

Université Abderrahmane MIRA de Bejaia

Faculté des sciences humaine et sociales

**Département des sciences et techniques des activités physiques et
sportives (STAPS)**



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme en sciences et techniques des activités
physiques et sportives

Filière : Entraînement sportif

Spécialité : entraînement sportif d'élite

Thème

**Profil isocinétique des footballeurs algériens :
Rapport à la vitesse et à la détente**

Présenté par :

REDJAL Mourad

ATMANE Samir

Encadré par :

Dr IKIOUANE Mourad

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

Nous avons le plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur le Dr IKIOUANE MOURAD pour l'effort fourni, les conseils prodigués, sa patience et sa persévérance dans le suivi de ce travail.

Nos profonds remerciements vont aussi à l'ensemble des enseignants, et tout le cadre administratif du département STAPS de l'Université Abderrahmane Mira, Enfin, nous remercions toute personne ayant contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Nous

Mr ATMANE SAMIR; Mr REDJAL MOURAD dédions ce mémoire à :

Nos chers parents que nulle dédicace ne puisse exprimer nos sincères sentiments pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu leur aide en témoignage de notre profond amour et respect pour leurs grands sacrifices

Notre cher encadreur le Dr IKIOUANE MOURAD pour son encouragement, à nos femmes et à nos enfants, à nos deux familles et à tous ceux que nous aimons.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

Dédicaces

Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS

Introduction.....	8
Partie 1.....	10
Revue de la littérature.....	10
Chapitre 1.....	11
L'évaluation en football.....	11
1-Evaluation.....	12
1-1-Définitions.....	12
1-2- critères de l'évaluation.....	12
1-3- Fonctions et intérêts de l'évaluation.....	12
2-Les qualités physiques de base.....	13
2-1-L'endurance.....	13
2-2-La vitesse.....	13
2-3-La force.....	14
La souplesse.....	14
La coordination.....	15
3- L'évaluation en football.....	16
3-1- L'évaluation des qualités physiques.....	16
Evaluation de l'endurance.....	17
Les tests de l'endurance.....	17
Evaluation de la vitesse et de la coordination.....	19
Les tests de vitesse.....	19
Evaluation de la souplesse.....	20
-Les tests de souplesse.....	20
Evaluation de la force.....	22
Les tests de saut.....	22
4- Capacités mécaniques des membres inférieurs.....	24

5- Implications des capacités mécaniques des membres inférieurs dans la performance d'un mouvement explosif	24
Chapitre 2	26
L'isocinétisme.....	26
II- L'isocinétique	27
1-1- Principes de fonctionnement de l'isocinétique.....	27
1-2- Intérêt de l'isocinétique.....	27
1-3-La contraction musculaire isocinétique.....	28
1-4-L'intérêt d'utiliser différentes vitesses angulaires isocinétiques.....	28
1-5- Types de données	29
1-5-1- Sous forme de graphique.....	29
1-5-2- Sous forme de chiffre.....	29
1-6- Mode de travail	29
Un mode concentrique	30
Un mode excentrique.....	30
Composants d'un appareil d'isocinétisme	30
Un dynamomètre	30
1-7-2- Un goniomètre électronique.....	30
1-7-3-Des accessoires	30
1-8- Les paramètres chiffrés	31
1-8-1- Moment de force maximale (MFM)	31
1-8-2- Travail total (W)	31
1-8-3-Puissance maximale (P)	31
1-8-4- Angle d'efficacité maximale (AEM)	31
1-9- Les ratios isocinétiques	32
1-9-1- Rapport de pic de couple entre groupes agoniste et antagoniste = ratio unilatéral = déséquilibre unilatéral	32
1-9-2- Le ratio conventionnel (RC):	33
1-9-3- Le ratio fonctionnel ou mixte (RM).....	33
1-10- contre-indication de l'isocinétique.....	33
1-11- Sécurité de l'isocinétique	33
1-12 Mise en place du sujet	33
1-13- Considérations biomécaniques pour des tests sur le genou	34
1-14 Exemple de Tests isocinétiques sur Cybex Norm II	35

Partie 2.....	38
Partie pratique.....	38
Chapitre1	39
Méthodologie de la recherche.....	39
1. Matériel et méthode.....	40
Population.....	40
Protocole isocinétique.....	40
Epreuve isocinétique dynamique.....	40
Test de détente	41
Test de vitesse 10 et 20m.....	41
L'analyse statistique	42
Chapitre 2	43
Présentation analyse et interprétation des résultats.....	43
1. Présentation des résultats des tests isocinétique dynamiques.....	44
1.1 Pic de couple et rapport IJ /Q en concentrique.....	44
1.2 Pic de couple et rapport mixte IJ/Q.....	44
1.3 Présentation des résultats de vitesse	45
1.4 Présentation des résultats de détente.....	45
1.5 Présentation de résultats de corrélation de vitesse (10m-20m) avec les pics de force...45	
1.6 Présentation de résultats de corrélation de détente (SJ et CMJ) avec les pics de force..46	
2. Discussion.....	46
Conclusion.....	50
Bibliographie	54
Liste des tableaux	58
Liste des figures	58
Résumé	59

LISTE DES ABREVIATIONS

VMA : Vitesse Maximale Aérobie

VO2max : Volume d'oxygène maximal.

CMJ : Le contremouvement jump

SJ : Le squat jump

MF : Moment de force maximale

W : Travail total

P : Puissance maximale

AEM : Angle d'efficacité maximale

IJ : Ischios-Jambiers

Q : Quadriceps

CON : Concentrique

EXC : Excentrique

RC : Le ratio conventionnel

RM : Le ratio fonctionnel ou mixte

ZA : Zéro anatomique

FMIV : Force musculaire isométrique volontaire

TM : Temps de maintien

NM : Newton-mètre

240°-60°-30° : Vitesse de test en degrés / seconde

Introduction

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 pratiqué.

Depuis la publication originale de Hilsop et Perrine en 1967, de très nombreux travaux concernant l'exploration isocinétique ont fait l'objet de publications. Ils concernent le plus souvent l'articulation du genou. 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 (Svenssson 2005). Il s'agit d'une mesure objective de la force musculaire reconnue pour sa reproductibilité, sa fiabilité et sa précision.

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, les sprints, et les ischio-jambiers dans la protection du genou et plus particulièrement du ligament croisé antérieur lors des changements de directions. En effet, des corrélations ont été établies entre la force musculaire isocinétique des quadriceps et la vitesse de sprint ou les sauts [Dauty 2001, Fischer 2017, Sliwowski 2017]. Lors de la pratique du football, les sauts, les sprints et les frappes de balle sollicitent les membres inférieurs, en particulier les genoux, du fait de leur mobilité. Ces sollicitations articulaires pourraient être à l'origine de pathologies traumatiques et micro-traumatiques au niveau musculaire et tendineux sources de récives.

La pratique du football requiert de nombreuses qualités physiques, techniques, stratégiques et psychologiques. Ces exigences se vérifient d'autant plus que le niveau de jeu augmente. Parmi les qualités physiques indispensables, un footballeur a besoin d'un métabolisme anaérobie alactique très développé (la force, la vitesse et la détente). L'entraînement d'une équipe de football est essentiellement de participer à l'amélioration des qualités intervenant dans la performance motrice individuelle et collective des joueurs. Les différentes qualités physiques représentent l'un des éléments de cette performance, d'où l'importance d'une évaluation en fonction des filières énergétiques pour dégager des profils physiques permettant de proposer des protocoles d'entraînement adaptés.

L'objectif de notre étude est de dégager un profil musculaire isocinétique de ces footballeurs, ensuite faire le rapprochement par rapport à des données références validées par la société européenne de l'isocinétisme. Calculer le ratio ischio-jambier et quadriceps ainsi que le ratio mixte afin de prédire les risques de blessures. Vérifier la nature le rapport du pic de

Introduction

force à la vitesse et à la détente pour pouvoir préconiser un type d'entraînement et éviter notamment certaines blessures sans contact qui représentent 28 à 76% de la totalité des blessures en football (Dupont G et al., 2010).

Notre choix est porté sur des tests isocinétiques dynamiques (concentriques et excentriques) à différentes vitesses angulaires, la vitesse lente pour apprécier la force brute et la vitesse rapide pour apprécier la puissance. Ce mode d'évaluation de la force musculaire à vitesse constante est devenu la référence de l'évaluation de la force musculaire (Harrichaux et Medelli 2002). On a choisi les tests isocinétiques dans la mesure du possible que le matériel et la technique choisie pour l'évaluation de la force musculaire doivent être adaptés aux gestes sportifs, exemple l'isocinétisme convient mieux lorsque la résistance est rencontrée en fin de mouvement, lorsque le membre atteint une vitesse élevée comme lors d'une frappe de balle en football.

Partie 1

Revue de la littérature

Chapitre 1

L'évaluation en football

1-Evaluation :**1-1-Définitions :**

L'évaluation c'est l'apport d'information en retour sur le résultat des actions passées, qui permet au sujet d'adapter la suite de ses actions par rapport à son but.(Cardine, 1988).« Evaluer, c'est donner une valeur à une observation ou à une mesure portant sur un comportement, un critère, un résultat et/ou une performance, afin de prendre une décision s'inscrivant dans le contexte choisi par l'évaluateur », (Cazorla, 1999).L'évaluation est un processus de comparaison entre un référent et un référé , un système de normes plus ou moins explicite. Evaluer consiste à construire et négocier des représentations : valeurs, normes, jugements (27 ;28).

1-2- critères de l'évaluation :

D'après Macario (1982), « l'acte d'évaluation est un acte de portée générale et puisque la mesure et l'observation représentent essentiellement des moyens de description de la réalité, elles constituent le support instrumental de l'évaluation et correspond à la phase de recueil des données, effectuée à l'aide d'instruments appropriés et selon des critères implicitement ou explicitement retenus. A ce titre, les instruments utilisés doivent tendre vers le respect d'exigence méthodologique parmi lesquels la validité, la fidélité et l'objectivité sont les plus souvent mentionnées. (29)

- **La pertinence** : Relation avec l'activité sportive.
- **La validité** : Que mesure-t-on ? Mesure directe ou indirecte.
- **La reproductibilité ou fidélité** : Fiabilité interne/externe – consignes standardisation.
- **L'accessibilité** : Facilité de mise en œuvre.
- **La fonctionnalité** : Intégration dans le processus d'entraînement, tests de laboratoire ou de terrain.

1-3- Fonctions et intérêts de l'évaluation :

- **Fonction de mesure** : Le test sert à déterminer le niveau de départ d'un individu, ses points forts et ses points faibles.
- **Fonction de comparaison** : Entre eux. Un test effectué périodiquement nous permet de quantifier l'évolution positive ou négative des effets de l'entraînement et permet également de comparer les individus.
- **Fonction de correction** : Le test nous permet de corriger les lacunes au milieu du processus d'entraînement.
- **Fonction de prévention** : Le test nous permet de détecter d'éventuels risques de blessures.

- **Fonction de motivation** : Vis-à-vis des joueurs

2-Les qualités physiques de base :

La vitesse, la force, l'endurance, la coordination et la souplesse sont les cinq qualités de base de toutes les performances sportives. Les autres qualités que l'on développe ne sont que des déclinaisons, des agencements de ces 5 qualités de base. Bien les connaître permet au préparateur de savoir comment améliorer les qualités propres à votre sport et donc à vos besoins pour proposer une préparation physique de qualité et non un entraînement spécifique avec une connotation physique. Selon R.Manno (Les bases de l'entraînement sportif, Ed. Revue EPS, Paris, 1992) : Les principales qualités physiques se divisent en deux groupes généraux selon J. Weineck(1992)(30) :

- Les facteurs dépendant principalement de la condition physique (et des processus énergétiques) : l'endurance, la force et la vitesse.
- Les facteurs dépendant principalement de la coordination (et des processus de contrôle du système nerveux) : la souplesse et la capacité de coordination.

2-1-L'endurance :

On entend d'une façon générale par endurance la capacité du sportif à résister à la fatigue, selon *Weineck (1992)*, C'est la faculté d'exprimer des actions motrices pendant une durée la plus importante possible. Elle n'est pas restreinte uniquement au processus énergétique aérobie, comme on a souvent tendance à l'imaginer. On peut donc parler d'endurance force et d'endurance vitesse. Tous les paramètres susceptibles de participer au développement de cette qualité exprimant une motricité d'intensité élevée ou modérée, pendant une durée maximale, seront regroupées en une seule grande famille, celle des qualités d'endurance. (30)

2-2-La vitesse :

La vitesse est un ensemble de capacités extraordinairement divers et complexe qui se présente dans les différentes disciplines de façon tout à fait différente. Les lutteurs, les boxeurs, les sportifs qui font du karaté, ceux qui font de l'athlétisme et les joueurs sportifs se distinguent certes tous par une capacité de vitesse très développée, mais la forme que prend cette capacité diffère à bien des égards selon la discipline. La vitesse n'est pas seulement la capacité de courir vite, elle joue aussi un rôle important dans les mouvements acycliques (saut, lancer) et dans d'autres types de mouvements cycliques (course sur glace, course de vélo) (cf. VoB 1993, 5) *Weineck (1992)*.

2-3-La force :

Est la « propriété d'un muscle ou d'un groupe musculaire contre la résistance à haute intensité »

D'un point de vue physiologique, elle se caractérise par la tension produite par les muscles après excitation, on peut donc dire que la force musculaire est la tension exercée par un muscle pour mobiliser ou fixer un mouvement. Dans le premier cas, il peut provoquer un déplacement ou un mouvement, On dit alors force musculaire dynamique ou concentrique. Dans le second cas, il peut être exercé sans déplacement, on dit alors que c'est isométrique, c'est-à-dire statique. Dans la plupart des sports, les deux forces interviennent simultanément et de manière coordonnée. Selon (Bernard Turpin, 1990) (31) "La force est la capacité d'un muscle à générer une tension, c'est-à-dire à vaincre une résistance ou à s'y opposer". On distinguera différents types de forces :

- La force générale
- La force spécifique
- La force dynamique ou explosive.
- La force –vitesse.

2.4 La souplesse :

C'est l'attitude à exécuter les mouvements de la plus grande amplitude possible et avec aisance. Elle est définie comme l'amplitude de mobilité d'une ou de plusieurs articulations permettant une plus grande aisance, efficacité et harmonie et certains gestes et ou gestes spécifiques (Beyer 1987). Selon Bernard Turpin (1990), la souplesse concerne la mobilité musculaire, l'extensibilité musculaire, le relâchement. Elle se définit comme étant la libération d'une articulation ou d'un ensemble articulation qui se traduit par une plus grande amplitude des mouvements, une économie de mouvement, l'amélioration de l'adresse et de coordination, la prévention des blessures. Il faut noter que souplesse n'existe pas en tant que caractéristique générale mais est plutôt spécifique à la région articulaire et à l'action qui est réalisée (Hupprich et Sgerseth, Haaris, 1969 et Munroe et Romance 1975).

Nous avons deux formes de souplesse :

- **La souplesse articulaire active** : consiste en l'amplitude maximale et s'obtient par une action musculaire.
- **La souplesse articulaire passive** : est l'amplitude obtenue grâce à l'action des forces. En plus de ces définitions, nous distinguons :
- **La flexibilité** : qui est un mouvement d'un système articulaire relativement figé.

- **L'élasticité** : se manifeste par le retour rapide après le mouvement à la position de départ.

Pourquoi faire la souplesse ?

- Pour améliorer l'extensivité
- Pour prévenir l'accident musculaire
- Pour faciliter la récupération

Quelles sont les précautions à prendre ?

- Une position correcte indispensable surtout de bassin
- Faire la souplesse après un léger échauffement
- Faire la souplesse sans douleur
- Sans trop le temps de ressort
- Sans blocage respiratoire
- Eviter de faire la souplesse avec le travail à deux
- Eviter les muscles antagonistes et agonistes
- Eviter le travail en relation de la colonne vertébrale
- Varier les positions (assis, debout, coucher...).

Facteurs limitatifs :

Plusieurs facteurs imposent une limite à la gamme de mouvement réalisée par une articulation. La structure même de l'articulation et l'interface entre les deux surfaces articulaires peuvent empêcher une amplitude excessive des mouvements au niveau de différentes articulations. Une bonne souplesse au football permet une bonne exécution des mouvements, avec plus d'amplitude de vitesse, de force et de légèreté. Ce qui permet donc aux joueurs de football de réaliser des gestes telle que les feintes de les dribbles.

2.5 La coordination :

Selon A. Drubigny et Coll. (1992) définissent la coordination comme étant la faculté d'associer un ensemble d'actes moteurs simples d'une manière harmonieuse pour effectuer un mouvement.

Pour B Turpin (1990) : la coordination est la base des capacités générales pour l'apprentissage moteur des gestes sportifs, pour la maîtrise des actions motrices en vue d'adapter à des situations nouvelles. Dans la coordination nous pouvons citer cinq éléments essentiels qui peuvent aider le joueur dans la réalisation de ses actions.

a) Orientation : C'est la disposition du point de vue de la direction générale et de la reconnaissance de la disposition dans l'espace de jeu. Elle permet d'avoir le bon sens de jeu.

b) Réaction : Acte ou comportement en réponse par rapport à la situation présente. Elle peut être une force de sens contraire de l'intensité égale à l'action, une action précède une réaction c'est -à-dire la réaction dépend de l'action.

c) Différenciation : Dans le jeu les actions doivent être différenciées pour pouvoir répondre à toutes les situations. La différenciation combat l'uni formation qui n'est qu'un élément.

d) Rythme : Dans le football la succession régulière et périodique des mouvements dépend du rythme de l'action.

e) Equilibre : Pour la réalisation et la réussite d'une bonne action le joueur doit être dans une position stabilisée.

Au football elle sera d'une importance capitale car elle au joueur de réussir à des actions complexes comme les sauts et contrôle de la poitrine mais également des centres en course.

- travail avec opposition, renforcement de l'intensité par une difficulté inhabituelle (course sur les côtés, sur le sol mouvant). - un travail dit « fractionné », ainsi appelé parce que l'effort est accompli sur une fraction de la distance ou la durée de compétition. Au football la coordination permet de feintes mais aussi des dribbles.

3- L'évaluation en football :

3-1- L'évaluation des qualités physiques :

Objectiver l'entraînement physique est fondamental. Cette étape passe par des sessions d'évaluation ou même des évaluations quotidiennes afin de déterminer un état de forme. Les sessions d'évaluation classiques nécessitent de prendre quelques précautions afin que les données enregistrées soient fiables et reproductibles. Evaluer une qualité physique, même la plus simple, peut présenter des pièges et en biaiser l'intérêt.

L'évaluation en préparation physique est une étape fondamentale permettant notamment d'objectiver et d'individualiser l'entraînement physique. Même si le principe d'évaluation est simple en apparence, de nombreux pièges sont à éviter afin, d'une part, d'obtenir les valeurs les plus justes possibles et, d'autre part, de faire les bonnes interprétations. Nous ne parlerons que de l'évaluation des qualités physiques. L'évaluation de paramètres technico-tactiques, d'un profil psychologique, d'aspects médicaux, permettra de connaître le sportif de la manière la plus complète possible et ainsi proposer des contenus adaptés. L'évaluation revêt une importance toute particulière en milieu sportif car :

- Elle indique les points forts et les insuffisances du sportif.

- Les tests d'évaluation fournissent des informations qui serviront à orienter ou à réaliser des programmes d'entraînements appropriés centrés sur le développement d'éléments pertinents pour la discipline, et de prendre les mesures correctrices nécessaires au moment opportun.
- L'évaluation peut contribuer à l'orientation des jeunes talents sportifs, c'est un système qui assure un suivi régulier de ces enfants qui présentent une supériorité certaine et constante des résultats. Selon Cazorla (1984), l'évaluation contribue à aider l'orientation des jeunes vers la mieux adaptée à leurs capacités et leurs goûts. Alors à l'aide de l'évaluation qu'on peut guider le jeune à l'âge qui convient vers l'activité sportive la plus adéquate, car le danger pour le jeune n'est pas d'être orienter mais d'être mal orienter.

3.1.1 Evaluation de l'endurance :

Les tests d'endurance :

Le test VAMEVAL : Le test classique de VMA (Vitesse Maximale Aérobie), la VMA c'est la plus petite vitesse à laquelle on atteint VO₂max. En clair, ce test va évaluer votre performance en endurance aérobie (effort de faible à moyenne intensité).

Protocole :

Ce test se fait avec une bande sonore que vous pouvez retrouver sur internet. Elle va permettre de donner les indications nécessaires au joueur pour faire le test. Le joueur va courir sur une piste d'athlétisme, des plots sont placés sur la piste, tous les 20 mètres. Il va commencer à 8.5 km/h et à chaque bip sonore, il devra atteindre le plot suivant. Toutes les minutes, la vitesse augmente de 0.5 km/h (les bips sont plus rapides, il faut donc courir plus rapidement au prochain plot). Une fois que le joueur n'arrive plus à suivre le rythme, le test se termine. Le dernier palier indiqué par la bande son est la VMA du joueur. Si vous faites passer le test à une équipe entière, faites-le passer en deux fois et mettez les joueurs par groupes de niveaux.

Désavantage :

- Il faut une piste d'athlétisme
- Le test n'est pas très spécifique au football

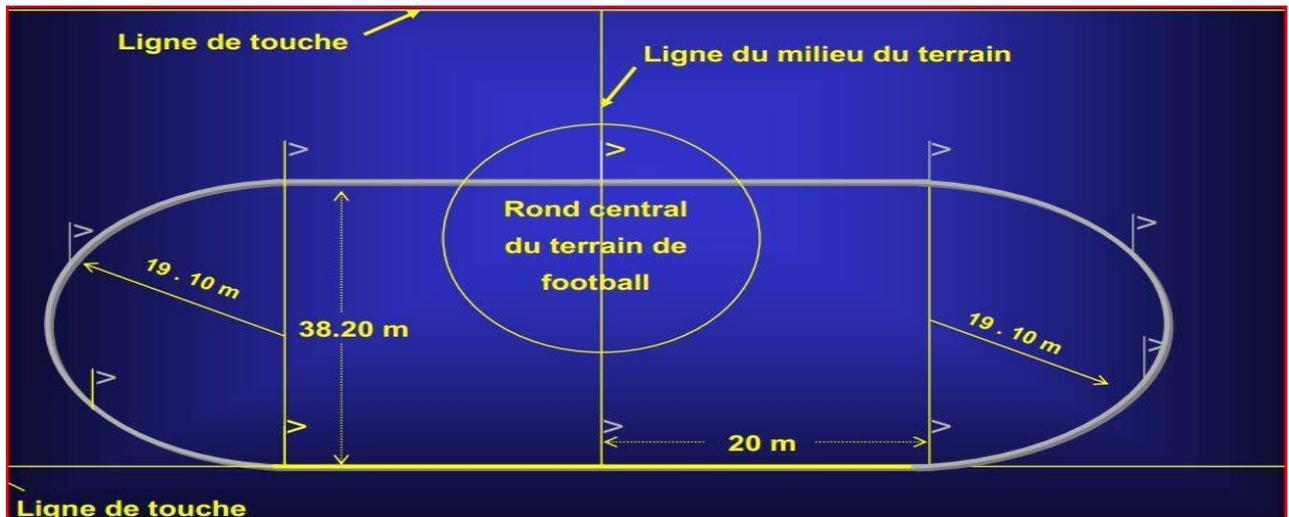


Figure 1 – Test Vameval.

Le 30-15 Intermittent Fitness Test:

Protocole :

Le test s'effectue sur un terrain de 40 mètres, séparé par une ligne au milieu (à 20m). Il y a donc 3 lignes : le départ (ligne A), la ligne du milieu (ligne B) et la dernière ligne (ligne C). Les efforts sont de 30 secondes et les récupérations de 15 secondes. Les joueurs essayent de suivre le rythme de la bande sonore et dès qu'ils ne tiennent plus, le palier va indiquer leur VMI. Une bande sonore va indiquer avec des bips lorsqu'il faut passer les lignes. Par exemple, un premier « bip » retenti, les joueurs commencent à courir à partir de la ligne A, deuxième « bip », ils passent la ligne B, 3ème « bip », ils passent la ligne C et font demi-tour. Quand le double « bip » se fait entendre, les joueurs vont en marchant jusqu'à la ligne suivante et prennent 15 secondes de récupération.

« Encore une fois, la bande sonore se trouve facilement sur internet. »

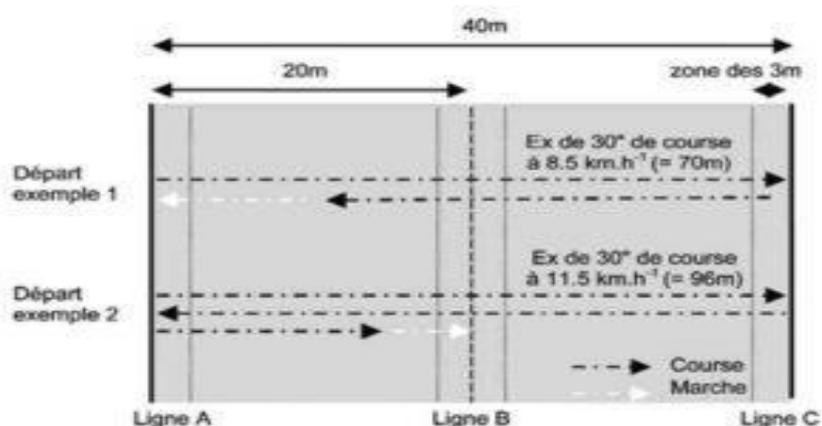


Figure 2 : Test 30-15 Intermittent Fitness

3.1.2 Evaluation de la vitesse et de la coordination :**-Déroulement du test de vitesse – coordination Cazorla**

Le test ci-dessous permet de tester la capacité des joueurs à changer de direction et donc à ré-accélérer à haute vitesse. Sur une distance réelle de 16m, les 4 changements de directions font que le parcours mesure 20m en course réelle. Le joueur doit réaliser le parcours le plus rapidement possible, bien entendu, il faut veiller à effectuer un échauffement adapté.

-Quoi mesurer avec le test de vitesse Cazorla ?

Dans un 1^{er} temps, cela permet de voir l'écart de temps entre une course de 20m en ligne droite du joueur et le parcours Cazorla, un écart trop important entre les 2 temps sera dû soit à un problème de coordination, soit à un problème de puissance à la ré-accélération, ce qu'on appelle la vivacité (voir notre article). G. Cazorla propose un autre protocole avec le parcours ci-dessus qui est très intéressant pour les footballeurs. Faites 12 répétitions de sprint avec 40 sec de récupération passive entre (revenez au point de départ en marchant très lentement). Le coach note les 12 temps du joueur, extrait le meilleur et le moins bon et fait le ratio meilleur temps / moins bon temps * 100. Plus le pourcentage est proche de 100, plus cela signifie que le joueur est capable de répéter les sprints. Si on applique cela au football, un arrière latéral (moderne) devrait tendre vers 100 contrairement à un stoppeur (par exemple et pour caricaturer). Si vos joueurs de côté n'ont pas de bons résultats à ce test, il est possible d'en tirer des conclusions et inversement, si vous avez des joueurs qui ont des excellents résultats, physiquement, ils peuvent jouer à ces postes (nous insistons sur le côté physique et non technique ou tactique).

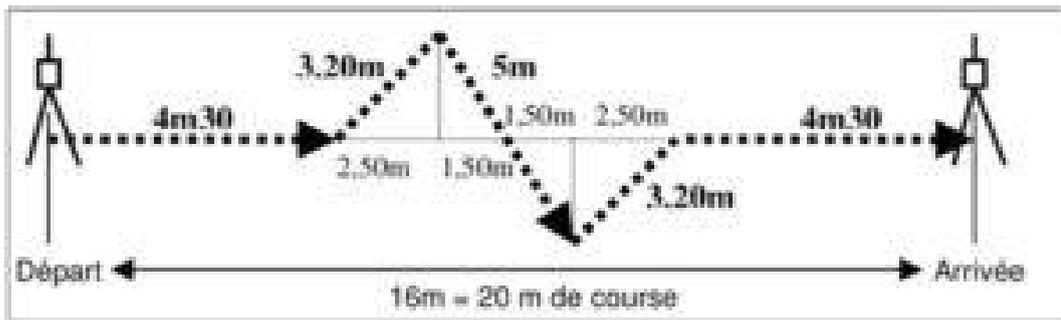
Les tests de vitesse :

La vitesse est un élément central au football, les tests sont multiples, mais voici quelques tests simples pour vos joueurs ou pour vous.

Tests de vitesse linéaire :

- 5 mètres
- 10 mètres
- 20 mètres
- 40 mètres

Ces tests permettent d'évaluer votre vitesse sur une distance, plus la distance est courte, plus le test évalue votre explosivité et votre capacité à produire une grande puissance.

Le test de vitesse de Cazorla :*Figure 3 : Tests de vitesse linéaire de Cazorla*

Ce test intègre des changements de direction, des freinages et des accélérations, il est donc très spécifique au football et permet de voir si vous êtes rapide dans votre activité. Vous pouvez également faire ce test pour calculer votre capacité à réitérer les sprints.

Réitération de sprints :

Utilisez le même parcours que le précédent test pour effectuer le protocole. Vous allez faire 12 passages chronométrés avec 40 secondes de récupération entre chaque passage. Prenez le meilleur temps et divisez-le par le pire temps, puis multipliez-le par 100. Par exemple le meilleur temps : 6.03, le pire temps 6.52 donc $(6.03/6.52) * 100 = 92\%$.

Plus le pourcentage est proche de 100%, plus vous avez la capacité à réitérer des sprints sans diminuer votre performance. (32)

3.1.3 Evaluation de la souplesse :**-Les tests de souplesse :**

Un test de souplesse de faire toujours à froid, et sans s'être étiré avant. Vous allez effectuer différentes postures en essayant d'aller le plus loin possible. A chaque fois, il va falloir faire une photo par posture pour ensuite calculer les angles.

Exemples :

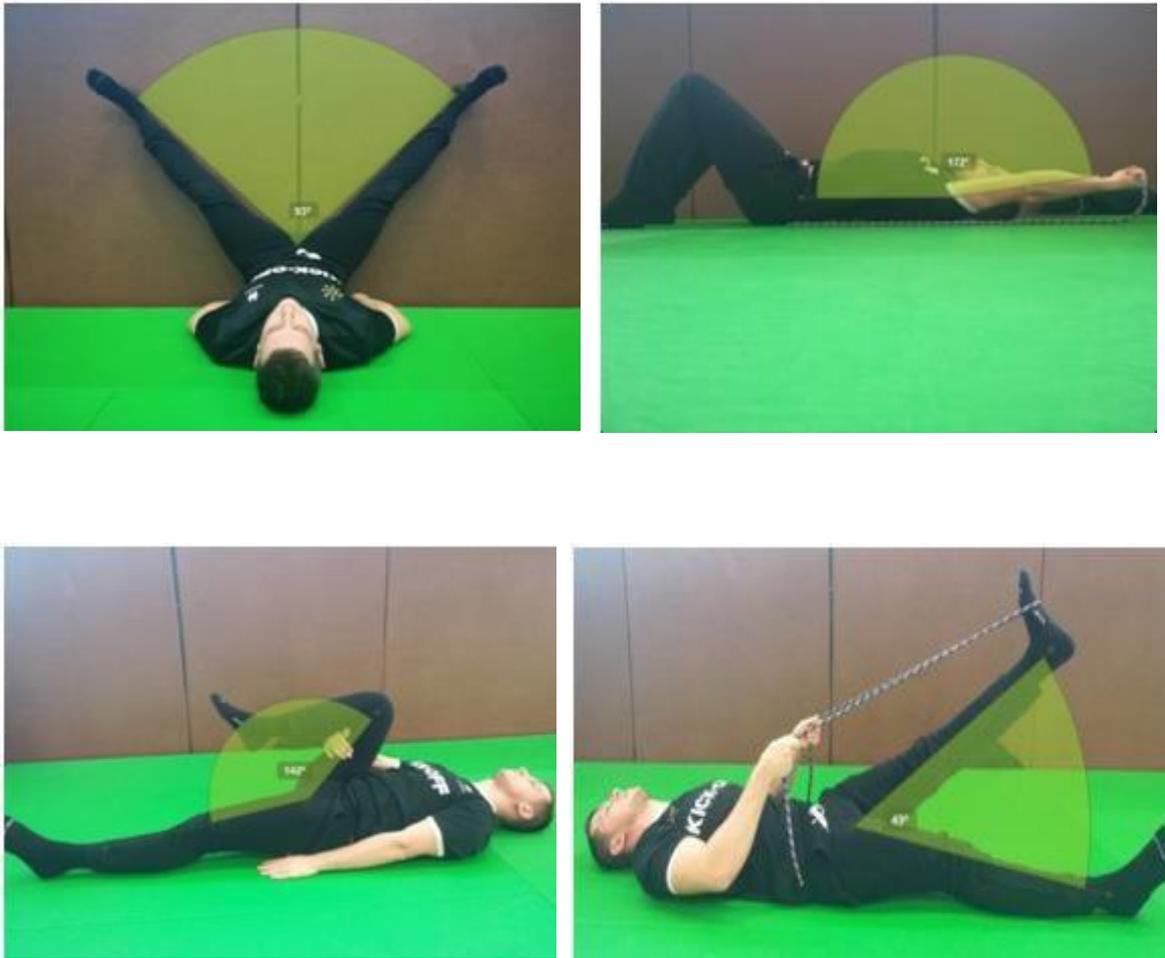


Figure 4,5,6,7 : Tests de souplesse

Comment mesurer les angles ?

-Télécharger le logiciel Kinovéa (gratuit)

- Ouvrir une photo sur Kinovéa dans fichier ouvrir
- Cliquer sur l'onglet angle

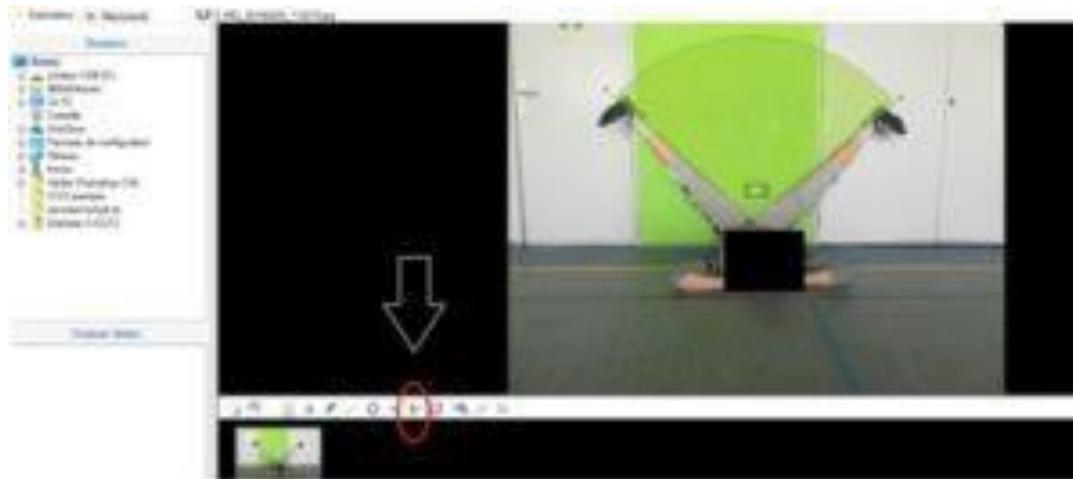


Figure 8 : mesure des angles

- Tracez vos angles en cliquant sur l'image

3.1.4 Evaluation de la force :

De manière plus pratique, les mesures de hauteur de saut à partir des tests de détente verticale représentent une méthode régulièrement utilisée dans le milieu de l'entraînement pour évaluer le profil musculaire des membres inférieurs. Ces évaluations apprécient les qualités de puissance et d'explosivité (Bosco, 1992) de l'athlète sur les muscles extenseurs des membres inférieurs, principalement les fessiers, les quadriceps et les mollets. Il existe plusieurs protocoles de tests :

Les tests de saut :

Ils permettent d'évaluer la qualité d'explosivité des membres inférieurs, ils sont plus ou moins simples à réaliser. Pour évaluer la hauteur de saut, vous pouvez utiliser l'application Myjump (payante), et ensuite il suffira de filmer le saut pour que l'application vous donne de nombreux paramètres en rapport avec le saut. Si vous n'avez pas cela, vous pouvez mesurer en touchant un point le plus haut possible.

Le Sargent (1924).

Il consiste, à partir de la position debout, sauter le plus haut possible et à toucher le mur avec une main (**Figure 9**). La finalité de ce test est d'évaluer une hauteur atteinte à partir de la mesure initiale effectuée debout bras plaqué contre le mur.

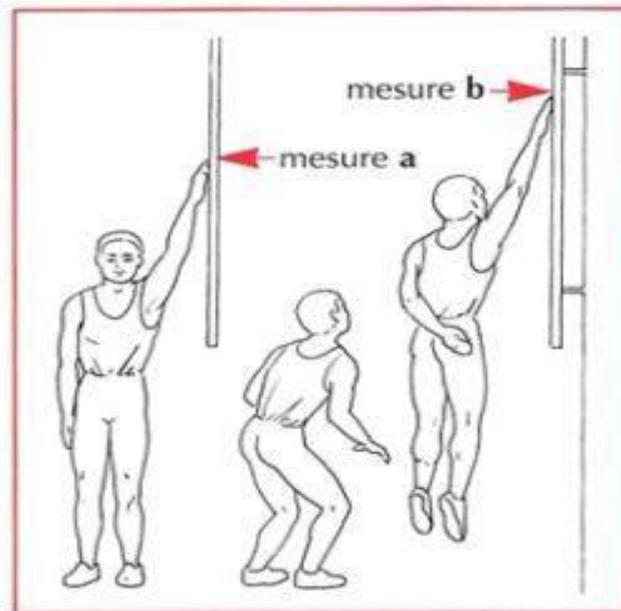


Figure 9 – Sargent test (1924).

Squat jump:

Partez en position de squat, et sautez le plus haut possible (sans l'aide des bras, les mains sont sur les hanches). Ce saut mesure la capacité à développer de la puissance par les membres inférieurs.

CMJ :

Ce saut consiste à partir debout, mains sur les hanches et à faire un saut classique (vous pouvez descendre en squat et remonter, à vous de voir). Ce saut mesure en plus de l'explosivité des jambes, la capacité à utiliser l'énergie élastique des jambes, car lorsque vous descendez rapidement pour remonter le plus haut possible, le phénomène d'élasticité est sollicité.

CMJ+ bras :

C'est comme le CMJ mais en s'aidant des bras, ce saut mesure la capacité à utiliser ses bras pour sauter, en plus des autres paramètres précédents. Pour mesurer le CMJ+bras, vous pouvez utiliser cette technique : Mesure **B**- mesure **A**= hauteur de saut.



Figure 10 – Tests SJ et CMJ

4- Capacités mécaniques des membres inférieurs :

Dans un système générateur de force, qu'il soit animé ou inanimé, la capacité à générer la force maximale dépend généralement de la vitesse à laquelle cette force est générée. Une étude de la relation entre la capacité à générer de la force lors d'un effort maximal et la vitesse de déplacement donne un aperçu des limitations mécaniques qui limitent la génération de force. Le concept de cette limite mécanique est bien connu dans l'art : le fonctionnement de toute machine électrique est caractérisé par sa capacité force-vitesse (ou couple-vitesse de rotation du moteur électrique) qui est liée aux exigences d'utilisation et détermine sa capacité maximale. Performance. Par exemple, un tracteur est capable de produire une force (ou un couple) beaucoup plus élevée qu'une voiture classique et peut donc tracter des charges plus lourdes que cette dernière. Cependant, lorsqu'il n'y a pas de charge, il ne peut pas rouler plus vite que la voiture même avec plus de capacité de force en raison du régime moteur maximal très limité. Par conséquent, une compréhension des limites mécaniques de la force générée par les membres inférieurs peut être considérée comme un véritable générateur de force en étudiant la relation entre la force générée et la vitesse de mouvement. Au niveau de l'organisme, le système qui permet le mouvement des os et donc la génération de force est le muscle squelettique strié. Par conséquent, la génération de la force du bas du corps est dérivée de la génération de la force musculaire. Par conséquent, l'étude de la capacité des humains ou des animaux à générer de la force est basée sur les propriétés intrinsèques du système musculo-squelettique.

5- Implications des capacités mécaniques des membres inférieurs dans la performance d'un mouvement explosif :

Les éléments mécaniques qui déterminent la performance dans les mouvements explosifs, et surtout pendant les sauts maximaux, ont été étudiés sur un grand nombre d'espèces, tel que les grands mammifères (lessings) (Scholz et al. 2006), les humains (Aragon-Vargas et Gross, 1997) et

autres. Avant de se focaliser plus sur l'identification des capacités mécaniques des membres inférieurs qui déterminent la performance dans les mouvements explosifs. L'analyse des qualités nécessaires pour être performant en football nécessite d'apprécier les qualités musculaires des membres inférieurs et supérieurs. La force développée dans un mouvement (force concentrique ou excentrique ou contre une charge sans mouvement (force isométrique) dépend de :

Au niveau du muscle :

Du nombre d'unités motrices (U M) recrutées en même temps et donc de la nature de la commande nerveuse, de l'orientation des fibres dans les muscles sollicités, de la surface de section du muscle, de la nature des fibres qui constituent les muscles, de la vitesse de contraction, du nombre de myofibrilles et de myofilaments contractiles par mm² de section du muscle de l'état de raccourcissement ou d'étirement (ou longueur) du muscle.

Au niveau articulaire :

De la distance où s'insèrent les muscles sollicités par rapport au centre de l'articulation, de l'angle articulaire formé par les segments osseux engagés dans le mouvement. Des possibilités de transition de la force aux différents leviers osseux, et de direction de la force vers le milieu extérieur. Par rapport à ces différents concepts d'auteurs nous pouvons dire que la force est cette capacité du muscle à développer une tension lui permettant de résister ou de déplacer une charge. Au football la force est d'une grande importance, Elle permet par exemple au footballeur de pouvoir sauter plus haut possible. La force des jambes permet également un bon appui un bon équilibre lors du blocage.

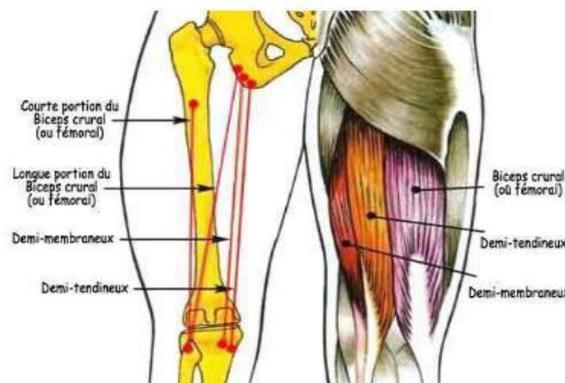


Figure 11 : Trajet des muscles ischio-jambiers

Chapitre 2

L'isocinétisme

II- L'isocinétique :**1-1- Principes de fonctionnement de l'isocinétique :**

Le fonctionnement des appareils d'isocinétisme repose sur 2 grands principes :

- La maîtrise de la vitesse : on impose une vitesse constante au mouvement du segment de membre, au lieu de lui imposer une résistance fixe.
- L'asservissement de la résistance : la résistance varie et s'auto-adapte en tout point du mouvement pour être égale à la force développée par le muscle, lorsque la vitesse présélectionnée est atteinte.

La contraction isocinétique est une contraction anisométrique qui s'effectue à vitesse constante (2). L'isocinétique permet un travail musculaire à vitesse constante et à charge variable. Il diffère du travail musculaire habituel qui est le plus souvent à vitesse variable et à charge constante. Le travail isocinétique permet une contraction musculaire maximale en tout point de l'amplitude préétablie. Ce principe autorise, à l'inverse de l'exercice isotonique, le développement d'un moment de force maximum sur toute l'amplitude du mouvement (9).

1-2- Intérêt de l'isocinétique :

Les appareils d'isocinétique ont deux principaux intérêts (4):

- L'évaluation :

Selon l'HAS, « l'isocinétique est une méthode de référence en matière d'évaluation de la force musculaire pour détecter les déficits concernant certains groupes et plus encore les perturbations de la balance agonistes-antagonistes. L'exploration isocinétique est largement utilisée pour la mesure des extenseurs et fléchisseurs du genou. L'exploration du genou concerne l'évaluation des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou, c'est-à-dire les quadriceps et les ischio-jambiers » (11)

- La rééducation :

Le renforcement musculaire a une place très importante dans la rééducation post-ligamentoplastie du ligament croisé antérieur (LCA) et dans la décision de la reprise des activités professionnelles et sportives compte tenu du rôle des muscles à la fois moteur sur la performance motrice et donc sportive, mais aussi de leur rôle de stabilisateur dynamique de l'articulation. La rééducation est longue et progressive (10). Plusieurs objectifs et étapes la ponctuent : la réadaptation à la vie quotidienne, la réadaptation à l'effort, en finissant par la réadaptation sportive et la reprise de la compétition (10). Le travail de récupération et de renforcement musculaire a une place à chacune des étapes, mais les objectifs et modalités sont

variables, et dépendent notamment de l'état de cicatrisation du transplant ligamentaire. Ainsi, le renforcement musculaire sur dynamomètre isocinétique nécessite de manier avec précaution les structures en cours de cicatrisation : le transplant ligamentaire et le site de prélèvement. Il nous semble important d'utiliser un contre-appui double (distal et proximal) qui diminuera le bras de levier et les contraintes articulaires (10), et de surveiller attentivement la tolérance articulaire et musculaire pendant et après les séances de renforcements. Les amplitudes articulaires sont à adapter en fonction du moment de la rééducation, et des autorisations médicales. Il faudra bien évidemment avoir l'accord du chirurgien pour réaliser cette rééducation.

1-3-La contraction musculaire isocinétique :

La contraction musculaire isocinétique est une contraction anisométrique effectuée à vitesse constante. La résistance opposée par le dynamomètre répond au principe d'asservissement. En isocinétique, ce principe est respecté, le dynamomètre opposant une réaction égale à la force développée par le sujet, mais en déplacement à vitesse préréglée. Lors de la réalisation du mouvement, le segment du membre passe de la vitesse 0° par seconde à la vitesse imposée par une phase d'accélération non isocinétique, puis reste à cette vitesse pendant un temps donnée (phase isocinétique proprement dite), puis amorce une phase de décélération non isocinétique pour atteindre la vitesse 0°/seconde avant l'inversement du mouvement. La phase d'isocinétique vraie varie selon la vitesse du mouvement, d'autant moins importante que la vitesse est élevée. La force développée par le sujet varie en fonction de plusieurs paramètres notamment en fonction de la vitesse et du mode de contraction, concentrique ou excentrique. Le mode concentrique correspond à un mouvement durant lequel les points d'insertions musculaires se rapprochent alors qu'en excentrique ceux-ci s'éloignent. La puissance développée, à vitesse égale, est plus importante en mode excentrique qu'en concentrique. En concentrique, la force développée est inversement proportionnelle à la vitesse. A l'inverse, en excentrique, la force développée croît avec la vitesse. (26)

1-4-L'intérêt d'utiliser différentes vitesses angulaires isocinétiques :

L'intérêt d'évaluer et/ou de développer la force musculaire à différentes vitesses trouve sa justification dans l'étude du mouvement. Ainsi, pour l'épaule, lors d'un mouvement de smash ou de lancer, la vitesse angulaire peut atteindre plus de 5000°par seconde. Pour le genou, lors de la marche, la vitesse angulaire est d'environ 230°/seconde et croît lors de la course à plus de 1100°/seconde (Ponchelle.M. 1998). La réalisation possible par les dynamomètres isocinétiques existants de mouvements jusqu'à 450°/seconde permet de se rapprocher des

conditions de fonctionnement physiologiques, tant en évaluation qu'en renforcement. D'autre part, plusieurs travaux ont montré une spécificité du gain de force pour la vitesse exercée. L'entraînement à différentes vitesses lentes et rapides permettrait ainsi de mieux répondre aux exigences musculaires imposées par l'exercice sportif. Lors de tout mouvement articulaire, la composante excentrique de la contraction musculaire est essentielle. En effet, c'est elle qui constitue le frein actif de l'articulation lors de la décélération (mouvement en chaîne ouverte) mais aussi pour les articulations des membres portant le moteur principal du mouvement (chaîne fermée). Pour le genou, l'extension active est aussi bien assurée par la contraction concentrique du quadriceps que par la contraction excentrique des ischio-jambiers et du triceps sural.

1-5- Types de données :

L'analyse de la contraction musculaire à l'aide d'un dynamomètre informatisé fournit deux types de données (11) :

1-5-1- Sous forme de graphique

La forme de la courbe permet une évaluation qualitative. Parallèlement aux valeurs chiffrées, objectives, fournies par le dynamomètre, le couple de force développé est représenté sous forme de graphes dont l'analyse présente un intérêt certain. Ils permettent de détecter des anomalies minimales n'entraînant pas de variations nettes des données quantifiées (2). L'interprétation des graphiques reste empirique et aucune étude n'a permis de définir des tracés pathognomoniques d'une affection possible. Cependant elle permet de localiser précisément le secteur angulaire douloureux permettant ainsi d'établir un programme rééducatif adapté (2).

1-5-2- Sous forme de chiffre

D'un point de vue quantitatif, la méthode isocinétique permet de quantifier plusieurs paramètres

1-6- Mode de travail :

L'isocinétique, permet d'effectuer deux modes de travail selon que le système résiste au mouvement du patient (mode concentrique) ou que le patient résiste à un mouvement imposé par le moteur (mode excentrique) (11). Le travail musculaire se fait en chaîne cinétique ouverte (le pied n'est pas en appui et se déplace par rapport au genou) et en mode dynamique (concentrique ou excentrique) (2)

Un mode concentrique :

Il correspond à un mouvement durant lequel les points d'insertion musculaire se rapprochent (2).

Un mode excentrique :

Il se définit par l'association d'une contraction musculaire avec un allongement du complexe musculo-tendineux. Il est également dénommé travail musculaire freinateur (13).

1.7 Composants d'un appareil d'isocinétisme :

Tout dynamomètre isocinétique est essentiellement composé de 3 éléments : distincts reliés entre eux (14) :

1.7.1 Un dynamomètre :

Complexe d'asservissement permettant de maintenir constante la vitesse, d'exercice quel que soit l'effort développé par le patient. Le dynamomètre est constitué d'un servomoteur. La plupart des dynamomètres sont conçus pour permettre la réalisation d'un mouvement articulaire autour d'un axe, aligné sur l'axe de rotation (mouvement isocinétique rotatoire). A l'inverse, certains dynamomètres sont conçus pour enregistrer un mouvement linéaire par un système de filin relié au moteur du dynamomètre et sur lequel le sujet tire (mouvement isocinétique linéaire).

1-7-2- Un goniomètre électronique :

Est relié au dynamomètre afin de calculer pendant l'exercice, l'angle défini par l'axe de l'articulation et l'angle du dynamomètre.

1-7-3-Des accessoires :

Comprenant, entre autres, un système de sanglage du patient permettant d'obtenir un mouvement articulaire relativement pur dans un seul plan de l'espace (exemple, dans le cas du genou de flexion extension) autorisant l'alignement de l'axe articulaire du genou du sujet avec l'axe du dynamomètre sur l'amplitude totale décrite. Un système débutées articulaires, permet de limiter l'amplitude du mouvement, ce qui évite tout risque d'accident musculaire ou articulaire.



Figure 12 : Appareil isocinétique

1-8- Les paramètres chiffrés :

1-8-1- Moment de force maximale (MFM) :

Le moment de force maximale est exprimé en Newton mètre (N.m). Selon l'ANAES, « ces appareils ne mesurent pas une force, mais le couple créé par cette force et son bras de levier au niveau de l'axe du dynamomètre » (15). Il correspond au moment de force le plus élevé, développé au cours du mouvement. Sa valeur, son délai d'apparition et l'angle auquel il est développé, sont variables (2). Les utilisateurs américains proposent le terme « *peak torque* ». Pour les francophones plusieurs noms sont utilisés : couple de force, pic de couple, moment de force maximum ou moment maximum (2).

1-8-2- Travail total (W) :

Il correspond à l'énergie mise en œuvre lors du mouvement et donc à l'intégration de la surface située sous la courbe des moments de force, et s'exprime en joule (J)(2).

1-8-3-Puissance maximale (P) :

Exprimée en Watt (W) elle correspond au travail effectué par unité de temps (F=force, V=vitesse) (2).

1-8-4- Angle d'efficacité maximale (AEM) :

Il mesure la position angulaire correspondant au moment de force maximum et s'exprime en degrés (2).

1-9- Les ratios isocinétique :

Définitions du « ratio ou rapport musculaire » : il s'agit du rapport entre deux groupes musculaires calculé classiquement à partir des MFM absolus (16). Les ratios concernent :

- Soit deux groupes musculaires d'un même membre = ratio unilatéral. Exemple : IJ/Q de la jambe dominante (D)
- Soit un groupe musculaire de deux membres controlatéraux = ratio bilatéral. Exemple : Q côté dominant/Q côté non dominant (ND)

Avant d'expliquer les 2 ratios utilisés, quelques définitions sont nécessaires pour comprendre que pour un ratio il existe plusieurs termes utilisés comme pour le MFM.

Définition « agoniste » (Larousse®) :

« Se dit d'un muscle qui produit le mouvement considéré (par opposition à antagoniste) » (exemple le muscle agoniste de la flexion de la jambe est l'IJ et donc, le muscle antagoniste de la flexion est le Q).

Définition de « l'équilibre » (Larousse®) :

« *Juste combinaison de forces ; répartition harmonieuse* ».

Définition de la « symétrie » (Larousse® et Petit Robert®) :

- « Correspondance exacte en forme, taille et position des parties opposées ; distribution régulière de parties, d'objets semblables de part et d'autre d'un axe, autour d'un centre ».
 - « Symétrie bilatérale, dont le corps peut être divisé par un plan en deux moitiés semblables ».
- Il s'agit d'un calcul sous forme de ratio des MFM de groupes musculaires homologues, controlatéraux (exemple [IJ con D / IJ con ND] à 60°/s).

Mais comme la valeur peut être soit supérieure à 1 ou inférieure à 1 car on ne peut pas prévoir quel côté sera le plus fort, ce ratio est souvent exprimé sous forme de pourcentage et de valeur absolue. De plus, vu que l'on compare deux groupes musculaires controlatéraux on parle souvent d'asymétrie musculaire pour bien le distinguer du déséquilibre musculaire unilatéral. De nombreux auteurs s'accordent sur le fait qu'il existe un haut degré de corrélation entre asymétrie de force musculaire pour des muscles homologues, et risque traumatique pour le groupe musculaire le plus faible (17).

1-9-1- Rapport de pic de couple entre groupes agoniste et antagoniste = ratio unilatéral = déséquilibre unilatéral

Mesure sur une jambe étudiée, le rapport du groupe musculaire théoriquement le plus faible sur celui le plus fort. Pour le genou il s'agit du rapport IJ/Q (2). Deux ratios unilatéraux sont principalement utilisés :

1-9-2- Le ratio conventionnel (RC) :

Le ratio conventionnel est calculé en rapportant le MFM absolu concentrique des fléchisseurs (= IJ) au MFM absolu concentrique des extenseurs (= Q) $RC = IJ \text{ con} / Q \text{ con}$ (pour une vitesse donnée) (2).

1-9-3- Le ratio fonctionnel ou mixte (RM) :

L'établissement d'un ratio mixte (IJ exc / Q con), plus proche des conditions biomécaniques impliquées dans les blessures des IJ (18), a été initialement décrit par (DVIR et al) (19).

Depuis, Croisier et al, ont en 1996, établi un ratio mixte en combinant deux vitesses très différentes : une lente en excentrique et une rapide en concentrique.

Cette méthode part du fait que l'évaluation de la force excentrique à grande vitesse angulaire n'est pas fiable (20)

$$RM = IJ \text{ exc } 30^\circ / Q \text{ con } 240^\circ$$

Le terme Mixte est dû à l'utilisation, pour la première fois, d'un ratio utilisant deux modes de contraction différents par rapport aux ratios dits conventionnels.

Le RM serait plus discriminant que le RC, pour prédire la survenue d'une lésion IJ (20) (21).

1-10- contre-indication de l'isocinétique :

Les contre-indications à l'utilisation d'un appareil d'isocinétique peuvent être liées soit à la pathologie articulaire concernée par l'évaluation, soit à une pathologie concomitante qui pourrait être aggravée par l'effort consenti par le patient au cours du déroulement du test, en particulier une pathologie cardiaque pour laquelle un test d'effort est préconisé en cas de terrain prédisposant. (22)

1-11- Sécurité de l'isocinétique :

Des sécurités mécaniques, électriques et électroniques empêchent l'appareil d'atteindre des amplitudes inacceptables pour l'articulation testée et permettent de tenir compte des limitations d'amplitude articulaire propres à chaque patient. Ces données n'ont jamais été l'objectif d'études scientifiques. (22).

1-12 Mise en place du sujet :

Le cybex Norm II demande une attention particulière au positionnement du sujet. La configuration de l'ergomètre était nécessaire avant la réalisation du test dynamique. Le réglage des différents éléments du siège de l'ergomètre était effectué, avec le positionnement de la chaise et du dynamomètre, en fonction des valeurs angulaires. Le couple de force généré par le sujet était

visualisé sur l'écran de l'ergomètre. Pour cela un fichier de travail était ouvert pour chaque sujet afin d'y saisir les données anthropométriques et de sauvegarder les données du test. On procédait alors à l'installation du sujet sur le siège.

Le sujet était assis avec une inclinaison de 15° à 20° du tronc par rapport à la verticale. La contention du sujet était faite de façon à ce que la position reste identique pendant tout le test, le tronc étant maintenu par un harnais et la cuisse par une ceinture à velcro. Le sujet peut se maintenir grâce aux poignées situées sur chaque côté. La chaise au dossier vertical réglable est placée de façon à ce que le centre articulaire soit en coïncidence avec l'axe du moteur et de sorte que la zone poplitée soit en contact avec la chaise quand le sujet est plaqué au fond de cette chaise. Pour régler le bras de levier, le contre appui résistif était placé sur le segment jambier à proximité de l'articulation de la cheville (au niveau de la tubérosité antérieure du tibia) ou plus à distance en sus malléolaire.

Le sujet réalisait une extension maximale que maintenait quelques secondes, ce qui nous permettait de valider le zéro anatomique (ZA). Afin de définir l'espace angulaire de travail, ainsi que les limites angulaires pour l'extension et la flexion du genou, le sujet réalisait à nouveau une extension maximale en positionnant le segment jambier au même niveau que la position zéro anatomique (ZA) établie précédemment, puis il réalisait une flexion maximale. On mettait en place les butées de sécurité au niveau des positions définies. Après on établissait la gravité articulaire (tonus musculaire) à l'aide de l'ordinateur et par rapport à la position du sujet et le bras du dynamomètre. Le sujet étant correctement positionné sur le siège et les réglages effectués, le test pouvait démarrer.

1-13- Considérations biomécaniques pour des tests sur le genou :

La plupart des extenseurs, comme les fléchisseurs, sont des muscles ayant des insertions dont plus haute est placée au-dessus de l'articulation de la hanche. La meilleure position de test est réalisée en position assise avec une inclinaison de 15° à 20° du tronc par rapport à la verticale. Cette position met en préention optimale les muscles poly-articulaires notamment les ischions-jambiers (Gross et MC Grain, 1989). Ceci explique que la meilleure position de test ou d'exercice pour l'extension est réalisée en inclinant la chaise. Un bon positionnement permet aux extenseurs et fléchisseurs d'être sollicités d'une façon optimale.

Certaines études ont vérifié que ce positionnement permet une force maximale des extenseurs avec une reproductibilité (Gross et MC Grain, 1989 ; Gobelet et Grenions ,1991). Alors qu'il est souhaitable de stabiliser au maximum la cuisse, un coussin insuffisant ou un serrage trop

important de la sangle de cuisse peut générer un inconfort suffisant pour inhiber la force développée par la cuisse.

L'activité du membre controlatéral est déterminante sur les forces développées par le membre testé (Goethals et coll., (1991). Kang et coll. (1997) ont montré que la force développée est plus importante quand la jambe controlatérale était immobilisée. Miller et coll. (1996) rapportent que la force développée par les ischions-jambiers est significativement augmentée par la mise en dorsiflexion de la cheville du côté testé, le cantonnement doit laisser libre le pied lors du test.

1-14 Exemple de Tests isocinétique sur Cybex Norm II

Test isocinétique isométrique :

La force maximale volontaire est mesurée au niveau du quadriceps sur appareil isocinétique Cybex Norm II (M GAYDA et coll.2003), à une angulation d'environ 60° de l'articulation du genou et 120° de la hanche. Le sujet était sanglé au niveau du buste et du genou afin de respecter ces positions angulaires. La performance musculaire était appréciée à l'aide de la mesure de la force musculaire isométrique volontaire (FMIV) et du temps de maintien (TM) à 50% de la FMIV. Le sujet bénéficiait d'une période d'adaptation à l'appareil et au mouvement afin d'éliminer les effets de l'apprentissage. Le sujet réalisait 3 séries de 3 essais pour développer la force maximale. Les essais étaient séparés de 10sec. Chaque série était entrecoupée d'une phase de récupération de 20 secondes.

Les meilleures valeurs de chaque série étaient conservées et moyennées. Cette valeur moyenne était considérée comme la FMIV. Après 5minutes de récupération, le sujet effectuait alors une extension maintenue à 50% de la FMIV. Un repère visuel correspondant à 50 % de la FMIV était placé sur l'écran de l'ordinateur, le sujet faisait correspondre le tracé de la force générée avec ce repère, il pouvait ainsi mieux contrôler l'intensité de la contraction. Dès que le couple de force atteignait le repère visuel, le chronomètre était enclenché, le sujet maintenait sa contraction le plus longtemps possible. Le temps écoulé était régulièrement donné (toutes les 15sec) et le sujet était encouragé afin d'obtenir la meilleure performance possible. Quand la consigne n'était plus respectée (tracé de la force sous le repère visuel), le test se terminait et le TM était noté.

Epreuve isocinétique dynamique concentrique :

La fonction musculaire en mode concentrique a été mesurée au niveau des quadriceps et des ischios-jambiers sur un appareil isocinétique de type Cybex Norm II chez le sportif. Afin d'utiliser l'ergomètre dans les meilleures conditions de sécurité, un léger échauffement de dix

(10) minutes sur ergocycle (Monark, Suède) avec charge à vide à été réalisé avant les tests dynamiques, de plus un minimum de trois contractions volontaires isométriques sous maximales étaient effectuées afin de vérifier l'alignement de l'articulation. Cette phase permettait le choix de la meilleure configuration du bras de levier en fonction la longueur de jambe de chaque sujet. De plus, les sujets pouvaient se familiariser avec l'appareil et mieux coopérer par la suite à la réalisation du test.

On a mesuré le couple développé par le sujet au cours d'une contraction avec raccourcissement des insertions musculaires. Pour cela le sujet actionne un bras de levier qui se déplace à une vitesse angulaire constante 240°/sec, 180°/sec, 60°/sec, 30°/sec.

Le sujet effectuait dans un premier temps une série de 15 extension-flexion à vitesse angulaire de 240°/sec dans le but de sentir le mouvement et s'adapter à l'ergomètre. Puis le sujet réalisait trois (3) séries de 15 extension – flexion à des vitesses angulaires respectives : 180°/s, 60°/s, 30°/s. Chaque série était entrecoupée d'une phase de récupération d'une minute.

Le nombre de répétitions écoulées était régulièrement donné et le sujet était encouragé afin d'obtenir la meilleure performance c'est à dire aller jusqu'au bout des trois séries en respectant la consigne d'aller toujours au bout du mouvement soit en flexion soit en extension. L'ergomètre suivait le mouvement articulaire généré par les muscles. On peut ainsi obtenir différents paramètres (pic de couple, la puissance moyenne, le travail, le rapport ischios-jambier/quadriceps...) pour les extenseurs et pour les fléchisseurs du genou.

Epreuve isocinétique dynamique excentrique :

La fonction musculaire en mode excentrique a été mesurée au niveau des quadriceps et des ischios-jambiers sur un appareil isocinétique de type Cybex Norm II. Afin d'utiliser l'ergomètre dans les meilleures conditions de sécurité, un léger échauffement de dix minutes sur ergocycle (Monark, Suède) avec charge à vide à été réalisé avant les tests dynamiques, de plus un minimum de trois contractions volontaires isométriques sous maximales étaient effectuées afin de vérifier l'alignement de l'articulation.

Cette phase permettait le choix de la meilleure configuration du bras de levier en fonction la longueur de jambe de chaque sujet. De plus, les sujets pouvaient se familiariser avec l'appareil et mieux coopérer par la suite à la réalisation du test.

On a mesuré le couple développé par le sujet au cours d'une contraction avec éloignement des insertions musculaires. Pour cela le sujet actionne un bras de levier qui se déplace à une vitesse angulaire constante 180°/sec, 60°/sec. –

-Le sujet effectuait dans un premier temps une série de 5 extension-flexion à vitesse angulaire de 180°/sec dans le but de sentir le mouvement et s'adapter à l'ergomètre. Puis le sujet réalisait

une série de 5 extension –flexion à des vitesses angulaires $60^{\circ}/s$. Chaque série était entrecoupée d'une phase de récupération d'une minute.

- Le nombre de répétitions écoulées était régulièrement donné et le sujet était encouragé afin d'obtenir la meilleure performance c'est à dire aller jusqu'au bout des trois séries en respectant la consigne d'aller toujours au bout du mouvement soit en flexion soit en extension. L'ergomètre suivait le mouvement articulaire généré par les muscles. On peut ainsi obtenir différents paramètres (pic de couple, la puissance moyenne, le travail, le rapport ischios-jambier/quadriceps...) pour les extenseurs et pour les fléchisseurs du genou. (23).

Partie 2

Partie pratique

Chapitre 1

Méthodologie de la recherche

1. Matériel et méthode

1.1 Population

Onze sujets volontaires de sexe masculin âgés de 26.33 ± 3 (ans) ; poids : 74.5 ± 5.41 (Kg) et taille : 178.5 ± 8.32 (Cm) ont participé à cette étude. Il s'agit des footballeurs du Mouloudia Club d'Alger (MCA) séniors évoluant en ligue 1 professionnelle. Les tests isocinétiques ont été réalisés au Centre National de Médecine du Sport (CNMS) d'Alger au service du SEFAL (Service d'Exploration Fonctionnelle de l'Appareil Locomotrice). Les sujets ne présentaient pas de lésion musculaire ou articulaire pouvant empêcher la réalisation des tests ou biaiser les résultats. On a demandé l'autorisation d'effectuer ces tests aux entraîneurs. Par la suite, les athlètes concernées ont donné leur consentement pour la participation à l'étude.

1.2 Protocole isocinétique

Tous les tests isocinétiques ont été réalisés à l'aide d'un dynamomètre isocinétique de type cybex. L'installation du sujet a suivi les recommandations du constructeur afin d'assurer une meilleure reproductibilité des mesures. Un sanglage efficace a été réalisé au niveau du tronc et de la cuisse afin de limiter les compensations. L'axe du dynamomètre a été aligné avec le centre articulaire moyen de flexion- extension du genou. Le contre appui résistif a été placé sur le segment jambier à deux doigts de la malléole externe de la cheville en position distale. Le genou controlatéral et la cheville ont été laissés libres pour ne pas exercer une influence sur la force développée. Les tests isocinétiques concentriques ont été définis selon le consensus du Groupe européen pour le développement et la recherche en isocinétisme (GEDRI).Le dynamomètre isocinétique a été calibré mensuellement selon les recommandations du constructeur. Le moment de force et le ratio ischio-jambiers sur quadriceps ont été recueillis pour les trois vitesses angulaires.

1.3 Epreuve isocinétique dynamique

La fonction musculaire en mode concentrique a été mesurée au niveau des quadriceps et des ischio-jambiers sur un appareil isocinétique de type Cybex chez les footballeurs. Afin d'utiliser l'ergomètre dans les meilleures conditions de sécurité, un léger échauffement de dix (10) minutes sur ergo- cycle avec charge à vide a été réalisé avant les tests dynamiques, de plus un minimum de trois contractions volontaires isométriques sous maximales étaient effectuées afin de vérifier l'alignement de l'articulation. Cette phase permettait le choix de la meilleure configuration du bras de levier en fonction de la longueur de la jambe de chaque sujet. De plus, les sujets pouvaient se familiariser avec l'appareil et mieux coopérer par la suite à la réalisation du test.

Le couple développé par le sujet au cours d'une contraction avec raccourcissement des insertions musculaires a été mesuré. Pour cela le sujet actionne un bras de levier qui se déplace à une vitesse angulaire constante 240°/sec, 60°/sec, 30°/sec.

Le sujet effectuait dans un premier temps une série de 5 extension-flexion à vitesse angulaire de 240°/sec dans le but de sentir le mouvement et s'adapter à l'ergomètre. Puis le sujet réalisait trois extension –flexion à des vitesses angulaires respectives : 240°/s et 60°/s en concentrique et puis 3flexions en excentrique à 30°/s. Chaque série était entrecoupée d'une phase de récupération d'une minute. Le nombre de répétitions écoulées était régulièrement donné et le sujet était encouragé afin d'obtenir la meilleure performance c'est-à-dire aller jusqu'au bout des trois séries en respectant la consigne d'aller toujours au bout du mouvement soit en flexion soit en extension. L'ergomètre suivait le mouvement articulaire généré par les muscles.

1.4 Test de détente

Le but du test de détente verticale est de mesurer la puissance anaérobie alactique avec ses composantes force et vitesse, et cela en utilisant le système Opto-Jump, un système de mesure optique du temps de contact (tc) et d'envol (tv). Ces valeurs sont utilisées pour le calcul de la hauteur du saut. Les exercices réalisés sont : le *squat jump* (SJ) pour mesurer la détente « Sèche », sans étirement, le sujet commence le test en position fléchie à 90° (articulation du genou), les mains sont fixées sur les hanches pour éviter la participation des bras. Le *contremouvement jump* (CMJ), le sujet se trouvant en position debout exécute un saut vertical après un contre-mouvement vers le bas amenant une flexion de genou à 90° « cycle étirement-détente ». Chaque saut a été répété trois fois. Le meilleur essai a été retenu pour l'analyse. La différence CMJ-SJ rend compte d'une qualité d'élasticité musculaire du joueur.

1.5 Test de vitesse10 et 20m

La littérature montre que 96% de sprint pendant un match de football sont inférieurs à 30 m. Ce test de terrain est validé pour la mesure de la vitesse et la puissance musculaire. Un échauffement approprié respectant les lois physiologiques de resynthèse des phosphagènes s'impose avant la réalisation de cette épreuve. Des exercices de type neuromusculaire, n'induisant aucune fatigue tout en maintenant une stimulation de l'influx nerveux importante sont indispensables à la réalisation de haute performance. Le départ s'effectuait debout derrière une ligne matérialisée. Des cellules photoélectriques (Microgate, race time 2, Bolzano, Italie) étaient placées au départ et à 10 et 20 m. Elles étaient combinées à un système de mesure de la vitesse instantanée par infrarouge (Stalker ATS, Minneapolis, États-Unis). Le profil de la vitesse instantanée, maximale et de l'accélération initiale était ensuite déterminé.

1.6 L'analyse statistique :

Les moyens et les écart-types ont été calculés pour les tests isocinétiques. Le rapport agoniste antagoniste (IJ/Q) a été calculé pour la vitesse 60°/sec en concentrique, ensuite on a mesuré le ratio IJ/Q mixte 30°/sec exc./240°/sec con. Toutes ces données ont été rapportées à des références préétablies. On a par la suite procédé au calcul des corrélations entre les pics de force et la vitesse sur 10 et 20m d'une part et avec la détente d'une autre part. Nous avons cherché de possibles corrélations entre les performances des tests de vitesse et de détente et les résultats des tests isocinétiques (pics de force). Afin d'examiner la relation entre ces trois paramètres, l'analyse statistique a été réalisée grâce à l'outil d'analyse de corrélation d'Excel. Nous acceptons l'existence d'une corrélation à $r > 0,70$ pour un seuil de signification $p < 0,05$.

Chapitre 2

Présentation, analyse et interprétation des résultats

1. Présentation des résultats des tests isocinétiques dynamiques :

1.1 Pic de couple et rapport IJ/Q en concentrique :

Pic de couple (Nm)	Q60°/s con	IJ60°/s con	R
Moyenne	246.5	135.7	0.55
Ecart type	11.9	16.5	0.04

Tableau 1 : résultats des pics de couple et du rapport IJ/Q

Le **tableau 1** regroupe les valeurs de pic de couple IJ et Q à 60° /s en concentrique enregistrées lors des tests dynamiques. Les résultats sont exprimés par la valeur moyenne \pm l'écart type. Notre population présente des pics de couple de à 60°/sec de 246.5 ± 11.9 Nm sur quadriceps, 135.7 ± 16.5 Nm sur ischio-jambier, et on note un rapport ischio- jambier/quadriceps R qui est de 0.55 ± 0.04 .

1.2 Pic de couple et rapport mixte IJ/Q :

Pic de couple (Nm)	Q240°/s con	IJ30°/s exc	R
Moyenne	144.3	196	1.35
Ecart type	6.7	17.1	0.05

Tableau 2 : résultats des pics de couple et du rapport mixte IJ/Q

Le **tableau 2** regroupe les valeurs de pic de couple IJ en excentrique à 30° /s et Q concentrique à 240° /s enregistrées lors des tests dynamiques. Les résultats sont exprimés par la valeur moyenne \pm l'écart type, notre population présente des pics de couple de 196 ± 17.9 Nm sur ischio-jambier et 144.3 ± 6.7 Nm sur quadriceps, et on note un rapport mixte RM ischio-jambier/quadriceps qui est de 1.35 ± 0.05 .

240°-60°-30° vitesse de test en degrés / seconde

IJ : ischion jambier Q : quadriceps

R : rapport IJ/Q

RM : rapport mixte

1.3 Présentation des résultats de vitesse :

	Moyenne	Ecart type
10m	1.80	0.027
20m	2.85	0.03

Tableau 3 : résultats de vitesse (10m et 20m) en seconde

Le **tableau3** regroupe les valeurs moyennes et écart type de vitesse sur 10m et 20m, les joueurs ont enregistré 1.80 ± 0.027 seconde sur 10m et 2.85 ± 0.03 seconde sur 20m.

1.4 Présentation des résultats de détente :

	Moyenne	Ecart type
SJ	49	3.55
CMJ	53.18	4.14

Tableau 4 : résultats de détente (SJ et CMJ)

Le **tableau4** regroupe les valeurs moyennes et écart type de la détente (SJ et CMJ), les joueurs ont enregistré 49 ± 3.55 Cm en (SJ) et 53.18 Cm en (CMJ).

SJ : squatte jump en (Cm)

CMJ : conter mouvement jump en (Cm)

1.5 Présentation des résultats de corrélation de vitesse (10m et 20m) avec les pics de force :

	Q240°/s con	Q60°/s con	IJ 240°/ con	IJ 60°/s con	IJ 30°/s exc
10m	-0.88	-0.86	-0.91	-0.85	-0.88
20m	-0,92	-0,96	-0,91	-0,83	-0,92

Tableau 5 : résultats des corrélations de vitesse avec les pics de force

Le **tableau5** regroupe les valeurs de corrélation de vitesse (10m et 20m) avec les pics de force isocinétique : Q240°/s con, Q60°/s con, IJ 240°/ con, IJ 60°/s con, IJ 30°/s exc ou on a enregistré

des corrélations positives qui se rapprochent de (-1) pour tous les pics de force avec les deux distances (10m et 20m).

1.6 Présentation de résultats de corrélation de détente (SJ et CMJ) avec les pics de force :

	Q240°/s con	Q60°/s con	IJ 240°/ con	IJ 60°/s con	IJ 30°/s exc
SJ	0,98	0,97	0,97	0,89	0,96
CMJ	0,95	0,95	0,94	0,84	0,94

Tableau 6 : résultats des corrélations de détente avec les pics de force

Le **tableau 6** regroupe les valeurs de corrélation de détente (SJ et CMJ) avec les pics de force isocinétique : Q240°/s con, Q60°/s con, IJ 240°/ con, IJ 60°/s con, IJ 30°/s exc ou on a enregistré des corrélations positives qui se rapprochent de (+1) pour tous les pics de force avec les deux tests (SJ et CMJ).

2. Discussion :

Dans la littérature on retrouve que pour les footballeurs l'intérêt de l'équilibre musculaire agoniste/antagoniste est aujourd'hui le paramètre isocinétique le plus prouvé dans la prévention des lésions aux ischio-jambiers. En effet les études de (Dauty et de Croisier), menées de la même manière méthodologiquement avec des tests isocinétiques en début de saison, prouvent que des ratios identifiant les déséquilibres musculaires entre les ischio-jambiers et le quadriceps, sont capables de détecter les sujets les plus à risque de lésions. Au total, 823 joueurs de football professionnel sont évalués par leurs études, et les ratios isocinétiques sont significativement prédicteurs de blessures :

- Le rapport conventionnel IJ con/Q con : $R < 0,47$
- Le rapport mixte fonctionnel IJ exc/Q con : $RM < 0,80$

En ce qui concerne notre étude des rapports ischio-jambier/quadriceps (IJ/Q) ; les joueurs présentent respectivement des valeurs de ratio de 0.55 ± 0.04 et de 1.35 ± 0.05 pour le ratio mixte en moyenne. Nos résultats sont comparables à ceux trouvés par quelques auteurs ayant étudié des populations de footballeurs (Croisier et al.2008) sur 687 footballeurs professionnel.

Ce qui signifie que les résultats de notre échantillon sont au-dessus des ratios limités par les scientifiques et il existe une faible probabilité de développer une lésion musculaire.

Dauty détermine également la sensibilité et la spécificité de ses résultats. Au final, ces ratios possèdent une faible sensibilité, c'est-à-dire que lorsque les sportifs sont au-dessus d'un de ces rapports, ils ne peuvent pas prédire s'ils vont se blesser ou pas. Ceci étant en lien avec le caractère multifactoriel de cette atteinte. En revanche, ils ont une très forte spécificité, ce qui signifie que les sujets qui sont en dessous de ces ratios ont de fortes chances de se blesser, où la spécificité est très proche des 100%. L'équipe française montre également l'intérêt de ces ratios en calculant que l'association positive de ces derniers augmente la probabilité de développer une lésion musculaire des ischio-jambiers de 79,4%.

Diverses études confirment que les footballeurs présentent des rapports ischio-jambier/quadriceps élevés. La fréquence d'utilisation des ischio-jambiers par les footballeurs explique bien ces valeurs. Au cours des entraînements et plus particulièrement des compétitions, les footballeurs réalisent une moyenne de 100 sprints courts (Chatard 1998, Tumilty 1993, Mambaerts 1992 et Dellal 2006). Ce type de déplacement sollicite intensément les ischio-jambiers en mode concentrique lors de l'appui au sol et de manière excentrique lors des phases d'extension du genou et de frappe de balle (Amato et coll. 2001). Cette contraction permet de contrôler l'activité concentrique du quadriceps et protéger les structures ligamentaires de l'articulation du genou (Solomonov et coll.1987, Barratta et coll.1988).

Cet équilibre entre ischio-jambiers et quadriceps est important à obtenir puisqu'il semble être le garant d'une bonne protection active lors des différentes situations d'instabilité que peut rencontrer le genou au cours de la pratique du football. Ekstrand J (2011), considère en outre qu'il est un facteur de protection des accidents musculaires, si fréquents au niveau de la cuisse dans ce sport. Ces valeurs témoignent du rôle dynamique important tenu par les ischio-jambiers.

L'action du footballeur est caractérisée par les courses, les accélérations, les démarquages, les sauts, et il lui faudra les exécuter à partir de différentes positions initiales. La grande vitesse de course se transforme en arrêts soudains et en variations brusques de direction qu'il est impossible de prévoir souvent à l'avance.

Les gestes du joueur, différents selon les situations, s'accomplissent dans des situations de manque de temps et d'espace. La maîtrise du ballon dans de telles situations en compétition reste toujours un comportement gestuel motivé par le concours de circonstances et adapté à ces dernières, Ce comportement consiste à effectuer consciemment et rationnellement des gestes

choisis dans des conditions de jeu en état de haute concentration mentale et de forte tension nerveuse.

En plus de cela, une tonicité et un grand engagement sont nécessaires, car le jeu exige une attention et une concentration plus soutenues, une action et une réaction plus rapides, un comportement impliquant plus de méthode et de rationalité et enfin une condition physique de « top-niveau ». L'analyse de l'activité technico-tactique des joueurs est très explicite : Les footballeurs sont très peu en possession de la balle et le nombre de touches de balle moyen est également très faible (Bangsbo, 2007). Par conséquent, ils doivent agir rapidement tout en étant endurants, forts lors des duels, coordonnés, adroits, mobile dans la gestuelle tout en ayant de la lucidité dans les prises de décisions (Mourihno, 2005). (A. Dellal, 2008). D'où nous avons cherché à identifier les corrélations qui pourraient exister entre la force isocinétique (pics de forces : Q240°/s con, Q60°/s con, IJ 240°/ con, IJ 60°/s con, IJ 30°/s exc.) des extenseurs du genou, les tests de saut (SJ, CMJ) et les tests de sprint (10m et 20m). Les principaux résultats de cette étude nous révèlent que cette force isocinétique est fortement corrélée avec la performance en sprint sur 10m (Q240°/s con ; $r = 0.88$), (Q60°/s con ; $r = 0.86$), (IJ 240°/ con ; $r = 0.91$), (IJ 60°/s con ; $r = 0.85$), (IJ 30°/s exc. ; $r = 0.88$) et 20 m (Q240°/s con ; $r = 0.92$), (Q60°/s con ; $r = 0.96$), (IJ 240°/ con ; $r = 0.91$), (IJ 60°/s con ; $r = 0.83$), (IJ 30°/s exc. ; $r = 0.92$) et ces résultats nous révèlent aussi que cette force isocinétique est fortement corrélée avec la performance des sauts en SJ (Q240°/s con ; $r = 0.98$), (Q60°/s con ; $r = 0.97$), (IJ 240°/ con ; $r = 0.97$), (IJ 60°/s con ; $r = 0.89$), (IJ 30°/s exc. ; $r = 0.96$) et CMJ (Q240°/s con ; $r = 0.95$), (Q60°/s con ; $r = 0.95$), (IJ 240°/ con ; $r = 0.94$), (IJ 60°/s con ; $r = 0.84$), (IJ 30°/s exc. ; $r = 0.94$).

Nous acceptons l'existence d'une corrélation à $r > 0,70$ pour un seuil de signification $p < 0,05$.

Les résultats obtenus montrent une corrélation positive qui affirme une forte relation entre les pics de forces isocinétique : Q240°/s con, Q60°/s con, IJ 240°/ con, IJ 60°/s con, IJ 30°/s exc. et la vitesse sur 10m et 20m ainsi que les sauts SJ et CMJ.

Ces données sont comparables avec celle de la littérature scientifique. (Dauty et Al) montre que la vitesse sur 10m et 20m est corrélée avec le pic de force isocinétique.

La vitesse est inversement corrélée avec la force isocinétique car ces résultats se rapprochent de (-1), plus la valeur de la vitesse diminue plus cette qualité est plus importante, contrairement aux sauts plus sa valeur est conséquente plus elle prend de l'importance.

Donc l'existence de ces corrélations prouve la nécessité d'un travail de force des muscles du genou pour permettre une amélioration des résultats de vitesse et de détente.

Conclusion

Conclusion

L'analyse des données et la discussion des résultats ont permis de conclure ce modeste travail d'où l'objectif était de dégager un profil musculaire isocinétique des footballeurs algériens afin de prédire les risques de blessures grâce aux tests et mesures le travail nous a en effet permis d'avoir un aperçu sur le profil isocinétique de ces derniers, mais également d'apporter des réponses aux questions posées. A savoir si les footballeurs algériens ont un profil isocinétique qui répond à un rapport qui se rapproche des valeurs de références validées par les spécialistes.

L'évaluation isocinétique a pour objectif de déboucher sur l'établissement d'un protocole de rééducation adapté et personnalisé au profil clinique et isocinétique du sportif, permettant de pallier les déficits et les déséquilibres musculaires éventuels, seul garant d'une articulation et d'un membre efficace, et au final d'un sportif de haut niveau. Des études complémentaires semblent toutefois nécessaires pour mieux étudier le ou les profils isocinétiques optimaux du footballeur

La correction des anomalies identifiées en début de saison, permet la réduction significative du risque lésionnel et ramener ainsi le niveau des joueurs en déséquilibres musculaires à celui concernant les joueurs parfaitement équilibrés, cette réduction du risque de déchirure n'apparaît cependant effective que chez les joueurs dont la normalisation a été prouvée lors de tests de contrôle.

Il semble très pertinent d'inscrire le test isocinétique parmi les critères conditionnant la reprise sportive après certaines blessures. La lésion ischio-jambière représente un excellent exemple pour lequel Delvaux et coll. (24) ont investigué la démarche de terrain chez les médecins de clubs de football professionnels.

Le concept d'équilibre de force musculaire agoniste/antagoniste retient fréquemment l'attention des cliniciens et des chercheurs impliqués dans l'analyse des mécanismes de survenue lésionnelle (23). Bien que parfois controversée, une relation entre déséquilibre de force musculaire agoniste/antagoniste et survenue lésionnelle est régulièrement suggérée d'où vient l'intérêt d'un test annuel auprès des footballeurs, et le dépistage d'éventuels déficits musculaires qu'il convient d'interpréter et de traiter. Ce type de tests, comme l'ensemble des bilans réalisés, doit également servir de référence dans le cadre d'un réentraînement à l'effort après blessure. Ce suivi est particulièrement important chez les footballeurs de haut niveau.

Conclusion

L'exploration isocinétique est donc, au total, un excellent moyen d'évaluation de la force des extenseurs et fléchisseurs du genou. Cette technique est un complément très utile des méthodes classiques d'évaluation qui a permis d'établir des normes et des références. Elle occupe maintenant une place indiscutable dans le domaine de l'évaluation des sujets sains (établissement de normes en fonction de l'âge, du sexe et de la pratique sportive) et notamment des patients en phase de réadaptation. En ce qui concerne la pathologie articulaire, ces tests isocinétiques apportent à l'athlète et à l'entraîneur une indication objective de l'efficacité musculaire. On dispose ainsi de critères objectifs pour une optimisation du suivi de l'entraînement. Un test systématique permet de mettre en évidence des déséquilibres droite/gauche ou fléchisseurs/extenseurs et de proposer, si nécessaire, une rééducation ou un renforcement musculaire adapté afin de corriger ces déséquilibres qui peuvent entraîner des blessures.

Nos footballeurs expriment une valeur de rapport isocinétique et rapport mixte au-dessus du seuil recommandé par les revus littéraires ce qui signifie qu'il existe une faible probabilité de lésion musculaire.

Dans la deuxième partie de notre étude, on a vérifié la nature du rapport du pic de force à la vitesse et à la détente pour pouvoir préconiser un type d'entraînement en vérifiant l'existence et la nature de corrélation entre les pics de force à la vitesse et à la détente. Vu l'importance de ces deux qualités en football. La vitesse en football implique la capacité d'action et de réaction rapides, la rapidité de départ et de course, celle du maintien de la balle, du sprint et de l'arrêt, et aussi la rapidité d'analyse et d'exploitation de la situation du moment. Considérée comme un facteur de performance de plus en plus privilégié dans l'entraînement moderne, souvent déterminante dans le résultat, la vitesse doit être développée et entretenue durant toutes les périodes d'entraînement annuel, mais aussi dans un plan plus large, dès le plus jeune âge, en se basant toujours sur une approche qualitative. La détente dépend de la liaison force vitesse du nombre de fibres engagées de la vitesse de contraction de la force des fibres. Nous pouvons dire que par rapport à cette définition la détente est cette capacité que possède un muscle ou un groupe musculaire à effectuer soudainement une contraction. Au football, elle permettra au joueur d'être mieux à l'aise par rapport aux duels aériens. Le footballeur a sans aucun doute, besoin de la force sous toutes ses formes de manifestation pour la réalisation de sa performance de mouvements, tout comme elle est aussi un facteur limitant la performance (25).

Conclusion

Dans le cas de nos athlètes, on a obtenu des corrélations significatives et fortement positives de la vitesse sur des petites distances et de la détente avec les pics de force isocinétique à petite vitesse angulaire (force) et à grande vitesse angulaire (puissance). On dispose ainsi de critères objectifs pour une optimisation du suivi de l'entraînement, ce qui nous pousse à penser à la nécessité d'un travail de renforcement des quadriceps et des eschio-jambier afin d'optimiser la performance en vitesse et en détente.

D'une manière générale les résultats obtenus dans notre étude nous ont permis de confirmer que nos footballeurs professionnels ont un profil isocinétique qui répond aux normes et aux références établies par les spécialistes dans le domaine, et qu'un renforcement rationnel des muscles du genou va leur permettre d'optimiser leurs performances en vitesse et en détente.

Cette étude comme toute autre étude présente des limites. On peut citer à titre d'exemple la limite de l'échantillon ; sur des échantillons plus importants on peut recueillir des données plus précises et généralisables.

Bibliographie

Bibliographie

- (1) Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy* 1967;47:114–7.
- (2). POCHOLLE M, CODINE P. Isocinétisme et médecine sportive. MASSON; 1999
- (3)-Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sport Phys Ther* 1990;7:298–300.
- (4)- Glenn B, Akau CK, Martinson M, Olderr TF. High school sports injuries. A longitudinal study at Punahou School. *Am J Sports Med* 1997;5:675–81.
- (5)- Chatard JC. La physiologie du footballeur. *Sport Med* 1998;102:1621.
- (6)-Tumilty D. Physiological characteristics of elite soccer players. *Sport Med* 1993;2:80–96.
- (7)-Benezis C, Simeray J, Simmon L. L'enfant, l'adolescent et le sport. Paris: Masson; 1986, p. 77–164.
- (8)- 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.
- (9) -Croisier JL, Crielaard JM. Méthodes d'exploration de la force musculaire: Une analyse critique. *Ann Réadapt Médecine Phys.* 1999 Jun;42(6):311–22.
- (10)-Guide d'isocinétisme : Rééducation: Intérêt de l'isocinétisme (Pascal Edouard, Francis Degache, François Fourchet).
- (11) -Has. mesure de la force, du travail et de la puissance musculaire, par dynamomètre informatisé ET MOTORISÉ(évaluation des actes) [Internet]. 2006 Nov [cited 2015 Jun 2]. Available from: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/synthese_mesure_de_la_force.pdf
- (13)-P. Middleton, P.L.P. Puig, P. Trouve, L. Savalli. Le travail musculaire excentrique. *J Traumatol Sport.* 2000;(17):93–102.
- (14)-Chomiki R, Boisseau P, Paysant J. Dynamométrie isocinétique (1) : principes, caractéristiques et indications en médecine physique et de réadaptation. *MédPhysRéadapt* 1998;37:99102.
- (15)- Anaes. les appareils d'isocinétisme en évaluation et en rééducation musculaire : intérêt et utilisation [internet]. 2001 février. Available from: <http://www.athlex.fr/userfiles/HAS%20Isocin%C3%A9tisme.pdf>

Bibliographie

- (16)-Julia M. Hanche et isocinétisme: étude de reproductibilité et intérêt dans les lésions musculaires des ischiojambiers [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Nice-Sophia Antipolis.; 2006.
- (17)- Prior M, Guerin M, Grimmer K. An Evidence-Based Approach to Hamstring Strain Injury: A Systematic Review of the Literature. *Sports HealthMultidiscipApproach*. 2009 Mar 1;1(2):154–64.
- (18)-Denot-Ledunois S, Fossier E. Le rapport ischio-jambiers-quadriceps en isocinétisme: concentrique ou excentrique? *Sci Sports*. 1994;9(3):1613.
- (19)-Dvir Z, Eger G, Halperin N, Shklar A. Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency.*ClinBiomech*. 1989 May;4(2):87–91.
- (20)- 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 Aug1;36(8):146975
- (21)-Croisier JL, Crielaard JM. Exploration isocinétique: analyse des paramètres chiffrés. *Ann Réadapt Médecine Phys*. 1999 Dec;42(9):53845.
- (22)-Chomiki R, Boisseau P, Paysant J. Dynamométrie isocinétique (1) : principes, caractéristiques et indications en médecine physique et de réadaptation. *MédPhysRéadapt* 1998;37:99102.
- (23) Croisier JL, Delvaux F, Kaux JF, Julia M, Crielaard JM, For thomme B. L'équilibre de force musculaire agonistes/antagonistes. In: *Prévention des troubles musculo-squelettiques chez le sportif*. Montpellier : Sauramps Médical, 2013 : 70-8
- (24)Delvaux F, Rochcongar P, Ferret J, Kaux JF, Crielaard JM, Croisier JL. La lésion musculaire des ischio-jambiers. In: *Prévention des troubles musculo-squelettiques chez le sportif*. Montpellier : Sauramps Médical, 2013 : 153-65
- (25)evolution de la force musculaire des flkhisseurs et extenseurs du genou mesurke par dynamomktre isocint%ique concentrique chez le footballeur de haut niveau **Weineck**, 1994, 203
- (26) Mourad ikiouane. Belghoule fethi : Utilisation des appareils isocinétique comme outil d'évaluation, de rééducation et d'entraînement des sportifs2011 ; 14
- (27) Barbier, J.-M. (1985). *L'évaluation en formation*. Paris, P.U.F

Bibliographie

(28) Perrenoud, P. (1989). Vers une sociologie de l'évaluation. Bulletin de l'association des enseignants et chercheurs en éducation, 6, 19-31.

(29) - Macario (1982), « l'acte d'évaluation est un acte de portée générale et puisque la mesure et l'observation représentent essentiellement des moyens de description

(30) J. Weineck, Biologie du sport, Vigot, Paris, 1992.

(31) TURPIN B Préparation et entraînement du footballeur, Paris, Amphora, 1990

(32) <https://www.prepa-physique.net/test-vitesse-coordination-cazorla/>

Liste des tableaux

N°	Tableaux	Page
1	Tableau 1 : résultat des pics de couple et du rapport IJ/Q	37
2	Tableau 2 : résultat des pics de couple et du rapport mixte IJ/Q	37
3	Tableau 3 : résultat de vitesse (10m et 20m) en seconde	38
4	Tableau 4 : résultat de détente (SJ et CMJ)	38
5	Tableau 5: résultat des corrélations de vitesse avec les pics de force	38
6	Tableau 6: résultat des corrélations de détente avec les pics de force	39

Liste des figures

N°	Figures	Page
1	Figure 1 – Test Vameval.	11
2	Figure 2 : Test 30-15 Intermittent Fitness	11
3	Figure 3 : Tests de vitesse linéaire de Cazorla	13
4	Figure 4, 5, 6,7: Tests de souplesse	14
5	Figure 8 : mesure des angles	15
7	Figure 9 – Sargent test (1924).	16
8	Figure 10 – Tests SJ et CMJ	17
9	Figure 11 : Trajet des muscles ischio-jambiers	18
10	Figure 12 : Appareil isocinétique	24

Résumé :

L'objectif de notre étude est de dégager un profil musculaire isocinétique de ces footballeurs, ensuite faire le rapprochement par rapport à des données références validées par la société européenne de l'isocinétisme. Calculer le ratio ischio-jambier et quadriceps ainsi que le ratio mixte afin de prédire les risques de blessures. Vérifier la nature le rapport du pic de force à la vitesse et à la détente pour pouvoir préconiser un type d'entraînement et éviter notamment certaines blessures sans contact qui représentent 28 à 76% de la totalité des blessures en football.

Mots-clés :

Isocinétisme, prévention, évaluation, ischios-jambier, quadriceps.

Abstract

The objective of our study is to identify an isokinetic muscle profile of these footballers, then make the connection with reference data validated by the European Society of Isokinetics. Calculate the hamstring and quadriceps ratio as well as the mixed ratio in order to predict the risk of injury. Check the nature of the ratio of peak force to speed and relaxation to be able to recommend a type of training and in particular avoid certain non-contact injuries which represent 28 to 76% of all injuries in football.

Key words:

Isokinetics, prevention, evaluation, hamstrings, quadriceps.