

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE**

**PAR
DAVE CLOUTIER**

**INFLUENCE DE DEUX MODÈLES DE PÉRIODISATION DE L'ENTRAÎNEMENT
SUR LA FORCE MAXIMALE ET LA PERFORMANCE DES JOUEURS DE SOCCER**

JANVIER 2002

2086

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RÉSUMÉ

L'entraînement des athlètes de haut niveau est devenu un sujet de plus en plus discuté. Le type d'entraînement peut souvent faire la différence entre une victoire et une défaite, entre une bonne performance et un record. Dans ce contexte, la présente étude porte sur la périodisation de l'entraînement. Par périodisation, nous désignons la manière de varier les différentes variables de l'entraînement : le volume ou le nombre de répétitions effectuées par exercice, et l'intensité, c'est-à-dire la charge soulevée dans l'exercice. Après avoir fait le relevé de la documentation, nous avons voulu comparer deux méthodes de périodisation fréquemment utilisées aujourd'hui, soit la périodisation linéaire et la périodisation ondulatoire. Le but était de déterminer quelle méthode apporte les meilleurs résultats en force maximale et en performance chez les joueurs de soccer. Les sujets de notre étude sont des joueurs et joueuses de soccer de l'équipe Les Patriotes de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Les sujets sont divisés en trois groupes : un groupe témoin et deux groupes expérimentaux. Ceux-ci s'entraînent trois fois par semaine pour une durée de douze semaines. Le premier groupe le fait selon une périodisation linéaire et le second, selon une périodisation ondulatoire. Sur la base de notre documentation, nous avons prédit que le groupe ondulatoire obtiendrait de résultats supérieurs au groupe linéaire.

Les trois groupes ont été testés avant et après le programme d'entraînement. Les mesures prises reflètent la force maximale des membres inférieurs, en faisant un test de 1 RM sur la presse à cuisse inclinée, la performance au sprint de 30 mètres ainsi qu'au saut vertical.

Comme nous l'avions prédit, le groupe ondulatoire a obtenu des résultats significatifs supérieurs au groupe linéaire. Les deux groupes ont obtenu des améliorations significatives par rapport au groupe témoin, mais le groupe linéaire a obtenu des résultats inférieurs au groupe ondulatoire en saut et en course. En force maximale, les deux groupes ont obtenu des résultats semblables.

En conclusion, les athlètes qui s'entraînent selon une méthode de périodisation ondulatoire ont plus de chance d'obtenir une amélioration significative de leurs résultats que ceux qui s'entraînent selon une méthode linéaire. Cependant, il faut noter que l'amélioration de la force maximale pourrait être attribuée au volume et à l'intensité de l'entraînement qui étaient semblables pour les deux groupes expérimentaux.

REMERCIEMENTS

Je voudrais commencer par remercier mes parents et ma famille, qui m'ont toujours soutenu dans mon cheminement académique et personnel. Merci ensuite à Denis Méthot, Ph.D., mon directeur de recherche, pour toute l'aide apportée. Je remercie Claude Brouillette pour son assistance précieuse dans le montage de l'instrumentation qui a servi à l'évaluation des sujets.

Je remercie sincèrement Louis Laurencelle pour son aide au niveau statistique et pour avoir permis à des étudiants de son cours de valider une de mes méthodes d'évaluation. D'ailleurs, je veux remercier Marie-Claude Gendron et Jean-François Croufer pour avoir complété ce travail de validation.

Merci aussi à Michel Maltais et Michel Morin pour m'avoir permis d'utiliser les installations du Centre de l'activité physique et sportive pour le programme en salle et pour les évaluations sur piste et en gymnase, et à Pierre Black pour son aide et ses idées. Je termine en remerciant Pierre Clermont pour son aide ainsi que tous les joueurs et joueuses des Patriotes qui ont participé à l'étude.

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|--|------|
| RÉSUMÉ..... | i |
| REMERCIEMENTS..... | iii |
| LISTE DES TABLEAUX..... | v |
| CHAPITRES | |
| I. Introduction | 1 |
| Relevé de la documentation..... | 2 |
| Problématique | 9 |
| Hypothèse | 10 |
| II. Méthodologie..... | 11 |
| Description des appareils et exercices | 15 |
| Méthodes de mesure | 16 |
| III. Résultats et conclusion | 20 |
| RÉFÉRENCES | 29 |

LISTE DES TABLEAUX

| Tableau | Page |
|---|------|
| 1. Modèle d'intensification linéaire..... | 7 |
| 2. Modèle d'intensification ondulatoire | 8 |
| 3. Programmes d'entraînement..... | 13 |
| 4. Volume total (répétitions) | 14 |
| 5. Intensité moyenne..... | 14 |
| 6. Description des exercices | 15 |
| 7. Force maximale (kg) | 21 |
| 8. Vitesse de course (sprint 30 mètres, secondes) | 22 |
| 9. Saut vertical (temps de suspension, secondes)..... | 23 |

CHAPITRE I

Introduction

De nos jours, l'entraînement des athlètes de haut niveau est devenu un sujet de plus en plus discuté et documenté. On sait, aujourd'hui, qu'il ne suffit plus à l'athlète de répéter les mouvements spécifiques de son sport s'il veut performer en compétition et améliorer ses performances. L'entraînement en musculation, par exemple, fait maintenant partie intégrante de l'entraînement des sportifs de niveau élite. La condition physique de l'individu, la force qu'il peut déployer et la vitesse de ses mouvements et de ses déplacements vont grandement influencer son rendement.

Lorsqu'on parle de force et de vitesse, on parle alors de puissance. La puissance d'un individu est un facteur de performance dans de nombreux sports (Mayhew, Ware, Johns et Bembem, 1997). Comme la puissance est déterminée par la quantité de force déployée par unité de temps, nous pouvons améliorer la performance d'un individu en augmentant sa force ou sa vitesse d'exécution. Dans cette étude, nous allons travailler sur l'entraînement de la force uniquement et laisser de côté l'entraînement en vitesse. En augmentant la force des sujets, nous voulons observer les améliorations possibles de certains gestes nécessitant de la puissance. D'ailleurs, plusieurs études confirment que, en augmentant la force d'un individu par l'entraînement, on peut améliorer ses performances athlétiques (Wilson, Newton, Murphy et Humphries, 1993).

Relevé de la documentation

Il y a, de nos jours, un débat considérable sur la meilleure méthode ou le programme le plus efficace pour augmenter la force d'un individu. Une des méthodes les plus utilisées est celle de l'entraînement en résistance avec des charges lourdes (intensité élevée) et des séries avec peu de répétitions (volume bas) (Poliquin, 1988; Anderson, 1982; Berger, 1962; O'Shea, 1966; Wilson et al., 1993). Cependant, le débat porte davantage sur le modèle de « périodisation » qui est le plus efficace. Pour définir la périodisation dans le cas présent, nous utiliserons d'abord la définition de Wilmore et Costill (1994). La périodisation fait référence aux changements ou aux variations à l'intérieur d'un programme d'entraînement en résistance au cours d'une période de temps distincte. La périodisation est aussi une phase logique de manipulation des variables de l'entraînement dans le but d'augmenter le potentiel de réussite d'un ou de plusieurs buts de la performance (Stone, 1996).

Dans leur étude de 1994, Baker, Wilson et Carlyon proposent trois « écoles de pensée » bien distinctes pour améliorer la force de façon efficace. Les trois écoles sont en fait trois modèles de périodisation de l'entraînement. Ces modèles résument bien l'évolution du concept de la périodisation au cours des dernières années. Les auteurs définissent ces modèles ainsi : le modèle traditionnel, le modèle linéaire et le modèle ondulatoire.

Modèle traditionnel. Le modèle traditionnel est connu depuis fort longtemps. En fait, c'est le premier qui a été proposé, et il sert maintenant de modèle de base pour la plupart des études sur l'entraînement en résistance. C'est Richard Berger (1962) qui

s'intéressa le premier à savoir quel est le meilleur moyen pour améliorer la force maximale d'un athlète. Berger (1962) et O'Shea (1966) ont été les pionniers de ce modèle qui propose tout simplement un entraînement où le volume, c'est-à-dire le nombre de répétitions, et l'intensité de la charge à soulever sont constants tout au long du programme.

Lors d'une première étude, Berger est arrivé à la conclusion que la meilleure méthode pour augmenter la force maximale consistait en un programme de trois séries de six répétitions maximales (6-RM). Par la suite, Berger fit une autre étude et trouva que les groupes qui s'entraînaient en séries de 4, 6 et 8 répétitions avaient des améliorations supérieures à ceux qui s'entraînaient en 2, 10 et 12 répétitions. Anderson et Kearney (1982) ont obtenu des résultats semblables : leur groupe s'entraînant avec des séries de 6-8 répétitions obtint des gains en force maximale bien plus importants que ceux s'entraînant en moyenne (30-40 RM) et en longue (100-150) durée. On peut conclure que les séries de 3-RM à 9-RM sont celles démontrées les plus efficaces pour améliorer la force d'un individu.

Par ailleurs, dans un volume qu'ils ont publié en 1997, *Designing resistance training programs*, Fleck et Kramer ont fait une synthèse de près d'une cinquantaine d'études qui portaient sur l'entraînement de la force au développé couché et à la presse à cuisse, et ils en ont tiré la conclusion suivante. Pour un programme qui n'est pas périodisé, le nombre de répétitions optimal pour l'amélioration de la force se situe entre 2-RM et 10-RM et le nombre de séries, entre 2 et 5. La seule chose qui peut changer dans le programme est la charge que l'individu peut soulever. Comme l'intensité doit

être constante tout au long du programme et qu'il est possible que l'individu s'améliore, la charge devra être augmentée pour garder le même nombre de répétitions. Nous n'utiliserons pas directement ce modèle dans notre étude. D'abord, il n'est plus utilisé de cette façon en entraînement de haut niveau. De plus, selon un article de Stone, O'Bryant, Schilling, Johnson, Pierce, Haff, Koch et Stone paru en 1999, la variation des paramètres de l'entraînement apporte des bénéfices non seulement dans la réduction des risques de surentraînement et dans l'amélioration des gains en performance, mais aussi la périodisation des variations du volume, de l'intensité et de la sélection des exercices constitue une méthode supérieure pour l'amélioration des performances. Ce modèle va nous servir de modèle de base dans l'élaboration de notre programme d'entraînement; nous demeurerons à l'intérieur des plages de valeurs trouvées par ces auteurs en ce qui concerne le nombre de séries et de répétitions qui donnent les meilleurs résultats en gain de force maximale, c'est-à-dire de 2 à 5 séries de 2 à 10 répétitions par exercice.

Modèle linéaire. Baker et al. (1994) présentent ensuite ce qu'ils appellent le modèle linéaire. Ce modèle, un peu plus récent, suggère une périodisation où le volume d'entraînement et l'intensité varient tout au long du programme. Il a été proposé pour la première fois par Stone, O'Bryant et Garhammer en 1981, à partir de modèles déjà existants dans certains pays de l'Europe de l'Est et utilisés surtout par des haltérophiles, chez qui la force est une qualité primordiale. Le modèle linéaire est devenu la base de l'entraînement périodisé et il est souvent proposé à l'intérieur d'un plan annuel d'entraînement comportant cinq phases (Stone et al, 1999; Fleck et Kramer, 1997; Bompa, 1993; Poliquin, 1988). Ces phases sont présentées ci-après.

1. **Phase d'hypertrophie** : période où le volume d'entraînement est plus élevé (8-12 répétitions par série) et l'intensité est moyenne (70-78% de la charge maximale de travail). Cette phase devrait augmenter la masse musculaire de l'individu et lui permettre une meilleure préparation pour les phases plus intenses qui vont suivre.
2. **Phase d'augmentation de la force** : période du cycle annuel où le volume d'entraînement va diminuer (entre 2 et 6 répétitions par série) et l'intensité de l'effort va augmenter entre 82% et 95% de la charge maximale de travail. Cette phase va permettre à l'individu d'acquérir une plus grande force musculaire pour supporter le travail de puissance que va lui imposer la suite de son cycle d'entraînement.
3. **Phase de puissance ou de spécification** : période où l'on va amener la notion de puissance dans l'entraînement. La plupart du temps, on ajoute une notion de vitesse d'exécution des mouvements. Les charges sont diminuées et le volume reste environ le même. Ce qui va déterminer le genre de travail fait, ce sont les exigences liées au sport pratiqué par l'athlète. Le travail se fait souvent à vitesse maximale d'exécution en gardant toujours un travail qualitatif important dans l'exécution des mouvements.
4. **Phase de compétition** : période où l'athlète est dans la phase la plus importante de sa saison. Cette phase se termine par la compétition la plus importante de l'année. C'est une phase de maintien des acquis des phases précédentes. De plus, plusieurs jours précédant la compétition, l'entraînement en musculation est arrêté pour permettre une récupération et une accumulation des réserves d'énergie et des forces en vue d'amener l'athlète à un sommet de sa condition physique ou une crête maximale au moment de l'épreuve finale.

5. **Phase de récupération** : période où l'athlète est en repos et en récupération active. Il pratique d'autres sports et activités pour garder une bonne forme physique. L'entraînement est moins intense. La période de compétition est terminée.

Le modèle linéaire que nous allons utiliser se base sur les deux premières phases du plan annuel, c'est-à-dire la phase d'hypertrophie et la phase d'augmentation de la force. En fait, notre modèle, tout comme celui de Baker et al. (1994), fait la transition entre la phase d'hypertrophie et la phase d'augmentation de la force. Comme c'est l'influence de l'amélioration de la force sur des gestes techniques que nous voulons vérifier, nous n'irons pas entraîner la puissance de façon spécifique telle qu'elle est abordée dans la phase de spécification.

Tout au long de ce programme, le volume d'entraînement va constamment diminuer et l'intensité du travail, quant à elle, augmentera constamment. Nous allons passer d'un nombre de répétitions plus élevé dans les premières semaines (exemple : 10-RM) pour finir avec un nombre de répétitions moins élevé (exemple : 3-RM) tout en augmentant l'intensité de semaine en semaine (par exemple, de 70-75% au début du programme, jusqu'à 90-92% de la charge maximale à la fin). Cependant, l'intensité et le volume moyen vont rester à l'intérieur des valeurs recensées par Berger (1962), Fleck et Kramer (1997) tout au long du programme. Un exemple de ce modèle apparaît au Tableau 1.

Tableau 1. Modèle d'intensification linéaire

| Semaines | 1-4 | 5-8 | 9-12 | 13-16 |
|-----------------|-----|-----|------|-------|
| Répétitions | 10 | 5 | 3 | 2 |
| Séries | 4 | 4 | 5 | 5 |
| Intensité | 75% | 85% | 90% | 95% |
| Volume total | 40 | 20 | 15 | 10 |

Selon la théorie (Stone et al., 1981; Baker et al., 1994), la période de plus grand volume permettrait des adaptations hypertrophiques du muscle, ce qui amènerait une meilleure préparation musculaire pour la période de haute intensité. Cette structure d'entraînement serait plus efficace pour améliorer la force musculaire comparée aux méthodes traditionnelles ou non-périodisées ne comprenant pas de phase d'hypertrophie. De plus, cette structure peut s'appliquer à plusieurs sports grâce à la phase de spécification qui suit normalement les deux premières phases.

Modèle ondulatoire. Malgré le fait que les programmes d'entraînement linéaires semblent apporter des meilleurs résultats que les programmes traditionnels à cause de la phase d'hypertrophie où le volume est plus élevé, il n'existe que peu de recherches sur la meilleure façon d'entraîner la force (Poliquin, 1991). Les méthodes d'entraînement en force présentent certains problèmes si elles sont trop prolongées. D'abord, l'intensité élevée des charges et leur augmentation progressive dans le programme peuvent stresser exagérément le système nerveux central. L'athlète se sent «à plat» et peut régresser. Aussi, ces charges de plus en plus élevées amènent un stress incroyable sur les différentes

articulations du corps et les risques de blessures s'en trouvent augmentés. Finalement, l'intensité croissante du programme peut amener certains athlètes en surentraînement.

Dans le but de contrer ces inconvénients, Poliquin (1988; 1991) et Baker et al. (1994) proposent un modèle où l'on doit alterner les phases d'accumulation (stress par volume) et d'intensification (stress par intensité). Les périodes d'accumulation, donc celles de moindre intensité, permettraient d'éviter les problèmes mentionnés ci-dessus. Un exemple de ce type d'entraînement est illustré au Tableau 2. Il est à noter qu'il existe une relation inverse entre l'intensité et le volume d'entraînement. C'est-à-dire que lorsque l'intensité augmente, le volume (nombre de répétitions) diminue et, à l'inverse, lorsque l'intensité diminue, le volume augmente. Pour notre étude, nous tenterons de garder le volume et l'intensité à des valeurs moyennes très proches de celles des deux autres méthodes.

Tableau 2. Modèle d'intensification ondulatoire

| Semaines | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 | 11-12 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Répétitions | 10-12 | 4-6 | 8-10 | 3-5 | 5-7 | 2-3 |
| Séries | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 6 |
| Intensité | 70-75% | 82-88% | 75-78% | 85-90% | 80-85% | 90-95% |
| Volume | 30-36 | 20-30 | 32-40 | 15-25 | 20-28 | 12-18 |
| Phases | Acc.1 | Int.1 | Acc. 2 | Int. 2 | Acc. 3 | Int. 3 |

Problématique

Dans la documentation consultée, nous avons pu observer qu'il existe des méthodes différentes pour entraîner la force des athlètes. Selon Baker et al. (1994), les trois modèles (traditionnel, linéaire et ondulatoire) peuvent apporter des améliorations semblables si l'intensité et le volume d'entraînement sont semblables. Cependant, d'autres auteurs, comme Stone (1981) ou Bompa (1993, 1994) par exemple, semblent dire que le modèle linéaire devrait être privilégié à cause de la période de plus grand volume au début du programme, lequel apporterait une meilleure préparation pour la phase de haute intensité et qui éventuellement donnerait de meilleurs résultats. Poliquin (1991), quant à lui, spécifie que les deux premiers modèles (traditionnel et linéaire) apportent une grande fatigue neurologique, un stress important sur les articulations et une monotonie dans l'entraînement. Pour ces raisons, il conseille de varier de façon ondulatoire le volume et l'intensité de l'entraînement. De plus, Stone et al. (1999) démontrent, étude à l'appui, que la variation volume/intensité de la méthode ondulatoire constitue une modalité supérieure pour l'entraînement de la force et de la puissance.

L'objectif de la présente étude consiste à vérifier quel modèle va apporter les meilleurs résultats quant à l'amélioration de la force maximale. De plus, il serait intéressant d'extrapoler sur un modèle plus particulier pouvant entraîner des améliorations significatives de certains gestes techniques spécifiques à un sport en particulier, le sport qui nous concerne étant le soccer. D'ailleurs, une étude de Taïana, Gréhaigne et Cometti (1991) a démontré qu'un entraînement des membres inférieurs en force maximale peut améliorer la puissance du tir, la course et le saut vertical chez les

joueurs de soccer. Notre question de recherche est donc la suivante : Quel modèle de périodisation d'entraînement peut amener les meilleurs gains en force maximale et en performance pour différents gestes techniques au soccer ?

Hypothèse

Nous avançons que le modèle de périodisation ondulatoire apporte les meilleurs gains par rapport à la force maximale et à l'amélioration de la performance de gestes techniques spécifiques que sont le sprint et le saut vertical chez des joueurs de soccer.

CHAPITRE II

Méthodologie

Vingt-deux sujets ont participé à l'étude. Quinze hommes et sept femmes ont été répartis en trois groupes. Les sujets ont été répartis de façon aléatoire dans chacun des groupes. Le nombre de femmes par groupe est pratiquement le même (2 groupes de 2 femmes et un groupe de trois). Tous les sujets sont des joueurs de soccer des Patriotes de l'U.Q.T.R. de la ligue universitaire du Québec. Ils ont tous une bonne expérience d'entraînement et jouent tous dans la ligue universitaire de soccer intérieur. Ils sont âgés de 19 à 25 ans et sont inscrits à temps complet dans des programmes d'études universitaires de premier ou deuxième cycle.

Tel que stipulé auparavant, les sujets sont assignés à l'un des trois groupes. Le premier groupe est un groupe témoin, les sujets n'étant soumis à aucun entraînement en musculation. Ces sujets étaient tout de même actifs puisqu'ils s'entraînaient avec le club de soccer Les Patriotes à raison de deux séances en gymnase par semaine, comme l'ont fait les athlètes des deux autres groupes.

Les deux autres groupes devaient se soumettre à un programme d'entraînement destiné aux membres inférieurs, programme basé sur les modèles linéaire et ondulatoire décrits au premier chapitre. Nous avons ignoré le modèle traditionnel car il n'utilise pas de forme de périodisation; de plus, ce modèle est maintenant ignoré pour l'entraînement

de haut niveau. Donc, un des groupes ne s'entraînait pas, le deuxième groupe s'entraînait selon un modèle linéaire et le dernier groupe s'entraînait selon un modèle ondulatoire.

Les sujets se sont entraînés dans la salle de musculation du Centre de l'activité physique et sportive (CAPS) de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Ils devaient faire trois séances par semaine en essayant, le plus possible, de garder au moins une journée de repos entre les séances. L'horaire idéal était de faire les séances les lundi, mercredi et vendredi. Les programmes ont d'ailleurs été bâtis en fonction de cet horaire. Aussi, pour nous assurer que les athlètes faisaient bien les séances imposées, nous leur demandions d'inscrire à chaque fois les charges et les répétitions sur une fiche, à leur nom, fiche qu'ils déposaient dans un cartable, à la salle de musculation. De plus, les sujets devaient signer une feuille de présence attestant de leur visite et qui devait être signée par un responsable de la salle. Les entraîneurs des deux équipes (féminine et masculine) prenaient ensuite en considération cette feuille de présences pour décider des athlètes qu'ils choisissaient pour participer aux tournois de la saison de soccer intérieur.

Les athlètes devaient exécuter les exercices en gardant un rythme constant de une seconde pour soulever la charge (phase concentrique) et de deux secondes pour la déposer (phase excentrique). Au Tableau 3, nous retrouvons les deux modèles d'entraînement hebdomadaires accompagnés du nombre de séries et de répétitions pour chacun des exercices principaux et complémentaires. Les exercices principaux sont ceux qui impliquent directement les muscles à évaluer et les exercices complémentaires impliquent les muscles antagonistes ou secondaires qui sont aussi impliqués dans un entraînement équilibré au soccer.

Le Tableau 4 indique le volume total, en nombre de répétitions, pour chaque modèle, compté par exercices principaux et complémentaires. Il est à noter que le volume total des deux modèles est pratiquement le même, la différence étant de moins d'une répétition par séance. Enfin, le Tableau 5 permet de voir l'intensité moyenne demandée dans l'exécution des exercices au cours des douze semaines. L'intensité moyenne est exprimée en répétitions maximales (RM), c'est-à-dire en nombre maximal de répétitions possible avec une charge donnée. Encore une fois, on peut constater que l'intensité est semblable pour les deux méthodes de périodisation.

Tableau 3 : Programmes d'entraînement

| Modèle | Semaines | | | | | |
|---------------------------|----------|-----|------|-----|------|-------|
| | 1-4 | 5-8 | 9-12 | | | |
| Linéaire | 1-4 | 5-8 | 9-12 | | | |
| Exercices principaux | 4x10 | 4x6 | 4x3 | | | |
| Exercices complémentaires | 3x10 | 3x8 | 3x6 | | | |
| Ondulatoire | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 | 11-12 |
| Exercices principaux | 4x10 | 4x6 | 4x8 | 4x4 | 4x6 | 4x3 |
| Exercices complémentaires | 3x10 | 3x8 | 3x10 | 3x6 | 3x8 | 3x6 |

Tableau 4 : Volume total (répétitions)

| Modèle | Exercices principaux | Exercices complémentaires | |
|-------------|----------------------|---------------------------|--------|
| | | Ischio | Autres |
| Linéaire | 912 | 864 | 576 |
| Ondulatoire | 888 | 864 | 576 |

Tableau 5 : Intensité moyenne

| Méthode | Exercices principaux | Exercices complémentaires |
|-------------|----------------------|---------------------------|
| Linéaire | 6,33 RM | 8 RM |
| Ondulatoire | 6,16 RM | 8 RM |

Le programme d'entraînement est basé sur l'étude de Baker et al. (1994). Ces auteurs ont constaté que plusieurs études donnant de bons résultats pour l'une ou l'autre des méthodes utilisées ne prenaient pas en compte le volume d'entraînement associé à chaque méthode: la plus grande amélioration de la force pouvait donc résulter simplement d'un plus grand volume d'entraînement. Pour éviter cela, nous nous sommes efforcé de fixer le même volume et la même intensité moyens pour les deux groupes expérimentaux. Les résultats obtenus pourront alors être plus sûrement attribués à la méthode d'entraînement utilisée.

Finalement, le tableau 6 montre en détail le programme d'un microcycle réalisé dans une semaine. Les exercices sont décrits par leur nom ou par le muscle soumis à l'entraînement.

Tableau 6 : Description des exercices

| Exercices | Jour 1 | Jour 2 | Jour 3 |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Principaux | Squat | Presse à cuisses | Squat incliné |
| | Extension jambes | Extension jambes | Extension jambes |
| Complémentaires | Ischio-jambiers | Ischio-jambiers | Ischio-jambiers |
| | Fessiers | Flexion hanche | Mollets |
| | Mollets | Fessiers | Flexion hanche |

Description des appareils et exercices

Les exercices sont réalisés dans la salle multi-systèmes du CAPS et sont effectués sur des appareils à poids sélectionnés. Voici une brève description de chaque exercice et de l'appareil ou des appareils où il peut être effectué.

- **Squat:** le squat est effectué sur la machine de type Smith, où le mouvement est guidé par une tige. La barre sur les épaules, l'athlète doit descendre comme s'il s'assoit. En gardant le dos droit, il fléchit aux genoux afin d'atteindre un angle de 90°, puis il remonte en extensionnant les jambes jusqu'en position droite.
- **Presse à cuisses (leg press) :** exercice exécuté sur l'appareil *Atlantis* à 45°. Lors du mouvement excentrique, l'athlète ne doit pas descendre plus qu'à l'angle de 90° en

flexion du genou. C'est d'ailleurs sur cet appareil que s'effectuera le test de force maximale (voir les méthodes de mesure).

- **Squat incliné** : exercice exécuté sur l'appareil *Atlantis*, le mouvement est pratiquement semblable au squat, sauf que le dos du sujet est appuyé contre un dossier. En fait, le mouvement est un compromis entre le squat et la presse à cuisses.
- **Extension jambes** : mouvement d'extension du genou qui cible les quadriceps. L'exercice peut être fait sur deux appareils dans la salle l'appareil *Nautilus* ou le *Body Master*.
- **Ischio-jambiers**: mouvement de flexion de la jambe qui fait travailler principalement les muscles de la loge postérieure de la cuisse. L'exercice peut être exécuté sur appareil *Atlantis* (debout), *Cybox* (assis) ou sur *Iso-Flex* (couché).
- **Fessiers**: extension de la hanche exécutée sur la *Total Hip Machine d'Atlantis* ou sur la machine *Cybox Glut*.
- **Mollets**: mouvement de flexion du pied exécuté sur la machine *Calf Raise d'Atlantis*.

La plupart des exercices des programmes d'entraînement étaient déjà connus des participants à l'étude, étant donné l'expérience que chacun avait en entraînement en salle, pour la plupart au moins quatre mois. Ceux qui étaient moins familiers avec les exercices demandaient conseil aux éducateurs physiques présents en tout temps dans la salle de musculation.

Méthodes de mesure

Pour mesurer les performances des sujets, nous allons avoir recours à quelques méthodes de mesure. D'abord, nous allons prendre des mesures à partir de tests avant le

début du programme de douze semaines, puis nous allons reprendre les tests à la fin du programme. Ces tests sont au nombre de trois : un test de force maximale et deux tests de performance (saut vertical et sprint). Voici la description de ces méthodes de mesure.

Force maximale

La force maximale d'un individu est définie ici par la charge la plus lourde qu'il peut soulever en une seule répétition, qu'on appelle aussi répétition maximale ou 1RM. La mesure de force maximale que nous allons utiliser est une mesure prédite à partir d'un nomogramme qui s'intitule *Relations existantes entre la zone d'intensité (pourcentage du maximum), les répétitions et l'effet d'entraînement*, (Poliquin 1988) (Annexe 1). Le sujet doit soulever, seul, entre 1 et 10 fois la charge la plus lourde possible. Par la suite, nous prenons la charge qu'il a soulevée et le nombre de répétitions puis nous prédisons la charge maximale qu'il pourrait soulever. Par exemple, un sujet soulève 150 kilos et le fait en 6 répétitions maximales. Le nomogramme de Poliquin nous indique que 6 répétitions correspondent à 83,1% du maximum que l'athlète peut soulever. Par une simple règle de trois :

$$150 \text{ kg} \rightarrow 83,1\%$$

$$X \quad \leftarrow 100\%$$

$$(\text{= } 150/83,1\%)$$

On détermine que 180,5 kg est le maximum que cet individu est capable de soulever en une répétition maximale. Nous avons pensé utiliser la table des poids maximaux que proposait Tudor O. Bompa (1994) mais les valeurs des charges soulevées dépassaient souvent les limites supérieures des valeurs de la table. Cette mesure sera prise

sur l'appareil de presse à cuisses inclinée de marque Atlantis. Les exercices des programmes d'entraînement sont faits pour que l'effet d'apprentissage soit évité. Comme la presse à cuisses est notre méthode de mesure de la force maximale, nous avons alterné les exercices de manière à ce que ce ne soit pas toujours cet exercice qui revienne (voir la description des exercices).

Sprint

Le test de sprint sera effectué sur la piste de course intérieure du C.A.P.S de l'U.Q.T.R. sur une distance de 30 mètres. Cette distance a été choisie d'après l'étude de Cazorla, Montero, Rohr et Goubet (1994) qui ont déterminé que la distance moyenne faite à chaque sprint par un joueur de soccer se situe entre 15 et 20 mètres. La distance a aussi été choisie en tenant compte de l'étude de Dunbar et Power (1994). Le temps de course sera pris par deux cellules photo-électriques placées sur la ligne de départ et d'arrivée au début et à la fin. Les cellules sont montées sur une chaise afin que le signal parte et arrête lorsque la cuisse du sujet passe devant le faisceau lumineux. Les cellules sont reliées toutes les deux à un chronomètre digital qui calcule le temps en secondes et le donne au millième de secondes près. Les essais sont effectués après un échauffement de 5 minutes en jogging léger autour de la piste. Les sujets partent en position debout derrière une ligne apposée au sol. Lorsque le chronomètre est à zéro, ils peuvent partir quand ils veulent. Les sujets ont deux essais à effectuer et la moyenne des deux essais est retenue. Entre les deux essais, les sujets ont une pause de 5 minutes.

Saut vertical

Le test du saut vertical est effectué, sans élan, sur un tapis muni d'électrodes. Le tapis est une plate-forme de plastique souple de 60 cm par 40 cm. C'est un saut effectué à deux pieds. Le tapis est relié à un chronomètre digital qui calcule le temps d'envol du sujet. Les électrodes, situées à l'intérieur du tapis, sont des senseurs qui déclenchent le chronomètre lorsque le sujet quitte le tapis et l'arrêtent lorsque le sujet reprend contact

avec le tapis. Le sujet doit atterrir en position debout, sans fléchir les genoux avant d'avoir touché le tapis. La validité de ce test a été établie par une étude indépendante de Jean-François Croufer et Marie-Claude Gendron (Annexe 2). Chaque sujet était soumis à cinq essais et la médiane des cinq sauts était retenue. Les sujets exécutaient les sauts après les deux essais de sprint. Les sauts ont été calculés en temps d'envol, pour être ensuite convertis en hauteur maximale, en cm. Le protocole du saut est bien décrit dans l'étude de Croufer et Gendron (2000) et nous utilisons le même.

CHAPITRE III

Résultats et conclusion

À la suite de l'expérimentation que nous avons faite et des trois tests que nous avons fait passer aux sujets avant et après le programme d'entraînement, nous avons obtenu les résultats suivants.

Force maximale

Le Tableau 7 donne d'abord les résultats des tests de force maximale. Les résultats sont indiqués en kilogrammes soulevés lors d'une répétition maximale. On peut observer qu'au prétest, les trois groupes obtiennent des résultats pratiquement semblables, ce qui veut dire qu'aucun groupe ne débute le programme en étant avantagé par rapport aux autres. La dernière colonne montre le résultat de l'analyse statistique des résultats des tests faite sur les données¹. Il s'agit d'une analyse de variance de type AxBr. Pour faciliter l'interprétation, nous avons procédé aux effets simples de B (pré-post), pour chaque groupe. Chacun prend la forme d'un test *t*.

Pour le groupe témoin, la différence est minime et non significative ($t=0,420$). On peut donc dire que les sujets du groupe témoin n'ont pas obtenu de gains significatifs en force maximale sur la presse à cuisses. Il était d'ailleurs prévisible d'avoir un tel résultat avec ce groupe. Pour le groupe linéaire, le test *t* nous donne un résultat de 7,389 qui est significatif au seuil de 1%. Ce résultat prouve que le programme a apporté des

améliorations très significatives en termes de force maximale des individus. Mais, ce résultat était aussi bien prévisible. Il a été prouvé, depuis longtemps, que l'entraînement en résistance apporte des gains en force maximale (Berger, 1962).

Pour le dernier groupe, le groupe ondulatoire, le test t nous donne un résultat de 7,108. Il atteint, lui aussi, le seuil significatif de 1%. Nous pouvons donc déduire que les groupes linéaire et ondulatoire obtiennent des résultats comparables et significativement plus élevés que le groupe témoin. Les deux groupes expérimentaux ont eu des gains en force maximale et le groupe témoin obtient un léger gain qui n'est pas du tout significatif.

Tableau 7 : Force maximale (kg)

| Groupes | Prétest | Posttest | Amélioration | Test t (effets simples) |
|--------------------------|---------|----------|--------------|------------------------------|
| Groupe témoin (n=7) | 300,9 | 306,6 | 5,7 | 0,420 |
| Groupe linéaire (n=8) | 298,9 | 391,9 | 93 | 7,389* |
| Groupe ondulatoire (n=7) | 301,1 | 396,8 | 95,7 | 7,108* |

*significatif à 1%, dl=19.

Sprint. Lorsqu'on regarde les résultats du test de sprint sur 30 mètres, on remarque que les groupes qui se sont entraînés ont obtenu de meilleurs résultats lors du posttest que lors du prétest. Cette amélioration n'est pas présente chez le groupe témoin qui présente un résultat au test t de $-0,209$, non significatif. Pour le groupe linéaire, le test t nous donne un résultat de 1,950 qui est significatif au seuil de 5% (diminution de temps). Pour

¹ Nous remercions monsieur Louis Laurencelle, professeur au Département des sciences de l'activité physique de l'Université du Québec à Trois-Rivières, pour nous avoir guidé dans l'analyse de ces données.

le groupe ondulatoire, le test t égale 2,799 et est significatif à 1%. On peut observer que les résultats du sprint se comparent aux résultats de la force maximale, quoique les améliorations dans le groupe ondulatoire apparaissent plus importantes et plus sérieuses que dans le groupe linéaire.

Tableau 8 : Vitesse de course (sprint 30 mètres, secondes)

| Groupe | Prétest | Postest | Amélioration | Test t (effets simples) |
|--------------------------|---------|---------|--------------|------------------------------|
| Groupe témoin (n=5) | 4,257 | 4,267 | -0,01 | -0,209 |
| Groupe linéaire (n=6) | 4,528 | 4,476 | 0,052 | 1,950* |
| Groupe ondulatoire (n=6) | 4,348 | 4,226 | 0,122 | 2,799** |

*significatif à 5%

**significatif à 1%

Saut vertical. Pour ce qui est du saut vertical, les résultats ressemblent à ceux du sprint. Les résultats du postest semblent meilleurs que les résultats du prétest, que ce soit en secondes ou en centimètres. On voit, d'après ces résultats, que l'effet d'amélioration est plus grand d'un groupe à l'autre. Il n'est pourtant significatif que pour le dernier groupe, le groupe ondulatoire. Pour ce dernier groupe, le test t est de 2,183 (dl=14) et est significatif à 5%. Le groupe ondulatoire obtiendrait donc une amélioration plus importante que le groupe linéaire. Ce résultat est d'autant plus intéressant puisqu'il mesure directement la puissance des membres inférieurs des sujets.

Tableau 9 : Saut vertical (temps de suspension, secondes)

| Groupe | Prétest | Posttest | Amélioration | Test <i>t</i> (effets simples) |
|--------------------------|---------|----------|--------------|-----------------------------------|
| groupe témoin (n=5) | 0,632 | 0,643 | 0,011 | 0,466 |
| groupe linéaire (n=6) | 0,572 | 0,599 | 0,027 | 1,254 |
| groupe ondulatoire (n=6) | 0,602 | 0,65 | 0,048 | 2,183* |

*significatif à 5%

Comme on peut le constater en regardant les résultats, l'hypothèse qui a été émise dans la première partie du présent travail, à savoir que le groupe qui s'entraîne avec la méthode de périodisation ondulatoire aurait des meilleures améliorations que les autres groupes, se vérifie en partie seulement.

Effectivement, comme nous l'avons vu plus haut, les deux groupes à l'entraînement ont obtenu des résultats avec des améliorations beaucoup plus élevées que le groupe témoin. Ceci était prévisible, comme nous l'avaient démontré, il y a longtemps, Berger (1962) et Wilson et al. (1993). C'est lorsque nous regardons les résultats entre les deux groupes expérimentaux que tout devient plus intéressant.

Tout d'abord, en force maximale, les résultats obtenus sont relativement semblables à ceux qu'ont obtenus, en 1994, Baker et al., lorsque leurs groupes linéaire et ondulatoire ont eu des augmentations de force significatives presque équivalentes entre elles, sans différence significative entre les deux. Baker et al. ont expliqué ces résultats par le fait que le volume total d'entraînement (le nombre de répétitions) et l'intensité moyenne des exercices pour le programme sont identiques pour les deux groupes. Dans notre étude,

nous avons aussi décidé que le volume et l'intensité restent les mêmes pour les deux groupes, ce qui pourrait expliquer les résultats que nous avons obtenus en force maximale.

La partie la plus intéressante de l'étude, c'est lorsque nous regardons les deux autres tests, qui sont des tests de performance. Si on commence par le test du sprint de 30 mètres, il faut d'abord noter que les résultats du groupe témoin n'indiquent aucune amélioration significative. Ensuite, le groupe ondulatoire obtient des améliorations un peu plus fortes et significatives que le groupe linéaire. La légère différence de performance pourrait être expliquée par les différentes phases d'accumulation qui permettent aux muscles une récupération plus rapide et donc une meilleure optimisation des performances. Et même si elle est de quelques fractions de seconde, la différence de temps sur trente mètres, sur un terrain de soccer, peut décider qui touche la balle en premier et qui arrive en second. Dans un match complet, ces petites différences peuvent avoir une influence énorme sur le temps de possession du ballon, sur les chances de marquer et donc sur le résultat final du match. D'ailleurs, comme le mentionnent Stone et al. (1999) dans leur étude, la différence de performance entre la première place et la quatrième place aux Olympiques et aux championnats du monde, pour un grand éventail de sports, était de moins de 1,5%. De plus, contrairement à ce que l'étude de Mayhew, Ware, Johns et Bembem (1997) veut démontrer, il semble exister une relation entre l'augmentation de la force maximale et l'amélioration de la performance. En effet, la puissance est directement reliée à la force déployée et à la vitesse à laquelle est fait un

travail. En améliorant la force, on peut augmenter significativement la vitesse de course en sprint et donc augmenter la puissance des membres inférieurs.

Finalement, lorsqu'on regarde les résultats du saut vertical, on note des améliorations encore plus significatives. Les groupes linéaire et ondulatoire obtiennent une amélioration significative du temps d'envol par rapport au groupe témoin. D'ailleurs, Wilson et al. (1994) avaient trouvé des résultats ressemblant beaucoup à ceux-ci. Les groupes de leur étude qui s'entraînaient en résistance et en puissance avaient amélioré de façon significative leurs résultats en saut vertical. Aussi, Berger (1962) avait, à l'époque, déterminé que les athlètes qui s'entraînaient avec des charges de façon dynamique (au lieu de statique) avaient aussi amélioré leur saut vertical de façon significative.

En comparant les deux groupes expérimentaux, on peut vérifier beaucoup mieux l'hypothèse de départ. En effet, le groupe ondulatoire obtient un résultat significativement supérieur au groupe linéaire. Ce dernier montre un léger gain de performance qui n'est cependant pas significatif. Pourtant, Baker et al. (1994) tendent à démontrer que la méthode de périodisation n'apporte pas de différence d'amélioration pour le saut vertical lorsque les programmes d'entraînement respectent le même volume total et la même intensité moyenne comme dans notre étude. De plus, Baker et al. affirment que l'amélioration de la force maximale n'équivaut pas nécessairement à une amélioration en performance. Cette affirmation est également soutenue par une étude de Mathew et al. (1997). Comme pour le sprint, les périodes d'accumulation ont probablement contribué à la récupération du muscle et à une meilleure performance.

Finalement, la différence plus significative entre les groupes linéaire et ondulatoire pour le saut vertical par rapport au sprint peut être expliquée par les exercices faits lors des entraînements, soit le squat, la presse à cuisses et la presse inclinée. Ces exercices se rapprochent plus du mouvement du saut et sont donc plus spécifiques au saut qu'au mouvement de la course.

Conclusion

Après avoir compilé la documentation disponible, nous voulions démontrer que la méthode de périodisation choisie pouvait avoir une influence sur l'amélioration de la force maximale et la performance des athlètes. Nous supposions que la méthode de périodisation ondulatoire pouvait apporter de meilleurs résultats de performance et plus de force chez l'athlète que la méthode de périodisation linéaire. Les conclusions tirées de nos recherches sont les suivantes.

D'abord, l'entraînement de façon périodisée amène des améliorations significatives en force maximale et en performance au sprint et au saut vertical chez les joueurs de soccer. Comme Stone et al. (1999), Baker et al. (1994) et plusieurs autres études rapportées par ces auteurs avaient déjà démontré, notre étude démontre que l'entraînement de type périodisé apporte des améliorations significatives.

Comme Baker et al. (1994), notre étude tend à démontrer qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux méthodes de périodisation quant à l'amélioration de la force maximale. Pour une période de temps donnée, ici de douze semaines, un volume d'entraînement total (nombre de répétitions) et une intensité d'entraînement (RM

ou % de la charge maximale) moyenne semblables apportent des gains semblables en force maximale.

En termes de performance, malgré quelques études qui semblent démontrer le contraire (Mayhew, 1997, Baker et al., 1994), l'augmentation de force maximale amène aussi une amélioration de la vitesse en sprint et de la hauteur et du temps d'envol en saut vertical.

Grâce, probablement, aux périodes d'accumulation que permet cette méthode, la méthode de périodisation ondulatoire donne des meilleurs résultats en performance que la méthode linéaire. Sur une longue période d'entraînement, la méthode linéaire, en augmentant toujours en intensité, pourrait réduire encore plus le niveau de performance, à cause d'un risque plus grand de fatigue et de surentraînement. Pour ces raisons, il semble avantageux de privilégier une méthode qui alterne les séances très intenses et les séances moins intenses comme la méthode ondulatoire.

Les mouvements en entraînement, comme les exercices de musculation choisis, devraient toujours se rapprocher le plus possible des mouvements faits en compétition. Par exemple, si on veut améliorer le saut vertical d'un athlète, des exercices comme le squat et la presse à cuisses devraient être privilégiés.

Évidemment, nous devons émettre certaines réserves sur les résultats et les conclusions de notre étude. D'abord, tous les joueurs et joueuses venaient de deux équipes seulement, qui étaient locales. Une étude faite avec des sujets provenant d'autres universités aurait été plus représentative. De plus, le petit nombre de sujets fait en sorte que les résultats pourraient être discutables. Pour terminer, un meilleur contrôle des

séances faites par chacun des sujets nous aurait permis d'obtenir des résultats encore plus révélateurs de la méthode à privilégier pour l'entraînement de la force.

RÉFÉRENCES

- Anderson, T. et Kearney, J. (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly for exercise and sport*, 53(1), pp. 1-7.
- Baker, D., Wilson, G. et Carlyon, R. (1994). Periodization : The effect on strength of manipulating volume and intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(4), pp. 235-242.
- Berger, R. (1962). Effect of varied weight training programs on strength. *Research Quarterly*, 33, pp. 168-181.
- Berger, R. (1962). Optimum repetitions for the development of strength. *Research Quarterly*, 33 : pp. 334-338.
- Berger, R. (1963). Effects of dynamic and static training on vertical jumping ability. *Research Quarterly*, 34, pp. 419-424.
- Bompa, T.O. (1993). *Periodization of strength : the new wave in strength training*, Toronto, Veritas Publishing.
- Bompa, T.O. (1994). *Theory and methodology of training : The key to athletic performance*. Dubuque: IA, Kendall/Hunt (3rd ed.).
- Cazorla, G., Montero, C., Rohr, G. et Goubet, P. (1994). Profil des exigences physiques et physiologiques de la pratique du football. *Troisième colloque international de la Guadeloupe*, pp.145-165.
- Dunbar, G.M.J. et Power, K. (1995). Fitness profiles of professional and semi-professional soccer players using a battery of field tests, *Sciences and Football 3*, pp. 27-31.
- Fleck, S.J. et Kraemer, W.J. (1997). *Designing resistance training programs*, 2nd ed., Human Kinetics.
- Gendron, M.-C. et Croufer, J.-F. (2000), *Étude de validité du test du tapis pour mesurer le saut vertical*, Université du Québec à Trois-Rivières.
- Mayhew, J.L., Ware, J.S., Johns, R.A., Bembem, M.G. (1997). Changes in upper bodypower following heavy-resistance strength training in college men. *International Journal of Sports Medicine*, 18, pp. 516-520.

- O'Shea, P. (1966). Effects of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy. *Research Quarterly*, 37 : pp. 95-102.
- Poliquin, C. (1988). La variété dans l'entraînement en force, *Science du sport, Association canadienne des entraîneurs*, 8, no. 8.
- Poliquin, C. (1991). S'entraîner pour développer la force relative, *Science du sport, Association canadienne des entraîneurs*, 11, no. 7.
- Stone, M.H., *Periodization*. NSCA National Conference. Atlanta, June 1996.
- Stone, M.H., O'Bryant, H. et Garhammer, J. (1981). A hypothetical model for strength training. *Journal of Sports Medicine*, 21 : pp. 342-351.
- Stone, M.H., O'Bryant, H., Shilling, B.K., Johnson, R.L., Pierce, K.C., Greg Haff, G., Koch, A.J. et Stone, M. (1999). Periodisation : Effects of manipulating volume and intensity. Part 1, *Strength and conditioning journal*, 21, 2, pp. 56-62.
- Stone, M.H., O'Bryant, H., Shilling, B.K., Johnson, R.L., Pierce, K.C., Greg Haff, G., Koch, A.J. et Stone, M. (1999). Periodisation : Effects of manipulating volume and intensity. Part 2, *Strength and conditioning journal*, 21, no.3, pp.54-60.
- Taïana, F., Gréhaïgne, J.F. et Cometti, G. (1991). The influence of maximal strength training of lower limbs of soccer players on their physical and kick performances, *Sciences and football*, 2, pp. 98-103.
- Tiryaki, G., Tuncel, F. Yamaner, F., Agaoglu, S.A. et Gümüçdad, H. (1995). Comparison of the physiological characteristic of the first, second and third league turkish soccer players. *Sciences and football*, 3, pp. 32-36.
- Wilmore, J. et Costill, D. (1994), *Physiology of sport and exercise*, Champaign, IL: Human kinetics.
- Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J. et Humphries, B.J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, 25, no.11, pp. 1279-1286.

ANNEXE 1

**Relation existant la zone d'intensité (% du maximum), les répétitions et l'effet d'entraînement.
(Polluin, 1988)**

| Nombre maximal de répétitions | % du maximum | Effet d'entraînement |
|--------------------------------------|---------------------|---|
| 1 | 100.0 | Gains en force maximale par activation des unités motrices, peu d'hypertrophie |
| 2 | 94.3 | |
| 3 | 90.6 | |
| 4 | 88.1 | |
| 5 | 85.6 | |
| 6 | 83.1 | Compromis optimal entre les gains en force et en hypertrophie |
| 7 | 80.7 | |
| 8 | 78.6 | |
| 9 | 76.5 | Meilleurs gains en hypertrophie, amenant des gains en force maximale |
| 10 | 74.4 | |
| 11 | 72.3 | |
| 12 | 70.3 | |
| 13 | 68.8 | Gains en force d'endurance, peu de gains en hypertrophie |
| 14 | 67.5 | |
| 15 | 66.2 | |
| 16 | 65.0 | |
| 17 | 63.8 | |
| 18 | 62.7 | |
| 19 | 61.6 | |
| 20 | 60.6 | |

ANNEXE 2

INTRODUCTION

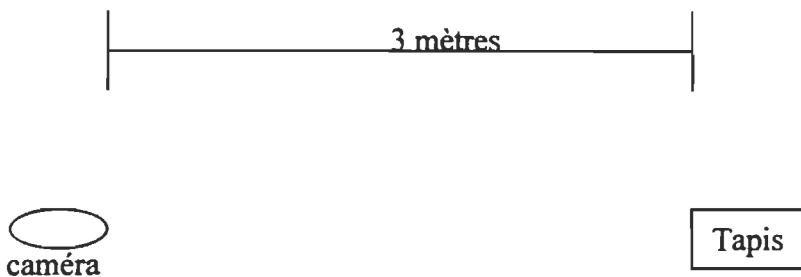
Le test du saut vertical a été fait en collaboration avec M. Dave Cloutier, étudiant à la maîtrise en activité physique. Le but de ce test est de mesurer la hauteur maximale d'un saut sans élan et de comparer les résultats accumulés selon trois méthodes. Nous utilisons trois méthodes afin de savoir si celle du tapis est fidèle et valide. Les deux autres méthodes sont la mesure de la corde et l'observation par vidéo. La méthode du tapis permettra de mesurer le temps d'envol du sujet et nous voulons savoir si les résultats de cette méthode sont comparables aux autres méthodes. À l'aide de ce test sur tapis, on pourra faciliter l'évaluation et la mesure des sauts en hauteur ainsi que de vérifier l'amélioration des méthodes d'entraînements. Afin de valider ce test sur tapis, nous allons faire une analyse statistique des données.

DESCRIPTION PHYSIQUE

Le test de saut en hauteur comprend trois méthodes soit celle du tapis, de la corde et de l'observation par vidéo. Nous avons fait un montage afin que le résultat des trois méthodes soit pris lors d'un seul saut. Tout d'abord, le tapis est une plate-forme en plastique noire muni d'électrodes et qui mesure environ 60 cm par 40 cm. Les électrodes sont des senseurs qui détectent le temps d'envol, ils sont déclenchés au moment où le pied quitte la plate-forme et est arrêtés au contact du tapis. Ce temps d'envol est mesuré grâce à un chronomètre digital lié aux senseurs du tapis. Le système de la corde est très simple, elle consiste à avoir une corde accrochée à la taille et reliée à l'entrejambe par une pièce d'attache (trombone) afin que la corde reste le plus droit possible lors du saut. La corde à l'entrejambe est ensuite attachée à une autre corde qui passe dans le trou du tapis. Derrière le tapis, le système de la corde se poursuit par un petit système qui met une résistance sur la ficelle afin que celle-ci s'arrête au moment où la hauteur maximale est atteinte. La mesure de ce système est directe car nous avons mesuré la longueur de la corde immédiatement après le saut. Pour bien mesurer la longueur, nous avons posé un marqueur au moment où le sujet est sur la pointe des pieds. On demande d'être sur la pointe des pieds afin de mesurer la même hauteur que celle du tapis. Vient finalement le système de l'observation par vidéo, le sujet est muni d'un marqueur situé sur la crête iliaque droite. La caméra est à une distance de 3 m du sujet placé perpendiculairement à l'objectif. La mesure est

indirecte car il a fallu utiliser une échelle commune aux sujets afin de ressortir les données réelles du saut. Cette échelle est faite à partir d'une mesure étalon (1m), qui nous a permis d'extrapoler les mesures sur l'écran de la télévision en mesures réelles. Cette mesure étalon a été mesuré avant le premier saut et est resté la même pour tous les sujets. Nous avons utilisé une règle pour calculer la distance entre le point de départ et la hauteur maximale sur l'écran. Cette distance est prise lorsque l'image est au ralenti. Toutes ces méthodes peuvent contenir des erreurs de mesures à cause des erreurs de manipulations, des erreurs de sauts (anatomique et petits sauts) et des erreurs de mesures.

SCHÉMA



PROTOCOLE

Nous avons fait passer ce test à 12 sujets qui devaient faire cinq sauts consécutifs. Chaque sujet devait suivre le même protocole. Tout d'abord, il est recommandé de vouvoyer le sujet et de lui mentionner à quoi sert le test. On demande au sujet de s'installer confortablement pour exécuter un saut. Le saut doit être le plus droit possible afin d'éviter les erreurs de mesures. Une fois, qu'il est bien à l'aise sur le tapis et que le système de la corde est bien installé, il faudra lui mentionner comment exécuter un saut. Avant le premier saut, il est très important de définir la mesure étalon qui est de 1 m en réalité et de 20 cm à l'écran et de placer un marqueur sur la corde afin de délimiter la longueur de départ. Pour bien exécuter le saut, les pieds doivent être à la largeur des hanches, les genoux doivent être légèrement fléchis et à ce moment le sujet effectue son saut avec une impulsion maximale. Le sujet doit faire le saut dans un seul mouvement afin

d'éviter de déclencher les senseurs pour contrer la phase d'allégement . À la fin du saut, on demande au sujet de rester immobile afin de prendre les mesures voulues. Le système de la corde est mesuré à partir d'un galon à mesurer, le tapis par le chronomètre digital et la mesure du vidéo est mesuré après toutes les expérimentations. La mesure de la corde est alors calculée à partir du marqueur placé auparavant jusqu'à la longueur maximale. Les mauvais sauts seront repris afin que nous puissions garder cinq bonnes mesures. Le seul désavantage du protocole c'est que les sujets n'ont pas eu un échauffement. L'échauffement aurait peut-être modifié quelque peu les résultats.

MÉTHODE DE SCORING

Lors de la prise des mesures, nous avons remarqué qu'il y a des mesures directes et indirectes. Les mesures de temps et les mesures prises par le vidéo sont des données indirectes car se sont les instruments qui administrent les résultats. Les mesures de temps sont calculées en milli-seconde par un chronomètre déclenché par les senseurs ; les mesures du vidéo sont mesurés sur l'écran en centimètre et les mesures de la corde sont calculées grâce à un galon à mesurer (en centimètres). Les mesures du vidéo sont prises à partir d'une mesure étalon. Afin d'analyser les résultats obtenus, il suffit de transférer les résultats du tapis (ms) en centimètre par la formule suivante : $d = \frac{1}{2} g(T/2)^2$ où d est exprimé en cm, g représente la gravité ($9,81 \text{ m/s}^2$) et où $T = 2t$ (t exprimé en ms). Nous avons trouvé cette formule à partir de ;

$$v=gt$$

$$d=1/2 gt^2$$

$$d=1/2 g(T/2)^2 \text{ où } T= 2t$$

$$d= gT^2/8$$

$$d=9.81T^2/8$$

$$d=(1.22625)T^2$$

Cette formule nous permet de comparer tous les résultats car ils sont tous exprimés en centimètres et nous allons pouvoir ressortir, à l'aide des données statistiques, si la méthode du tapis est valide et fidèle.

QUALITÉS MÉTROLOGIQUES ET DESCRIPTION DE L'EXPÉRIENCE

Le test de saut vertical est utilisé pour mesurer l'impulsion des membres inférieurs aussi bien chez les athlètes que chez monsieur et madame tout le monde ainsi que les jeunes en milieu scolaire. Le tapis développé par M. Claude Brouillette est peu dispendieux, facilement transportable et simple d'utilisation. Son fonctionnement demande peu de connaissances et de compétences spéciales. Ce test est alors, susceptible d'être utilisé par tout intervenant en activité physique. Il permettra de mesurer la progression des sujets grâce à différentes méthodes d'entraînements ainsi que de calculer l'amélioration de l'impulsion à la fin d'un mésocycle d'entraînement. Cependant avant d'utiliser ce test, il faut établir si son fonctionnement est valable, fidèle et concluant. Pour ce faire, nous allons traiter les mesures statistiques placées en annexe. La validité se définit comme étant «la capacité qu'à l'instrument de classer les personnes évaluées en fonction de la caractéristique voulue, à sa capacité de mesurer vraiment ce qu'on veut mesurer» (Laurencelle 1998) On définit la fidélité comme étant la capacité d'un instrument à donner une information utile et précise, utile en ce que cette information correspond à la grandeur de l'objet mesuré et peut être reproduit à volonté ; précise en ce que la valeur d'erreur aléatoire qui s'y rattache est relativement proche de zéro. (Laurencelle, 1998) Ces deux qualités seront étudiées afin de ressortir si le nouvel instrument, qu'est le tapis, est révolutionnaire, véridique et fiable. Pour éclaircir cette interrogation, nous avons utilisé des corrélations entre les différentes données statistiques du tapis, de la corde et du vidéo. Pour évaluer la fidélité nous avons utilisé le coefficient de Cronbach qui signifie jusqu'à quel degré les items forment un ensemble cohérent, jusqu'à quel point il mesure tous une même caractéristique qui est le temps d'envol. Si les résultats sont supérieurs à 0,90 (données fortes) cela indique que le test est redondant, on veut dire par redondant que l'instrument choisi est limité car il ne sert qu'à mesurer le temps de suspension dans les airs. Un instrument parfait aurait alors une fidélité parfaite, si $R_{xx} = 1$. Cependant, vu que nous n'avons pas fait un test et retest, nous pouvons pas conclure avec certitude la fidélité de cet instrument. Du côté de la validité, nous allons analyser les corrélations entre les médianes, les moyennes, les maximums, les 1^{er} et 2^{ème} saut des différentes méthodes de mesures. Alors, la validité se résume en étant la vérification et la démonstration que l'instrument calcule vraiment ce qu'il doit mesurer. Une bonne validité du test détermine aussi que les résultats seront constants.

Nous remarquons que les meilleures corrélations sont entre la corde et le vidéo, cependant les corrélations entre tapis et corde sont presque semblables à celle du duo corde-vidéo. La corrélation entre corde-vidéo est peut-être meilleure à cause de certaines erreurs de mesure survenu lors de la prise des données. En effet, il est très surprenant que la mesure du saut sur l'écran amène une corrélation plus élevée que par les autres méthodes. Très surprenant car plus il y a de manipulations plus les erreurs de mesure s'ajoutent. La perspective est moins profonde ce qui fait que la distance sujet-caméra mesurée à l'écran est imprécise.

Toujours dans le domaine de la validité, la comparaison des corrélations des médianes et des moyennes suggèrent une forte ressemblance. Cependant la corrélation des moyennes est plus valide. Cela est causé par une erreur des expérimentateurs qui n'ont pas fait passer un 2^e test (retest). Cette absence de retest nous empêche de comparer ensemble la corrélation des médianes. Pour ce manque, nous avons utilisé la corrélation des moyennes. La meilleure corrélation parmi tous nos indices pour valider le tapis est celle du tapis-corde qui est de 0,89. Nous avons aussi mesuré la corrélation des sauts maximums et elle se révèle l'indice de validité le plus faible. Surtout pour le tapis-vidéo(0,5818) et pour le tapis-corde(0,8090). La corrélation des mesures maximales est faible parce que le groupe de sujet est hétérogène ce qui fait que l'étendue des sauts était dispersée. Cette constatation entraîne un lien minime entre la capacité maximale des sujets; alors, la corrélation d'un sujet à l'autre est moindre, De plus, si on compare les différentes méthodes, on constate que la corrélation du tapis-vidéo est plus faible à cause des erreurs de manipulations. Il était difficile de trouver correctement la hauteur optimale sur l'écran. D'ailleurs, nous avons analysé, les corrélations du 1^{ier} et 2^{ième} saut. Nous remarquons que le second saut est meilleur que le premier; cela est sûrement dû à l'apprentissage des sujets. Cependant, la marge d'erreur entre les 2 sauts est faible, il faudrait comparer avec les autres afin de savoir si on peut tenir compte de cette méthode pour valider le tapis. On constate encore que les corrélations entre le tapis et le vidéo sont toujours plus faibles que celle du tapis-corde. Alors, on peut conclure que si on tient compte des corrélations des moyennes et des médianes, on remarque que la corde valide mieux la méthode du tapis.

Passons maintenant à la notion de fidélité, nous remarquons que le coefficient de cronbach de la corde (0.986727561) est le plus élevé, ce qui signifie que la méthode de la corde

est la plus fidèle des trois méthodes. Nous constatons aussi que le tapis vient au troisième rang dans la fidélité dépassé par le vidéo. Plus que l'alpha de cronbach est meilleur plus que cette méthode regroupe tous les sauts autour d'une même dimension (vers le saut maximal, impulsion des membres inférieurs). De plus, nous avons calculé la formule d'allongement afin de savoir de quelle manière la fidélité varie. Donc, la formule d'allongement ($Rqk = qRk / (1+(q-1)Rk)$) montre que toute chose étant égales, la fidélité du test ou de la mesure augmente lorsque sa base d'évaluation s'accroît. Pour notre test, nous constatons que tous les résultats sont tous inférieurs à 1 alors, nous avons une réduction des composantes du test. Par exemple, si nous augmentons le nombre de sujets alors, la fidélité augmentera ainsi que le nombre d'erreur. Par cette formule, nous avons pu remarquer que la moyenne des sauts du tapis (0,846379721) est plus fidèle que si nous utilisons l'unitarisation de chacun des sauts (0,813). D'ailleurs, nous voyons que la corde est encore la plus forte des trois méthodes. Nous avons unitarisé la valeur du tapis- vidéo, afin de déterminer que les valeurs sont moins élevées que lorsque l'on fait le moyenne des 5 sauts par la formule d'allongement. Il y a une réduction de la fidélité de 3,94% concernant le premier et le second saut comparativement à la formule d'allongement du tapis. Nous avons aussi calculé les erreur-types qui se définissent comme suit : « lorsqu'en appliquant un instrument de mesure ou d'un test on obtient la mesure de quelqu'un, on ne connaît pas la valeur vraie de cette personne et bien entendu on ne connaît pas non plus la valeur d'erreur attachée à cette mesure.» Nous remarquons que le vidéo a l'erreur-type la plus élevée (1,049728593), alors on peut conclure que cette méthode contient plus de valeurs d'erreur et que la mesure est moins précise que les deux autres méthodes ayant comme valeur 0,934668388 (tapis) et de 0,621512554 (corde). Certaines valeurs d'erreur proviennent de la manipulation des expérimentateurs et d'autres proviennent de la façon de faire le saut. Lorsqu'un sujet saute croche alors, il peut fausser les résultats; la corde pourrait s'allonger davantage, la perception du vidéo serait inexacte. Encore une fois, la corde est la plus fidèle.

En conclusion, nous pouvons dire que la meilleure corrélation à tenir compte est celle des médianes car elle est bonne dans les deux cas et peut prouver la validité du tapis. Cependant, on ne peut pas être parfaitement certain que la validité est bonne car on n'a pas utilisé le test-retest. En ce qui concerne la fidélité, on peut conclure que tous les instruments étudiés sont d'égales

valeurs car ils sont tous supérieurs à 0,90; pour augmenter la dispersion des résultats, le coefficient devrait être entre 0,70 et 0,90.

COMPTE RENDU D'UNE ADMINISTRATION D'UN TEST

Des sujets choisis pour le saut vertical sont au nombre de 12 et effectuaient chacun cinq sauts consécutifs. Parmi les 12 sujets, 11 d'entre eux sont des étudiants universitaires (4 hommes et 7 femmes) et une est professeur à l'université. Les sujets ont accepté de participer sur une base volontaire et ont été choisis au hasard. Le test s'est déroulé à l'Université du Québec à Trois-Rivières dans un local du département des sciences de l'activité physique. C'était un endroit calme et les sujets étaient confortablement installés. Le processus de passation a été suivi à la lettre (voir protocole). Le test de saut vertical requiert un minimum d'équipement et un minimum d'espace. Ce matériel se compose du tapis à chronomètre, du système de la corde, d'une caméra vidéo, de marqueurs autocollants. Étant donné que c'est un nouvel instrument, nous n'avons pu nous référer à aucune autre littérature. Les conditions de passation du test procuraient une ambiance cordiale et relaxe. En conclusion, ce test permet d'évaluer différents types de clientèle. Il est important de choisir le traitement statistique qui présente la meilleure association de corrélation, validité et fidélité. Nous croyons que ce test peut révolutionner l'évaluation des membres inférieurs. Son rendement, son faible coût et sa facilité d'utilisation sont des avantages indéniables.

CONCLUSION

La meilleure façon de traiter statistiquement nos résultats est d'utiliser la corrélation des médianes. On peut affirmer sans doute que le tapis-corde est plus valide en comparaison avec le système de tapis-vidéo. Si l'on ne regarde que les indices de validité et de fidélité, il est suggéré d'utiliser le système de la corde, le système du tapis ne se révèle donc pas être le meilleur des outils que nous avons testés. Nous pouvons soulever une autre question à savoir si cette méthode de mesure donne un indice de puissance des jambes. Pour mesurer l'amélioration de la puissance des jambes, la méthode du tapis se veut donc acceptable. L'avantage du tapis c'est qu'il ne tient pas compte de l'anatomie du saut c'est-à-dire qu'il mesure seulement la durée de l'envol

contrairement au vidéo et à la corde qui en sont influencés. On peut conclure que le tapis est un bon instrument de mesure dépendant de ce qu'on veut mesurer. Si on veut mesurer la puissance qui se résume à la capacité d'atteindre une hauteur maximale, le tapis pourrait être moins fidèle que le système de la corde mais si on veut évaluer l'amélioration de la puissance alors, le tapis semble être efficace. Dans l'étude de Dave Cloutier, le tapis est un outil valide et fidèle car il peut garder les mesures en temps (ne les modifient pas en centimètres) afin de les comparer avec les autres essais. Le tapis est d'après nous, un outil qui pourrait être très utile dans l'évaluation de l'amélioration des clients consultés par des spécialiste en activité physique.

BIBLIOGRAPHIE

Laurencelle, Louis. **Théorie et techniques de la mesure instrumentale**, Presses de l'Université du Québec, 1998.