes.

Ces résultats pourront servir aux entraîneurs, aux kinésithérapeutes et aux médecins du sport qui encadrent des sports individuels et collectifs qui ont été étudiés. Par contre, savoir si la force musculaire des cuisses est la cause

ou la conséquence de la pratique du sport à un niveau professionnel reste questionnable.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Annexe A. Matériel complémentaire

Le matériel complémentaire accompagnant la version en ligne de cet article est disponible sur <http://www.sciencedirect.com> et <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.05.006>.

Références

- [1] Barthélémy Y, Kaux J-F, Ferret JM. Isocinétisme et sport de haut niveau : applications à la traumatologie du sport. In: Bernard PL, Degache F, editors. *Movement & Sport Sciences – Science & Motricité*, 85. 2014. p. 77–91.
- [2] Croisier JL, Crielaard JM. Expérience de l'isocinétisme dans l'encadrement sportif. *J Traumatol Sport* 2004;21(4):238–43.
- [3] Jidovtseff B, Croisier JL, Mordant B, et al. Profil isocinétique des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou dans une population d'athlètes sauteurs. *Sci Sports* 2005;20(5–6):304–7.
- [4] Svensson M, Drust B. Testing soccer players. *J Sports Sci* 2005;23(6):601–18.
- [5] Dauty M, Menu P. Application de la méthode isocinétique chez le sportif. In: Rochcongar P, Rivière D, editors. *Médecine du sport pour le praticien*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2013. p. 547–51.
- [6] Molczyk L, Thigpen LK, Eickhoff J, et al. Reliability of testing the knee extensors and flexors in healthy adult women using a Cybex® II isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Therap* 1991;14(1):37–41.
- [7] Zakas A. (PDF) Peak torque of quadriceps and hamstring muscles in basketball and soccer players of different divisions [Internet]. ResearchGate.1995. [cité 22 janv 2019]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/14426468.Peak_torque_of_quadriceps_and_hamstring_muscles_in_basketball_and_soccer_players_of_different_divisions.
- [8] Dauty M, Bryand F, Potiron-Josse M. Relation entre la force isocinétique, le saut et le sprint chez le footballeur de haut niveau. *Sci Sport* 2002.
- [9] Dauty M, Bryand F, Potiron-Josse M. Relation entre la force isocinétique, le saut et le sprint chez le footballeur de haut niveau. *Science & Sports* 2001;17(3) [122–7].
- [10] Fischer F, Blank C, Dünwald T, Gföller P, Herbst E, Hoser C, et al. Isokinetic extension strength is associated with single-leg vertical jump height. *Orthop J Sports Med* 2017;5(11) [2325967117736766].
- [11] Śliwowski R, Grygorowicz M, Wieczorek A, Jadczyk Ł. The relationship between jumping performance, isokinetic strength and dynamic postural control in elite youth soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58(9):1226–33.
- [12] Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy elite handball and football players. *J Strength Cond Res* 2018;32(8):2314–23.
- [13] Dauty M, Menu P, Dubois C. Effects of running retraining after knee anterior cruciate ligament reconstruction. *Science & Sports* 2010;53(3) [150–61].
- [14] Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Ferréol S, Dubois C. Prediction of hamstring injury in professional soccer players

- by isokinetic measurements. *Muscles Ligaments Tendons J* 2016;6(1):116–23.
- [15] Magalhães J. (PDF) Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players [Internet]. ResearchGate. 2004.[cité 22 janv 2019]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/8246044_Concentric_quadriceps_and_hamstrings_isokinetic_strength_in_volleyball_and_soccer_players.
- [16] Bamaç B, Çolak T, Özbek A, et al. Isokinetic performance in elite volleyball and basketball players *Kinesiology. Int J Fundam Appl Kinesiol* 2008;40(2):183–9.
- [17] Metaxas TI, Koutlianos N, Sendelides T, et al. Preseason physiological profile of soccer and basketball players in different divisions. *J Strength Cond Res* 2009;23(6):1704–13.
- [18] Zouita A, Dziri C, Ben Salah F-Z, et al. Comparaison de la force musculaire isocinétique et du ratio ischiojambiers/quadriceps entre des sportifs tunisiens. *Sci Sports* 2007;22(5):196–200.
- [19] Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic Hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *J Athl Train* 2001;36(4):378–83.
- [20] Ksibi I, Kessomtini W, Ilehi Y, Maaoui R, Khachlouf HR. Profil isocinétique des genoux des footballeuses compétitives tunisiennes isokinetic profile of knee muscles in tunisian competitive footballers. *Tunis Med* 2015;93:4.
- [21] Monod H. Dépense énergétique au cours de l'exercice physique. In: Rochcongar P, Rivièrè D, editors. *Médecine du sport pour le praticien*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2013. p. 27–32.
- [22] Schiltz M, Lehance C, Maquet D, et al. Explosive strength imbalances in professional basketball players. *J Athl Train* 2009;44(1):39–47.
- [23] González-Ravé JM, Juárez D, Rubio-Arias JA, et al. Isokinetic leg strength and power in elite handball players. *J Hum Kinet* 2014;41:227–33.
- [24] Kim C-G, Jeoung BJ. Assessment of isokinetic muscle function in Korea male volleyball athletes. *J Exerc Rehab* 2016;12(5):429–37.
- [25] Schons P, Da Rosa RG, Fischer G, et al. The relationship between strength asymmetries and jumping performance in professional volleyball players. *Sports Biomech* 2018:1–12.
- [26] Rannama I, Bazanov B, Baskin K, et al. Isokinetic muscle strength and short term cycling power of road cyclists. *J Hum Sport Exerc* 2013;8(2) [cité 22 janvier 2019. Internet. <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=301026406011>].
- [27] Housh TJ, Thorland WG, Tharp GD, et al. Isokinetic leg flexion and extension strength of elite adolescent female track and field athletes. *Res Q Exerc Sport* 1984;55(4):347–50.
- [28] Ligue de Football Professionnelle. Recommandations de la Commission des stades. [Internet]. 2011 [cité 2 avr 2019] Disponible sur : https://www.lfp.fr/reglements/reglements/2011_2012/reglComp7.pdf.
- [29] Fédération Française de Basketball. Règlement des salles et terrains; 2014 [cité 2 avril 2019. Internet. http://www.ffbb.com/sites/default/files/reg_sale_terrain.pdf].
- [30] Krstrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci* 2001.
- [31] Bloomfield J, Polman R, O'Donoghue P. Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *J Sport Sci Med* 2007.
- [32] Fédération française de handball: FFHB: Le matériel.2019. [Internet]. [cité 28 mars 2019]. Disponible sur: <http://www.ff-handball.org/pratiquer/le-handball/le-materiel.html>.
- [33] Póvoas SC, Seabra AF, Ascensão AA, et al. Physical-land physiological demands of elite team handball. *J Strength Cond Res* 2012;26(12):3365–75, <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248aeee> [PubMed PMID:22222325].
- [34] Scanlan A, Dascombe B, Reaburn P. A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *J Sports Sci* 2011.
- [35] Puente C, Abián-Vicén J, Areces F, et al. Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game. *J Strength Cond Res* 2017.
- [36] Buckthorpe M, Wright S, Bruce-Low S, Nanni G, Sturdy T, Gross AS, et al. Recommendations for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice. *Br J Sports Med* 2019;53(7):449–56.
- [37] Lima RF, Palao JM, Clemente FM. Jump performance during official matches in elite volleyball players: A pilot study. *Journal of Human Kinetics*. 2018;11.
- [38] Grappe F. Cyclisme et optimisation de la performance: Science et méthodologie de l'entraînement. De Boeck Supérieur; Bruxelles 2009, pp. 205-206.
- [39] Malina RM, Figueiredo AJ, Coelho-e-Silva MJ. Body size of male youth soccer players: 1978–2015. *Sports Med* 2017.
- [40] Vandewalle H. Principes généraux de l'entraînement physique. In: Rochcongar P, Rivièrè D, editors. *Médecine du sport pour le praticien*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2013. p. 87–95.