

# **Gainage, Posture et Rugby**

Jean-Michel GRAND\*  
Chloé MAILLARD\*

## **Mots clés :**

**Gainage**  
**Stabilisation Abdomino-Lombo-Pelvienne**  
**Posture**  
**Equilibre musculaire**  
**Rugby**

Centre Paramédical du Sport “Performe”, 1 rue André Tourné,  
66470 Sainte Marie la Mer ; [performe.fr](http://performe.fr)

## RESUME

Le gainage est un mode de préparation et de prévention longtemps associé au monde du sport et son application s'est souvent limitée au renforcement des quatre traditionnelles chaînes musculaires. L'éventail de ses modes de travail s'est élargi, permettant aujourd'hui de l'intégrer à la prévention, la rééducation et la réathlétisation des pathologies abdomino-lombo-pelviennes (ALP).

Le gainage a aisément trouvé sa place dans le monde du rugby et de nombreux joueurs le pratiquent régulièrement pour optimiser leurs performances ou réduire les risques de blessures rachidiennes. L'évolution du rugby vers l'augmentation de la vitesse et de l'intensité des impacts encourage les joueurs à se doter de qualités athlétiques qui accroissent leur masse musculaire, modifient leur morphologie et altèrent l'équilibre musculaire péri-rachidien. Ce déséquilibre musculaire associé à des troubles de coordination entre les muscles profonds et superficiels du complexe ALP favorise secondairement des instabilités et des pathologies lombo-pelviennes. Le déséquilibre péri-rachidien du rugbyman est le reflet d'une sollicitation excessive des chaînes musculaires antérieures du rachis et des ceintures des joueurs. Le gainage spécifique pour ce sport nécessite donc un renforcement privilégié de la chaîne musculaire postérieure.

Les nouvelles perspectives de ce gainage « correctif » imposent une identification des causes de l'instabilité ALP par un bilan préalable pour mieux adapter les exercices aux besoins spécifiques de chaque joueur.

Ce bilan préalable comprend :

- Le test manuel abdominal de Guillaume pour l'évaluation fonctionnelle des muscles profonds du « Core ».
- Le test de co-contraction transverse-multifides avec « stabilizer ».
- Les tests d'endurance isométriques de Shirado et de Sorensen pour évaluer les déséquilibres musculaires péri-rachidiens.
- Le test « Global Mobility Condition » utilisé par la fédération Française de Rugby, pour identifier les troubles posturaux.

Un programme de gainage bien conduit intégrant une reprogrammation neuromotrice du « Core » permet de corriger les déséquilibres musculaires pathogènes. Le choix et l'ordre des exercices proposés dans un programme de gainage sont fondamentaux et doivent respecter les principes de progression.

Le gainage n'est pas réservé aux sportifs en activité. Il existe un lien étroit entre la lombalgie chronique et l'instabilité ALP. L'essor de cette pratique répond à une nécessité de santé publique permettant l'optimisation des capacités des pratiquants par le gain d'un contrôle postural. Le gainage présente donc un intérêt préventif et thérapeutique pour l'ensemble de la population.

## INTRODUCTION

Le concept de gainage vise à développer une gaine musculaire de protection du rachis à la manière d'un échafaudage. L'objectif du gainage est d'optimiser la stabilité du complexe abdomino-lombo-pelvien (ALP) en réponse aux contraintes biomécaniques internes et externes. La réponse stabilisatrice dépend de la qualité de perception d'un déséquilibre. L'équilibre et la coordination musculaire conditionnent la justesse de cette réponse. La notion d'équilibre musculaire implique de considérer les actions musculaires par chaînes fonctionnelles et non de manière analytique. Les règles de progression, l'ordre d'exécution des exercices et leur adaptation aux spécificités posturales du sujet conditionnent l'efficacité du gainage.

La littérature abonde d'articles scientifiques prouvant l'efficacité de protocoles préventifs appliqués aux sportifs (Finnoff et col. 2012<sup>[11]</sup>; Klügl et col. 2010<sup>[23]</sup>; Paszkewicz et col. 2012<sup>[30]</sup>). Les modes d'applications de ces protocoles sont nombreux. Ils se développent de plus en plus sous la forme de séances individuelles ou collectives incluant des programmes de gainage. Les clubs de rugby professionnels anglo-saxons ont recours aux services hebdomadaires de physiothérapeutes pour conduire des séances spécifiques de prévention. Plus connu dans le milieu de la préparation physique, le gainage repose sur quatre positions du corps sollicitant chacune une chaîne musculaire : le gainage facial, le gainage latéral droit et gauche, le gainage dorsal.

Le facteur de risque principal des pathologies lombaires dans le rugby est l'anomalie fonctionnelle lombo-pelvienne secondaire aux troubles posturaux. Dans un but de réadaptation, le gainage ne se limite pas à un renforcement global mais vise à identifier et à corriger les déséquilibres musculaires et les troubles posturaux pathogènes. Les positionnements du corps utilisés pour le gainage en rééducation sont plus variés que les quatre positions utilisées pour les sportifs. Les positions couchées, assises, chevalier servant puis debout et les étapes intermédiaires sont explorées pour exercer les joueurs à acquérir un contrôle proprioceptif et postural lombo-pelvien.

Les pathologies rachidiennes et leurs conséquences occupent une place de plus en plus importante dans la traumatologie du rugbyman. L'évolution actuelle de la pratique du rugby, se fait vers une augmentation de l'intensité du rythme de jeu et de l'importance des impacts en rapport avec une masse musculaire et une vitesse croissantes. Cette évolution fait des joueurs de rugby une population à risque de traumatismes du rachis potentiellement gravissimes aussi bien dans l'univers professionnel qu'amateur. 24% des blessures du rugbyman impliquent le rachis quelque soit leur poste mais les trois joueurs de première ligne sont particulièrement exposés (Statistiques top 14, USAP 2006).

La prise en charge des pathologies lombo-pelviennes tenaces telles que les protrusions discales ou les pubalgies est souvent insuffisante si elle se limite aux seuls traitements des symptômes. Appelée « Core training » pour les anglo-saxons cette méthode de renforcement propose des alternatives à ces joueurs déconditionnés ou en incapacité de reprise sportive. Elle permet un reconditionnement progressif au rugby à partir d'exercices de gainage intégrés à la réathlétisation. L'efficacité du gainage dépend de la qualité et de la justesse de la réponse motrice des muscles impliqués dans la stabilisation du rachis. Il convient donc d'évaluer au préalable l'ensemble des facteurs pouvant altérer la stabilisation ALP.

# 1. LA STABILISATION ABDOMINO-LOMBO-PELVIENNE

## 1.1 Anatomie fonctionnelle de l'enceinte abdomino-pelvienne :

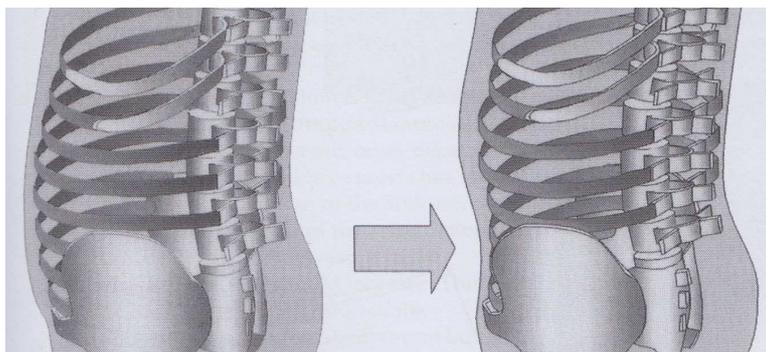
### 1.1.1 Le système musculaire profond :

Le système musculaire profond inclut les muscles stabilisateurs s'insérant directement sur la colonne lombaire assurant rigidité et contrôle postural. Il comprend principalement :

- ***Le Transverse :***

Le muscle transverse est un muscle essentiel de la stabilisation ALP. Il peut-être divisé en trois régions anatomiques distinctes présentant chacune une fonction principale :

- **Le tiers supérieur** agit comme support diaphragmatique.
- **Le tiers moyen** s'attache directement sur les fascias thoraco-lombaires permettant de moduler leur mise en tension. Il permet d'ajuster la rigidité de la courbure lombaire à la contrainte par un phénomène appelé, "hydraulic amplifier mechanism"<sup>[28]</sup>
- **Le tiers inférieur** joue deux rôles principaux :
  - Il participe à la stabilité des sacro-iliaques liée à la mise en tension ligamentaire de type "force closure" (Richardson et col. 2002<sup>[31]</sup>) et potentiellement de la symphyse pubienne (Snijders et col 1995<sup>[35]</sup>, Hodges 1999<sup>[20]</sup>).
  - Il agit sur la transmission des pressions intra-abdominales avec les multifides et le plancher pelvien. Il participe également aux efforts d'extension du rachis lombaire en diminuant la charge en compression.



*Paroi abdominale au repos Engagement efficace du transverse*

*(Richardson et col. 2002<sup>[31]</sup>)*

- ***Les Multifides (paravertébraux):***

Ce sont des muscles inter-segmentaires profonds essentiels dans la stabilisation ALP. Ils jouent un rôle proprioceptif important. Ils sont extenseurs spinaux lombaires. Ils assurent l'ajustement postural segmentaire permanent et le contrôle de la lordose lombaire en s'opposant à la force de flexion des muscles abdominaux.

- ***Le diaphragme pelvien :***

Il s'agit d'un groupement musculo-aponévrotique assurant le soutènement dynamique des viscères. Essentiel dans la gestion des pressions intra-abdominales, c'est un acteur fondamental du contrôle ALP.

- ***L'Oblique interne :***

L'oblique interne réalise la rotation, l'inclinaison homolatérale et la flexion du tronc. Synergique du transverse dans le maintien du contenu abdominal et la modulation de la pression intra-abdominale, il assure la coaptation des sacro-iliaques.

### **1.1.2 Le système musculaire superficiel :**

Le système musculaire superficiel est composé de muscles poly-articulaires du tronc dédiés principalement aux mouvements. Ils ne présentent pas d'insertion directe sur les vertèbres lombaires. Ils équilibrent les forces extérieures et les transmettent du thorax au pelvis (Bergmark 1989<sup>[3]</sup>) pour diminuer les contraintes exercées sur la colonne lombaire.

- ***Le Carré des lombes :***

Le carré des lombes réalise l'inclinaison homolatérale du tronc sur le bassin. Il a également un rôle expirateur accessoire, en déplaçant la dernière côte vers le bas.

- ***Le Psoas :***

Il réalise principalement une flexion de hanche et une flexion, inclinaison homolatérale lombaire. Il présente deux portions présentant chacune une fonction propre :

- Les fibres postérieures ont un rôle compressif intervertébral contribuant au contrôle segmentaire spinal.
- Les fibres antérieures mobilisent le rachis et les hanches (Bogduk et col 1992<sup>[5]</sup>).

- ***Le Grand droit :***

Son action majeure est la flexion du tronc.

- ***L'Oblique externe :***

L'oblique externe réalise la flexion, inclinaison et rotation controlatérale du tronc. Il participe à l'expiration et contribue dans une moindre mesure, à la modulation de la pression intra abdominale.

### **1.1.3 Le système musculo-aponévrotique**

Le transverse et dans une moindre mesure les obliques internes mettent en tension le fascia thoraco-lombaire, tissu musculaire épais, solide, riche en collagène. Il a un rôle proprioceptif important. Grâce aux insertions musculaires qui modulent sa tension, il contribue à augmenter la rigidité de courbure lombaire.

## **1.2 Les concepts fonctionnels de stabilisation ALP :**

La stabilisation ALP met en jeu deux concepts fonctionnels principaux : **le concept des caissons** et le concept **d'antagonisme-synergie**.

- ***Le concept des caissons :***

Le concept des caissons détruit le mythe des abdominaux. Dans le milieu du sport, ce concept erroné a abouti à considérer les muscles abdominaux comme les haubans d'un "mât colonne", et donc à admettre qu'il faut absolument les renforcer sans tenir compte de l'incidence sur la posture du sportif. Le rugby souffre encore de cette croyance et les abdominaux sont trop souvent favorisés au détriment des chaînes musculaires postérieures.

Le corps humain présente deux caissons :

- **Un caisson thoracique** pneumatique, compressible et rempli d'air contenu dans les poumons.
- **Un caisson abdominal** hydrique, à dominante liquidienne, moins compressible. Cette enceinte est presque entièrement élastique et très mobile. Ses parois sont constituées par les muscles qui modulent la pression abdominale. Elle met en jeu principalement :
  - les deux tiers supérieurs du transverse qui jouent le rôle d'amortisseur,
  - le diaphragme agit comme un couvercle,
  - le périnée, les multifides et le tiers inférieur du transverse qui constituent le socle protecteur.

L'interpénétration des caissons décrite par Dufour (2006<sup>[10]</sup>) permet la stabilisation et la diminution des charges en compression du rachis dorso-lombaire. Sans l'action conjointe du diaphragme et du plancher pelvien, la contraction du transverse déplacerait le contenu abdominal avec des effets mineurs sur la stabilisation ALP.

Ces caissons ont une relation étroite avec la dynamique respiratoire. La transmission des pressions est la relation fonctionnelle entre les abdominaux et le souffle. La respiration agit comme un moteur abdominal. L'expiration effectuée par la bouche avec un flux laminaire freiné et contrôlé favorise la stabilisation par l'activation automatique du transverse comme muscle expireur accessoire.

- ***Le concept d'antagonisme-synergie :***

La stabilisation ALP répond au concept d'antagonisme-synergie. Ce raisonnement décrit par Kapandji (2011)<sup>[22]</sup>, impose de raisonner suivant une logique non binaire qui limite la relation d'un muscle agoniste avec son antagoniste à une action uniquement opposée. Kapandji explique l'équilibre dynamique d'un mouvement par l'action synergique du muscle antagoniste qui modère et limite l'action de l'agoniste. Etymologiquement, synergie signifie « l'addition des forces » : deux muscles agissent simultanément pour réaliser la même action.

La co-contraction des muscles agonistes et antagonistes permet de diminuer les contraintes exercées sur une articulation au cours du mouvement. Il s'agit littéralement d'un « contrôle dynamique ago-antagoniste ».

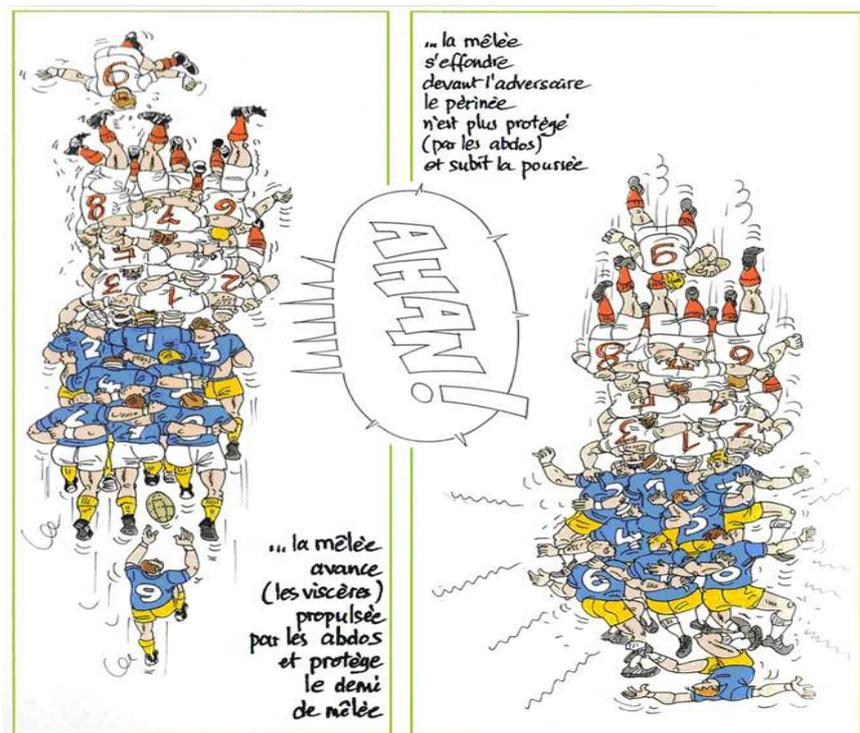
## 2. LES CONDITIONS D'UNE STABILISATION ABDOMINO-LOMBO-PELVIENNE EFFICACE

La stabilisation abdomino-lombo-pelvienne dépend du bon équilibre de deux groupes fonctionnels principaux : les muscles profonds du « Core » et les chaînes musculaires cinétiques.

### 2.1 L'équilibre fonctionnel des muscles profonds du « Core »

#### 2.1.1 La compétence abdominale

La compétence abdominale est la capacité « Core » à jouer un rôle protecteur pour le contenu abdominal en réponse à une contrainte en pression. C'est la stratégie d'orientation des pressions intra-abdominales qui est mise en jeu.



La notion de Compétence abdominale illustrée par Guillaume <sup>[14]</sup>

#### 2.1.2 Le contrôle segmentaire profond

Pour rétablir la compétence du « Core », l'apprentissage moteur utilise la capacité du transverse, du périnée et des multifides à se contracter de manière synergique, indépendamment du système musculaire superficiel :

- La co-activation des muscles abdominaux et des muscles du plancher pelvien est mise en jeu lors de certaines activités automatiques mais également lors de la contraction volontaire d'un des deux groupes musculaires. L'équipe de Sapsford (2011) <sup>[34]</sup> a ainsi montré que la contraction volontaire des muscles abdominaux entraîne une activation involontaire des muscles du plancher pelvien et inversement.

- Le diaphragme, par son rôle hypopressif lors de l'expiration en flux laminaire constant sans résistance, est un élément facilitateur majeur de l'engagement du transverse.
- S'agissant de muscles profonds, le contrôle segmentaire est sollicité par une reprogrammation privilégiant l'endurance musculaire à la rapidité et au nombre de répétitions dans les exercices.

## **2.2 L'équilibre fonctionnel des chaînes musculaires cinétiques**

Un muscle ne travaille jamais seul. Son action s'associe à celles d'autres muscles ayant une même composante de mouvement. Il participe à une communauté d'actions dans la mise en place de grands schémas moteurs. Chaque muscle peut être considéré comme un maillon d'une chaîne cinétique. La plus grande résistance de cette chaîne est celle du maillon le plus faible.

La mise en évidence du principe des chaînes musculaires vient essentiellement :

- Des travaux de Kabat (méthode de renforcement par chaîne fonctionnelle).
- Des travaux de Piret et Bézières (méthode basée sur la coordination motrice).
- Des travaux Mézières (méthode de rééducation et d'auto-correction posturale).

### **2.2.1 Physiologie des chaînes**

La méthode Godelieve Struyf Denys (méthode GDS) apporte une notion de « solidarité » des muscles présentant une action commune, coordonnée ou synergique. Cette notion nécessite la bonne connaissance de la physiologie des chaînes musculaires et articulaires.

- **La chaîne cinétique** : c'est l'idée de l'association de plusieurs actions musculaires isolées pour l'élaboration d'un mouvement donné.
- **La chaîne articulée** : c'est la composition d'un certain nombre d'articulations, additionnant leur mobilité au cours d'un mouvement donné.
- **La chaîne musculaire en série** : c'est l'alignement en succession de muscles tout au long d'une chaîne articulaire du même côté d'un membre ou du tronc.
- **La chaîne musculaire parallèle** : c'est un enchaînement de muscles de part et d'autre des axes de mobilité des différents segments (couple).

### **2.2.2 Les principales chaînes cinétiques**

Godelieve Struyf Denys et Léopold Busquet<sup>[7]</sup>, ont systématisé les recherches sur ces chaînes cinétiques. Ils ont permis d'identifier les principales chaînes cinétiques et l'ensemble des muscles impliqués dans chacune d'elles. Leur nombre et orientations sont variables en fonction des concepts fonctionnels de chaque auteur. Il est difficile de dénombrer la totalité des chaînes cinétiques du corps humain. Il existe en réalité autant de chaînes cinétiques que de schémas moteurs.

Les chaînes cinétiques principales utilisées pour le gainage sont schématiquement représentées par les grands schémas moteurs du tronc et des membres. Chacune d'elles présente une orientation correspondant à un mouvement. Elles sont présentées ici dans leurs grandes lignes.

### ***Rachis (8 chaînes)***

- 1 Chaîne de flexion : chaîne antérieure directe.
- 1 Chaîne d'extension : chaîne postérieure directe.
- 2 Chaînes d'inclinaisons : chaînes latérales.
- 4 Chaînes rotatoires : 2 chaînes antérieures croisées et 2 chaînes postérieures croisées.

Les chaînes de rotation du tronc combinent l'action des chaînes cinétiques antérieures et latérales.

### ***Membres inférieurs (6 chaînes par membre)***

- 1 Chaîne de flexion : Chaîne antérieure (flexion hanche, extension genou)
- 1 Chaîne d'extension : Chaîne postérieure (extension hanche, flexion genou).
- 1 Chaîne d'adduction : Chaîne interne.
- 1 Chaîne d'abduction : Chaîne externe.
- 1 Chaîne de rotation externe : Chaîne latérale.
- 1 Chaîne de rotation interne : Chaîne médiale.

Les rotations des membres inférieurs autorisent pour chaque articulation, des rotations dans le même sens ou dans des sens opposés. Il est donc possible, si le genou est déverrouillé de réaliser :

- une rotation externe de hanche associée à une rotation interne du genou.
- une rotation interne de hanche associée à une rotation externe de genou.

### ***Membres supérieurs (6 chaînes par membre)***

- 1 Chaîne de flexion (antépulsion) : Chaîne antérieure (flexion épaule, extension coude).
- 1 Chaîne d'extension (rétropulsion) : Chaîne postérieure (extension épaule, flexion coude).
- 1 Chaîne d'adduction : Chaîne interne.
- 1 Chaîne d'abduction : Chaîne externe.
- 1 Chaîne de rotation externe : Chaîne latérale
- 1 Chaîne de rotation interne : Chaîne médiale

### **2.2.3 La coordination des chaînes cinétiques**

Les ceintures pelvienne et scapulaire sont des zones charnières entre les membres et le rachis. L'objectif premier du gainage est de coordonner les chaînes cinétiques des membres avec celles du tronc pour une meilleure stabilisation et précision gestuelle. Les deux chaînes cinétiques fondamentales du corps sont : la chaîne antigravitaire et la chaîne de rétraction (chaîne foetale).

- **La chaîne fonctionnelle antigravitaire :**  
C'est la chaîne de redressement du tronc et de triple extension des membres. Elle est souvent déficitaire par adaptation posturale ou sollicitation excessive de la chaîne cinétique antérieure.

- **La chaîne de triple retrait :**

C'est la chaîne fonctionnelle d'enroulement du tronc et de triple flexion des membres. Elle est trop souvent stimulée chez le rugbyman et manque d'élasticité par des assouplissements et des étirements insuffisants.

## **2.3 La coordination du « Core » et des chaînes cinétiques :**

Le système nerveux central commande et coordonne la musculature profonde et superficielle. Il permet un mouvement efficace, économique et protecteur du complexe ALP. Le gainage permet d'optimiser la qualité de cette coordination motrice par une reprogrammation neuromusculaire.

Tout déséquilibre musculaire du « Core » et/ou des chaînes cinétiques peut altérer cette coordination motrice. La reprogrammation neuromusculaire met en jeu deux boucles réflexes principales : le feedforward et le feedback.

### **2.3.1 Le Feedforward:**

Le Feedforward ou Ajustement Postural Anticipateur est la somme des stratégies mises en place pour contrôler les muscles profonds. A condition que le mouvement soit prédictible, les muscles du tronc responsables de la stabilisation ALP interviennent par anticipation au mouvement. Pour ce type de tâche, le système nerveux central évalue les effets du mouvement et prévoit en conséquence une réponse musculaire adaptée.

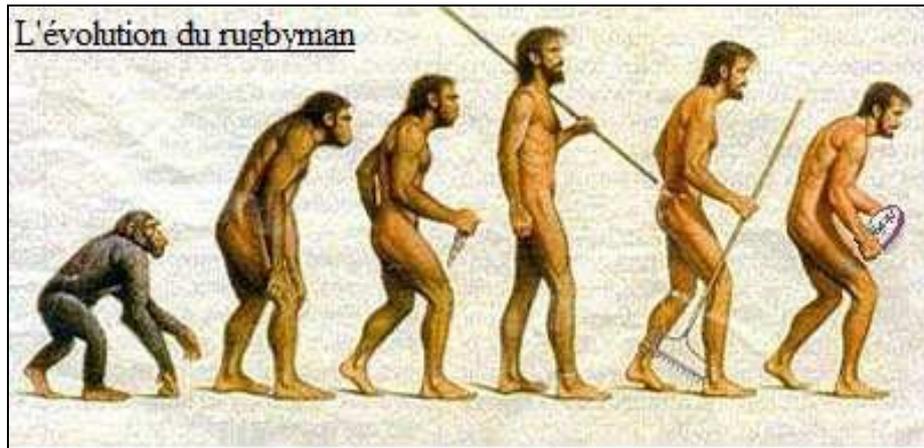
Ces réponses musculaires anticipatrices sont élaborées en fonction de l'expérience du mouvement et des interactions entre les forces internes et extérieures. L'activité des muscles profonds (transverse et multifides) est indépendante de la direction des forces appliquées. (Hodges and Richardson 1997<sup>[19]</sup>, Moseley et col. 2002<sup>[26]</sup>).

### **2.3.2 Le Feedback :**

Le feedback est un contrôle rétroactif qui permet de corriger et d'ajuster la posture. Une fois le mouvement effectué, il permet d'adapter les réactions musculaires à l'orientation des forces appliquées aux rachis (Hodges et col. 1999<sup>[19]</sup>).

## **2.4 La correction des troubles posturaux**

La bonne posture est un facteur essentiel de la prévention, de la préparation, et du traitement des pathologies lombo-pelviennes du sportif. La pratique du rugby impose de se doter de bonnes qualités de force, de souplesse et de coordination du rachis par une préparation spécifique. Cette préparation doit respecter le bon équilibre des chaînes musculaires péri-rachidiennes. Ces principes ne sont pas toujours respectés et les programmes de musculation sont parfois responsables de déséquilibres si le renforcement privilégie une chaîne musculaire au détriment de son antagoniste. Roussouly et col. (2004) <sup>[32]</sup> a mis en évidence chez le rugbyman une modification des courbures rachidiennes caractérisée par une augmentation de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique.



*L'exagération des courbures rachidiennes chez le rugbyman.*

Ces adaptations posturales sont le reflet d'une sollicitation excessive des chaînes musculaires antérieures du rachis et des ceintures (quadriceps, pectoraux, abdominaux). Elles sont souvent majorées par la volonté d'optimiser les performances des joueurs lors d'efforts de squats, de développé couché ou de crunchs.

## **2.5 La dissociation Lombo-Pelvi-Fémorale**

Culturellement le rugby est un sport où la place de l'étirement est mince et particulièrement pour le tronc. Ce sport souffre d'idées reçues telles que : « les étirements ne sont pas bons pour les piliers », (joueur du XV de France) ou « si on s'étire on perd de la force », (joueur du L.O.U rugby). L'hypertrophie musculaire secondaire à un renforcement musculaire intensif ne limite pas, contrairement aux idées reçues, les risques de blessure du rachis. Les muscles Psoas de ces joueurs sont souvent rétractés en rapport avec des positions nombreuses de poussées hanches fléchies. Des auteurs associent le manque de souplesse de ce muscle aux pathologies lombaires (Nadler et col. 2001<sup>[27]</sup>) et incriminent le manque de mobilité de la hanche. L'entretien de la mobilité de la hanche est donc une condition à la bonne stabilité du bassin.

## **3. MOYENS D'IDENTIFICATION D'UNE INSTABILITE ALP**

Le gainage est dangereux si les exercices proposés sont inadaptés. Tous les joueurs ne présentent pas les mêmes besoins. Le non respect des règles de progression, la sollicitation d'une chaîne cinétique inadéquate, le mauvais choix ou l'exécution incorrecte des exercices peut être délétère. Un travail gainant doit être précédé d'une évaluation fonctionnelle de la musculature profonde du « Core » et d'une identification des troubles posturaux ou déséquilibres des chaînes musculaires péri-rachidiennes.

De nombreux auteurs incitent à évaluer le ratio isocinétique de force ou l'endurance isométrique (Ito, Shirado et col.1996<sup>[21]</sup>) entre les muscles abdominaux et les muscles multifides.

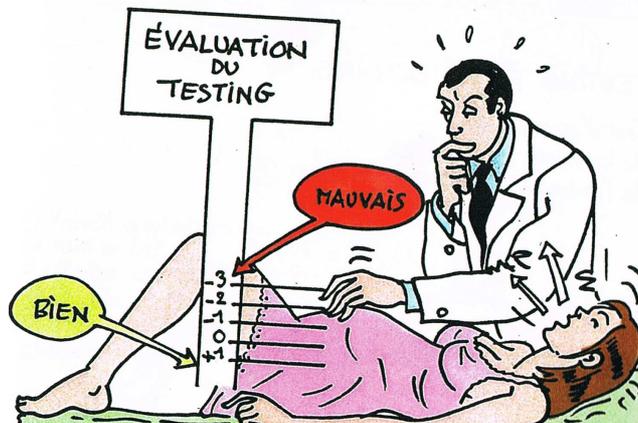
### 3.1 Evaluation de la musculature profonde du « Core »

#### 3.1.1 Test manuel abdominal de Guillaume

La compétence abdominale ou la capacité de l'abdomen à réduire les contraintes dites « hyperpressives » s'évalue grâce au test manuel abdominal de Guillaume <sup>[14]</sup>:

L'évaluation manuelle de l'abdomen à un effort de toux volontaire permet d'apprécier le dysfonctionnement abdominal. Le test est coté de + 1 à -3.

Le sujet est en décubitus dorsal bras le long du corps, hanches et genoux fléchis avec les pieds à plat sur le sol. L'examineur place sa main au niveau du bas ventre, demande au sujet de tousser et observe la réaction de l'abdomen sous la main.



*Test manuel abdominal de toux illustré par Guillaume<sup>[14]</sup>*

Appréciation	Test	Qualité de la réponse
Bon comportement	+1	L'abdomen rentre immédiatement et correctement
	+	Pas de problème
	0	Une légère poussée est ressentie sous la main mais la réponse finale est une rentrée de ventre
	-	Signes pathologiques
Mauvais comportement	-1	L'abdomen effectue une poussée sur la main et l'augmentation de pression est nettement ressentie
	-2	La poussée sur la main est importante et impossible à maîtriser
	-3	Le bombement est impressionnant avec hyperlordose et signes évocateurs de troubles fonctionnels (fuites d'urine, de gaz, douleurs lombaires...)

### 3.1.2 Test de la co-contraction transverse-multifides avec « stabilizer » <sup>[31]</sup>

Nous utilisons pour ce test le « Stabilisateur pression biofeedback unit » ou « Stabilizer ». Il s'agit d'un coussin à pression variable contrôlé via un manomètre manuel. Il permet d'évaluer la qualité de corset du muscle Transverse. Ce test est réalisé à partir d'une « rentrée du bas ventre ».



Le sujet est placé en décubitus ventral, bras le long du corps. Le « Stabilisateur » est placé sous l'abdomen avec le nombril au centre et le bord inférieur du coussin au niveau des EIAS. L'examineur demande un relâchement maximal de l'abdomen et gonfle le coussin à 70mmHg. Les variations de pression relatives à une respiration calme sont notées. L'examineur demande ensuite sur une expiration lente et contrôlée une « rentrée du bas ventre » maximale sans mouvement du bassin ni du rachis. La variation de pression est observée et l'évaluation répétée trois fois :



- Une diminution de pression de 4 à 10mmHg est un résultat optimal qui indique que le transverse se contracte correctement et indépendamment des autres muscles abdominaux.
- Une diminution de pression de 0 et 4mmHg sans mouvements de bassin ni de colonne indique que le Transverse se contracte bien de manière isolée mais manque de force ou présente une asymétrie contrôlable à la palpation.
- Une augmentation de pression, un mouvement du rachis ou du bassin traduit l'incapacité du transverse à se contracter de manière indépendante. La co-contraction de la musculature profonde est donc absente.

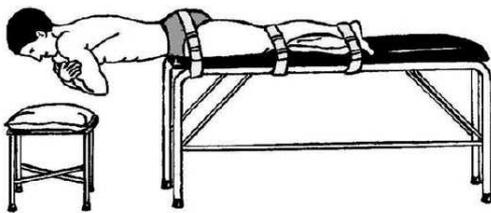
En plaçant la pulpe des doigts sur les paravertébraux lombaires lors du test de « rentrée de ventre », l'examineur peut confirmer ou non l'activation simultanée des multifides et du transverse et/ou détecter une éventuelle asymétrie d'engagement des multifides.

## **3.2 Evaluation de l'équilibre des chaînes cinétiques**

### **3.2.1 Test de Sorensen**

C'est un test d'endurance isométrique des muscles extenseurs du tronc. Le sujet est installé en décubitus ventral, les bras croisés sur la poitrine. Il positionne le bord supérieur de ses crêtes iliaques à la limite du bord de table ou sur une table à lombaires. Des sangles sont disposées au niveau du bassin, des genoux et des chevilles pour fixer les membres inférieurs.

*Test de Sorensen*



L'épreuve consiste à maintenir le plus longtemps possible le poids de son tronc. Le test est chronométré et le temps est arrêté lorsque :

- Le sujet ne parvient plus à maintenir la rectitude.
- L'horizontalité du tronc n'est plus conservée.
- Le temps de maintien atteint 240 secondes.

### **Test de Sorensen (Extenseurs)**

**Temps de références moyens (Bernard et col. 2008<sup>[4]</sup>) : 150 s**

**Temps moyen des lombalgies chroniques : 105 s**

Il a été démontré qu'un test inférieur à 58 secondes expose à 3 fois plus de risque de développer une lombalgie dans l'année.

### **3.2.2 Test de Shirado-Ito** (Shirado et col. 1996<sup>[21]</sup>)

C'est un test d'endurance isométrique des muscles fléchisseurs du tronc. Ce test est plus facile à réaliser. Le sujet est allongé sur une table, bras croisés, mains aux épaules, genoux fléchis à 90° et reposés sur un tabouret.



Le test débute en redressant le haut du buste et en décollant les omoplates de la table. Le test est chronométré et le temps est arrêté lorsque :

- Le sujet ne parvient plus à maintenir la position.
- Lorsque les omoplates touchent la table.

### **Test de Shirado-Ito (fléchisseurs)**

**Temps de références moyens** (Bernard et col. 2008<sup>[4]</sup>) : **130 s**

Un maintien de 2 minutes témoigne d'un bon tonus des fléchisseurs du tronc.

#### **3.2.3 Le ratio isométrique Fléchisseurs / Extenseurs**

Le ratio isométrique Fléchisseurs /Extenseurs correspond au rapport des temps de maintien obtenus aux tests de Sorensen et de Shirado. La valeur normale est considérée entre 0,7 – 0,8 (Bernard et col 2008<sup>[4]</sup>). Ce ratio indique l'équilibre isométrique de ces deux chaînes cinétiques. Il compare principalement les tonus des muscles abdominaux et lombaires. Un ratio supérieur ou égal à 1 est classiquement attribué aux sportifs lombalgiques.

### **3.3 Les tests fonctionnels**

#### **3.3.1 Le « Global Mobility Condition »**

La fédération Française de rugby utilise un test « **Global Mobility Condition** » en cours de validation pour les sélections nationales des -20 ans et -19 ans permettant d'évaluer les troubles posturaux et les principaux déséquilibres antéropostérieurs à partir de 20 tests simples et rapides. Ces tests sont réalisés sur tous les joueurs en début de saison pour évaluer les profils à risque (PAR) par les kinésithérapeutes ou éducateurs formés permettant de déceler les anomalies fonctionnelles, posturales ou de souplesse globale des joueurs de rugby. Ce test détermine un score GMC qui sera une base de travail pour un gainage adapté aux besoins de chaque joueur. Le score moyen de l'équipe de France de rugby -20 ans en 2013 était de 13,7 / 20. Le score cible est de 17 / 20 correspondant aux pré-requis de souplesse, de mobilité de fonction et de stabilité globale nécessaires pour la pratique du rugby.

## Score Global Mobility Condition appliqué aux équipes nationales de Rugby -19 ans et -20 ans.



# GLOBAL MOBILITY CONDITION

## Protocole d'identification des Profils à Risque

### Souplesse Membres inférieurs

**1 Test souplesse Dos:** Jouer allongé sur le dos avec les chevilles, les bras et les jambes tendus à 90°.   
 Objectif: Aligner l'oreille, l'épaule, le bassin avec l'axe fémoral.

Gratifié: 0  
 Côtés au-dessus de l'horizontale: 1  
 Côtés au-dessous de l'horizontale: 2



**Souplesse Poas**

**2 Test souplesse Quadriceps:** Jouer allongé sur le dos, les chevilles et les bras à 90°.   
 Objectif: Aligner l'axe du fémur avec l'axe des brachiaux.

Gratifié: 0  
 Côtés au-dessus de l'horizontale: 1  
 Côtés au-dessous de l'horizontale: 2



**Souplesse Quadriceps**

**3 Test souplesse Ischio-Jambiers:** Jouer sur un côté, la jambe et le bras tendus à 90°.   
 Objectif: Aligner l'axe du fémur avec l'axe des brachiaux.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Ischio-Jambiers**

**4 Test souplesse Adducteurs:** Jouer assis sur le sol, les jambes tendues à 90°.   
 Objectif: Aligner l'axe du fémur avec l'axe des brachiaux.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Adducteurs**

**5 Test souplesse Chevilles:** Jouer debout, pieds joints, les talons et les orteils à 90°.   
 Objectif: Maintenir l'équilibre au moins 30 sec.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Chevilles**

**6 Test souplesse Doigts-Sol:** Jouer debout, pieds joints, demander une flexion du tronc de 90° sans que les pieds ne quittent le sol.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Doigts-sol**

### Souplesse Membres supérieurs

**7 Test souplesse rotation latérale épaule:** Jouer debout, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Rotation latérale épaule**

**8 Test souplesse épaule chandelière:** Jouer debout, bras tendus à l'horizontal, demander une flexion de 90°.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Chandelière**

**9 Test souplesse rétroflexion épaule:** Jouer debout, bras tendus à l'horizontal, demander une flexion de 90°.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Rétroflexion épaule**

**10 Test souplesse antéflexion épaule:** Jouer allongé sur le dos, demander une flexion de 90°.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Souplesse Antéflexion épaule**

### Tests de Force

**11 Test Force Cervicales/Chaînes antérieures:** Jouer allongé sur le dos, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Force Cervicales/Chaînes antérieures**

**12 Test Force Cervicales/Chaînes postérieures:** Jouer allongé sur le dos, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Force Cervicales/Chaînes postérieures**

**13 Test Force Abducteurs:** Jouer allongé sur le dos, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Force Abducteurs**

**14 Test Force Adducteurs:** Jouer allongé sur le dos, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Force Adducteurs**

**15 Test Force Ischio-Jambiers:** Jouer allongé sur le dos, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Force Ischio-Jambiers**

### Tests Fonctionnels

**16 Test Fonctionnel Chaîne musculaire postérieure:** Jouer allongé sur le dos, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Fonctionnel Chaîne musculaire postérieure**

**17 Test Fonctionnel épaule:** Jouer allongé sur le dos, bras tendus à l'horizontal.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Fonctionnel épaule "Dips"**

**18 Test du Stability Ball:** Jouer assis sur un ballon, demander un maintien de 30 sec.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Fonctionnel Stability Ball**

**19 Test du Stability Ball:** Jouer assis sur un ballon, demander un maintien de 30 sec.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Fonctionnel Stability Ball**

**20 Test de flexion unipodale:** Jouer debout, pied gauche tendu, éléver le pied droit à 90°.

Gratifié: 0  
 Impossible: 1  
 Possible: 2



**Fonctionnel Flexion de genou unipodale**

Pré Requis	Score	MI	MS	Force	Fonct <sup>o</sup>
	17 / 20	5 / 6	3 / 4	5 / 5	4 / 5
> 19	Excellence			A entretenir	
> 17	Normal			A optimiser	
15 à 17	Insuffisant			A améliorer	
< 15	Risque important bless.			A travailler	
< 10	Pathologique			A urgence	

### 3.3.2 Le « Functional Movement Screen »

Le « Functional Movement Screen Test » (Dallinga 2012<sup>[8]</sup>, Frohm 2012<sup>[13]</sup>) adopté par les anglo-saxons est une méthode d'évaluation des troubles fonctionnels utilisée dans le rugby pour adapter au mieux les programmes de gainage aux besoins spécifiques de chaque joueur.

## 4. BASES ET PRINCIPES DU GAINAGE

### 4.1 Les principes de progression

Entreprendre un programme gainant impose de respecter des étapes de difficultés croissantes. Le choix des exercices demandés est en permanence actualisé en fonction des progrès du joueur et doit respecter les règles de progression précises. Le nombre de combinaisons, de positions et de choix d'exercices est infini. Pour chaque chaîne cinétique, le programme de gainage doit respecter les principes de progression suivants.

Les difficultés des exercices sont croissantes :

- Du plan stable vers l'instable.
- Vers un nombre d'appuis décroissant (réduction base de sustentation).
- Vers une durée de maintien de position croissante (TSI, 20 sec, >1min).
- Du statique vers le dynamique.
- Vers l'ajout de charges.
- Des yeux ouverts vers les yeux fermés,
- De la déstabilisation intrinsèque vers l'extrinsèque.
- D'un mouvement programmé vers un aléatoire.
- De l'exécution lente vers l'exécution rapide.
- D'exercices mono tâche vers des multitâches ou combinés.
- Vers des situations réelles (adaptées à la tâche).

## **4.2 Les 5 règles d'or du gainage**

Les règles d'or du gainage correspondent à l'application du programme « **G-A-I-N-E** »

- **G**arder la courbure lombaire physiologique
- **A**ligner la tête, le tronc et le bassin.
- **I**nsister sur les chaînes cinétiques faibles
- **N**oter les principes de progression
- **E**ntretenir régulièrement

## **4.3 Le gainage proprioceptif**

La proprioception statique vise, par des déstabilisations sur plan instable, à maintenir une position corrigée fixe du rachis et du bassin. Ce procédé permet le développement de stratégies de feedback par rapport à certaines déstabilisations mais également des stratégies d'anticipation par apprentissage de schémas moteurs spécifiques liés à des déstabilisations répétées dans un axe privilégié. Il existe de nombreux outils pouvant constituer des plans instables permettant d'augmenter progressivement le niveau de difficulté de la déstabilisation :

- Plateaux à débattement simple ou multidirectionnels (plateau de Freeman).
- Plans instables (ballons, Swiss balls, mousses, trampolines).

# **5. LE GAINAGE DU RUGBYMAN**

Un programme de gainage complet adapté aux spécificités du rugby peut être mis en place dans deux situations distinctes. Il peut être effectué :

- sur le joueur sain dans un but de préparation ou prévention correspondant au conditionnement.
- sur le joueur blessé et intégré à un protocole de réadaptation correspondant au reconconditionnement.

Ce programme regroupe une série d'exercices à effectuer dans un ordre précis qui répondent aux principes de progression et d'apprentissage des corrections posturales. Le but premier de ces programmes est d'optimiser les performances du joueur ou de favoriser le retour à l'activité sportive dans les meilleures conditions possibles.

## **5.1 Les étapes d'apprentissage préliminaires**

### **5.1.1 La normalisation des troubles fonctionnels du « Core »**

Concernant le système musculaire profond, cet apprentissage vise à normaliser les anomalies suivantes:

- La perte du mécanisme d'Ajustement Postural Anticipateur
- La perte de contrôle indépendant des muscles locaux par rapport aux globaux
- Le réflexe d'inhibition des multifides lors de la contraction transverse-périnée
- La perte de capacité du transverse à se contracter de manière compétente et indépendante
- L'incapacité à maintenir la colonne lombaire en position neutre

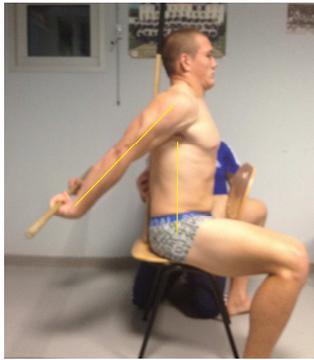
Les exercices de base présentés ici auront pour principal objectif la facilitation de l'activation synergique des muscles profonds du « Core » en diminuant l'hyperactivité des muscles globaux. Nous visons donc à optimiser l'action tonique de « corset » sur des périodes de plus en plus longues, d'abord dans des positions antigravitaires.

C'est en décubitus que l'activation volontaire synergique des muscles profonds est la plus aisée. L'expiration lente contrôlée est utilisée tout au long des exercices pour faciliter l'action du transverse et du périnée par action hypopressive. Selon les sujets, la contraction du périnée sera facilitatrice du transverse et inversement. Le travail des multifides est obtenu de manière synergique avec le transverse en position lombaire neutre. Le « Stabilizer » est utilisé dans un premier temps comme outil de biofeedback pour permettre au sujet de contrôler le maintien des lombaires au neutre durant l'exécution des exercices.



### **5.1.2 L'apprentissage de l'Auto-grandissement Axial Actif**

La correction des troubles posturaux doit précéder cette phase. Elle comprend l'étirement des chaînes cinétiques antérieures et l'apprentissage de l'alignement postural. Cet alignement est exercé à partir de repères (mur, sol, bâton) ou de feedbacks visuels permettant au joueur de prendre conscience des ces anomalies posturales.



### **5.1.3 La dissociation lombo-pelvi-fémorale**

Cette étape vise à réduire les compensations du bassin en restituant une bonne mobilité globale de la hanche. Les programmes de gainage du rugbyman devront donc associer des étirements du muscle Psoas. Cette dissociation peut être effectuée à partir d'exercices spécifiques tels que le « pas pelvien » en faisant avancer le sportif assis sur le sol sur ses ischions.



## **5.2 Le gainage**

### **5.2.1 Le gainage des 4 chaînes principales**

#### **La chaîne postérieure**

Chez le rugbyman, la chaîne cinétique postérieure doit être la chaîne privilégiée. Le gainage de cette chaîne nécessite un travail postural préalable pour corriger les anomalies de position lors des exercices demandés.

- *Correction posturale*



- *Plans stables*



- *Plans instables*



## La chaîne antérieure

- *Plans stables*





• *Plans instables*



Les 2 chaînes latérales





## **5.2.2 Le gainage des chaînes croisées**

### **La chaîne postérieure croisée**



### **La chaîne antérieure croisée**

- *Plans stables*



- *Plans instables*



### **La chaîne latérale croisée**

Les chaînes latérales croisées présentent un grand intérêt pour la rééducation ou la prévention des pubalgies pour exercer le joueur à coordonner ses muscles obliques et ses muscles adducteurs du côté opposé. Ce procédé permet de réduire l'hypermobilité pubienne pathogène par un renforcement des chaînes musculaires abdomino-pubo-fémorales croisées.



### **5.3 La combinaison des chaînes cinétiques**

Le gainage permet la combinaison de plusieurs chaînes cinétiques dans un même exercice comme ci-dessous par une stimulation des chaînes postérieures et des chaînes internes des 2 membres inférieurs.



### **5.4 Le gainage du rachis cervical du rugbyman**





## **5.5 Le gainage adapté à la tâche**

C'est la phase ultime du reconditionnement au rugby. Elle vise à exposer le joueur progressivement aux situations proches des conditions réelles de ce sport. Elle a pour but d'entraîner et adapter le joueur aux contraintes de son poste à des intensités et vitesses croissantes.

- Travail spécifique pour la position du talonneur en mêlée fermée.
- Travail spécifique pour le pilier en mêlée fermée.



## **5.6 Le gainage collectif**



## CONCLUSION

Le gainage est un mode de préparation et de prévention longtemps associé au monde du sport et de la préparation sportive. Il ne se limite désormais plus au simple renforcement des quatre traditionnelles chaînes musculaires. Intégrer la reprogrammation neuromusculaire au gainage apporte de nouvelles possibilités de corrections des déséquilibres musculaires pathogènes.

Intégrer la reprogrammation neuromotrice au gainage conduit à une réponse coordonnée de la musculature profonde et superficielle. La stabilité ALP peut devenir défaillante par un renforcement privilégié ou excessif d'une chaîne cinétique.

Un programme gainant ne peut-être élaboré sans un bilan postural préalable. Ce bilan évalue la musculature profonde du « Core » l'équilibre des chaînes cinétiques superficielles et la coordination entre ces deux systèmes.

L'émergence du gainage est le reflet de l'intérêt porté sur la stabilité du bassin pour optimiser les performances des sportifs et réduire les risques de pathologies lombo-pelviennes.

Le gainage adapté au rugbyman doit favoriser la chaîne musculaire postérieure souvent déficitaire. Il doit inclure une étape préliminaire d'apprentissage et impose de respecter les 5 règles d'or (GAINE) et les principes de progression des exercices proposés. Le score « Global Mobility Condition » permet enfin d'évaluer les anomalies initiales et les progrès du joueur par un moyen simple et rapide utilisé par la fédération Française de rugby.

Obtenir l'autonomie d'un joueur de rugby dans l'application suivie et rigoureuse d'un programme de gainage constitue la principale difficulté. L'entretien du bon équilibre fonctionnel des chaînes cinétiques est conseillé par une pratique régulière et progressive du programme de gainage même au delà de la reprise sportive.

Le gainage n'est pas réservé aux sportifs en activité. Le lien étroit entre la lombalgie chronique et l'instabilité ALP a largement été démontré (Hides et col 2011<sup>[16]</sup>, Roussouly et col 2011<sup>[33]</sup>). Le gainage présente un intérêt préventif primaire et secondaire pour l'ensemble de la population. L'essor de cette pratique répond à une nécessité de santé publique permettant l'optimisation des capacités des pratiquants par le gain d'un contrôle postural efficient.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85(3 Suppl1):S86-92.
2. Allison GT, Moris SL, Lay B. Feedforward responses of transversus abdominis are directionally specific and act asymmetrically: implications for core stability theories. J orthop sports Phys Ther. 2008 May; 38(5):228-37.
3. Bergmark A. 1989 Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthopædica Scandinavica 230 (60) : 20.
4. Bernard JC, Bard R, Pujol A, Combey A, Boussard D, Begue C, Salghetti AM. Muscle assessment in healthy teenagers. Comparison with teenagers with low back pain. Annales de réadaptation et de médecine physique 51 (2008) 274–283.
5. Bogduk N, Percy M, Hadfield G. Anatomy and biomechanics of psoas major. Clin Biomech 1992. 7:109-119.
6. Borghuis J, Hof L, Lemmink K. The importance of sensory-Motor Control in providing Core Stability. Implications for measurement and training. Sports Med, 2008; 38(11):893-916.
7. Busquet L. Les chaînes physiologiques. La ceinture pelvienne, le membre inférieur. Tome 2. Editions Busquet. 2010 :227-291.
8. Dallinga M, Benjamin A, Lemmink APM. Which Screening Tools can predict injury to the lower extremities in team sports? A systematic review. Sports Med 2012;42(9):791-815.
9. Demoulin C, Vanderthommen C, Duysens C, Crielaard JM; Spinal muscle evaluation using the Sorensen test. A critical appraisal of the literature; Elsevier SAS.doi:10.1016/j.rhum.2004.
10. Dufour M, Pillu M. Biomécanique fonctionnelle, Charnières du rachis. Masson. 2006:507-540.
11. Finnoff JT. Preventive exercise in sports. PM R. 2012 Nov;4(11):862-6.
12. Fransoo P, Dassain C, Mattucci P. Mise en pratique du test de Shirado. Kinésithérapie, la revue. 2009 Mars;39(4) :39-42.
13. Frohm A, Heijne A, Kowalski J. Anine-test screening battery for athletes: a rehabilitated study. Scand J Med Sci Sports 2012; 22(3):306-15.
14. Guillaume L. Rééducation thoraco-abdomino-pelvienne par le concept ABDO-MG. La renaissance abdominale par le souffle. Editions Frison-Roche.2004 :239-250

15. Hides J, Stanton W. Muscle imbalance among elite Australian rules football players: a longitudinal study of changes in trunk muscle size. *J Athl Train.* 2012 May-Jun;47(3):314-9. doi: 10.4085/1062-6050-47.3.03.
16. Hides J, Stanton W, Mendis D, Sexton M. The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain. *Manual Therapy.* 2011; 16:573-577.
17. Hides JA, Stanton WR, McMahon S, Sims K, Richardson CA. Effect of stabilization training on multifidus muscle cross-sectional area among young elite cricketers with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008 Mar;38(3):101-8. doi: 10.2519/jospt.2008.2658. Epub 2007 Dec 7.
18. Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Manual Therapy.* 1999;4(2):74-86.
19. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997 Feb;77(2):132-42;discussion 142-4.
20. Hodges PW, Richardson CA. Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neuroscience Letters* 1999;265:91-4.
21. Ito T, Shirado O, Suzuki H, *et al.* Lumbar trunk muscle endurance testing. An inexpensive alternative to a machine for evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:75-9.
22. Kapandji AI. Qu'est-ce que la biomécanique ? Qu'est-ce que la relation d'antagonisme-synergie ? Sauramps Médical. 2011 Nov ;(29):237-41.
23. Klügl M, Shrier I, McBain K, Shultz R, Meeuwisse WH, Garza D, Matheson GO. The prevention of sport injury: an analysis of 12,000 published manuscripts. *Clin J Sport Med.* 2010 Nov;20(6):407-12.
24. Lisman P, O'Connor FG, Deuster PA, Knapik JJ. Functional Movement Screen and Aerobic Fitness Predict Injuries in Military Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 Nov 27.
25. Mc Lean C. Core stability: Anatomical, Biological and Physiological Evidence, Chapter V. Marybone Physiotherapy's sports medicine. 2006
26. Moseley L. Combined physiotherapy and education is efficacious for chronic low back pain. *Australian Journal of physiotherapy.* 2002;48:297-302.
27. Nadler SF, Malanga G, Bartoli L, Feinberg J, Prybicien M, Deprince M. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med & Sci in sport & exercise's.* 2001.
28. Norris CM. Spinal Stabilisation: Stabilisation Mechanisms of the Lumbar Spine. *Physiotherapy.* 1995; Volume 81. Issue 2. 72-79.

29. Panjabi M. The stabilizing system of the spine. I: Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*. 1992; 5(4):383-389.
30. Paszkewicz J, Webb T, Waters B, Welch McCarty C, Van Lunen B. The effectiveness of injury-prevention programs in reducing the incidence of anterior cruciate ligament sprains in adolescent athletes. *J Sport Rehabil*. 2012 Nov;21(4):371-7.
31. Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002 Feb 15;27(4):399-405.
32. Roussouly P, Nosedà O, Berthonnaud E, Dimnet J. Caractéristiques morphologiques d'équilibre sagittal dans une population de rugbymen. *Pathologies du rugbyman : Congrès médical de la Fédération Française de Rugby*, Lyon, 2004:81-87.
33. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*. 2011 Sep; 20 Suppl 5:609-18. doi: 10.1007
34. Sapsford R, Hodges PW, Richardson CA, Cooper H.A, Markwells J. Co-activation of the abdominal and pelvic floor muscles during voluntary □ exercises. *Neurology and Urodynamics* 2001;20(1):31-42.
35. Snijders C J, Vleeming A, Stoeckart R 1993 Transfer of lumbosacral load to iliac bones and legs. 1: Biomechanics of self bracing of the sacroiliac joints and its significance for treatment and exercise. *Clinical biomechanics* 8 : 285-294.