

Evaluation de la stabilité articulaire du genou par corrélation entre valgus dynamique du genou et mesure de force isocinétique : une étude pilote

An Assessment of Knee Control via Correlation of the Dynamic Valgus of the Knee and a Measure of Isokinetic Strength : a Pilot Study

GUILLAUME NERON (PT)⁽¹⁾, ETIENNE CUSIN (PhD)⁽²⁾, BRICE PICOT (PT, MSc)⁽³⁾

1. Société Française des Masseurs-Kinésithérapeutes du Sport, Domène, France
2. Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité, Université Savoie Mont Blanc, EA7424, Chambéry, France
3. Société Française des Masseurs-Kinésithérapeutes du Sport, Aix-les-Bains, France

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt

Keywords

Drop vertical jump, isokinetic strength testing, dynamic valgus, 2D motion analysis

Introduction: prevention through the assessment of risk factors is a major challenge for health and physical preparation sectors. It is now essential to develop methods capable of assessing these risks factors simply and objectively.

Objective: this study investigates the use of the dynamic valgus with 2D motion analysis to provide a simple method for sport physicians, in daily practice, to offer knee stability evaluation.

Methods: eighteen subjects participated in this study. Measurements of the Frontal Plane Projection Angle (FPPA) were

Mots clés

Drop vertical jump, isocinétisme, valgus dynamique, analyse vidéo 2D

Introduction: la prévention par l'évaluation des facteurs de risques représente un enjeu majeur des secteurs de la santé et de la préparation physique. Il apparaît aujourd'hui essentiel d'identifier des outils capables d'évaluer simplement, rapidement et de manière objective ces facteurs de risques.

Objectifs: évaluer la pertinence de l'étude du valgus dynamique au moyen de l'outil vidéo, par sa mise en relation avec le gold standard de l'évaluation de la stabilité articulaire du genou : l'évaluation isocinétique. L'objectif étant de fournir au praticien de terrain un moyen d'évaluation simple, rapide et fiable.

used to determine the dynamic valgus with 2D motion analysis during a drop vertical jump. Furthermore, the Croisier functional ratio (CFR) was calculated using isokinetic strength testing. The muscular strength of quadriceps and hamstrings was evaluated at 240°/s in concentric contraction and at 30°/s in eccentric contraction respectively. All tests and procedures were conducted on both legs.

Results: three groups were formed (all subjects, male and female). There is a correlation between FPPA and CFR that is significant for two groups: all ($r=-0.37$; $p=0.03$) and female ($r=-0.61$; $p=0.034$). The male group presents a correlation but it is not significant ($r=-0.36$; $p=0.096$).

Discussion: the lack of consensus in isokinetic evaluations encourages interest in other parameters that may highlight neuromuscular risk factors. Functional tests such as the dynamic valgus are now widely used to quantify joint stability on its neuromuscular side. The results of the present study suggest that the evaluation of the dynamic valgus using 2D video can be correlated with the CFR.

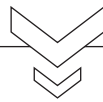
Conclusion: 2D motion analysis of the dynamic valgus could represent something interesting in daily practice for clinicians who want to objectify knee stability and prevent injury.

Matériels et méthodes: dix-huit sujets sains ont participé à l'étude. Le Frontal Plane Projection Angle (FPPA) caractérisant le valgus dynamique a été évalué à l'aide d'une analyse vidéo 2D lors de Drop Vertical Jump (DVJ). Le Ratio Fonctionnel de Croisier (RFC) a également été utilisé dans cette étude. Les mesures ont été prises sur les deux membres inférieurs.

Résultats: trois groupes ont été formés en fonction du genre pour l'analyse des données (mixte, femmes et hommes). Il existe une corrélation significative entre le FPPA et le RFC pour le groupe mixte ($r=-0.37$; $p=0.03$) et le groupe femmes ($r=-0.61$; $p=0.034$) et une tendance pour le groupe hommes ($r=-0.36$; $p=0.096$).

Discussion: le manque de consensus au niveau des évaluations isocinétiques incite à s'intéresser à d'autres paramètres pouvant mettre en évidence des facteurs de risque neuromusculaires. Les tests fonctionnels tels que l'étude du valgus dynamique sont aujourd'hui largement repris afin de quantifier la stabilité articulaire sur son versant neuromusculaire. Les résultats de cette étude tendent à montrer que l'évaluation du valgus dynamique au moyen de l'outil vidéo 2D serait corrélée au RFC.

Conclusion: il existe une variabilité quant à la significativité de la corrélation en fonction du genre des sujets évalués. Cependant une tendance générale se dégage en faveur d'une corrélation entre FPPA et RFC. L'évaluation du valgus dynamique lors du DVJ semble prometteur dans l'étude clinique de la stabilité articulaire du genou dans sa composante neuromusculaire.



1. Introduction

L'évolution des pratiques sportives et l'augmentation du nombre de pratiquants tendent aujourd'hui à majorer le nombre de traumatismes. De nombreuses disciplines sportives sont à l'origine de blessures au niveau du genou, notamment l'atteinte du ligament croisé antérieur (LCA) et les accidents musculaires au niveau des ischio-jambiers (IJ). Une estimation récente porte de 100.000 à 200.000 les ruptures de LCA par an aux Etats-Unis, et, sur l'ensemble de ces traumatismes, 70 % seraient indirectes tandis que 30 % résulteraient d'un contact direct avec un autre joueur ou un objet⁽¹⁾. Les pratiquants de sports de pivots sont les plus exposés à ces blessures, ainsi que les femmes qui sont quatre à six fois plus touchées que les hommes par la rupture du LCA^(1,2).

Ainsi, au-delà de la multiplication des études scientifiques sur les pathologies sportives qui permet une meilleure précision dans l'épidémiologie et la compréhension des mécanismes lésionnels⁽³⁾, l'étude des facteurs de risques représente actuellement un enjeu majeur dans la prévention des atteintes de la fonction articulaire du genou⁽⁴⁾. Concernant les atteintes du LCA, plusieurs facteurs de risques sont aujourd'hui identifiés mis en évidence notamment au niveau musculaire et neuromusculaire⁽⁵⁾.

Concernant ces facteurs de risque, le rapport des forces musculaires Quadriceps/Ischio-Jambiers (Q/IJ), le valgus et l'ampli-

tude de flexion lors de réceptions, la position du corps au moment de la blessure sont autant de identifiés pouvant influencer l'intégrité du LCA⁽¹⁾.

De nombreux autres facteurs de risque singulier sont également à prendre en compte quant à l'atteinte du LCA. Ils concernent aussi bien les paramètres externes (aspects psycho-sociaux, surfaces de pratique et matériels employés, équipements de protection, facteurs météorologiques...) qu'internes (variabilité anatomique, facteurs hormonaux, biomécanique,...). L'étude des facteurs neuromusculaires ne constitue pas à elle seule les paramètres expliquant une telle exposition de cette structure^(5,6).

Connaissant l'ensemble de ces facteurs de risque singulier, il apparait donc essentiel de les évaluer de façon objective. Cependant il existe une diversité de critères retenus dans l'évaluation de la stabilité articulaire notamment après blessure⁽⁴⁾. Ces critères d'évaluation sont pour la plupart subjectifs (observations visuelles, ressentis du sportif...) et les critères objectifs demeurent encore à ce jour difficilement accessibles pour le praticien de terrain (isocinétisme, imagerie médicale, analyse biomécanique 3D...) (4). En effet, ces différents outils sont souvent coûteux et complexes à mettre en place (durée d'évaluation, technicité d'utilisation, disponibilité des appareils, formation de l'utilisateur...). Il n'en demeure pas moins que les différents acteurs du système de santé et de la préparation physique se basent sur ces outils d'évaluation afin de

prévenir les éventuelles blessures, optimiser la reprise sportive et prévoir le retour à la compétition⁽⁷⁾. Il apparaît donc essentiel d'identifier des outils d'évaluation de la stabilité articulaire du genou utilisant des données fiables, objectives, quantifiables, reproductibles tout en étant accessibles en pratique quotidienne⁽⁴⁾.

L'évaluation de la stabilité articulaire du genou représente donc un enjeu majeur dans les domaines de la santé et de la préparation physique. Le gold standard en pratique quotidienne, reste l'évaluation isocinétique qui s'appuie sur l'étude de la force musculaire. En effet, de nombreux centres de santé et une grande partie des publications scientifiques utilisent cet outil dans l'arbre décisionnel du retour au terrain⁽⁴⁾. Cependant, il n'existe à ce jour, pas de consensus sur d'éventuels protocoles standardisés concernant les vitesses de mesures ou encore les régimes de contraction. Seul le ratio fonctionnel de Croisier (RFC) semble aujourd'hui repris aussi bien par les professionnels de santé que par la littérature^(8,9). De plus *Van Dyk & al.* (2016) ont établi l'intérêt prédictif théorique de l'évaluation de la force musculaire développée dans l'étude des facteurs de risques, en précisant toutefois que son impact demeure cliniquement faible⁽⁹⁾.

Hewett & al.(2005)⁽¹⁰⁾ ont déterminé par une analyse 3D que l'augmentation du valgus dynamique est un facteur prédictif d'entorse du genou. Ces résultats sont confirmés dans une étude de 2017⁽¹¹⁾. De plus *Mizner & al* (2012)⁽¹²⁾ ont démontré que l'analyse 2D est suffisante pour déterminer le valgus dynamique par l'étude du Frontal Plane Projection Angle (FPPA). Une étude récente vient également confirmer que les mesures d'angle effectuées par des systèmes vidéo 2D donnent des résultats similaires aux logiciels de modélisation en 3D⁽¹³⁾.

Ainsi certains auteurs ont tenté de mettre au point des outils alternatifs afin de faciliter l'étude de la stabilité articulaire parmi lesquels l'étude biomécanique du mouvement par l'analyse vidéo semble faire consensus^(7,10-12,14). Le développement et la démocratisation des technologies numériques ont permis de faciliter l'essor des outils de ce type. Du fait de leur fiabilité, de nombreuses analyses se sont faites en 3 Dimensions⁽¹⁰⁾ mais certains auteurs ont pu établir une corrélation entre l'étude 3D et 2D notamment au niveau de l'évaluation du valgus dynamique du genou, simplifiant ainsi la mise en place et le recueil de ces données⁽¹²⁾. Il semblerait que l'augmentation du valgus dynamique, à la réception d'un test de saut de type Drop Vertical Jump (DVJ), soit à l'origine d'une augmentation du risque de blessure notamment en ce qui concerne les atteintes du LCA^(11,15). L'étude des caractéristiques du valgus dynamique observées dans le plan frontal (qui est le principal plan dans lequel se développent les instabilités du genou)⁽¹⁶⁾ représente donc un critère déterminant dans l'étude de la stabilité articulaire⁽¹¹⁾. Une des principales mesures étudiées est le Frontal Plane Projection Angle (FPPA) qui se définit comme l'angle formé entre l'épine iliaque antéro-supérieure (EIAS), le milieu de l'articulation fémoro-tibiale et le milieu de l'articulation tibio-tarsienne⁽¹²⁾.

Ainsi plusieurs moyens sont utilisés afin d'apprécier la stabilité articulaire du genou. Cependant l'utilisation de plusieurs de ces outils s'avère onéreuse, chronophage et d'une fiabilité discutable pour le clinicien⁽⁴⁾. Le but de ce travail est d'évaluer la pertinence de l'analyse vidéo 2D du valgus dynamique via le FPPA en comparant ce paramètre au gold standard clinique de l'évaluation de

la stabilité articulaire du genou : le RFC à l'isocinétisme. Cela permettrait de proposer un outil nouveau, abordable et facile d'utilisation pour les professionnels désireux d'évaluer les qualités de stabilité du genou lors d'une éventuelle reprise sportive ou dans le domaine de la prévention.

Matériel et méthodes

1. Population

L'expérience a été réalisée sur 18 sujets recrutés sur la base du volontariat (11 hommes, 7 femmes) sains, (âge : 24 ± 6 ans ; masse : 69.2 ± 13.5 kg ; taille : 1.73 ± 0.1 m ; IMC : 23 ± 3.27). Les sujets présentaient un niveau d'activité physique hétérogène, qualifié de faible à modéré sans pratique de compétitions et avec des entraînements ne dépassant pas 2 sessions hebdomadaires. Les critères de non inclusion étaient les suivants : intervention chirurgicale au niveau d'un membre inférieur, traumatisme au niveau d'un membre inférieur au cours des 6 derniers mois et toute pathologie susceptible d'affecter les performances physiques au cours de l'expérience⁽¹⁷⁾.

Les participants ont complété une fiche de renseignement et ont donné leur accord de participation à cette étude par la signature d'un formulaire de consentement.

2. Déroulement du protocole

a. Drop Vertical Jump (DVJ)

Un échauffement était réalisé sur ergo cycle. Les sujets pédalaient à une fréquence de 80 rotations par minute. La puissance développée était constante et correspondait à deux fois leur poids mesuré (2 Watt/kg). La durée de l'échauffement était de 10 minutes.

Le principe du DVJ consiste à sauter en monopodal depuis une marche et de se réceptionner après un rebond au sol sur le membre inférieur dominant.

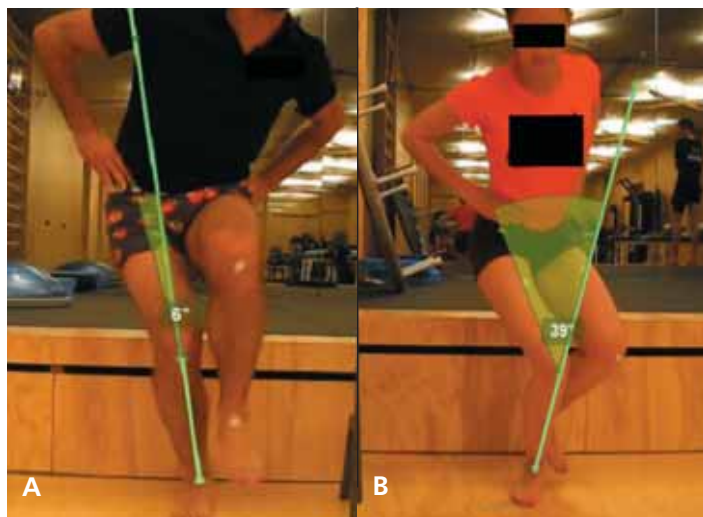
La boîte de saut était ici une marche d'estrade mesurant 40 cm de haut⁽¹²⁾. Le matériel d'acquisition vidéo utilisé était un appareil photo/caméra canon Ixus 80IS dont la fréquence d'acquisition était de 30 images par seconde. Il a été installé à 240 cm de la boîte (pied de caméra et caméra). Un repère au sol a été placé à 40 cm de l'estrade pour l'atterrissage (Figure 1).



> Figure 1 : préparation du DVJ : le repère au sol sert de cible, il est placé à 40 cm de l'estrade

À la fin de l'échauffement les sujets étaient invités à se familiariser avec le DVJ. L'acquisition se faisait lorsque le sujet était capable d'enchaîner 3 sauts consécutifs dans le plus strict respect des consignes, à savoir se laisser tomber au niveau du repère au sol et rebondir le plus haut possible en passant un minimum de temps au sol. Il était également demandé au sujet de se stabiliser pendant 3 secondes lors du second contact au sol (Figure 2A). Pendant les sauts, l'évaluateur encourageait les sujets afin que ceux-ci effectuent les sauts au maximum de leurs capacités. Afin que les consignes et les mesures soient reproductibles, les sujets devaient conserver leurs mains sur les hanches tout au long du DVJ.

Trois sauts étaient enregistrés pour le recueil des données.



› Figure 2 : A. Réception après Drop Vertical Jump : il est demandé au sujet de se stabiliser pendant 3 secondes avant de reposer le pied opposé au sol. B. Déformation en valgus dynamique

b. Evaluation isocinétique

L'appareil isocinétique (Cybex® Human norm 2015 version 15.000.0088) était réglé de manière standardisée : inclinaison du dossier : 85°, butées articulaires : -5° d'extension, 85° de flexion⁽⁹⁾ (Figure 3). Avant de commencer le travail contre résistance, les sujets réalisaient le mouvement à vide dans



› Figure 3 : installation des sujets sur l'appareil d'isocinétisme. La position des sujets était standardisée : inclinaison du dossier : 85°, butées articulaires : -5° d'extension, 85° de flexion.

toute l'amplitude articulaire qui allait être parcourue afin de s'assurer qu'ils ne présentaient aucune douleur ni aucune gêne. Le centre de rotation du bras articulé de l'appareil d'isocinétisme était placé au regard de l'articulation fémoro-tibiale grâce à un pointeur laser. Les sujets réalisaient alors 8 mouvements concentriques à 180°/seconde de flexions/extensions du genou. Ensuite 5 flexions/extensions en concentrique à 240°/seconde puis 3 à 240°/seconde (Qcon à 240°/s) ont été enregistrées. Suivaient ensuite 5 mouvements d'échauffement en excentrique à 30°/seconde puis 3 qui étaient enregistrés (Ijexc à 30°/s). Entre chaque série, les sujets disposaient d'un temps de récupération d'une minute. Les données vidéo et isocinétiques ont été ensuite récupérées et traitées à posteriori.

c. Paramètres étudiés

La randomisation des sauts (droite et gauche) ainsi que celle du protocole d'isocinétisme (droite et gauche) ont été effectuées. Afin de repérer les éléments anatomiques nécessaires à la mesure du FPPA lors du DVJ, des marqueurs externes (tissu adhésif Strappal® blanc) ont été placés sur les repères anatomiques suivants : EIAS, milieu de l'articulation du genou et milieu de l'articulation tibio-tarsienne.

Le calcul du RFC s'effectuait grâce aux données recueillies isocinétiques. Le bilan isocinétique a donc permis de déterminer le couple maximal développé par les deux groupes musculaires évalués (Ischios-jambiers et Quadriceps) aux vitesses données. La valeur de l'essai qui présentait le couple maximal était relevée. Le rapport était établi sur la base du couple maximal développé par les Ijexc à 30°/s et le Qcon à 240°/s⁽⁸⁾.

3. Analyse des données

Les données exploitées sont donc 3 FPPA évaluant le valgus dynamique de chaque membre inférieur^(10,12,18). Le FPPA a été déterminé grâce au logiciel Kinovea® version 0.8.15. Ce logiciel permet un traitement image par image. La mesure ainsi obtenue correspondait à l'angle valgus maximal lors du saut dynamique. Lorsque la valeur est positive, le sujet présente une déformation en valgus, lorsqu'elle est négative, la déformation est en varus (figure 2B). Pour calculer le RFC, la meilleure performance a été retenue lors des 3 essais à 30°/s en excentrique et la meilleure performance à 240°/s en concentrique puis fait le rapport des deux comme le suggère l'auteur (Tableau 1).

4. Analyse statistique

Trois groupes ont été définis en fonction du genre. Un groupe comprenant l'ensemble des sujets, appelé le groupe « mixte », un groupe exclusivement composé des femmes ayant participé à cette étude et un groupe exclusivement composé des hommes. Les données recueillies suivent la loi normale sur chacun des échantillons (test de Shapiro-Wilk), le test paramétrique de Bravais-Pearson a été utilisé dans le but de tester la significativité du coefficient de corrélation calculé. Le logiciel de traitement statistique utilisé était STATISTICA® version 8.0 et le seuil de significativité retenu dans cette étude était $p < 0.05$.

Recueil de données

Sujet	Genre	Frontal plane Projection Angle (FPPA)		Ratio Fonctionnel de Croisier (RFC)	
		Membre Dominant	Membre non dominant	Membre Dominant	Membre non dominant
1	H	9,00	8,00	100	100
2	H	-6,33	8,00	102	96
3	H	5,00	0,33	103	113
4	F	5,33	20,00	91,3	112,6
5	H	10,67	12,67	81,4	80,1
6	F	14,33	9,33	122,2	115,7
7	H	10,67	8,67	95,3	103,9
8	H	8,00	-2,00	134,7	122,2
9	H	6,00	-0,67	104,5	82,5
10	F	29,33	13,67	69,3	78,5
11	H	9,33	-0,67	96,9	101,4
12	H	6,33	-15,67	127,5	136,8
13	F	1,33	4,67	147,7	129
14	H	5,00	-3,00	124	123
15	F	4,67	14,33	114	122
16	F	17,00	8,00	114	135
17	H	18,33	8,67	110	133

› Tableau 1 : tableau récapitulatif des données recueillies

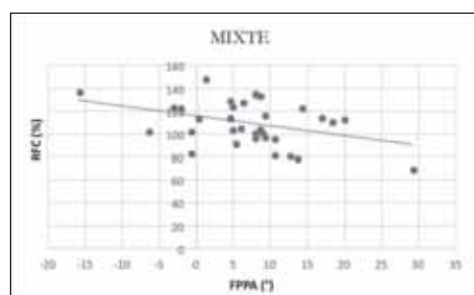
Résultats

Le coefficient de corrélation de *Bravais-Pearson* a été calculé pour chaque groupe. Le groupe indifférent présente un coefficient de corrélation de $r=-0.37$ significatif ($p=0.03$) (Figure 5), le groupe hommes présente un coefficient de corrélation de $r=-0.36$ non significatif ($p=0.096$) (Figure 6), le groupe femmes présente un coefficient de corrélation de $r=-0.61$ significatif ($p=0.034$) (Figure 7). Il y a donc une corrélation statistiquement significative entre valgus dynamique (via le FPPA) et évaluation isocinétique (via le RFC) pour le groupe

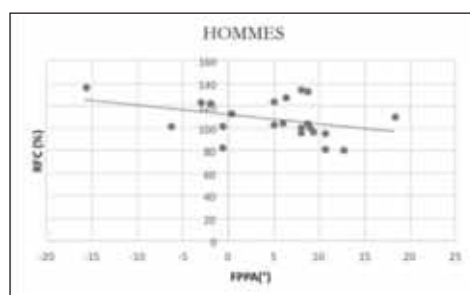
indifférent et le groupe femmes. Le groupe hommes présente une corrélation importante mais une tendance se dessine (Tableau 2).

Discussion

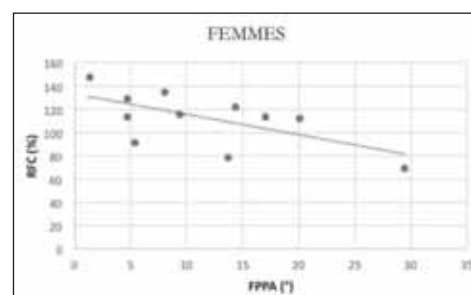
Cette étude consistait à étudier la validité de la mesure vidéo du valgus dynamique du genou lors d'un DVJ. En effet, à l'isocinétisme la variation du ratio IJ/Q au profit du Q peut avoir des conséquences sur l'intégrité de l'articulation du genou⁽¹⁹⁾. L'altération de la cinématique articulaire par un déficit



› Figure 5 : graphique de corrélation groupe hommes et femmes



› Figure 6 : graphique de corrélation groupe hommes



› Figure 7 : graphique de corrélation groupe femmes

Groupe	RFC		FPPA		Corrélation	Significativité
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type		
Indifférent	109,49	19,03	7,30	8,20	-0,37	0,03
Hommes	107,78	17,02	4,83	7,39	-0,36	0,096
Femmes	112,61	22,74	11,83	7,93	-0,61	0,034

› Tableau 2 : récapitulatif

de contrôle neuromusculaire se manifestant principalement lors des sauts et des flexions de genou constitue également un facteur prédisposant⁽²⁰⁾. L'objectif étant de trouver un outil alternatif au bilan isocinétique qui reste à ce jour un examen coûteux, complexe, chronophage et non standardisé⁽²¹⁾.

La construction du protocole et des consignes de saut ont été inspirées des travaux de *Hewett & al.* (2005)⁽¹⁰⁾ et de *Van Dyk* (2016)⁽⁹⁾. *Van Dyk & al.* (2016) ont fait réaliser un échauffement sur vélo ou tapis de course d'une durée de 5 à 10 minutes. *Hewett & al.* (2005) ont fait faire des séries de 3 sauts à leurs sujets en leur donnant la consigne de se laisser tomber sur le sol et de réaliser aussitôt un saut vertical le plus haut possible. Les sujets devaient mimer avec les bras un mouvement de basket car la cohorte se composait de femmes sportives. Comme les sujets de cette étude ne sont pas spécifiquement sportifs, il a été demandé aux sujets de garder les mains sur les hanches lors des sauts afin de limiter l'aide ont été inspirées des et de standardiser la mesure. *Fabri & al.* (2016) ont réalisé les sauts en unipodal, ils ne trouvent pas de corrélation entre le saut de détente vertical et le valgus dynamique. Cependant dans cette étude, le paramètre étudié pour le valgus dynamique correspond à l'angle entre la malléole latérale, le condyle latéral et le grand trochanter, paramètre qui ne semble pas apparaître dans d'autres études. De plus ces auteurs ne se sont pas intéressés au risque de blessure mais à l'évaluation articulaire post-chirurgie du LCA.

Concernant le protocole du DVJ, certains auteurs^(10,12) proposent de le réaliser en appui bipodal. Dans notre étude, les DVJ ont été réalisés en unipodal car il semblerait que le coté dominant soit préférentiellement atteint lors des traumatismes, bien que cela reste encore sujet à discussions.⁽¹⁸⁾ De plus, *Numata & al.* (2017)⁽¹¹⁾ font également effectuer des sauts en unipodal à leurs sujets en précisant que le saut unipodal présente l'avantage de majorer le valgus dynamique en comparaison du saut bipodal. Le but était également de se rapprocher au maximum de la pratique sportive sachant que dans de nombreuses activités les réceptions se font principalement en unipodal.

Les paramètres isocinétiques qui ont été retenus pour ce protocole sont ceux issus des travaux de *Van Dyk & al.* 2016⁽⁹⁾ qui ont eux-mêmes évalué les travaux de *Croisier & al.* (2008). Les travaux de *Croisier & al.* (2008) ont permis de mettre en évidence que le rapport IJexc à 30°/s et le Qcon à 240°/s permettait d'apprécier le risque de lésion musculaire au niveau des IJ. *Van dyk & al.* (2016) ont choisi de prendre les mesures isocinétiques sur 3 répétitions. Pour le protocole de cette étude il a été ajouté un entraînement sur 8 répétitions à 180°/s afin de mieux prendre conscience du travail demandé. En effet, la plupart des sujets n'avaient jamais été exposés à l'évaluation isocinétique. Le travail étant très spécifique, il a été décidé de faire réaliser une série préalable de travail à une vitesse angulaire intermédiaire afin de mieux appréhender le travail qui allait être demandé. Avant chaque prise de mesure les sujets ont également effectué 5 répétitions afin de limiter les biais d'apprentissage inter-individuels. *Laudner & al.* 2015 ont donné 30 secondes de repos entre chaque série à leurs sujets alors que *Van Dyk & al.* en ont eux laissé 60 secondes. Dans cette étude, le parti a été pris de donner 60 secondes de repos

entre chaque série afin de limiter les effets de la fatigue après l'échauffement et les tests de sauts.

L'outil isocinétique permet, d'après les études^(4,8,9) d'objectiver la force développée par un groupe musculaire. Cependant bien que les auteurs soulignent l'intérêt de l'étude théorique de cette force musculaire, ils démontrent ses limites sur le plan clinique notamment dans la détection des risques de lésions des IJ⁽⁹⁾. D'autres auteurs s'interrogent sur le manque de consensus sur les protocoles d'isocinétisme et proposent d'autres outils d'évaluation complémentaires fiables et objectifs (études biomécaniques, imageries, amplitudes articulaires,...)⁽⁴⁾.

Au regard des résultats de cette étude, il semblerait que l'évaluation du valgus dynamique au moyen de l'outil vidéo 2D soit corrélée au RFC. Toutefois, il semble important de noter que le degré de corrélation varie suivant les groupes de genre (mixte, femmes et hommes).

A l'issue de ces résultats, on remarque donc, que malgré un nombre restreint de femmes participant à cette étude, il existe une corrélation significative assez importante entre FPPA et le RFC dans le groupe femmes ($r=-0.61$; $p=0.034$). Comme le rappellent les travaux de *Dingenen & al.* (2015)⁽²²⁾, les sujets féminins semblent plus exposés aux ruptures du LCA que les hommes du fait qu'elles présenteraient naturellement un valgus dynamique plus prononcé. Cette différence de genre semble donc en accord avec les données de la littérature scientifique qui suggère que les différences d'exposition liées au genre s'expliquent principalement par des facteurs neuromusculaires (capacités d'amortissement plus faible chez les femmes conduisant à un valgus dynamique plus prononcé)^(5,6).

A l'inverse, le groupe hommes ne présente pas de corrélation significative, et que seule une tendance se dégage. Deux questions sont donc soulevées à l'issue de ce constat : i) Les hommes présentent-ils un valgus dynamique suffisamment prononcé pour constituer un facteur de risque ? ii) L'évaluation de la force musculaire est-elle un paramètre à étudier pour quantifier un facteur de risque aux traumatismes des membres inférieurs ? Sur ce dernier point, une étude récente tend à démontrer que l'étude de la force musculaire n'intervient pas de façon significative dans la prévention des lésions des membres inférieurs chez les hommes⁽²³⁾. D'autres paramètres et protocoles d'isocinétisme mériteraient donc d'être investigués. Toutefois, *Numata & al.* (2017)⁽¹¹⁾ confirment la pertinence de l'étude du valgus dynamique chez les femmes dans le cadre de la prévention des lésions du LCA.

Il semble donc qu'il existe un lien entre FPPA et RFC notamment chez les femmes. Dans ce cas, la mesure du FPPA pourrait donc être un paramètre prometteur dans l'analyse du valgus dynamique et donc de la stabilité articulaire du genou dans sa composante neuromusculaire.

1. Limites de l'étude

Compte tenu des écarts intra-individuels mesurés lors de l'étude du FPPA, il semble intéressant d'améliorer la précision des mesures notamment du positionnement des repères.

Plusieurs auteurs mentionnent le rôle du mouvement de la peau sous les marqueurs qui tend à modifier leur position au cours des évaluations, cependant ces phénomènes semblent avoir une influence limitée⁽¹³⁾. Il semble également pertinent de limiter au maximum l'implication des compensations principalement sur le plan rotatoire. Bien que la participation des membres supérieurs lors des sauts ait été standardisée en plaçant les mains sur les hanches, les stratégies motrices mises en place diffèrent suivant les individus et il pourrait s'avérer intéressant de tenter de les standardiser en étudiant le valgus à différents moments lors de la réception.

2. Implication clinique

Il est essentiel de trouver aujourd'hui des outils objectifs permettant l'évaluation et la prévention des blessures en milieu sportif notamment. Même si l'étude du valgus dynamique a montré qu'il était en lien avec le risque de blessure, il est aujourd'hui encore discuté notamment en ce qui concerne la lésion du ligament croisé antérieur⁽²⁴⁾. Néanmoins les preuves scientifiques tendent à montrer qu'il joue un rôle important dans ces lésions⁽²⁰⁾. Au vu des résultats encourageants de cette étude, il paraîtrait intéressant pour le praticien d'objectiver ce valgus dynamique dans sa pratique quotidienne. En effet, il semblerait que l'augmentation du valgus dynamique soit une composante majeure de l'atteinte de l'intégrité articulaire du genou^(20,25). Pour autant, à ce jour il reste cliniquement un mauvais test de dépistage⁽²⁴⁾. Il semble donc que l'on retombe sur le même problème que celui lié à la détermination du RFC⁽⁹⁾ à savoir théoriquement correct mais cliniquement faible. De plus en plus de publications tendent à remettre en question l'intérêt d'une évaluation de force dans l'évaluation de la stabilité articulaire du genou notamment chez les hommes⁽²³⁾. Néanmoins, l'évaluation du valgus dynamique reste une mesure peu onéreuse, facilement réalisable et exploitable par le thérapeute de terrain. D'autres études restent toutefois nécessaires pour étudier la pertinence de ce type de test en pratique clinique. Le choix de protocoles standardisés, randomisés et avec un échantillon plus grand permettrait sans doute de savoir si cette alternative peu coûteuse et fonctionnelle permet finalement d'évaluer précisément la stabilité articulaire du genou.

Conclusion

Le développement et l'utilisation de moyens nouveaux et accessibles dans l'étude de la stabilité articulaire du genou constitue une demande importante de la part de nombreux professionnels dans les domaines du sport et de la santé. Cette étude met en avant l'intérêt de développer des outils simples d'utilisation au niveau clinique avec un niveau de fiabilité restent toutefois à améliorer avant d'en démocratiser leur utilisation.

La mesure du valgus dynamique en 2D semble être corrélée à l'évaluation isocinétique du genou, et ce notamment chez les femmes. Il apparaît donc comme un paramètre prometteur pour l'avenir permettant de compléter les outils qui sont à l'heure actuelle à la disposition des professionnels du milieu médical et sportif. De nouvelles études s'avèrent cependant nécessaires pour confirmer ces résultats encourageants.

Implications pour la pratique

- Le DVJ pourrait être un outil simple d'utilisation dans l'évaluation de la stabilité articulaire du genou.
- Objectiver cette stabilité pourrait s'avérer un paramètre intéressant à étudier dans la mise en place de protocoles de prévention des risques de blessures.
- L'outil vidéo aujourd'hui largement disponible permettrait d'apporter des données objectives dans l'analyse des capacités dynamiques de stabilisation de l'articulation du genou.

Contact

Guillaume NERON, (+33)667841838,
guillaume-neron@hotmail.fr

Bibliographie

1. Hutchings P. Editorial Review: Understanding the Potential Progressive Causes of Non-Contact ACL Injuries from Cellular to the Body as a Whole. *Anat Physiol* [Internet]. 2013 [cited 2017 Sep 12];04(02). Available from: <https://www.omicsonline.org/open-access/editorial-review-understanding-the-potential-progressive-causes-of-noncontact-acl-injuries-from-cellular-to-the-body-as-a-whole-2161-0940.1000e131.php?aid=26684>
2. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000;8(3):141–150.
3. Beaulieu-Jones BR, Rossy WH, Sanchez G, Whalen JM, Lavery KP, McHale KJ, et al. Epidemiology of Injuries Identified at the NFL Scouting Combine and Their Impact on Performance in the National Football League: Evaluation of 2203 Athletes From 2009 to 2015. *Orthop J Sports Med*. 2017 Jul;5(7):232596711770874.
4. Delvaux F, Rochcongar P, Bruyère O, Daniel C, Reginster J-Y, Croisier J-L. Retour au sport après plastie du ligament croisé antérieur : critères utilisés dans les clubs professionnels de football. *Sci Sports*. 2015 Feb;30(1):33–40.
5. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, DeMaio M, et al. Understanding and Preventing Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *Am J Sports Med*. 2006 Sep;34(9):1512–32.
6. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynon B, Fukubayashi T, Garrett W, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*. 2008 Apr 7;42(6):394–412.
7. Fabri S, Morana C, Lacaze F. Analyse vidéo et reprise sportive après ligamentoplastie de genou : quel paramètre retenir ? *J Traumatol Sport*. 2016 Dec;33(4):209–14.
8. Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. 2008 Aug;36(8):1469–75.
9. van Dyk N, Bahr R, Whiteley R, Tol JL, Kumar BD, Hamilton B, et al. Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Cohort Study. *Am J Sports Med*. 2016 Jul;44(7):1789–95.
10. Hewett TE. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk

- in Female Athletes: A Prospective Study. *Am J Sports Med.* 2005 Feb 8;33(4):492–501.
11. Numata H, Nakase J, Kitaoka K, Shima Y, Oshima T, Takata Y, et al. Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2017 Aug 24 [cited 2017 Sep 7]; Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-017-4681-9>
 12. Mizner RL, Chmielewski TL, Toepke JJ, Tofte KB. Comparison of 2-Dimensional Measurement Techniques for Predicting Knee Angle and Moment During a Drop Vertical Jump: *Clin J Sport Med.* 2012 May;22(3):221–7.
 13. Hanley B, Tucker CB, Bissas A. Differences between motion capture and video analysis systems in calculating knee angles in elite-standard race walking. *J Sports Sci.* 2017 Aug 29;1–6.
 14. Maclachlan L, White SG, Reid D. Observer Rating versus Three-Dimensional Motion Analysis of Lower Extremity kinematics during Functional Screening Tests: a Systematic Review. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Aug;10(4):482–92.
 15. Paz GA, Maia M de F, Farias D, Santana H, Miranda H, Lima V, et al. Kinematic Analysis of Knee Valgus during Drop Vertical Jump and Forward Step-Up in Young Basketball Players. *Int J Sports Phys Ther.* 2016 Apr;11(2):212–9.
 16. Schneider A, Louboutin L, Lustig S, Neyret P, Servien E. Exploration d'une instabilité chronique du genou. *Rev Rhum Monogr.* 2016 Apr;83(2):97–102.
 17. Laudner K, Evans D, Wong R, Allen A, Kirsch T, Long B, et al. Relationship between Isokinetic Knee Strength and Jump Characteristics Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Jun;10(3):272–80.
 18. Mokhtarzadeh H, Ewing K, Janssen I, Yeow C-H, Brown N, Lee PVS. The effect of leg dominance and landing height on ACL loading among female athletes. *J Biomech.* 2017 Jul 26;60:181–7.
 19. Seni ik S, Ozgürbüz C, Ergün M, Yüksel O, Taskiran E, Ilegen C, et al. Posterior tibial slope as a risk factor for anterior cruciate ligament rupture in soccer players. *J Sports Sci Med.* 2011;10(4):763–7.
 20. Ekegren CL, Miller WC, Celebrini RG, Eng JJ, Macintyre DL. Reliability and validity of observational risk screening in evaluating dynamic knee valgus. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009 Sep;39(9):665–74.
 21. Terrier R, Degache F, Forestier N. Instabilité chronique de cheville et faiblesse des éverseurs Confrontation de l'isocinétisme et d'un test fonctionnel original. 2015.
 22. Dingenen B, Malfait B, Nijs S, Peers KHE, Vereecken S, Verschueren SMP, et al. Can two-dimensional video analysis during single-leg drop vertical jumps help identify non-contact knee injury risk? A one-year prospective study. *Clin Biomech.* 2015 Oct;30(8):781–7.
 23. Bakken A, Targett S, Bere T, Eirale C, Farooq A, Mosler AB, et al. Muscle Strength Is a Poor Screening Test for Predicting Lower Extremity Injuries in Professional Male Soccer Players: A 2-Year Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med.* 2018 Mar 13;036354651875602.
 24. Krosshaug T, Steffen K, Kristianslund E, Nilstad A, Mok K-M, Myklebust G, et al. The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries in Female Elite Soccer and Handball Players: A Prospective Cohort Study of 710 Athletes. *Am J Sports Med.* 2016 Apr;44(4):874–83.
 25. Quatman CE, Quatman-Yates CC, Hewett TE. A 'Plane'Explanation of Anterior Cruciate Ligament Injury Mechanisms. *Sports Med.* 2010;40(9):729–46.