

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'ANALYSE DE L'ASTREINTE CARDIAQUE ET DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE
DÉPLOYÉE PAR LES JOUEURS DE SOCCER DURANT L'ENTRAÎNEMENT ET LES
MATCHS

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR

ATHANASIO DESTOUNIS

MAI 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, j'aimerais remercier les sujets qui ont bien voulu participer à l'expérience. Sans eux, l'étude n'aurait pu être réalisée, ce sont des joueurs excellents, mais en premier lieu des amis qui m'ont aidé énormément. Aussi, je remercie Carole Roy qui m'a rendu la vie tellement facile durant deux années et surtout lors de la collecte des données.

Je tiens à remercier M. Christophe Dutarte, entraîneur de l'équipe des Citadins de l'UQAM, pour la permission d'utiliser les joueurs de l'équipe, mais surtout pour mon parcours avec lui depuis le début de mon premier stage. Mon évolution comme kinésiologue n'aurait pas été possible sans l'équipe des Citadins et le nombre de personnes que j'ai connues à travers ces cinq ans.

Je remercie les gens du département de kinanthropologie ainsi que les professeurs de l'UQAM (Johanne Grenier, Jean Boucher, François Taillefer, Frédéric Le Cren, M. Savoie, Marc Bélanger) qui m'ont aidé à m'orienter vers la recherche, en rendant mon parcours agréable, bien que difficile.

Merci à Marleine Gotheil, enseignante au cégep, qui m'a suggéré le programme en sport. Merci à Paul G. Hénault, professeur de stage, il a énormément fait pour moi, je lui en serai toujours reconnaissant. Mille fois merci à mon professeur de maîtrise, Alain Steve Comtois, qui m'a appris à devenir un chercheur. Grâce à lui la recherche en physiologie du sport est devenue une passion. Sa gentillesse était un plus qui m'a donné confiance.

Je remercie Jean Boucher et Robert Panenic pour avoir accepté de faire partie de mon comité d'évaluation.

Merci à M. Karelis pour son aide technique, et M. Haj Hamida pour son aide et ses conseils.

Je remercie mes parents et ma grand-mère, George, Alexandra et Zileti, mes frères Bobby, Angelo, Nick, Harry et George et mes amis Malek, Mora, Saki et Many pour avoir été là tout simplement. Je vous assure qu'il n'y a rien de plus important dans la vie que l'amour. Je voudrais remercier ma copine Emmanuelle qui m'a épaulé dans les moments les plus difficiles. Finalement, mes amis qui, à leur façon, m'ont toujours donné un coup de pouce pour que je progresse. Les mots voyagent loin, merci à tous.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES ACRONYMES	x
RÉSUMÉ	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	3
REVUE DE LITTÉRATURE	3
1. Éléments de connaissances	3
1.1. Aspects physiologiques.....	3
1.1.1-Fréquence cardiaque	3
1.1.2.-Acide lactique	4
1.1.3.-Fibres musculaires	5
1.1.4.-Consommation maximale d'oxygène (VO ₂ max).....	5
1.2. Demande physique.....	6
1.2.1.-Intensité du sport	6
1.2.2.-Aérobic et soccer	7
1.2.3.-Anaérobic et soccer	8
1.2.4.-Vitesse et soccer	8
1.2.5.-Force et soccer	9
1.2.6.-Récupération et soccer.....	10
1.3. État actuel des méthodes d'entraînement.....	11
1.3.1.-Travail par intervalles.....	11
1.3.2.-Travail de périodisation	11
1.4. Évaluation et soccer	12
1.4.1. Différents tests d'évaluation	12
1.4.2. Méthodes de quantification.....	12
1.5. Justification des choix concernant la relation FC-VO ₂ max	14
OBJETIFS ET QUESTION DE RECHERCHE	16
CONSIDÉRATIONS PHYSIOLOGIQUES	18
CHAPITRE II	19
MÉTHODOLOGIE	19
2.1 Les sujets	19
2.2 Variable indépendante et schéma expérimental.....	20
2.2.1 Entraînement et match	20

2.2.1.2 Température	20
2.3 Variables dépendantes	21
2.3.1 Mesures physiologiques.....	21
2.3.1.1 En laboratoire, test d'Åstrand modifié sur tapis roulant	21
2.3.1.2 Enregistrement lors des entraînements et des matchs sur le terrain.....	21
2.4 Procédures.....	21
2.4.1 En laboratoire.....	21
2.4.2 Sur le terrain	22
2.5 Traitement et analyses des données	23
Analyse statistique	26
CHAPITRE III.....	27
RÉSULTATS.....	27
3.1. Paramètres physiologiques	27
3.1.1. Résultats laboratoire	27
3.1.2 Corrélation	28
3.2 % HRR vs % VO ₂ max ou % VO ₂ R	28
3.2. Résultats en entraînement	29
3.3. Résultats en match	30
3.4. Entraînement versus match.....	32
3.5 Match 1 versus match 2	61
CHAPITRE IV	72
DISCUSSION	72
4.1. Effet des paramètres physiologiques en laboratoire sur la dépense énergétique en entraînement et en match.....	73
4.2. Effet des dépenses énergétiques en activité.....	75
4.2.1 Dépenses énergétiques en entraînement.....	75
4.2.2 Dépenses énergétiques en match.....	76
4.2.3. Comparaison entraînement et match.....	77
4.4. Effet des dépenses énergétiques en deux matchs.....	79
4.5. Les différentes méthodes : où se trouve la différence?.....	79
4.5.1. Différences observées entre % HRR, % VO ₂ max et % VO ₂ R.....	81
4.6. Limites de l'étude et hypothèse	82
CONCLUSION.....	84
RÉFÉRENCES.....	86
ANNEXE A.....	93

ANNEXE B.....	96
ANNEXE C.....	98
ANNEXE D	100

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Analyse de l'entraînement en POINTE.....	25
Figure 2.2. Analyse de l'entraînement en MOY.....	25
Figure 2.3. Analyse de l'entraînement en GEN.....	26
Figure 3.1 Corrélation de l'équipe obtenue selon VO ₂ -FC.....	28
Figure 3.2 Relation obtenue pour % HRR vs % VO ₂ max et % HRR vs % VO ₂ R.....	29
Figure 3.3 : FC POINTE obtenue durant entraînement et match.....	32
Figure 3.4 : Comparaison entraînement vs match présentée en % FCmax POINTE..	33
Figure 3.5 : Comparaison entraînement vs match présentée en % HRR POINTE.....	33
Figure 3.6 : Comparaison entraînement vs match présentée en % VO ₂ max POINTE..	34
Figure 3.7 : Comparaison entraînement vs match présentée en % VO ₂ R POINTE..	35
Figure 3.8 : Comparaison entraînement vs match présentée en FC MOY..	36
Figure 3.9: Comparaison entraînement vs match présentée en % FCmax MOY.....	36
Figure 3.10: Comparaison entraînement vs match présentée en % HRR MOY.....	37
Figure 3.11 Comparaison entraînement vs match présentée en % VO ₂ max MOY..	38
Figure 3.12 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % VO ₂ R MOY.....	39
Figure 3.13 : Comparaison entre entraînement et match présentée en FC GEN..	39
Figure 3.14 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % FCmax GEN..	40
Figure 3.15 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % HRR GEN.....	41
Figure 3.16 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % VO ₂ max GEN.....	41
Figure 3.17 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % VO ₂ R GEN..	42
Figure 3.18 : Comparaison entre entraînement et match présentée en TRIMPS.....	43
Figure 3.19 : Comparaison entre entraînement et match présentée en TRIMPS/min. * indique une différence significative entre entraînement et match (p < 0,05).	44
Figure 3.20 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en FC (b.p.m.) POINTE.	45
Figure 3.21 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % FCmax POINTE.	46
Figure 3.22 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % HRR POINTE.	47
Figure 3.23 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO ₂ max POINTE.	48

Figure 3.24 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO ₂ R	
POINTE.....	49
Figure 3.25 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en FC (b.p.m.)	
MOY.....	50
Figure 3.26 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % FCmax	
MOY.....	51
Figure 3.27 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % HRR MOY.	
.....	52
Figure 3.28 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO ₂ max	
MOY.....	53
Figure 3.29 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO ₂ R	
MOY.....	54
Figure 3.30 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en FC (b.p.m.)	
GEN.....	55
Figure 3.31 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % FCmax	
GEN.....	56
Figure 3.32 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % HRR GEN.	
.....	57
Figure 3.33 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO ₂ max	
GEN.....	58
Figure 3.34 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO ₂ R GEN.	
.....	59
Figure 3.35 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en TRIMPS.....	59
Figure 3.36 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en TRIMPS/min.	
.....	60
Figure 3.37 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en FC b.p.m. POINTE.....	63
Figure 3.38: Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % FCmax POINTE.....	63
Figure 3.39 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % HRR POINTE.....	64
Figure 3.40 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO ₂ max POINTE.....	64
Figure 3.41 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO ₂ R POINTE.....	65
Figure 3.42 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en FC b.p.m. MOY.....	66
Figure 3.43 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % FCmax MOY.....	66
Figure 3.44 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % HRR MOY.....	67
Figure 3.45 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO ₂ max MOY.....	67

Figure 3.46 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO_2R MOY.	68
Figure 3.47 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en FC b.p.m. GEN.	68
Figure 3.48 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % FCmax GEN.	69
Figure 3.49 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % HRR GEN.	69
Figure 3.50 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO_2max GEN.	70
Figure 3.51 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO_2R GEN.	70
Figure 3.52 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en TRIMPS.	71
Figure 3.53 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en TRIMPS/min.	71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 :	Mesures anthropométriques des joueurs participant à l'étude.....	20
Tableau 3.1.	Résultats du test progressif d'Åstrand modifié sur tapis roulant.....	27
Tableau 3.2.	Variables du coût de l'activité physique durant les séances d'entraînement.....	30
Tableau 3.3.	Variables du coût de l'activité physique durant les séances de match.....	31
Tableau 3.4	Variables de la dépense d'activité physique durant les matchs 1 et 2.	62

LISTE DES ACRONYMES

Adénosine triphosphate (ATP)

Catégorie générale (GEN) voir explication p.24

Catégorie moyenne (MOY) voir explication p.24

Catégorie pointe (POINTE) voir explication p.23

Consommation maximale d'oxygène (VO_2max)

Consommation maximale d'oxygène de réserve (VO_2R)

Débit cardiaque (DC)

Débit ventilatoire (DV)

Estime le niveau de fatigue induit par l'exercice en utilisant le ratio travail cumulé/endurance

Fréquences cardiaques (FC)

Fréquences cardiaques maximales (FCmax)

Fréquences cardiaques moyennes (FCmoy)

Fréquences cardiaques de repos (FC_R)

Fréquence respiratoire (f)

Fréquences cardiaques de réserve (HRR)

Ion d'hydrogène (H⁺)

Kilocalories (Kcal)

Lactate (La⁻)

Minute (min)

Phosphocréatine (PCr)

Quotient respiratoire (QR)

1RM (une répétition maximale)

Temps intégral des pulsations cardiaques d'entraînement (TRIMPS)

Temps intégral des pulsations cardiaques d'entraînement par minute (TRIMPS/min)

Volume courant (VC)

Volume d'éjection systolique (VES)

Volume de gaz carbonique expiré (VCO_2)

Volume d'oxygène consommé (VO_2)

Volume d'oxygène consommé maximal par kg par minute (VO_2max ; ml//kg/min)

RÉSUMÉ

Au Québec, nous comptons plus de 150 000 inscriptions au soccer amateur par année. Le manque d'investissement financier ainsi que de structures et d'expertise athlétique cause des problèmes de santé tels que des blessures d'usage et du surentraînement. De plus, cette carence ne permet pas aux joueurs d'atteindre la forme physique souhaitable de manière sécuritaire. La littérature rapporte que l'intensité observée en match à différents niveaux, allant d'amateur à professionnel, varie entre 90 et 95 % de la FCmax et entre 70 et 75 % du VO₂max. Cependant, ces observations proviennent d'enregistrements effectués durant un match. La présente étude a pour but principal l'analyse et la comparaison des coûts cardiaques absolus et relatifs ainsi que de la dépense énergétique en entraînement et en match chez des joueurs amateurs universitaires durant un championnat de dix semaines (de la fin août à la fin octobre). De plus, l'évaluation de ces coûts cardiaques absolus et relatifs ainsi que la dépense énergétique en deux matchs consécutifs sont à l'étude. Un total de 17 joueurs a été recruté pour participer à l'étude sur une période de dix semaines. Les fréquences cardiaques (FC) ont été enregistrées durant les séances d'entraînement (deux par semaine) et de matchs (deux par semaine) à l'aide de ceintures cardiofréquencesmètres (Polar® Team System™ Oy, Kempele, Finland). Préalablement aux enregistrements des FC sur le terrain, tous les joueurs ont effectué un test maximal progressif sur tapis roulant afin d'obtenir leurs VO₂max et FCmax individuels. Les joueurs ont été informés de courir à une vitesse constante et confortable, entre 8 km/h et 12 km/h, suivie d'une augmentation de 2 % d'inclinaison à chaque 2 min jusqu'à épuisement. Le VO₂ a été mesuré à l'aide d'un chariot métabolique (Morgan, Roxon, Montréal Canada). Les coûts cardiaques absolus et relatifs ainsi que la dépense énergétique furent quantifiés selon sept méthodes : fréquence cardiaque (FC), % des fréquences cardiaques maximales (% FCmax), % des fréquences cardiaques de réserve (%HRR), % consommation maximale d'oxygène (%VO₂max), % consommation maximale d'oxygène de réserve (%VO₂R), TRIMPS (HR-zone) et TRIMPS/min. Le % VO₂max et le % VO₂R résultent de l'extrapolation du VO₂ et de la corrélation FC-VO₂max respectives des joueurs (établies durant le test sur tapis roulant). Les TRIMPS ont été calculés selon la méthode proposée par Edwards (1993) et utilisée par Foster (2001). Les résultats ont été traités avec le logiciel de statistiques SPSS (version 16). Une analyse descriptive fut effectuée et les données sont présentées comme valeurs moyennes ± écart type. Les différences entre les semaines furent décelées par une analyse de la variance simple (pour entraînement et match) et les différences entre match et entraînement (semaine par semaine) par un test t de Student non apparié. La corrélation de Pearson fut utilisée afin de mesurer la puissance des relations entre les variables dépendantes et indépendantes. Le niveau de signification fut établi à $p < 0.05$ dans tous les cas. L'ensemble des sept méthodes de quantification démontre que, sur les dix semaines de championnat, les joueurs demeuraient beaucoup plus actifs en match qu'en entraînement. Par contre, selon la méthode de quantification, nous avons observé une multitude de différences lors des comparaisons intermatch et interentraînement. Beaucoup de travaux sont encore nécessaires afin de trouver les causes physiologiques de la fatigue au soccer. Une fois que l'intégration de la distance, du temps et de l'intensité jumelée aux différents facteurs physiologiques, causant la fatigue sera étudiée, des normes pourront être établies permettant la conception de planification juste et efficace chez les niveaux amateurs

Mots clés : Soccer, TRIMPS, Fréquence Cardiaque, Soccer, Astreinte Cardiaque, Coût Cardiaque.

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, le soccer au Québec s'est développé à un rythme impressionnant (Québec Soccer). À l'échelle mondiale, nous comptons 156 pays participants à la Coupe du monde qui se déroule toutes les quatre années (FIFAworldcup.com). Ce n'est pas un hasard s'il existe plusieurs méthodes d'entraînement et par le fait même plusieurs écoles de pensée. Même avec cette multitude de types d'entraînement et manières de voir le jeu, les données en ce qui concerne le VO_2 et les fréquences cardiaques en situation de match n'ont pas été développées, voire négligées (Ogushi et al., 1993). C'est pour cette raison que l'objectif principal du mémoire est d'examiner le rendement des joueurs durant les parties et les entraînements afin de créer une source de comparaison additionnelle entre match et entraînement.

Étant donné la longueur d'un match, à savoir 90 minutes, il n'est pas étonnant que le soccer soit classé comme un sport en aérobie. Les données obtenues à ce jour indiquent qu'un joueur professionnel court environ 12 à 14 km durant un match (Mohr, Krustup et Bangsbo, 2003). Il a été noté qu'un joueur effectue une accélération durant 2 à 4 secondes, toutes les 90 secondes (Stolen et al., 2005). De plus, il a été démontré qu'un joueur effectue de 1000 à 1400 mouvements d'agilité à chaque match soit, des têtes, des duels de force, des glissades, des sprints, etc. (Mohr, Krustup et Bangsbo, 2003). Selon Bangsbo, un joueur professionnel, durant un match, marche à 70 %, court à une légère intensité à 23 %, effectue des courses rapides à 5 % et sprint à 2 % du temps total (Bangsbo, 1994). Ce qui nous amène à confirmer que le soccer est un sport qui fait appel au système aérobie. Le système aérobie se définit comme la quantité d'oxygène disponible suffisante à la combustion des substrats énergétiques nécessaires à la contraction musculaire (Weineck, 1997). Toutefois, le joueur de soccer recourt souvent au système anaérobie (apport en oxygène insuffisant durant le sprint, étant donné la forte intensité de la charge) surtout lors d'efforts intenses (supérieur à 90 %) de plus de 30 secondes (Weineck, 1997). D'ailleurs, plusieurs études affirment que le travail physique au soccer est proche du seuil anaérobie, à savoir de 80 à 90 % de la fréquence cardiaque maximale (Stolen et al., 2005). Compte tenu des différentes phases de jeu, le soccer exige une bonne condition physique en aérobie, en anaérobie, en vitesse, en souplesse, en force et en coordination.

Dans la littérature, peu de données expliquent ce qui se passe durant un match lorsqu'on parle de VO_2 et de fréquence cardiaque (FC) (Ogushi et al., 1993). Selon Ogushi, il n'y a pas

assez d'information concernant la façon dont réagit le corps en situation de match (Ogushi et al., 1993). Ceci est dû aux contraintes instrumentales qui peuvent nuire aux performances des joueurs.

Du point de vue personnel, la présente étude effectuée au Québec a permis de déterminer si l'intensité des entraînements est comparable ou plus élevée que celle en situation de match. Selon la Fédération de soccer du Québec, il y a plus de 160 000 inscriptions au Québec par année au niveau junior (18 ans et moins). Par conséquent, cette recherche peut s'avérer bénéfique à la société active dans le sens où nous avons mesuré l'intensité des entraînements en fonction des matchs afin d'améliorer la performance d'un groupe (équipe de soccer universitaire). De plus, cette recherche nous a permis de connaître plus en détail les méthodes d'évaluation et la physiologie d'un joueur de soccer.

Nous avons donc décidé de mesurer les fréquences cardiaques (FC) en match et en entraînement. Le fait de mesurer les fréquences cardiaques en entraînement a permis de vérifier si les sessions d'entraînement exigeaient une performance suffisante pour une amélioration de la condition physique. Le cadre du championnat universitaire a aussi permis d'enregistrer les fréquences cardiaques durant deux matchs en trois jours. Nous croyons que cet aspect distingue notre recherche des autres en ce qui concerne l'évaluation de la dépense énergétique durant les matchs étant donné que la plupart des études n'ont pas enregistré de matchs consécutifs sur une saison universitaire complète. Donc, le but principal de la présente étude était d'établir une comparaison entre entraînement et match en utilisant différentes méthodes de quantification, alors que l'objectif secondaire était de comparer la dépense énergétique sur deux matchs consécutifs. L'hypothèse était que le premier match causerait une altération au point de vue de l'intensité de la dépense énergétique sur le second match.

Le chapitre I présente l'état des connaissances se rapportant à la problématique, les objectifs et les limites de recherche ainsi que la pertinence de réaliser cette étude. Le chapitre II présente la méthodologie utilisée pour réaliser l'étude, tandis que le chapitre III rapporte les résultats obtenus en laboratoire et sur le terrain. Le chapitre IV est consacré à la discussion et une conclusion termine le document.

CHAPITRE I

REVUE DE LITTÉRATURE

1. Éléments de connaissances

1.1. Aspects physiologiques

1.1.1-Fréquence cardiaque

Le soccer étant un sport d'équipe et de contact, les fréquences cardiaques (FC) demeurent un excellent moyen de vérification de la condition physique. Plus le joueur s'entraîne, plus son système cardiovasculaire subit des changements physiologiques importants. En cas d'entraînement d'endurance, le ventricule gauche augmente en volume et en épaisseur (hypertrophie). En cas d'entraînement en force, le ventricule gauche ne subit qu'une augmentation d'épaisseur (hypertrophie) (Aubert, Seps et Beckers., 2003). Étant donné que le soccer est un sport qui demande une contribution élevée d'endurance, le ventricule gauche d'un joueur de soccer est relativement grand. Dans son article, Vanfraechem démontre la corrélation étroite entre le volume d'éjection systolique et les fréquences cardiaques de 17 joueurs de soccer universitaire (Vanfraechem, 1979). Ce qui indique que, à la suite d'un entraînement d'endurance, le volume du cœur et le volume d'éjection systolique augmentent, alors que les fréquences cardiaques diminuent, créant ainsi un équilibre afin de maintenir ou même améliorer le débit cardiaque tout en augmentant l'efficacité du cœur. Plusieurs entraîneurs utilisent la méthode de mesure de la FC afin de démontrer les bienfaits de leur programme d'entraînement. D'ailleurs, dans l'article Krstrup et al. (2005) «Physical Demands during an Elite Female Soccer Game: Importance of Training Status», les auteurs ont mesurés la dépense énergétique chez 14 joueuses d'élite de la ligue danoise de soccer féminin. La fréquence cardiaque moyenne (FC_{moy}) enregistrée en match était de 167 b.p.m. La fréquence cardiaque maximale (FC_{max}) fut de 186. Ces résultats correspondent respectivement à 87 % et 97 % de la FC_{max} (Krstrup et al., 2005). Dans une autre étude, auprès de sujets d'élite en début de puberté versus d'autres en fin de puberté (âgés de 12 à 14 ans), les FC enregistrées durant un match furent presque identiques. En première et deuxième demies, le groupe élite en début de puberté a enregistré des FC de 177/174 b.p.m. et celui en fin de puberté des FC de 178/173 b.p.m. Dans la même étude, on évaluait des joueurs non d'élite en puberté et les FC moyennes enregistrées étaient de 162 b.p.m en première

demie et de 157 b.p.m. en deuxième demie (Stroyer, Hansen et Klausen, 2004). Chez les hommes, plusieurs études ont décrit les FC en match (Stolen et al., 2005) (voir annexe D). Ces études nous ont guidé afin de comparer nos résultats obtenus chez des joueurs de niveau universitaire.

1.1.2.-Acide lactique

L'accumulation musculaire de lactate et d'ions d'hydrogène libre (H^+) se produit lors d'effort de haute intensité. Chez les humains, on retrouve aussi deux protéines cellulaires de monocarboxylate transporteur de lactate, les MCT1 et les MCT4 et ce, dans les trois types de fibres musculaires (Evertsen, Medbo et Bonen, 2001). Dans leur étude, Evertsen, Medbo et Bonen (2001) démontrent en laboratoire une corrélation entre le seuil lactate sanguin et la concentration de MCT1 musculaire. Ces auteurs parviennent à conclure qu'avec l'entraînement à haute intensité chez des skieurs de fond d'élite, il y a augmentation du seuil lactate sanguin et de la performance en compétition (course). En revanche, un autre groupe faisant partie de la même étude, mais s'ayant entraîné à une intensité modérée, a démontré peu d'effet (Evertsen, Medbo et Bonen, 2001). Plusieurs auteurs proposent que le processus aérobie, même pour des efforts intenses de courte durée (< 10 sec), est un facteur déterminant à l'élimination de lactate sanguin (Edge et al., 2005; Tomlin et Wenger, 2001). De plus, un certain nombre d'études démontrent que parmi plusieurs déterminants, l'accumulation de lactate sanguin est responsable de l'arrêt de l'effort physique (Glaister, 2005). Toutefois, tel que proposé par Robergs et al (2004), l'arrêt de l'effort physique n'est pas directement causé par l'accumulation de lactate sanguin, mais plutôt causé en partie par l'accumulation d'ions d' H^+ musculaire libéré par la transformation d'acide lactique en anion de lactate.

Chaque athlète détient un niveau d'inflexion d'accumulation de lactate sanguin différent (Billat et al., 2003; Krustup et al., 2006b). Un seuil d'accumulation de lactate sanguin plus élevé signifie en théorie que les joueurs puissent maintenir une intensité physique moyenne plus élevée durant un match de soccer sans accumulation de lactate. McMillan et al. (2005) signalent qu'en effet, il y a eu augmentation de la vélocité de course aux deux seuils de lactate sanguin du début de l'entraînement jusqu'au début du championnat. Par contre, ils ne remarquent aucun changement quand ces données sont exprimées relativement aux fréquences cardiaques (McMillan et al., 2005). Le taux maximal à l'état stable de lactate sanguin (MLSSc, maximal lactate steady state) donne traditionnellement des concentrations en moyenne de 4.0 mmol/L (Billat et al., 2003). Par contre, il a été soulevé par plusieurs études qu'il se trouve un écart du MLSSc variant entre 2 et 8 mmol/L chez les athlètes, sans nuire à leur performance (Billat et al., 2003). Au soccer, puisque

les courses sont en grande partie inférieures à 15 secondes, le taux de lactate sanguin n'atteint pas les limites du seuil d'accumulation de lactate sanguin (Bangsbo, Norregaard et Thorsoe, 1991). Cependant, en raison de la longueur des matchs de soccer, il a été observé des enregistrements de concentration de lactate sanguin en fin de partie variant de 5 mmol/L à 7 mmol/L (Stolen et al., 2005).

1.1.3.-Fibres musculaires

En règle générale, nous comptons trois sortes de fibres musculaires (Wilmore et Costill, 1998). Les fibres ST, dites lentes, possèdent un haut degré d'endurance aérobie. Les fibres FT, dites rapides, possèdent, à l'inverse, une faible endurance en aérobie. Les FT sont subdivisées en deux soit, les FTa et les FTb. Les FTa développent beaucoup plus de force que les fibres de type ST. Les FTb sont préférentiellement sollicitées dans des activités à caractère court explosif (Wilmore et Costill, 1998). Il est plus courant de retrouver des fibres en hypertrophie de type FT chez les joueurs de soccer en raison de leur vitesse et de leur travail d'intermittence à haute intensité (Spencer et al., 2005; Glaister, 2005; Kuzon et al., 1990). Évidemment, cela dépend de la position de chaque joueur. Chez les défenseurs et les joueurs d'attaque, il est plus plausible et plus avantageux d'avoir des fibres de type FTb, donc rapides. Cela est possiblement relié à la position, étant donné que ces joueurs ne couvrent pas autant de terrain que les joueurs de milieu (Bangsbo, Norregaard et Thorsoe, 1991; DiSalvo et Pigozzi 1998). Ces derniers par contre, ont été identifiés pour détenir plus de fibres de type FTa en raison de leur endurance (Science and football 3rd edition). L'analyse des fibres musculaires (biopsie musculaire) se révèle un bon moyen pour déterminer la performance du joueur de soccer en match et surtout lors de sprints consécutifs (Krustrup et al., 2006b). Généralement, nous ne voyons pas de joueurs de soccer ayant une forte proportion de fibres de type ST tels les athlètes de marathon, car le soccer n'en requiert pas autant.

1.1.4.-Consommation maximale d'oxygène ($VO_2\text{max}$)

La consommation maximale d'oxygène ($VO_2\text{max}$) est caractérisée par l'oxygène total que peut utiliser un individu durant un exercice physique d'intensité élevée. Le $VO_2\text{max}$ est fréquemment utilisé pour mesurer le niveau cardiorespiratoire maximal des individus. Chez les hommes au soccer, le $VO_2\text{max}$ varie entre 50 et 75 ml/kg/min (Stolen et al., 2005). Dans la littérature scientifique, une augmentation du $VO_2\text{max}$ est un excellent indicateur des bienfaits de l'entraînement (Bassett et Howley, 2000). Une meilleure oxygénation signifie une meilleure circulation et une meilleure capacité de récupération. Ceci a été appuyé par Hurley et al. (1984) qui démontrent qu'une amélioration du $VO_2\text{max}$ avec entraînement en endurance stimule des

adaptations amenant à une diminution du taux de lactate sanguin. Au soccer, les tests en laboratoire sont les plus directs et les plus précis. Il est suggéré d'effectuer le test sur tapis roulant afin de se rapprocher le plus du match de soccer (Stolen et al., 2005). Plusieurs études signalent qu'avec l'entraînement en aérobie, il y a augmentation du $VO_2\text{max}$. L'étude de Helgerud et al. (2001) porte sur deux groupes de jeunes joueurs de soccer. Son premier groupe a été entraîné en aérobie deux fois par semaine pendant huit semaines à des niveaux proches du seuil lactique, donc à 90 % des FCmax. Les entraînements étaient en intervalles constituant 4 fois 4 min à 90 % des FCmax entrecoupés par de la récupération de 3 min à 50 % des FCmax (en plus des entraînements d'équipe). Le second groupe continuait de faire des entraînements en technique de soccer. Le premier groupe a eu une amélioration du $VO_2\text{max}$ de 58.1 à 64.3 ml/kg/min, tandis que le second groupe n'a vu aucun changement. En plus d'avoir relevé des améliorations du $VO_2\text{max}$ par les entraînements en aérobie, il a été démontré des bienfaits en $VO_2\text{max}$ par les entraînements en force. En contraste, l'étude « Maximal strength training improves aerobic performance », nous fait constater que l'entraînement en force n'influence aucunement le $VO_2\text{max}$, mais améliore la performance en ce qui concerne l'efficacité de travail (*work economy*, qui signifie que le coût en oxygène que requiert l'intensité d'un exercice sous-maximal est diminué) (Hoff, Gran., Helgerud, 2002). D'ailleurs, certaines études ont relevé des augmentations allant jusqu'à 20 % de l'efficacité de travail sans aucun changement au $VO_2\text{max}$. Ce qui veut dire qu'un joueur ne devrait pas être jugé sur son $VO_2\text{max}$ seulement.

1.2. Demande physique

1.2.1.-Intensité du sport

Comme il a été mentionné précédemment, le soccer est considéré principalement comme un sport d'endurance à cause de la durée de match qui est de 90 minutes et du fait que les joueurs en match atteignent régulièrement des valeurs maximales de la fréquence cardiaque. Il a été démontré que le soccer est un sport qui est à 98 % aérobie et à 2 % anaérobie (Bangsbo, 1994). Selon Hoff et Helgerud (2004), un joueur de soccer court entre 8 et 12 km durant un match de 90 minutes. Cela dit, l'intensité moyenne d'un joueur de soccer durant un match est mesurée approximativement à un niveau proche du seuil anaérobie (Hoff et Helgerud, 2004). Les sprints de haute intensité, qui sont dépendants du système anaérobie, font appel au système aérobie pour des fins de récupération. D'ailleurs, c'est pour des raisons de récupération qu'un joueur est forcé de se maintenir à un niveau légèrement sous le seuil anaérobie durant les matchs, soit entre 82 et 85 % du $VO_2\text{max}$ (Spencer et al., 2005). Les recherches indiquent que, lors d'un match de soccer, un joueur effectue entre 20 et 60 sprints, ce qui nous amène à un total approximatif d'entre 700 et

1000 m, respectivement d'accélération (Spencer et al., 2005). Évidemment, ce total n'inclut que les sprints, à savoir une distance de 10 à 20 m et un temps de 2 à 3 secondes en moyenne (Spencer et al., 2005). Cela exclut les mouvements de haute intensité tels que les tacles, les glissades, les duels de force et les sauts. Utilisant une analyse cinématique, Bangsbo, Norregaard et Thorsoe (1991) résumant les activités physiques durant un match professionnel. Les joueurs professionnels passent 19,5 % du temps debout, 41,8 % du temps en marchant et 29,9 % du temps en course légère. Finalement, ils passent 8,7 %, 1,4 % et 3,7 % du temps à courir à haute intensité, à sprinter et à courir à reculons respectivement (Mohr, Krustup, Bangsbo, 2003). Plus précisément, il est démontré que la seconde partie du match est légèrement moins intense. Ceci est confirmé dans une étude effectuée auprès de joueurs professionnels de la ligue danoise, où la distance couverte en première partie du match est de 5 à 9 % supérieure à la deuxième partie du match (Spencer et al., 2005).

1.2.2.-Aérobic et soccer

Le soccer est principalement un sport de type aérobic. Comme il a été mentionné précédemment, la longueur des matchs (90 min) fait en sorte que les joueurs puisent leurs énergies en grande partie de leur système oxydatif. Le système aérobic dépend essentiellement de trois facteurs : le $VO_2\text{max}$, le seuil anaérobic et l'efficacité de travail (Hoff et al., 2006). L'amélioration d'un de ces trois facteurs augmente forcément la performance aérobic du joueur. Il est démontré que plus le $VO_2\text{max}$ est grand, plus le joueur performe. Dans une étude auprès d'équipes nationales, il a été observé que les équipes au haut du tableau (Allemagne) ont une moyenne de $VO_2\text{max}$ nettement supérieure à celle des équipes au bas du classement (Singapour) (Stolen et al., 2005). Évidemment, les demandes énergétiques sont reliées directement à la position des joueurs. Une étude de Wisloff, Helgerud et Hoff (1998) portant sur deux équipes de la ligue élite en Norvège démontre clairement la différence entre la capacité maximale d'oxygène consommé et la position du joueur sur le terrain. Lors de tests progressifs en laboratoire, Wisloff, Helgerud et Hoff (1998) ont relevé des $VO_2\text{max}$ chez les défenseurs, chez les milieu de terrain et chez les attaquants. Cette différence peut être expliquée par le fait que les milieu de terrain soient entraînés à couvrir plus d'espace durant un match en raison de la nature de leur position qui sert de relais entre la défense et l'attaque. En conséquence, les milieu de terrain parcourent une plus grande distance que les défenseurs et les attaquants (Bangsbo, Norregaard, Thorso 1991). Bangsbo, Norregaard et Thorso (1991) présentent une étude sur l'analyse du profil d'activité au soccer où ils concluent qu'en moyenne, un joueur de soccer parcourt 10,80 km durant un match de 90 minutes. La distance moyenne chez les milieu de terrain est de 11.4 km comparativement à

une distance de 10,1 km et 10,5 km. chez les défenseurs et les attaquants respectivement (Bangsbo, Norregaard, Thorso 1991).

1.2.3.-Anaérobie et soccer

Comme nous l'avons mentionné auparavant, le soccer se caractérise principalement par une multitude de mouvements de courte durée à intensité élevée et ce, durant 90 minutes. Lorsque ces mouvements de courte durée ne nécessitent pas d'oxygène, nous parlons de métabolisme anaérobie. Durant un effort de courte durée (moins de 6 secondes) l'adénosine triphosphate (ATP, molécule utilisée par tous les organismes vivants pour fournir de l'énergie aux réactions chimiques) est resynthétisé majoritairement par le métabolisme anaérobie à 90 % et seulement à 10 % d'aérobie (Glaister, 2005). L'habileté à effectuer plusieurs de ces mêmes mouvements dépend donc essentiellement de cinq facteurs : le taux d'oxygène disponible, l'habileté à réguler des ions d'hydrogène, la durée du mouvement, la durée de la récupération et la concentration de glycogène dans les muscles (Dupont, Blondel et Berthoin, 2003; Krstrup et al., 2006b). Parallèlement, Gaitanos et al. (1993) expliquent le phénomène de sprints de courte durée. Les auteurs ont établi un protocole démontrant 10 sprints de moins de 6 secondes. Malgré la différence de puissance enregistrée entre le premier et le dernier sprint, il n'y a eu aucun changement en ce qui concerne le lactate musculaire, suggérant que l'augmentation de l'oxygène remédie à la déplétion du glycogène. Ce qui nous amène à dire que la contribution du métabolisme aérobie, malgré sa faible représentation dans une accélération de courte durée, est relativement plus grande lors de plusieurs sprints répétitifs (Spencer et al., 2005). Cela est confirmé par Edge et al. (2005) qui soutiennent que l'entraînement par intervalles contribue à une augmentation du VO_{2max} . De plus, ils démontrent (malgré le fait qu'il n'y ait eu aucun changement physiologique en ce qui concerne la production d'ATP, de PCr, de La- et de H+ postexercice entre les deux groupes) que l'entraînement par intervalles à haute intensité est beaucoup plus bénéfique que celui par intervalles à moyenne intensité pour les sports à sprints répétitifs.

1.2.4.-Vitesse et soccer

En plus d'être endurants, les joueurs de soccer doivent être armés de vitesse (Stolen et al., 2005). La vitesse au soccer permet de meilleures accélérations sur de petites distances, des changements de direction rapides ainsi que d'une plus grande vitesse d'exécution sur des gestes techniques. De sorte que l'adaptation neuromusculaire est importante ainsi que le recrutement de motoneurones permettant l'activation des fibres musculaires appropriées (Stolen et al., 2005). Les motoneurones rapides sont sollicités en dernier en raison de leur grand diamètre et de leur seuil de

lactate sanguin (Behm et Sale, 1993). Ce qui signifie l'importance du type de fibres musculaires chez les joueurs de soccer en ce qui a trait à la vitesse. En entraînement de 1RM (une répétition maximale), toutes les fibres musculaires ou presque sont sollicitées (Behm et Sale, 1993). La vitesse au soccer est donc directement reliée à l'entraînement de la force à cause de l'importance de l'accélération. D'ailleurs, Cometti et al. (2001) démontrent un temps de vitesse similaire au sprint de 30 m chez des joueurs professionnels et amateurs français, mais un temps nettement plus rapide chez les professionnels pour ce qui est des sprints de 10 m. D'où provient l'importance de la force vitesse (Stolen et al., 2005). Les deux paramètres travaillés ensemble créent une force vitesse nécessaire au soccer. Ceci est prouvé dans l'étude de Wisloff et al. (2004) qui signalent une corrélation importante entre les demi-squats et les sprints. D'autres recherches mettent en évidence les effets de l'entraînement de la force explosive où il a été enregistré des améliorations sur le saut vertical, sur la concentration de testostérone et sur les sprints de 5 m (Gorostiaga et al., 2002). Évidemment, il est possible d'améliorer la vitesse par l'entraînement, cependant, elle atteint un plateau comme tout autre paramètre physiologique.

1.2.5.-Force et soccer

La force et l'endurance partagent une importance significative. La force maximale s'exprime sous forme de répétition maximale (1RM) et représente la force maximale que peut produire le système neuromusculaire durant une contraction (1RM) (Behm et Sale, 1993). Parallèlement, la puissance signifie la quantité de force maximale que peut produire une contraction dans un laps de temps minimal (Behm et Sale, 1993). Comme il a été mentionné précédemment, la force maximale ainsi que la puissance influencent assurément la vitesse compte tenu de l'importance de la force de démarrage lors des changements de direction. L'entraînement de la force consiste principalement en deux aspects : l'adaptation neurale et l'hypertrophie musculaire (Behm et Sale, 1993). Plusieurs entraîneurs négligent l'entraînement de la force soulevant qu'il aurait des répercussions négatives sur le $VO_2\text{max}$ (Cometti, 2002). Toutefois, de récentes études démontrent bien le contraire. Tout d'abord, une étude de Wisloff, Helgerud et Hoff (1998) rapporte comment une équipe qui détenait les meilleurs résultats en $VO_2\text{max}$ et en 1RM au demi-squat a terminé le championnat en première place. Ceci suggère que l'entraînement en force n'a pas perturbé la performance au $VO_2\text{max}$ (Wisloff, Helgerud, Hoff, 1998). Cette théorie est appuyée par une étude effectuée sur des fondeurs. La recherche mettait l'accent sur l'entraînement en force concentrique, simulant la gestuelle du ski de fond. Cela en raison de trois fois par semaine pendant huit semaines (Hoff, Gran, Helgerud, 2002). En contraste, une étude portant sur le «concurrent training» (qui signifie entraînement concurrent en force et en endurance) souligne

qu'il y a des conséquences pouvant diminuer le $VO_2\text{max}$ des athlètes (Glowacki et al., 2004). Ce qui veut dire que l'entraînement en force peut nuire à la performance au soccer. Ainsi, il semble préférable d'opter pour l'entraînement concentrique à haute intensité (Wisloff et al., 2004).

1.2.6.-Récupération et soccer

La récupération au soccer influence en deux situations et tout d'abord, dans un contexte plus spécifique par rapport aux accélérations à la course lors de matchs compétitifs. Une forte relation a été démontrée entre la vitesse de récupération et l'entraînement en endurance selon le $VO_2\text{max}$ (McMillan et al., 2005). Les études montrent qu'en exercice par intervalles de haute intensité, un $VO_2\text{max}$ élevé et un entraînement en endurance favorisent la récupération (Hoff and Helgerud, 2004). L'aspect aérobie améliore l'élimination de lactate sanguin et favorise la régénération de la PCr (Juel et al., 2003; Haseler et al., 2007). Lors de l'acidose du métabolisme, la concentration H^+ est augmentée créant ainsi par chémorécepteurs périphériques une augmentation de la ventilation (Widmaier, Raff, Strang, 2004). Durant la récupération, la consommation d'oxygène est donc augmentée afin de réinstaurer le processus métabolique de précompétition (Tomlin et Wenger, 2001). Au soccer, il existe deux formes de récupération, soit active ou passive. Dans leur étude sur les changements hémodynamiques suivant un effort supramaximal, Crisafulli et al. (2003), démontrent comment le volume d'éjection systolique (VES) et le débit cardiaque (DC) sont relativement plus bas lors d'une récupération passive plutôt qu'active. Ceci est dû principalement au repos musculaire qui réduit les stimuli des mécanorécepteurs et de la commande centrale, causant ainsi un retour au calme plus vite et donc une FC de repos (Crisafulli et al., 2003). La récupération passive est favorisée encore par Dupont, Blondel et Berthoin (2003) qui la comparent à la récupération active lors de courses par intervalles jusqu'à épuisement. Leurs résultats démontrent comment la récupération passive a permis à leurs sujets de courir plus longtemps comparativement aux courses à récupération active. En match, la récupération se fait d'une manière active puisque le jeu est continu. En entraînement, par contre, les entraîneurs ont le choix entre les deux méthodes de récupération, soit passive ou active. Finalement la seconde situation de récupération au soccer consiste à celle entre les périodes d'activités. Globalement, pour régénérer différentes filières énergétiques, il se trouve différentes méthodes de récupération tels les massages, les bains chauds, et évidemment, le sommeil (Gill, Beaven and Cook, 2006).

1.3. État actuel des méthodes d'entraînement

1.3.1.-Travail par intervalles

Le travail par intervalles demeure la méthode d'entraînement la plus utilisée pour le soccer (Hoff et al., 2006). Selon les périodes d'entraînement, l'intensité et le volume peuvent bien sûr varier. Le travail en intervalles adapte, d'une manière physiologique, le corps à récupérer à différents niveaux. L'option de s'entraîner par intervalles est reliée directement à la situation de compétition, car le soccer est un sport joué en intervalles. Que ce soit sous forme de course ou de jeu, le principe de variabilité d'intensité demeure le même (Hoff et al., 2006). De plus, plusieurs études démontrent qu'en travaillant en intervalles le $VO_2\text{max}$ augmente (Helgerud, et al. 2001). Les périodisations d'entraînement au soccer sont généralement construites suivant le prototype de compétitions (Bangsbo 1999). Au tout début, il y a un travail de capacité de très basse intensité et de haut volume. Par la suite, le volume diminue et l'intensité augmente. Parvenu en période spécifique, le niveau d'intensité dépassera le maximum. Lors de compétitions, les matchs, en général, suffisent à l'entretien du $VO_2\text{max}$. Plusieurs études démontrent un maintien du $VO_2\text{max}$ durant un championnat (Clark et al., 2008).

1.3.2.-Travail de périodisation

Les championnats de soccer durent environ huit mois et cela, en raison d'un ou deux matchs par semaine (Clark et al., 2008). Cela laisse aux équipes deux mois d'entraînement physique, tactique et technique. Les périodisations en vue de la préparation du championnat sont créées dans le but d'acquérir un travail de fond permettant aux équipes de durer tout le long du championnat. Certaines équipes optent pour la double périodisation et d'autres pour la simple (Bangsbo 1999). Indépendamment du choix, le principe d'entraînement le plus populaire demeure le même. Au début de la période d'entraînement, le volume d'entraînement est surélevé et l'intensité demeure très basse. Ce qui constitue la phase de préparation générale. Le but de cette phase est d'augmenter la capacité aérobie (Turpin, 2002). Au fur et à mesure que le championnat approche, le volume d'entraînement diminue et l'intensité augmente, entrant ainsi dans la phase spécifique d'entraînement (Cometti, 2002). Cette phase d'entraînement est celle où l'équipe se concentre plus sur la vitesse et les aptitudes anaérobies du soccer. Au croisement de notre courbe de volume et d'intensité, les équipes en général entament le championnat. Dans cette phase de compétition, l'équipe se concentre davantage sur la tactique et la technique. D'ailleurs, le volume d'entraînement est diminué considérablement et l'intensité est presque maximale (Weineck, 1997). Par la suite, la récupération et l'entretien prennent place pour le reste du championnat.

Évidemment, ceci n'est qu'un aperçu général des méthodes de périodisation et chaque entraîneur choisit la sienne.

1.4. Évaluation et soccer

1.4.1. Différents tests d'évaluation

En règle générale, les joueurs de soccer sont évalués sur leur capacité d'endurance, de vitesse, de force, de force vitesse et de souplesse. Sur le plan de l'endurance, il existe plusieurs tests mesurant le VO_2 max et l'efficacité de course. Le Leger-Lambert (course navette 20 m), le Cooper, le Yo-Yo 1R2 test et les tests en laboratoire sont les plus fréquemment utilisés (Stolen et al., 2005). En ce qui concerne l'évaluation de l'endurance en anaérobie/aérobie pour le travail intermittent, le Yo-Yo 1R2 semble être un bon outil d'évaluation. Le Yo-Yo 1R2 évalue l'habileté à effectuer plusieurs accélérations à haute intensité (puissance maximale aérobie, PMA) (Krustrup et al., 2006a). Le choix de l'outil d'évaluation dépend de l'entraîneur du moment et de la situation financière de l'équipe. En ce qui a trait à l'évaluation de la vitesse, les temps de course enregistrés sur 100 m, 30 m et 10 m (accélération) sont les plus souvent utilisés (Stolen et al., 2005). La force est mesurée principalement par le 1RM demi-squat et 1RM développé-couché (Hoff et Helgerud 2004). La force vitesse est évaluée par le test du saut vertical et le jump test tandis que la souplesse est évaluée par le test de Cuertons (Stolen et al., 2005).

1.4.2. Méthodes de quantification

Dans le but de cibler une FC d'entraînement optimale, plusieurs méthodes de quantification ont fait surface. Toujours basé sur l'enregistrement des FC comme outil de mesure, nous retrouvons plusieurs méthodes de quantification : le % FC par rapport à la fréquence cardiaque maximale (% FCmax), la % fréquence cardiaque de réserve (% HRR), le % de la consommation maximale d'oxygène (% VO_2 max) et le % de la consommation maximale d'oxygène de réserve (% VO_2 de réserve). La méthode % HRR consiste en un pourcentage de la différence entre la FCmax et la FC au repos (FC_R). Plusieurs auteurs ont par la suite réclamé que le % HRR équivalait au % VO_2 max (Panton et al 1996). Par contre, Swain et al. (1998) ont rapporté que le % HRR est une méthode de quantification plus rapprochée du % VO_2R que du % VO_2 max, le % VO_2R étant un pourcentage de la différence entre le VO_2 max et le VO_2 au repos (VO_2R). Dans leur article, les auteurs ont examiné la relation entre % HRR et % VO_2R en évaluant leurs sujets par des tests maximaux sur tapis roulant en laboratoire. Ils concluaient que la relation entre le % HRR et le % VO_2R est plus rapprochée de la ligne d'identité que la relation entre le % HRR vs le % VO_2 max (Swain et al., 1998). Ceci a été appuyé en 2006 par Dalleck et Kravitz qui démontraient, mais en

entraînement en aérobie sur appareil à course elliptique, qu'en effet ils obtenaient des résultats similaires concernant la relation % HRR et % VO₂R versus % HRR et % VO₂max. Dans la même étude, ils comparaient ces relations par deux exercices différents, soit sur tapis roulant et sur appareil à course elliptique. Les auteurs ont conclu que la régression entre les relations en question est équivalente sur les deux types d'activités (Dalleck et Kravitz, 2006). Malgré leurs utilités et précision, les méthodes de quantification énumérées auparavant (% HRR, % VO₂max et % VO₂R), ne s'avèrent pas exactes à bien quantifier l'exercice intermittent à haute intensité.

Plusieurs auteurs se sont penchés pour résoudre le problème de quantification du travail en intermittenace de haute intensité. Dérivées de plusieurs moyens de calculs différents, nous avons retrouvé un certain nombre de méthodes de quantification, dont la méthode par la perception du niveau de difficulté (RPE) qui consiste au produit du temps de l'exercice et de la perception du niveau de difficulté sur une échelle préétablie, par exemple l'échelle de Borg (CR10), la méthode Temps intégral des pulsations cardiaques d'entraînement (TRIMPS) qui est le produit de la durée de l'exercice et de l'intensité selon la FC et la méthode WER qui vise à estimer le niveau de fatigue induit par l'exercice en utilisant le ratio travail cumulé/endurance limitée associé au logarithme népérien du ratio travail/récupération (Desgorces et al., 2007). Il est important de souligner que la méthode TRIMPS a été conçue par Banister et al. en 1975. Les auteurs ont utilisé l'équation suivante pour quantifier un entraînement tout en tenant compte de la durée et de l'intensité de l'entraînement : $TRIMPS = TD \times HRr \times 0.64e^{(1.92 \times HRr)}$ (Macdougall, Wenger, Green, 1991). Par la suite, Foster et al. (2001) ont trouvé un moyen de modifier TRIMPS à l'aide de la méthode HR-zone utilisée par Edwards (1993). Cette nouvelle méthode est constituée principalement de la somme du temps passé dans chacune des cinq zones de FC enregistrées durant l'activité multipliée par un coefficient préétabli, par exemple : zone 1 = durée en min dans 50 %-60% x 1 + durée en min dans 60 %-70% x 2... jusqu'à durée en min dans 90 %-100 % x 5 (Foster et al., 2001). De la même façon, la méthode TRIMPS fut utilisée lors d'une étude sur la variabilité de la FC en cyclisme professionnel soit, au Tour d'Espagne. Les chercheurs reprirent la méthode TRIMPS modifiée par Banister et al. en 1975, pour l'adapter à leur étude (Earnest et al., 2004). Puisque le Tour d'Espagne consiste en trois phases, soit intensité légère, modérée et haute, les auteurs ont attribué trois coefficients pour leur calcul TRIMPS pour chacune des phases. Leur équation se résume à $TRIMPS \text{ total} = (\text{min en phase 1 FC min} \times 1) + (\text{min en phase 2 FC min} \times 2) + (\text{min en phase 3 FC min} \times 3)$ (Earnest et al., 2004).

Certaines de ces méthodes de quantification sont mises en comparaison. Dans leur étude, Foster et al. (2001) utilisent deux méthodes pour quantifier deux exercices différents. Leurs sujets ont exécuté deux types d'exercice en intermittenace, soit du bicycle ergonomique et du basketball.

L'intensité du travail intermittent a été quantifiée par la méthode RPE basée sur une échelle de 10 et par HR-méthode (TRIMPS). L'étude de Foster et al. (2001) conclut qu'en effet la méthode RPE est un excellent moyen d'estimation d'exercices par intermittence à haute intensité (Foster et al., 2001). Ces faits sont contestés dans une étude qui pousse un peu plus loin la question des méthodes de quantification et qui démontre comment les méthodes HR-zone et RPE n'étaient pas appropriées pour déterminer la relation entre la fatigue causée par l'exercice et les différents types de travail intermittent. Dans cette dernière étude, les sujets ont été entraînés modérément en sprint, force et endurance dans différents sports afin de quantifier la charge de travail. Tous les exercices ont été quantifiés par quatre méthodes soit, WER, RPE, TRIMPS et HR-zone (Banister et al., 1975; Edwards, 1993). Les auteurs proclament qu'étant donné la nature du travail intermittent à haute intensité, les méthodes RPE et HR zone présentent des limitations dues à la variabilité des FC durant l'exercice. Par contre, ils concluent que la méthode WER est une méthode valide pour comparer différentes charges de travail et d'exercices par intermittence (Desgorces et al., 2007).

Malgré le progrès en technologie et en méthodes de quantification, nous constatons encore un manque de certitude en ce qui concerne le choix des méthodes utilisées.

1.5. Justification des choix concernant la relation FC-VO₂max

À cause de l'aspect de contact et des différentes formes de sauts, de tacles, d'agilité et de vitesse, il est, jusqu'à présent (dans le domaine technologique), impossible de mesurer la dépense énergétique directement sur le terrain en ce qui concerne le VO₂. Par contre, il est possible de mesurer indirectement les dépenses en VO₂ par la mesure des fréquences cardiaques. Hoff et al. (2006) ont déterminé une relation entre VO₂ et FC à des niveaux sous-maximaux en laboratoire. Dans leur étude, où ils tentent de mesurer si l'entraînement avec ballon et des minimatchs sont des méthodes efficaces d'entraînement par intervalles, nous découvrons une courbe linéaire de la relation VO₂ et FC. Plus les FC montent, plus la consommation en O₂ est grande (Hoff et al., 2006). Dans une étude similaire effectuée sur le terrain et en laboratoire, Esposito et al. (2004) démontrent qu'il n'y a pas de différence significative dans la relation VO₂-FC. Dans leur cas, ils ont mesuré la VO₂-FC en laboratoire utilisant un test maximal sur tapis roulant, ainsi que la VO₂-FC sur le terrain, utilisant un circuit adapté aux divers mouvements du joueur de soccer. Ils justifiaient donc que la théorie VO₂-FC en laboratoire est en effet une excellente manière de mesurer indirectement le VO₂. Cette théorie est cependant controversée et plusieurs auteurs soutiennent qu'en contraction statique, en stress thermique et en stress psychologique, il y aura

augmentation de la fréquence cardiaque à n'importe quel niveau de VO_2 changeant par conséquent la courbe linéaire VO_2 -FC (Stolen et al., 2005).

OBJETIFS ET QUESTION DE RECHERCHE

Compte tenu du peu d'information dans la littérature scientifique relative aux dépenses énergétiques en match versus en entraînement au soccer et que simultanément, il n'y a pas d'information impliquant les fréquences cardiaques de deux matchs en série, la présente étude descriptive s'est développée dans le but de répondre à la question de recherche suivante :

1. Quels sont les coûts cardiaques (absolus et relatifs) et les dépenses énergétiques déployées par les joueurs durant un entraînement et un match de soccer ?
2. Quels sont les coûts cardiaques (absolus et relatifs) et les dépenses énergétiques déployées par les joueurs durant deux matchs consécutifs ?

Afin de répondre aux questions précédentes, voici les objectifs de l'étude :

1. Évaluer les sujets en laboratoire afin d'enregistrer leurs paramètres physiologiques et anthropométriques. Ensuite, pouvoir créer une corrélation avec les données enregistrées sur le terrain.
2. Suivre les sujets évalués sur le terrain pendant dix semaines en entraînement et en matchs afin de voir s'il y a une différence significative d'intensité entre entraînement et match.
3. Voir quelles méthodes de quantification établies à partir de l'enregistrement de la FC permettent d'établir les comparaisons.

Notre étude n'était pas piloté par une hypothèse puisqu'il s'agit d'une étude descriptive. Cependant, certaines limites de l'étude étaient importantes à respecter lors de l'enregistrement des données :

Tout d'abord, nos sujets étaient des athlètes étudiants et non des joueurs professionnels. Ce qui indique que leur quotidien est exigeant (travail, études, sport, etc.) et qu'en conséquence les données recueillies en ont possiblement souffert. Cependant, les résultats obtenus représentent la réalité de tous les joueurs amateurs. De plus, les ceintures cardiofréquencesmètres ont été une limite importante à notre étude, selon certains joueurs. Le port de la ceinture a nui chez certains joueurs durant le match nous forçant à éliminer certains enregistrements et même à remercier certains sujets de l'étude. Pour ce qui est de la corrélation VO_2 -FC, elle demeure non acquise.

Malgré les nouvelles études appuyant cette corrélation, ce sujet demeure controversé. Selon Ogushi et al. (1993), la corrélation établie entre le VO_2 et la FC permet une mesure précise et indirecte de la dépense en VO_2 en situation de match. Toutefois, plusieurs auteurs remettent encore en question la corrélation VO_2 -FC en entraînement par intermittence. (Ogushi et al., 1993; Stolen et al., 2005).

CONSIDÉRATIONS PHYSIOLOGIQUES

Un manque d'information chez les clubs amateurs peut souvent être suivi de conséquences négatives assez importantes telles que des blessures, du surentraînement, de la fatigue, etc. Sur le plan social, le présent projet permettra peut-être d'établir un meilleur réseau sportif pour le Québec et ses 160 000 joueurs. Bien que la présente étude soit en partie une étude en laboratoire, les retombées pourraient être intéressantes quant à la problématique de quantification d'entraînement chez les clubs amateurs au Québec. Des manières simples et peu coûteuses d'évaluer, de quantifier et de planifier les entraînements peuvent certainement venir en aide aux clubs amateurs et assurer la progression du soccer au Québec. Les résultats obtenus dans cette étude permettront de nous comparer au reste du monde et de nous améliorer en tant que jeune pays dans le monde du soccer. Scientifiquement, notre étude amènera une comparaison sur le travail physique effectué en entraînement versus celui en situation de match. Nous espérons récolter des données démontrant une différence significative en ce qui concerne les deux matchs en série. Puisque nous n'avons pas trouvé d'étude examinant deux matchs en série, nous avons la chance d'approfondir ou même d'introduire le sujet. Il serait intéressant de voir les fréquences cardiaques sur des sujets qui jouent deux matchs par semaine intercalés d'une journée de récupération, et ce, pendant deux mois.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

La présente étude s'est déroulée en laboratoire au département de kinanthropologie de l'Université du Québec à Montréal et durant l'entraînement et les matchs au Complexe sportif Claude-Robillard de la Ville de Montréal. Le comité d'éthique de la recherche de l'établissement a donné son accord pour la réalisation de ce projet de recherche.

2.1 Les sujets

Les critères d'inclusion des sujets étaient que ces derniers fassent partie de l'équipe universitaire de soccer masculin. Par conséquent, les joueurs évalués sont des étudiants athlètes. Pour limiter la variabilité des mesures, la participation a été restreinte à un nombre de joueurs qui s'entraînaient trois fois par semaine avec l'équipe et qui participaient à au moins un match sur deux par semaine. De plus, les sujets choisis devaient participer à au moins 75 % des entraînements de présaison.

Le recrutement s'est fait auprès de l'équipe de soccer masculin universitaire, dont je suis le kinésiologue. Évidemment, la non-participation de certains joueurs, pour quelques raisons que ce soit, n'a compromis en aucun cas leurs statuts au sein de l'équipe. La plupart des études dans le domaine de la physiologie du soccer sont effectuées avec environ 12 sujets. Dans notre cas, nous avons débuté avec 20 sujets qui ont reçu une première évaluation en laboratoire. Cependant, nous n'avons gardé que 17 sujets pour le reste de l'étude en raison de blessures et d'inconfort relié au port de la ceinture cardiofréquence-mètre (Polar® Team System™ Oy, Kempele, Finland).

Dans le tableau 2.1, les mesures anthropométriques personnelles des joueurs participant à l'étude sont indiquées.

Tableau 2.1 : Mesures anthropométriques des joueurs participant à l'étude exprimée par des valeurs moyennes et écarts types (n=17)

	Âge (ans)	VO ₂ max (ml/kg/min)	VO ₂ max (ml/min)	FCmax (BPM)	FC _R (BPM)	Poids (kg)	Taille (m)
MOYENNE	26,29	66,18	5057,98	187	69	73,94	1,76
É.T.	5,60	5,44	670,46	7,11	8,20	8,00	0,07

Note : VO₂max est exprimé de deux façons, normalisé par rapport au poids (ml/kg/min) et en valeur absolue (ml/min); FCmax, fréquence cardiaque maximale obtenue durant l'épreuve de VO₂max sur le tapis roulant; FC_R, fréquence cardiaque de repos en position debout.

Tous les joueurs participants ont signé un formulaire de consentement avant le début de l'expérimentation.

2.2 Variable indépendante et schéma expérimental

2.2.1 Entraînement et match

Les variables indépendantes à considérer dans notre étude descriptive étaient les entraînements, les matchs hors concours ainsi que les matchs de championnat. La programmation de l'entraînement et l'intensité du match ont influencé les variables dépendantes de l'étude. Nous avons noté toutes les différentes intensités des entraînements afin de bien les coordonner avec les mesures des variables dépendantes. Un agenda a été créé indiquant la programmation de l'entraînement selon la durée et l'intensité des exercices (annexe C). En situation de match, chaque minute de chaque joueur a été notée. Le début de l'échauffement, le temps de jeu et les changements effectués par l'entraîneur ont tous été bien retenus. En raison de l'inconfort de la ceinture (Polar® Team System™ Oy, Kempele, Finland) cardiofréquence-mètre et à la demande de l'entraîneur, nous avons enregistré les résultats de cinq joueurs en moyenne par match afin de ne pas nuire à la performance de l'équipe.

2.2.1.2 Température

Tout au long de la collecte des données, soit du mois d'août à la fin octobre, la température a été enregistrée selon Statistique Canada (voir annexe B). Cependant, les moyennes des températures à cette période de l'année n'ont aucunement influencé les fréquences cardiaques des joueurs.

2.3 Variables dépendantes

2.3.1 Mesures physiologiques

2.3.1.1 En laboratoire, test d'Åstrand modifié sur tapis roulant

Les variables dépendantes sont le volume courant (VC), la fréquence respiratoire (f), le débit ventilatoire (DV), le volume total d'oxygène consommé (VO_2), le volume total de gaz carbonique produit (VCO_2) et le quotient respiratoire (QR). Ces variables dépendantes ont été mesurées en laboratoire à l'aide du test d'Åstrand modifié sur tapis roulant (Åstrand et Rodahl, 1970). Ces variables varient selon la capacité maximale de chaque sujet à effectuer le test d'Åstrand modifié sur tapis roulant. La mesure de ces variables a été utile ultérieurement pour évaluer le coût cardiaque des sujets en situation d'entraînement et de match. Le coût cardiaque constitue la dépense énergétique du sujet en match et en entraînement selon la fréquence cardiaque et le VO_2 mesurés en laboratoire.

2.3.1.2 Enregistrement lors des entraînements et des matchs sur le terrain

En situation d'entraînement et de match, nous avons mesuré la fréquence cardiaque des sujets comme une valeur moyenne sur 5 secondes toutes les 5 secondes. Dans notre étude, les sujets ont été évalués à l'aide de ceintures cardiofréquencemètres (Polar® Team System™ Oy, Kempele, Finland). Ces ceintures mesurent les fréquences cardiaques avec la précision d'un électrocardiogramme et enregistrent directement les données dans une mémoire numérique intégrée. Le système Polar® Team System™ (Oy, Kempele, Finland) donne l'avantage au sujet de ne pas avoir à porter de montre au poignet pour enregistrer les données. Ces ceintures se portent à la hauteur de la xiphœide, sous la cage thoracique. Ces engins sont par la suite connectés au programme polar précision (version 4.03 050) permettant l'analyse des données captées lors de l'exercice. Chaque ceinture est programmée selon les coordonnées anthropométriques de chaque joueur.

2.4 Procédures

2.4.1 En laboratoire

Le premier contact s'est effectué en laboratoire où nous avons mesuré les variables dépendantes soit, VT, f, DV, VO_2 , VCO_2 et QR. Nous avons réservé trois journées au laboratoire du département de kinanthropologie où chacun des 20 joueurs venait se faire évaluer volontairement, ayant été préalablement informé des exigences de l'expérience (signifiées lors de

la signature du formulaire de consentement). Après avoir installé les différents appareils de mesures sur le sujet, nous avons enregistré les fréquences cardiaques au repos. Les mesures ont été effectuées après un 5 min assis sur une chaise. Le test d'Åstrand modifié (Åstrand et Rodahl, 1970) a débuté par un échauffement de 3 min à une vitesse approximative de 8 km/h sur une pente de 0 %. De 3 à 5 min, nous avons augmenté la vitesse atteignant environ 12 km/h (chaque joueur avait le choix entre 10 et 12 km/h de vitesse confortable de course). La pente est demeurée à 0 % d'inclinaison. De 5 à 7 min, nous avons augmenté la pente de 2 % et maintenu la vitesse stable. Par la suite, à toutes les 2 min, nous avons augmenté la pente de 2 % tout en conservant la vitesse de course stable soit, entre 10 et 12 km/h et ceci, jusqu'à épuisement. Le VO_2 a été mesuré à l'aide d'un chariot métabolique (Morgan, Roxon, Montréal, Canada). À la fin des séances de laboratoire, nous avons établi le VO_2 au repos, le VO_{2max} , la fréquence cardiaque au repos ainsi que la fréquence cardiaque maximale de chaque sujet. Ces données ont permis d'aborder la prochaine étape de collectes de données en plateau d'entraînement.

2.4.2 Sur le terrain

La variable dépendante mesurée en entraînement et en match n'a été que la fréquence cardiaque. La période d'enregistrement sur le terrain a duré dix semaines, allant du 23 août au 29 octobre 2006. Ceci exclut évidemment la phase de présaison en travail d'endurance de trois semaines qui commençait au début du mois d'août. Les fréquences cardiaques ont été enregistrées (à l'aide des ceintures cardiofréquencemètres Polar® Team System™ Oy, Kempele, Finland) à chaque entraînement et à chaque match pour recueillir le plus de données possible. Au début de chaque entraînement, une ceinture Polar® Team System™ (Oy, Kempele, Finland) était remise à chacun des joueurs impliqués dans l'étude. Chaque ceinture était personnellement programmée selon les mesures anthropométriques de chaque joueur. Les enregistrements débutaient à l'heure où l'entraînement ou le match devait commencer, car les ceintures cardiofréquencemètres étaient préalablement programmées. Pour ce qui est des matchs, notre priorité était d'évaluer le même joueur pendant deux matchs consécutifs nous permettant de comparer les dépenses énergétiques en deux matchs. À la fin de chaque entraînement et de match, nous avons recueilli personnellement chaque ceinture et l'avons placée dans le récepteur Polar® Team System™ (Oy, Kempele, Finland). Par la suite, les données enregistrées en entraînements et en matchs étaient analysées en laboratoire.

2.5 Traitement et analyses des données

L'évaluation de l'Åstrand modifié (Åstrand et Rodahl, 1970) effectué en laboratoire a permis d'obtenir le $\dot{V}O_2$ max, le $\dot{V}O_2$ au repos, la FC_{max} et la FC_R pour chaque joueur. Nous avons donc effectué une corrélation $\dot{V}O_2$ -FC pour chaque joueur avec les résultats obtenus durant le test d'Åstrand modifié.

L'équation de régression linéaire obtenue pour chaque joueur a permis de calculer la quantité d'oxygène consommé afin d'analyser les entraînements et les matchs. L'effort exprimé en % du $\dot{V}O_2$ max fut calculé pour chaque joueur en utilisant l'équation suivante :

$$\% \dot{V}O_2\text{max} = ((\mu * FC \text{ de l'activité}) - C) / \dot{V}O_2\text{max}) * 100$$

Où μ représente la pente de la ligne de régression, FC représente la fréquence cardiaque et C la constante de l'équation de la régression linéaire. Dans le but d'affiner l'analyse, nous avons utilisé l'équation du $\dot{V}O_2$ réserve (% $\dot{V}O_2R$) afin de comparer nos entraînements à nos matchs (Lounana et al., 2007; Dalleck et Kravitz, 2006). Nous avons utilisé l'équation suivante :

$$\% \dot{V}O_2R = ((\dot{V}O_2 \text{ activité} - \dot{V}O_2 \text{ repos}) / (\dot{V}O_2\text{max} - \dot{V}O_2 \text{ repos})) * 100$$

De la même manière et dans le même ordre, nous avons utilisé l'équation suivante de % HRR pour quantifier nos résultats (Lounana et al., 2007; Dalleck et Kravitz, 2006) :

$$\% \text{HRR} = ((FC \text{ activité} - FC_R) / (FC_{max} - FC_R)) * 100$$

En dernier lieu, nous avons expérimenté une nouvelle méthode TRIMPS (HR-zone) afin de bien intégrer les notions de temps et d'intensité (volume d'entraînement ou d'activité) dans nos comparaisons (Edwards, 1993; Foster et al., 2001; Desgorces et al., 2007). La formule suivante a été utilisée pour le traitement et l'analyse :

$$\text{TRIMPS} = ((TD \text{ à } \geq 90\% FC_{max}) * 5) + ((TD \text{ à } \geq 80\% FC_{max}) * 4) + ((TD \text{ à } \geq 70\% FC_{max}) * 3) + ((TD \text{ à } \geq 60\% FC_{max}) * 2) + ((TD \text{ à } \geq 50\% FC_{max}) * 1)$$

Où TD est la durée de l'entraînement en minutes et FC_{max} est la fréquence cardiaque maximale obtenue en laboratoire durant l'épreuve de $\dot{V}O_2$ max (voir plus haut).

Finalement, nous avons essayé une nouvelle méthode de quantification dérivée de la méthode TRIMPS, TRIMPS/min. L'idée d'utiliser la méthode de quantification TRIMPS/min était d'éliminer les différences de durée en temps afin d'effectuer une comparaison juste. Et ce, principalement pour les comparaisons intermatchs où la durée en temps pour les joueurs n'était pas égale.

Exemple du sujet 5

15 septembre (match)

- 106,45 min (durée jouée en minutes du match)=424,95 TRIMPS
- $\text{TRIMPS/min}=(424,95(\text{TRIMPS})/106,45(\text{min}))$
- Match 15 septembre =3,99 TRIMPS/min

29 octobre (match)

- 166,5 min (durée jouée en minutes du match)=635,20 TRIMPS
- $\text{TRIMPS/min}=(635,20 (\text{TRIMPS})/ 166,5 (\text{min}))$
- Match 29 octobre =3,82 TRIMPS/min

Comme nous pouvons le constater dans cet exemple, le sujet 5 a récolté 635,20 TRIMPS le 29 octobre comparativement à 424,95 le 15 septembre, suggérant qu'il ait travaillé plus intensément le 29 octobre. Toutefois, en ramenant les TRIMPS en TRIMPS par min, nous pouvons voir l'effet contraire, car pour 106,45 min, le sujet 5 a dépensé 3,99 TRIMPS/min comparativement à 3,82 TRIMPS/min pour 166,5 min.

Les données recueillies en match et en entraînement furent classées et analysées à l'aide du logiciel Polar® Team System™ version 4.03 050 (Oy, Kempele, Finland) qui présente les résultats sous forme de courbe sur les moyennes des FC enregistrées sur 5 secondes tout au long de l'entraînement ou du match. Nous avons donc pu décortiquer l'activité de trois façons différentes. Premièrement, nous avons sélectionné les pointes (POINTE) de chaque graphique (figure 2.1). POINTE signifie ici les moments de l'entraînement où le joueur atteint ses FC les plus élevées.

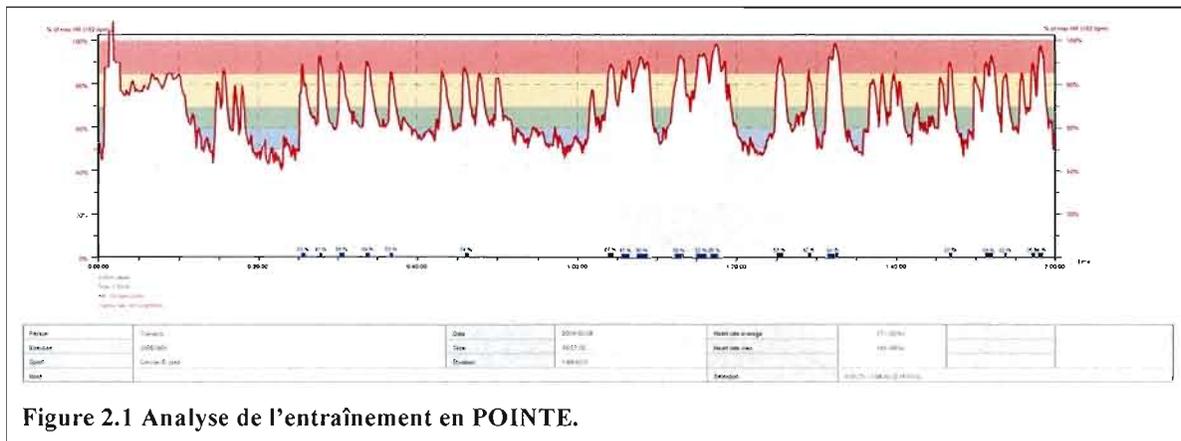


Figure 2.1 Analyse de l'entraînement en POINTE.

Le logiciel Polar® Team System™, version 4.03 050 (Oy, Kempele, Finland), permet de sélectionner jusqu'à 20 clics. Deuxièmement, nous avons obtenu les moyennes (MOY) de chaque match et entraînement (figure 2.2).

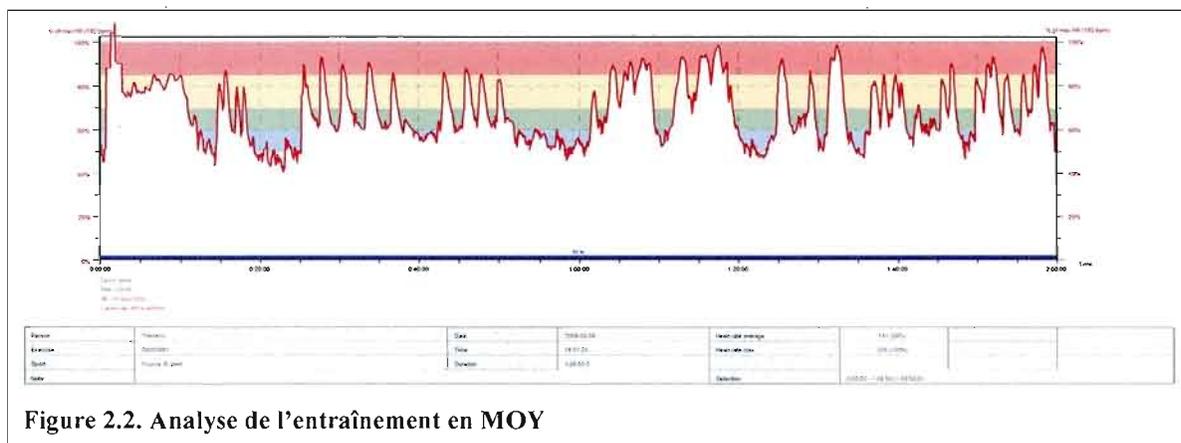


Figure 2.2. Analyse de l'entraînement en MOY

Finalement, nous avons retravaillé les graphiques, mais sous forme de travail général (GEN), ce qui signifie que nous avons sélectionné tous les moments de travail excluant les temps de récupération entre les exercices et les mi-temps (figure 2.3.).

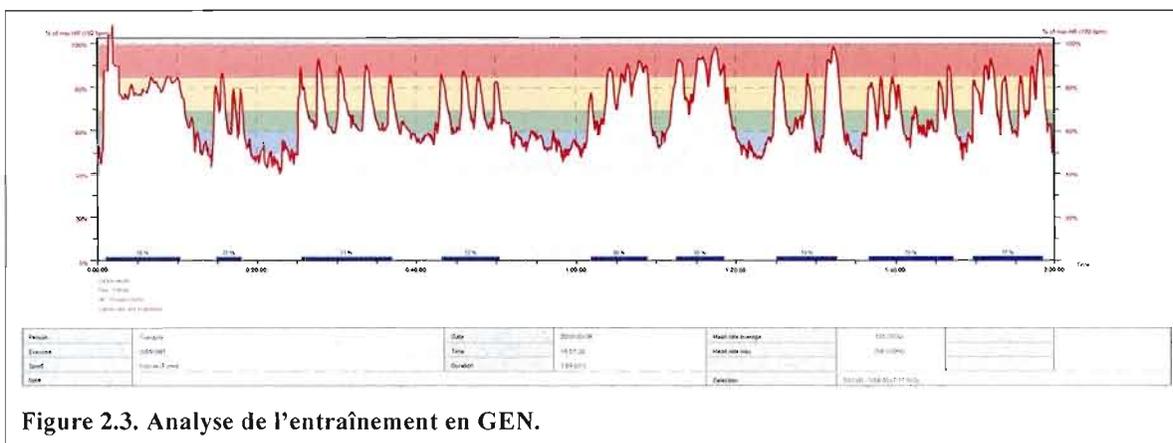


Figure 2.3. Analyse de l'entraînement en GEN.

Ceci a été effectué pour chaque entraînement et match pour l'ensemble des joueurs. Nous avons donc créé trois catégories pour analyser nos résultats : pointe (POINTE), moyenne (MOY) et général (GEN). Cela permettait de faire ressortir des moyennes et des écarts-types pour chaque semaine de travail effectué durant la saison et rendre notre comparaison entraînement vs match plus facile.

Nous aurions pu seulement analyser et présenter les variables % HRR, % FCmax, % VO₂max et % VO₂R en utilisant nos catégories POINTE, MOY et GEN, mais nous avons aussi utilisé la méthode TRIMPS, car elle englobe tous les niveaux d'intensité dans son calcul. Nous avons donc présenté en analyse finale sept catégories pour comparer nos entraînements à nos matchs : FC en bpm, % FCmax, % HRR, % VO₂max, % VO₂R, TRIMPS et TRIMPS/min (voir les définitions mathématiques plus haut).

Analyse statistique

Une analyse descriptive fut effectuée et les données sont présentées comme valeurs moyennes ± écart type. Les différences entre les semaines ont été décelées par une analyse de la variance simple (pour entraînement et match) et les différences entre match et entraînement (semaine par semaine) déterminées par un test t de Student non apparié. La corrélation de Pearson fut utilisée afin de mesurer la puissance des relations entre les variables dépendantes et indépendantes. Le niveau de signification fut établi à $p < 0.05$ dans tous les cas. Les résultats ont été traités avec le logiciel de statistiques SPSS (version 16).

CHAPITRE III

RÉSULTATS

3.1. Paramètres physiologiques

3.1.1. Résultats laboratoire

Le tableau 3.1 résume les résultats obtenus par le groupe évalué au début de la saison lors du test progressif d'Åstrand modifié en laboratoire.

Tableau 3.1. Résultats enregistrés au laboratoire durant le test progressif d'Åstrand modifié sur tapis roulant

Sujet	VO ₂ max (L/min)	VO ₂ (ml/kg/min)	VO ₂ R (L/min)	FCmax (b.p.m)	FC _R (b.p.m)	Équation VO ₂ (ml/min/kg) vs FC (B FC – Constant)	R ² VO ₂ vs FC	SEE (ml/min) vs FC	SEE (ml/min/kg) vs FC
1	5260,43	72,05	404,08	185	74	38,404-2462,1	0,9116	419,54	5,75
2	4689,73	63,24	326,33	190	83	40,407-2925,0	0,9260	347,35	4,69
3	4949,27	76,70	270,08	186	67	37,590-2195,8	0,9629	255,18	4,05
4	4597,20	62,83	259,92	190	66	34,110-2510,7	0,8915	407,45	5,66
5	6070,54	64,00	365,55	169	58	49,379-3081,0	0,9063	508,24	5,52
6	4938,59	61,92	318,19	199	74	39,293-2772,5	0,9632	261,96	3,32
7	6404,94	75,73	368,71	187	59	40,442-2198,6	0,9242	438,56	5,77
8	5798,00	65,73	264,00	192	64	47,115-3596,9	0,9555	292,53	3,44
9	4428,03	57,70	266,90	175	73	41,391-2548,8	0,9429	9,7400	0,13
10	5325,89	63,00	237,28	187	70	40,354-2139,4	0,9298	359,63	4,33
11	4193,61	62,58	299,42	192	61	27,469-1133,6	0,8992	365,63	5,54
12	4255,53	60,80	322,86	195	63	33,558-2714,8	0,9011	244,07	3,49
13	5909,04	71,16	426,39	183	67	44,115-2529,2	0,9422	340,60	4,20
14	4465,22	63,72	211,50	184	65	34,798-2297,9	0,9548	253,87	3,79
15	5284,96	71,27	216,64	187	78	40,585-2823,3	0,9460	305,37	4,49
16	4426,89	63,73	295,75	192	59	27,064-1223,1	0,7941	486,82	7,73
17	4987,74	68,87	334,06	184	85	42,115-2914,6	0,8949	419,83	5,91
Moy.	5057,98	66,18	305,16	186,88	68,59			336,26	4,58
ÉT	670,46	5,44	62,10	7,11	8,20				

SEE = Erreur type d'estimation (Standard Error of Estimate en anglais); moy = moyenne; ET = écart-type

3.1.2 Corrélation

La figure 3.1 présente la corrélation d'équipe obtenue selon la relation VO_2 -FC durant le test progressif maximal d'Åstrand modifié en laboratoire. Pour obtenir cette figure, nous avons regroupé l'ensemble des résultats individuels.

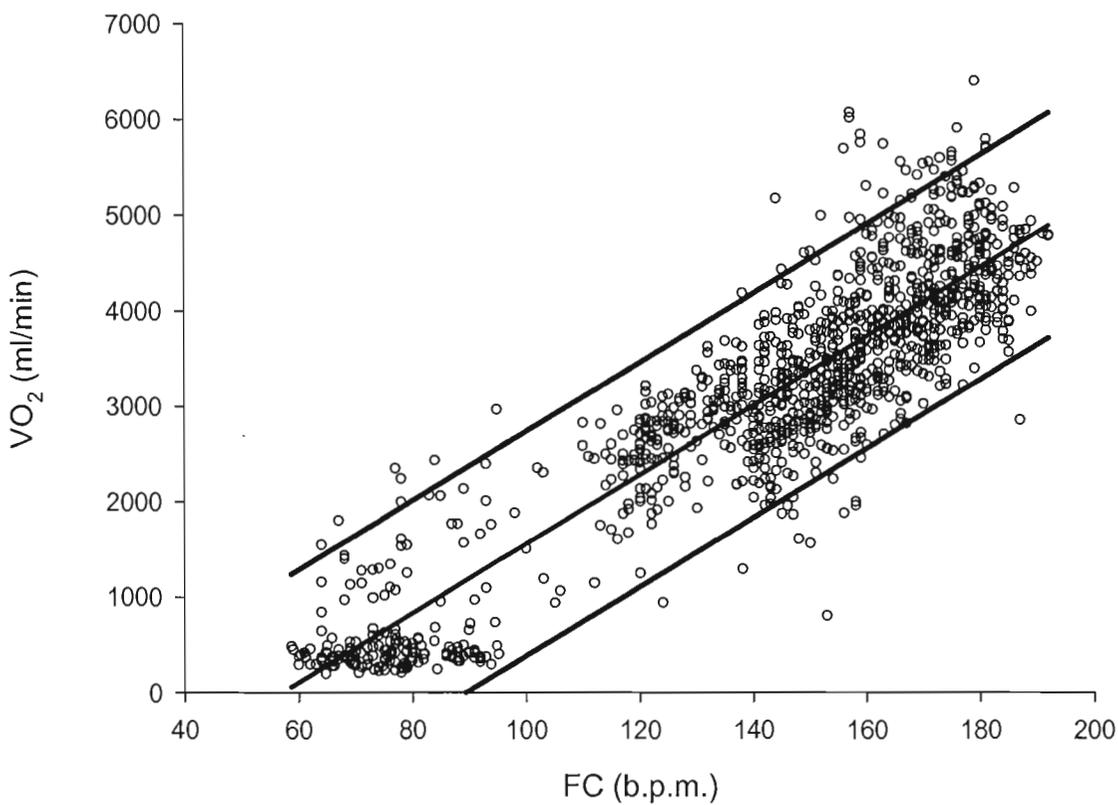


Figure 3.1 illustre la corrélation de l'équipe obtenue selon VO_2 -FC. Les lignes foncées obliques indiquent le SEE ($\pm 598,6$ ml/min). La ligne centrale indique la régression ($r^2 = 0,804$) représentée par l'équation suivante : $.36,17 * FC - 2056,34$. SEE = Erreur type d'estimation (Standard Error of Estimate).

3.2 % HRR vs % VO_{2max} ou % VO_{2R}

La figure 3.2 présente les graphiques obtenus en comparant les méthodes de quantification % HRR vs % VO_{2max} ou % VO_{2R} . Pour obtenir cette figure, nous avons regroupé l'ensemble des résultats individuels représentant les valeurs moyennes, telles que définies à la figure 2.2 plus haut.

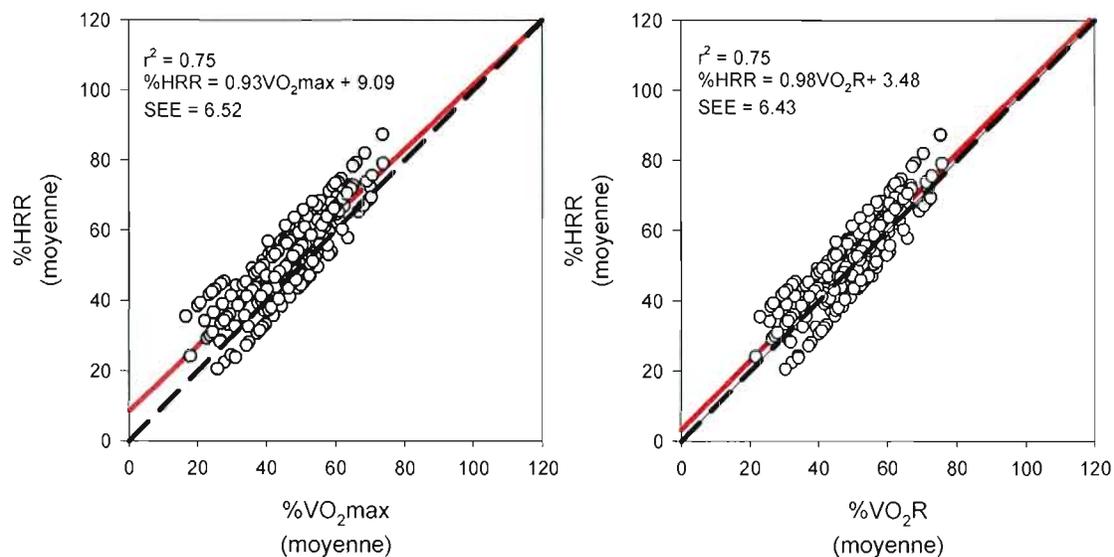


Figure 3.2 illustre la relation obtenue pour % HRR vs % VO₂max et % HRR vs % VO₂R. Les lignes foncées rouges représentent la régression. Les lignes pointillées noires représentent les lignes d'identité. SEE = Erreur type d'estimation (Standard Error of Estimate).

3.2. Résultats en entraînement

Le tableau 3.2 illustre les variables du coût de l'activité physique durant les séances d'entraînement. Nous avons les trois catégories (POINTE, MOY et GEN) mentionnées dans la section Méthodologie ainsi que les sept méthodes de quantification.

Tableau 3.2. Variables du coût de l'activité physique durant les séances d'entraînement (moyenne ± ET).

	Entraînement									
	Sem.1	Sem.2	Sem.3	Sem.4	Sem.5	Sem.6	Sem.7	Sem.8	Sem.9	Sem.10
POINTE										
FC (b.p.m.)	N/A	157 (9,4)	158 (8,7)	162 (15,4)	154 (12,9)	160 (14,9)	154 (10,9)	164 (16,6)	168 (9,7)	165 (11,0)
%FCmax	N/A	83,7 (5,0)	84,5 (5,6)	86,6 (8,6)	82,5 (7,0)	85,7 (8,1)	82,7 (7,0)	86,1 (7,8)	89,4 (5,0)	88,1 (5,1)
%HRR	N/A	74,7 (7,8)	76,1 (9,0)	78,8 (14,4)	73,1 (14,1)	77,8 (13,1)	73,1 (10,1)	78,0 (12,7)	83,4 (8,4)	81,3 (8,9)
%VO ₂ max	N/A	70,9 (5,8)	71,5 (7,0)	74,5 (10,1)	68,6 (9,5)	72,3 (8,9)	68,5 (9,5)	75,6 (8,0)	77,4 (3,5)	75,7 (5,2)
%VO ₂ R	N/A	69,0 (6,2)	69,7 (7,5)	72,9 (10,7)	66,7 (10,0)	70,7 (9,2)	66,8 (10,1)	74,3 (8,2)	76,2 (3,5)	74,4 (5,3)
MOY										
FC	N/A	120 (10,2)	128 (8,7)	128 (13,8)	121 (13,4)	127 (10,7)	117 (15,6)	132 (16,2)	138 (10,8)	131 (8,8)
%FCmax	N/A	64,1 (5,5)	68,2 (5,1)	68,7 (7,9)	65,1 (9,2)	67,8 (6,2)	62,7 (9,4)	69,2 (8,1)	73,4 (6,2)	69,7 (4,2)
%HRR	N/A	43,9 (9,5)	51,1 (8,1)	51,0 (13,7)	46,4 (15,0)	50,4 (10,5)	42,0 (12,8)	51,6 (13,0)	58,7 (10,4)	53,1 (7,8)
%VO ₂ max	N/A	42,9 (7,3)	45,5 (9,3)	49,3 (10,6)	44,2 (10,9)	47,5 (8,5)	40,1 (11,6)	51,2 (9,5)	55,0 (7,6)	50,2 (6,3)
%VO ₂ R	N/A	40,9 (12,0)	45,5 (9,3)	46,1 (11,1)	40,8 (11,2)	44,4 (8,6)	36,8 (12,5)	48,6 (9,7)	52,5 (7,7)	47,3 (6,3)
GEN										
FC	N/A	137 (10,8)	142 (9,9)	146 (15,7)	138 (15,9)	141 (11,8)	134 (12,6)	150 (17,9)	152 (12,1)	147 (7,7)
%FCmax	N/A	73,2 (5,9)	75,7 (5,5)	78,3 (9,3)	74,0 (10,8)	75,4 (6,5)	72,0 (7,5)	78,4 (8,9)	81,3 (6,2)	78,7 (4,8)
%HRR	N/A	58,2 (8,9)	62,6 (8,6)	66,0 (15,3)	60,1 (16,9)	62,1 (10,8)	56,5 (10,4)	66,1 (14,3)	70,9 (10,3)	66,9 (8,7)
%VO ₂ max	N/A	55,9 (7,4)	59,1 (9,0)	63,1 (11,1)	56,8 (12,8)	58,1 (8,4)	53,3 (10,3)	64,6 (9,8)	65,9 (6,4)	62,7 (6,0)
%VO ₂ R	N/A	53,1 (7,8)	56,6 (9,6)	60,7 (11,8)	54,2 (13,2)	55,7 (8,6)	50,8 (10,9)	62,7 (10,1)	64,0 (6,5)	60,6 (6,0)
TRIMPS										
TRIMPS (HR-ZONE)	N/A	230,8 (61,8)	225,2 (60,7)	226,4 (82,5)	227,5 (112,7)	253,0 (90,9)	201,3 (81,6)	297,5 (103,0)	301,7 (69,6)	234,7 (42,0)
TRIMPS/min	N/A	2,4 (0,3)	2,6 (0,3)	2,6 (0,6)	2,5 (0,7)	2,6 (0,5)	2,5 (0,3)	2,7 (0,7)	3,0 (0,5)	2,8 (0,3)

Moyenne ± ET, les nombres entre parenthèses représentent l'ET. POINTE = les pointes les plus hautes mesurées durant l'entraînement; moy = moyenne de l'entraînement; GEN = travail sans les longues périodes de récupération de l'entraînement.

3.3. Résultats en match.

Le tableau 3.3 regroupe les trois catégories et les sept méthodes de quantification utilisées lors des analyses en situation de match.

Tableau 3.3. Variables du coût de l'activité physique durant les séances de match (moyenne \pm ET).

	Match									
	Sem.1	Sem.2	Sem.3	Sem.4	Sem.5	Sem.6	Sem.7	Sem.8	Sem.9	Sem.10
POINTE										
FC	174 (10,2)	N/A	176 (12,0)	176 (10,8)	193 (0,7)	180 (10,0)	188 (3,9)	180 (3,5)	189 (3,5)	185 (4,1)
% FCmax	93,5 (5,4)	N/A	94,7 (5,8)	94,7 (7,4)	101,6 (2,3)	96,6 (4,3)	102,9 (4,9)	99,9 (11,0)	99,5 (3,7)	99,6 (7,02)
% HRR	89,6 (8,5)	N/A	91,5 (9,4)	91,6 (11,6)	102,3 (3,3)	94,7 (6,7)	104,3 (7,5)	100,0 (16,6)	99,2 (5,5)	99,2 (10,9)
% VO ₂ max	85,0 (6,1)	N/A	86,0 (5,5)	86,1 (5,8)	90,8 (4,6)	85,9 (6,3)	91,9 (6,2)	89,5 (11,0)	87,7 (2,0)	90,5 (5,6)
% VO ₂ R	84,1 (6,4)	N/A	85,2 (5,8)	85,2 (6,0)	90,2 (4,9)	85,1 (6,6)	91,4 (6,6)	89,0 (11,4)	87,0 (2,2)	89,9 (5,9)
MOY										
FC	159 (11,9)	N/A	163 (13,5)	165 (9,3)	177 (2,1)	166 (8,2)	175 (5,9)	165 (12,7)	171 (12,7)	168 (4,6)
% FCmax	85,5 (6,6)	N/A	87,7 (6,5)	88,8 (7,0)	93,2 (2,9)	88,7 (3,7)	96,1 (9,1)	92,1 (15,4)	90,3 (8,4)	90,5 (8,0)
% HRR	77,1 (10,5)	N/A	80,5 (10,8)	82,4 (11,0)	89,8 (4,4)	82,8 (5,9)	94,2 (9,1)	88,2 (23,1)	85,5 (12,7)	85,4 (12,5)
% VO ₂ max	73,8 (8,2)	N/A	75,9 (7,1)	77,7 (6,6)	79,1 (1,5)	75,0 (5,7)	82,4 (5,7)	77,8 (18,4)	74,5 (6,9)	77,4 (7,1)
% VO ₂ R	72,1 (8,6)	N/A	74,4 (7,4)	76,2 (7,0)	78,0 (1,8)	73,6 (5,8)	81,4 (5,9)	76,6 (19,2)	73,1 (7,0)	76,0 (7,4)
GEN										
FC	164 (10,8)	N/A	168 (12,8)	169 (9,4)	182 (0,7)	170 (7,9)	179 (5,7)	169 (9,9)	176 (10,6)	173 (4,9)
% FCmax	88,1 (6,3)	N/A	90,2 (6,2)	90,9 (6,9)	95,8 (2,2)	91,3 (3,6)	98,0 (5,9)	94,3 (14,0)	92,7 (7,3)	93,2 (8,0)
% HRR	81,2 (9,9)	N/A	84,4 (10,1)	85,7 (10,9)	93,8 (3,3)	86,8 (5,7)	97,0 (8,8)	91,4 (21,0)	89,1 (11,0)	89,6 (12,5)
% VO ₂ max	77,4 (7,7)	N/A	79,5 (6,7)	80,6 (6,3)	82,8 (3,1)	78,6 (5,3)	84,9 (5,5)	81,0 (16,1)	77,9 (4,8)	81,2 (6,5)
% VO ₂ R	76,0 (8,1)	N/A	78,3 (7,0)	79,4 (6,7)	81,9 (3,5)	77,4 (5,5)	84,0 (5,7)	80,0 (16,8)	76,7 (4,8)	80,1 (6,8)
TRIMPS										
TRIMPS (HR-ZONE)	302,6 (95,8)	N/A	306,0 (115,6)	335,0 (160,0)	508,4 (104,1)	359,2 (151,3)	259,9 (209,8)	249,0 (190,4)	391,2 (113,9)	502,7 (114,4)
TRIMPS/min	3,2 (0,4)	N/A	3,0 (0,5)	3,0 (0,6)	3,5 (0,2)	3,0 (0,5)	2,9 (1,0)	2,6 (0,7)	3,1 (0,3)	3,4 (0,3)

Moyenne \pm ET, les nombres entre parenthèses représentent l'ET. POINTE = les pointes les plus hautes du match; MOY = moyenne du match; GEN= travail sans les longues périodes de récupération du match.

3.4. Entraînement versus match.

Les comparaisons entre entraînement et match enregistrées lors des dix semaines sont présentées dans les figures 3.3 à 3.19. Rappelons que nous avons retenu les moyennes des dix semaines d'entraînement et de matchs pour créer les comparaisons. Comme il a été mentionné dans le chapitre de la méthodologie, nous avons quantifié nos données en trois catégories soit, POINTE, MOY et GEN. Les cinq premières figures sont les résultats des analyses effectuées en POINTE, ce qui consiste aux mesures les plus hautes enregistrées par les FC lors des activités, soit entraînements ou matchs.

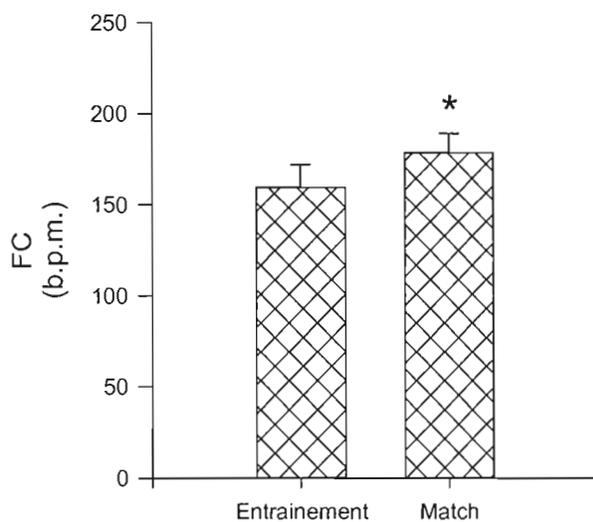


Figure 3.3 : FC POINTE obtenue durant entraînement et match. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

À la figure 3.3, il est possible de voir que, dans l'ensemble, les FC POINTE des joueurs évalués sont significativement ($p < 0,05$) plus élevées durant les matchs ($179 \pm 10,6$ b.p.m.) que durant les entraînements ($160 \pm 12,5$ b.p.m.).

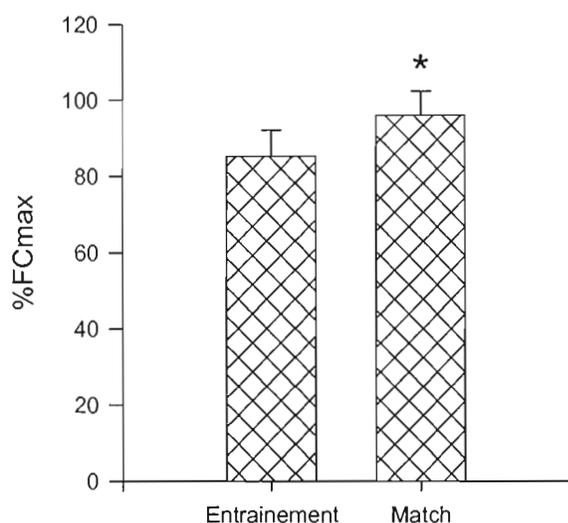


Figure 3.4 : Comparaison entraînement vs match présentée en % FCmax POINTE. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

La figure 3.4 présente la FC sous forme relative par rapport à la FCmax (% FCmax) obtenue durant l'épreuve de VO_2 max en laboratoire. On peut observer que les moyennes obtenues se situent à $85,3 \pm 6,89$ et $96,2 \pm 6,26$ %, respectivement, durant l'entraînement et le match. Cette différence entre entraînement et match est significative ($p < 0,05$).

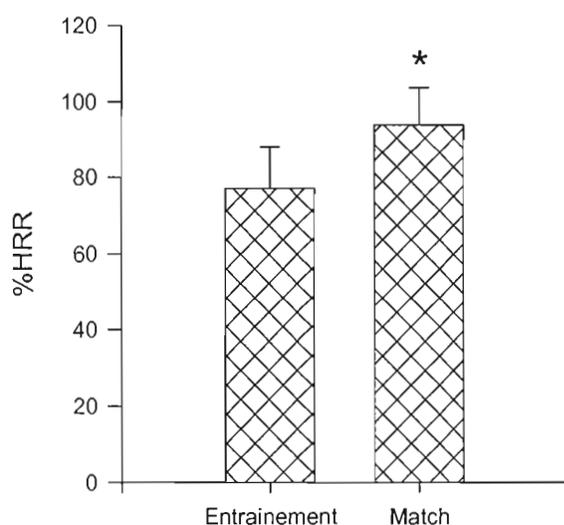


Figure 3.5 : Comparaison entraînement vs match présentée en % HRR POINTE. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

La figure 3.5 illustre la FC présentée sous forme de % HRR POINTE afin de comparer entraînement et match. Nous pouvons remarquer que les sujets évalués ont un coût cardiaque plus élevé en match ($93,8 \pm 9,87$) qu'en entraînement ($77,1 \pm 11,06$). Ainsi, la différence entre match et entraînement est significative ($p < 0,05$).

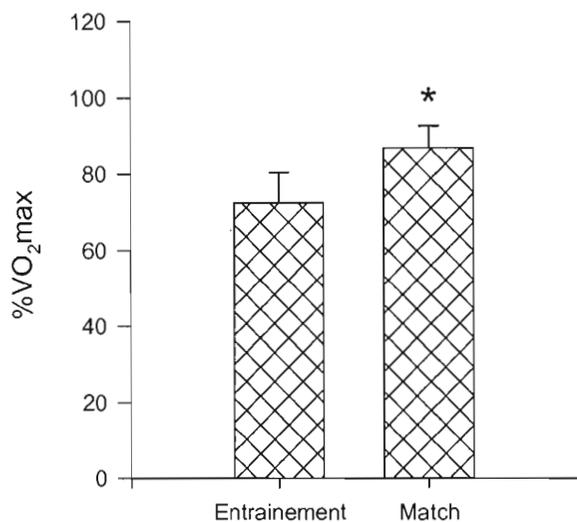


Figure 3.6 : Comparaison entraînement vs match présentée en % VO₂max POINTE. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

La figure 3.6 présente les données en entraînement et en match en % du VO₂max (obtenu lors du test maximal individuel en laboratoire) extrapolé à partir de la FC. Il est possible de voir qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre entraînement ($72,5 \pm 7,97$) et match ($86,9 \pm 5,89$).

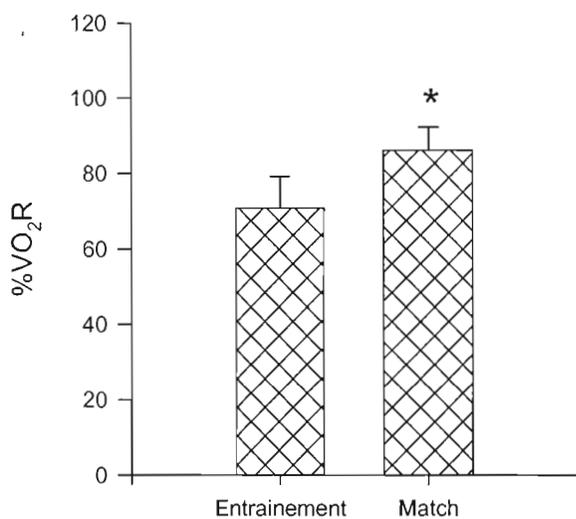


Figure 3.7 : Comparaison entraînement vs match présentée en % VO₂R POINTE. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Lorsque nous avons quantifié nos données par le % de la différence entre le VO₂max et le VO₂ au repos (% VO₂R), nous avons obtenu une différence significative ($p < 0,05$) entre entraînement ($70,9 \pm 8,40$) et match ($86,1 \pm 6,17$) telle qu'illustrée à la figure 3.7.

Les cinq figures suivantes constituent les résultats des analyses effectuées par rapport à la FC MOY enregistrée lors des activités sur le terrain (entraînement vs match).

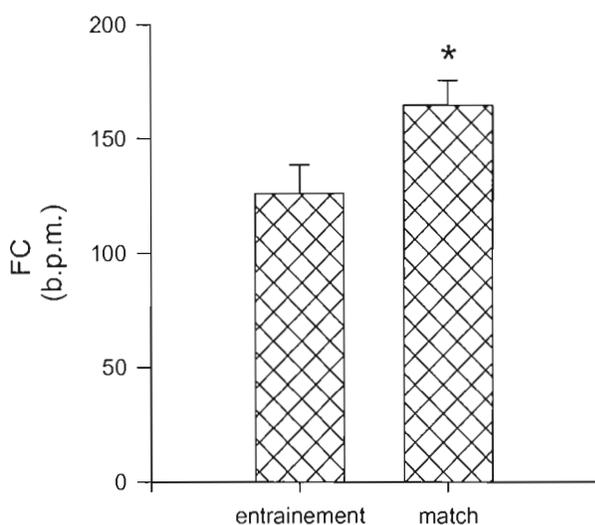


Figure 3.8 : Comparaison entraînement vs match présentée en FC MOY. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

La première figure de la section MOY (figure 3.8) présente les valeurs absolues de FC en b.p.m. qui sont plus basses comparativement aux valeurs FC POINTE, car nous avons considéré la période de temps en entier durant les entraînements et les matchs afin d'obtenir la FC MOY lors de nos analyses. Malgré cela, nous observons, dans la figure 3.8, une différence significative ($p < 0,05$) entre entraînement ($126,2 \pm 12,68$) et match ($164,6 \pm 11,12$).

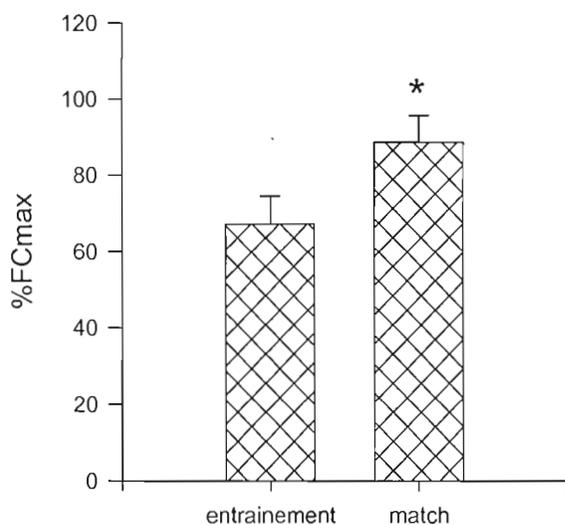


Figure 3.9: Comparaison entraînement vs match présentée en % FCmax MOY. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

La figure 3.9 illustre les résultats en % de la FCmax où nous pouvons observer une différence significative ($p < 0,05$) entre entraînement ($67,4 \pm 7,16$) et match ($88,7 \pm 6,93$).

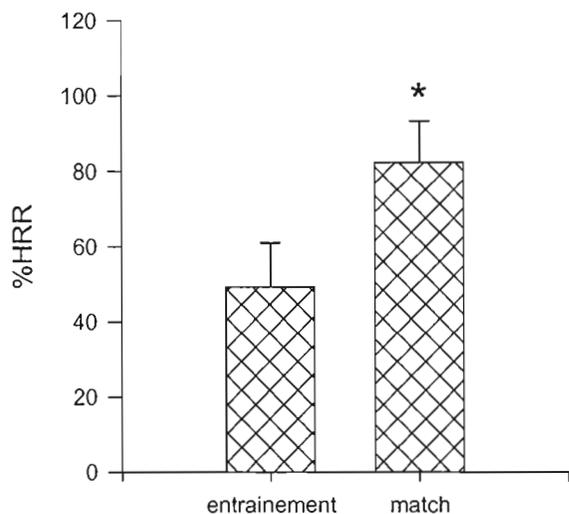


Figure 3.10: Comparaison entraînement vs match présentée en % HRR MOY. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Présentée en % HRR MOY, la figure 3.10 illustre la comparaison des résultats obtenus en entraînement ($49,3 \pm 11,66$) et en match ($82,3 \pm 11,05$). On peut observer une différence significative ($p < 0,05$) entre entraînement et match.

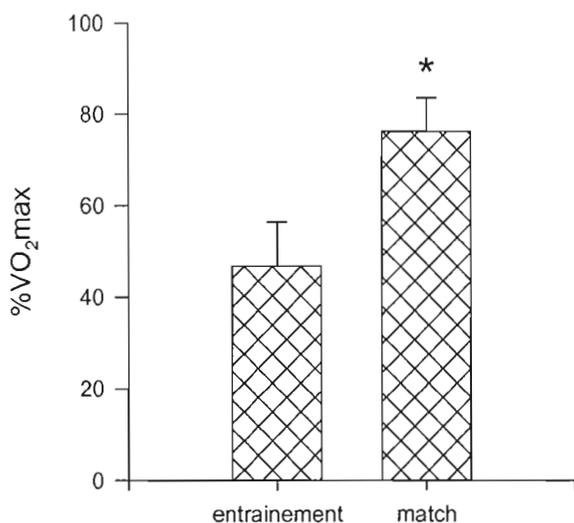


Figure 3.11 Comparaison entraînement vs match présentée en % VO₂max MOY. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Les figures 3.11 et 3.12 présentent les résultats convertis par les FC en % VO₂max et en % VO₂R, respectivement. Dans la figure 3.11, nous obtenons des résultats de $46,8 \pm 9,60$ pour les entraînements et de $76,2 \pm 7,32$ pour les matchs. Dans la figure 3.12, nous pouvons voir des résultats pour les entraînements et pour les matchs de $44,4 \pm 10,58$ et $74,8 \pm 7,66$, respectivement. Les différences observées dans les deux figures, lorsque nous comparons les entraînements aux matchs soit, en % VO₂max et en % VO₂R, sont significatives ($p < 0,05$).

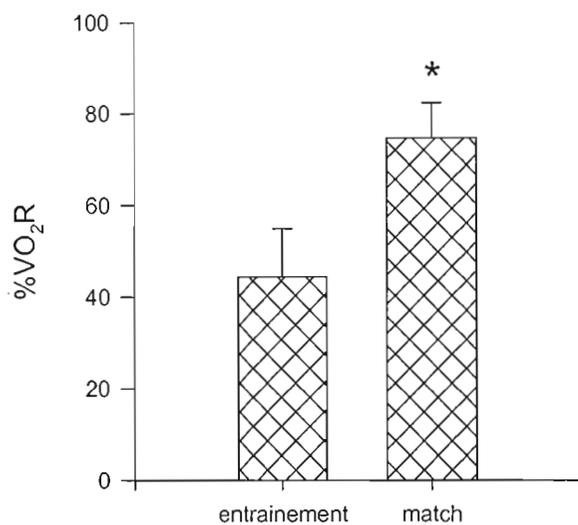


Figure 3.12 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % VO₂R MOY. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Les figures 3.13 à 3.17 sont un résumé des comparaisons entre entraînement et match découlant des analyses effectuées dans la catégorie travail GEN. Tel que défini précédemment, GEN signifie la moyenne de la séance en question moins les longues périodes de récupération (exemple : la mi-temps durant un match est soustraite de l'analyse).

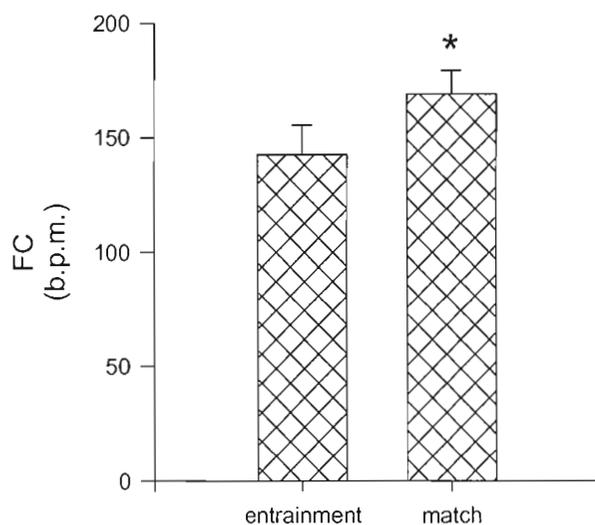


Figure 3.13 : Comparaison entre entraînement et match présentée en FC GEN. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Les figures 3.13 et 3.14 présentent les résultats de nos analyses en FC (b.p.m.) et % FCmax, respectivement. Que ce soit en % FCmax ou en FC (b.p.m.), les deux types de comparaison présentent des différences significatives $p < 0,05$. Dans la figure 3.13, nous pouvons voir la moyenne sur dix semaines à $142,5 \pm 13,35$ pour les entraînements et à $169,2 \pm 10,51$ pour les matchs. Convertie en % relatif de la FC maximum, la figure 3.14 présente des chiffres tels que $76,0\% \pm 7,58$ de FCmax observée en entraînement et $91,1\% \pm 6,62$ de FCmax observée en match.

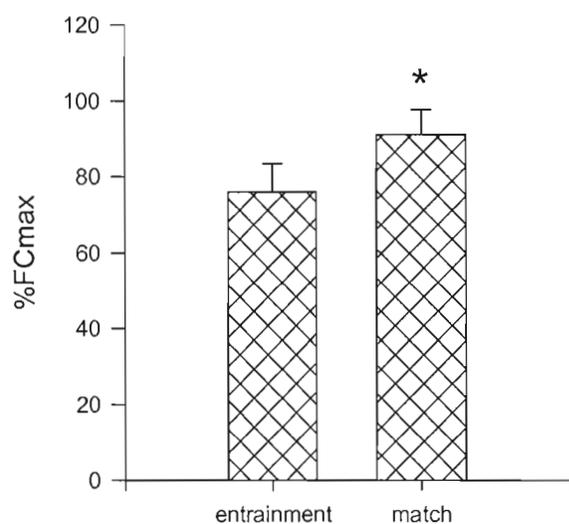


Figure 3.14 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % FCmax GEN. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

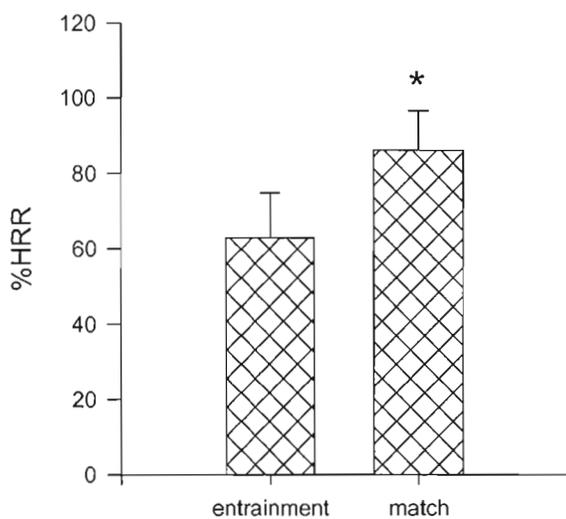


Figure 3.15 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % HRR GEN. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Lors de la comparaison des entraînements et des matchs exprimée en % HRR GEN, nous pouvons encore une fois observer une différence significative ($p < 0,05$). Dans la figure 3.15, il est possible de voir cette différence entre entraînement ($62,8 \pm 11,98$) et match ($86,1 \pm 10,48$).

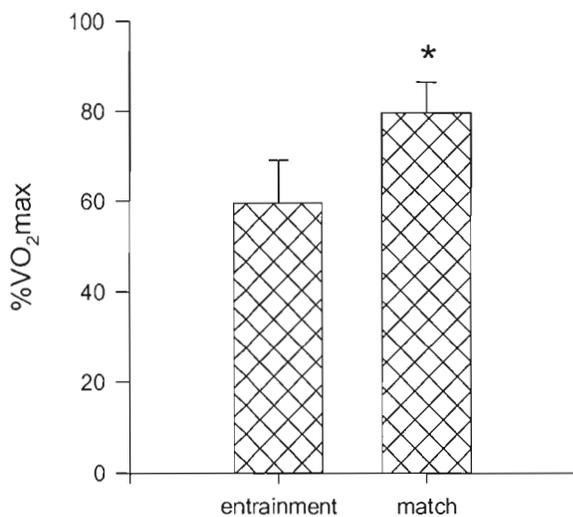


Figure 3.16 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % VO₂max GEN. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

À la figure 3.16, il est possible de voir que, dans l'ensemble des joueurs évalués, lorsque nous transformons les FC en % VO_2max , il y a effectivement une différence significative ($p < 0,05$) pour les valeurs moyennes sur dix semaines entre entraînement ($59,6 \pm 9,59$) et match ($79,7 \pm 6,77$).

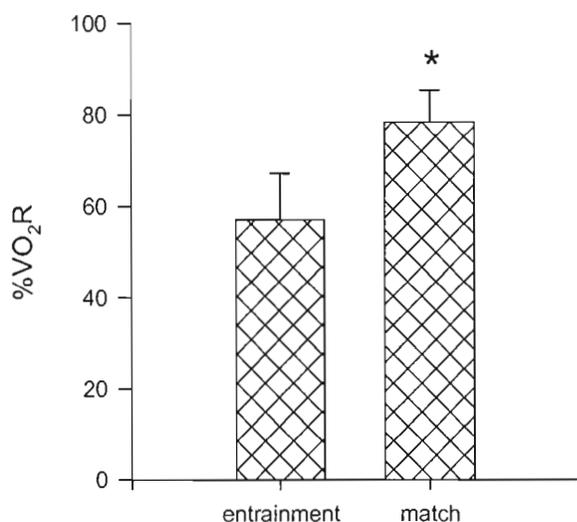


Figure 3.17 : Comparaison entre entraînement et match présentée en % $\text{VO}_2\text{R GEN}$. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

À la figure 3.17, il est possible d'observer que, selon la moyenne sur dix semaines, les % $\text{VO}_2\text{R GEN}$ des joueurs évalués sont significativement ($p < 0,05$) moins élevés en entraînements ($57,2 \pm 10,07$) que durant les matchs ($78,4 \pm 7,10$).

Pour conclure cette section où nous avons comparé les entraînements et les matchs durant une période de dix semaines, les figures 3.18 et 3.19 présentent les résultats premièrement en méthode TRIMPS et deuxièmement en méthode TRIMPS/min.

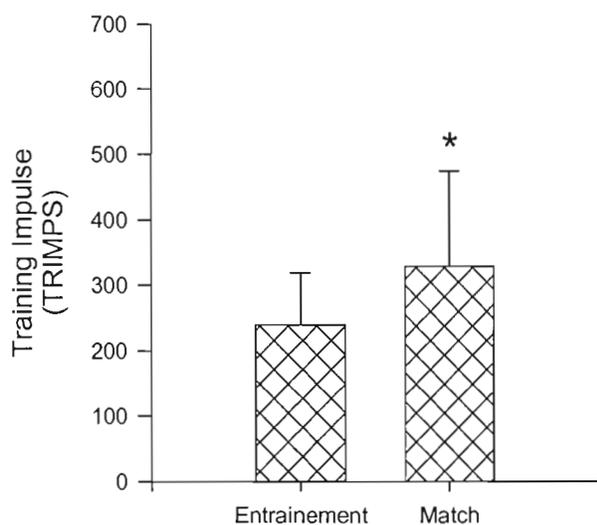


Figure 3.18 : Comparaison entre entraînement et match présentée en TRIMPS. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Dans les deux cas (TRIMPS et TRIMPS/min), nous pouvons observer que, dans l'ensemble, les résultats obtenus sont significativement plus élevés durant les matchs que durant les entraînements. À la figure 3.18, nous pouvons voir des résultats en TRIMPS (sans unité) de $239,8 \pm 79,89$ en entraînement et de $328,8 \pm 146,53$ en match. Converties en TRIMPS/min (figure 3.19), nous obtenons des moyennes de $2,6 \pm 0,48$ TRIMPS/min et de $3,1 \pm 0,57$ TRIMPS/min pour entraînements et matchs, respectivement.

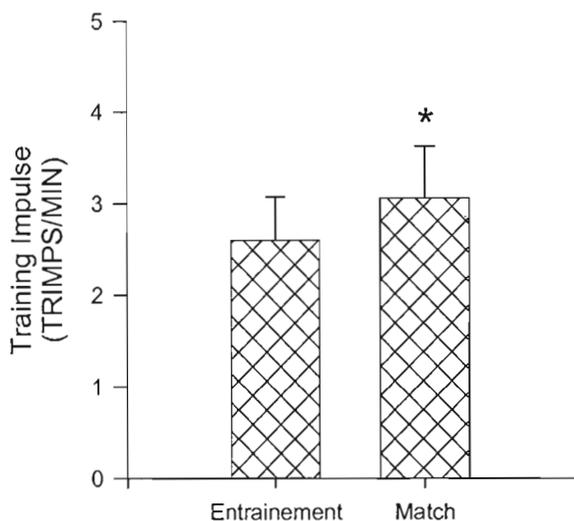


Figure 3.19 : Comparaison entre entraînement et match présentée en TRIMPS/min. * indique une différence significative entre entraînement et match ($p < 0,05$).

Afin de détailler nos comparaisons entre entraînement et match, nous avons repris les dix semaines d'évaluation en les décortiquant semaine par semaine de travail. Les figures 3.20 à 3.34 présentent les résultats en comparant entraînement et match sur dix semaines où chaque semaine détient sa moyenne individuelle pour entraînement et match et est toujours analysée selon les trois catégories, soit POINTE, MOY et GEN.

Suivant le même ordre établi précédemment, nos cinq premières figures constituent les résultats des analyses provenant de la catégorie POINTE telle que définie pour notre recherche. Comme il a été mentionné, ce sont les comparaisons intersemaines des entraînements et des matchs sur les mêmes dix semaines d'enregistrement.

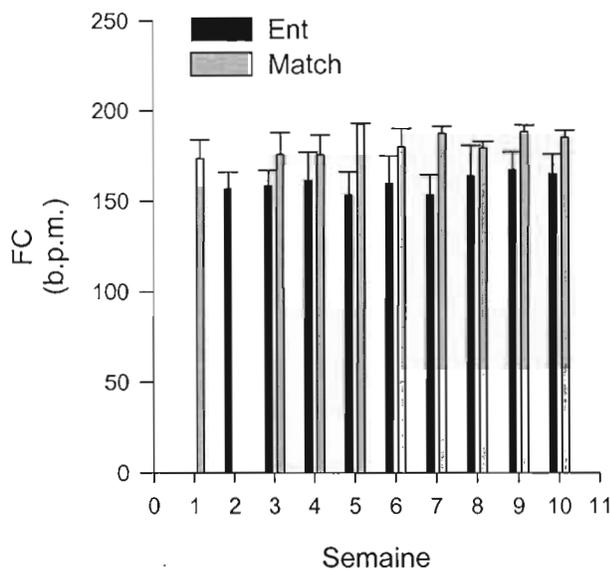


Figure 3.20 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en FC (b.p.m.) POINTE.

La figure 3.20 illustre les moyennes des entraînements et des matchs en FC b.p.m. POINTE décomposées par semaine. Lorsque nous regardons les semaines d'entraînement, nous observons une différence significative ($p < 0,05$) pour la semaine 9 ($168 \pm 9,7$) par rapport aux semaines 2 ($157 \pm 9,4$), 5 ($154 \pm 12,9$), et 7 ($154 \pm 10,9$). Pour ce qui est des comparaisons intermatches, nous constatons une différence significative ($p < 0,05$) entre les semaines 5 ($193 \pm 0,7$) et 1 ($174 \pm 10,2$) seulement. De plus, les moyennes des matchs sont significativement ($p < 0,05$) toutes plus élevées comparativement à celles des entraînements des semaines 2, 3, 4, 5, 6 et 7. Les semaines 8 ($164 \pm 16,6$) et 10 ($165 \pm 11,0$) d'entraînement affichent une différence significative par rapport aux semaines de matchs 5, 6, 7, 9 et 10. La semaine 9 d'entraînement, qui présente l'intensité la plus élevée de $168 \pm 9,7$, est significativement différente des semaines de matchs 5 ($193 \pm 0,7$), 7 ($188 \pm 3,9$), 9 ($189 \pm 3,5$) et 10 ($185 \pm 4,1$).

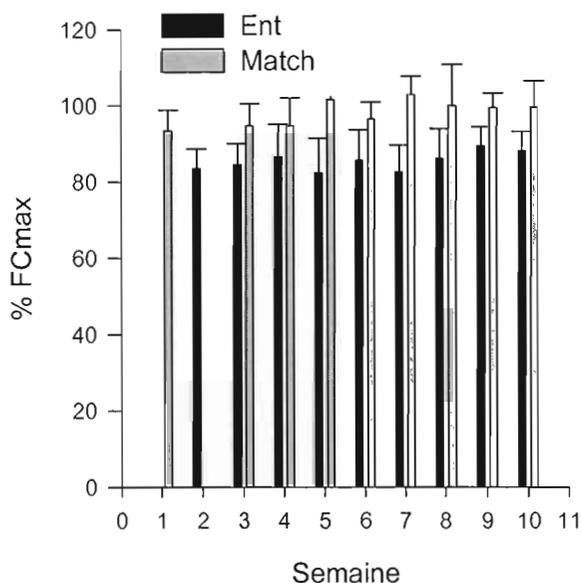


Figure 3.21 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % FCmax POINTE.

Lorsque nous convertissons les FC recueillies en % FCmax, nous pouvons observer dans la figure 3.21 certaines différences comparativement à la figure 3.20 lors des comparaisons entre les semaines d'entraînement et de matchs. Tout d'abord, la semaine 5 ($82,5 \pm 7,0$) en entraînement est significativement ($p < 0,05$) moins élevée que la semaine 9 ($89,4 \pm 5,0$). Ensuite, les résultats $93,5 \pm 5,4$ des matchs de la semaine 1 sont significativement ($p < 0,05$) moins élevés en intensité que ceux du match de la semaine 7 ($102,9 \pm 4,9$). En ce qui a trait aux entraînements et aux matchs, il est clair que, dans l'ensemble, les matchs sont significativement ($p < 0,05$) plus élevés en intensité comparativement aux entraînements des semaines 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Exceptionnellement, la semaine 9 ($89,4 \pm 5,0$) d'entraînement ne présente qu'une différence significative de $p < 0,05$ par rapport aux semaines de matchs 5 ($101,6 \pm 2,3$), 7 ($102,9 \pm 4,9$) et 10 ($99,6 \pm 7,02$). La dernière semaine d'entraînement ($88,1 \pm 5,1$) n'affiche aucune différence significative ($p < 0,05$) par rapport aux semaines de matchs 1 ($93,5 \pm 5,4$) et 4 ($94,7 \pm 7,4$).

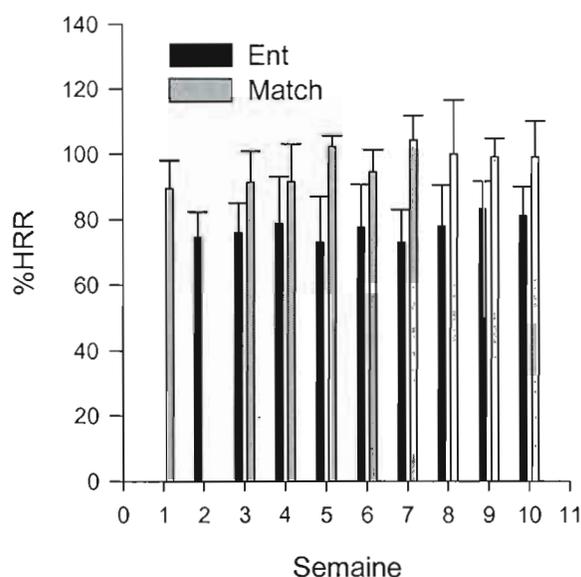


Figure 3.22 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % HRR POINTE.

À la figure 3.22, il est possible de voir que, dans l'ensemble, le % HRR POINTE des joueurs évalués ne présente aucune différence significative ($p < 0,05$) entre les entraînements sur dix semaines. Cependant, nous pouvons noter que les moyennes des matchs de la semaine 1 ($89,6 \pm 8,5$) sont significativement ($p < 0,05$) moins élevées que celles enregistrées durant le match de la semaine 7 ($104,3 \pm 7,5$). Lorsqu'il y a comparaison entre entraînement et match, la semaine de l'entraînement 9 ($83,4 \pm 8,4$) est significativement différente ($p < 0,05$) des semaines de matchs 5 ($102,3 \pm 3,3$), 7 ($104,3 \pm 7,5$) et 10 ($99,2 \pm 10,9$). De plus, nous observons que les moyennes obtenues de $89,6 \pm 8,5$, $91,5 \pm 9,4$ et $91,6 \pm 11,6$ respectivement en match ne présentent aucune différence significative ($p < 0,05$), ceci comparé à la moyenne de $81,3 \pm 8,9$ en entraînement de la semaine 10. Nous pouvons constater sinon que les résultats des matchs sont significativement ($p < 0,05$) plus élevés que ceux des semaines d'entraînement 2 à 8.

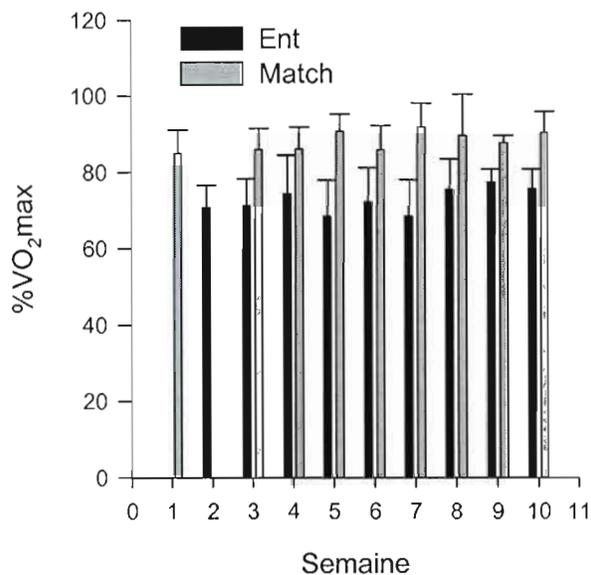


Figure 3.23 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO₂max POINTE.

À la figure 3.23, nous pouvons constater que, dans l'ensemble, l'intensité enregistrée aux matchs est significativement ($p < 0,05$) plus grande que celle en entraînement. Cela, à l'exception de la semaine 9 ($77,4 \pm 3,5$) à l'entraînement où il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) lorsque l'intensité est comparée aux résultats des semaines de matchs 6 ($85,9 \pm 6,3$) et 9 ($87,7 \pm 2,0$). Lors de l'évaluation des résultats des matchs, la figure 3.23 n'illustre aucune différence significative ($p > 0,05$) entre matchs. Par contre, nous pouvons voir que la semaine d'entraînement 9 est significativement ($p < 0,05$) plus élevée que les semaines d'entraînement 2 ($70,9 \pm 5,8$), 5 ($68,6 \pm 9,5$) et 7 ($68,5 \pm 9,5$).

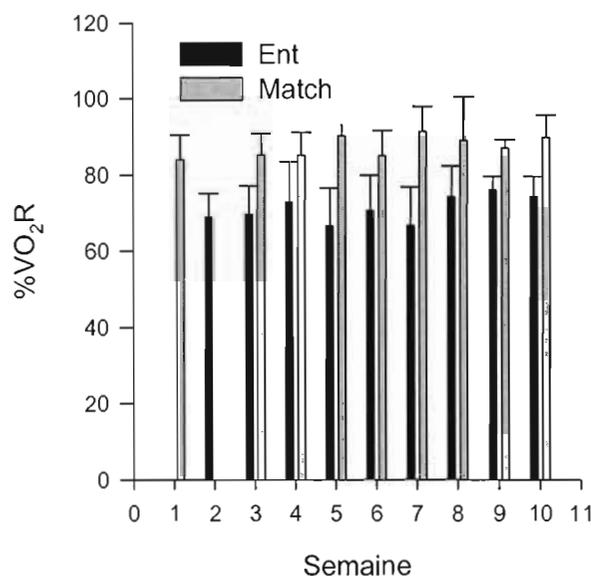


Figure 3.24 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO₂R POINTE.

Les résultats présentés en % VO₂R à la figure 3.24 indiquent qu'il n'y a aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les matchs sur les dix semaines d'enregistrement. Lors de la comparaison interentraînement, nous pouvons voir que les résultats obtenus des semaines 2, 5 et 7 se situent à $69,0 \pm 6,2$, $66,7 \pm 10,0$ et $66,8 \pm 10,1$ respectivement, et sont significativement ($p < 0,05$) plus bas par rapport aux résultats de la semaine 9 de $76,2 \pm 3,5$. Également, la figure 3.24, démontre, à l'exception de la semaine 9 ($76,2 \pm 3,5$) en entraînement où il n'y a aucune différence significative comparée aux matchs des semaines 6 ($85,1 \pm 6,6$) et 9 ($87,0 \pm 2,2$) que tous les résultats des semaines de matchs sont significativement plus élevés que ceux des semaines d'entraînement pour la catégorie % VO₂R POINTE.

Les figures 3.25 à 3.29 sont les résultats de nos analyses des catégories MOY où nous avons calculé la moyenne de toute la séance enregistrée établie par semaine de travail sur dix semaines.

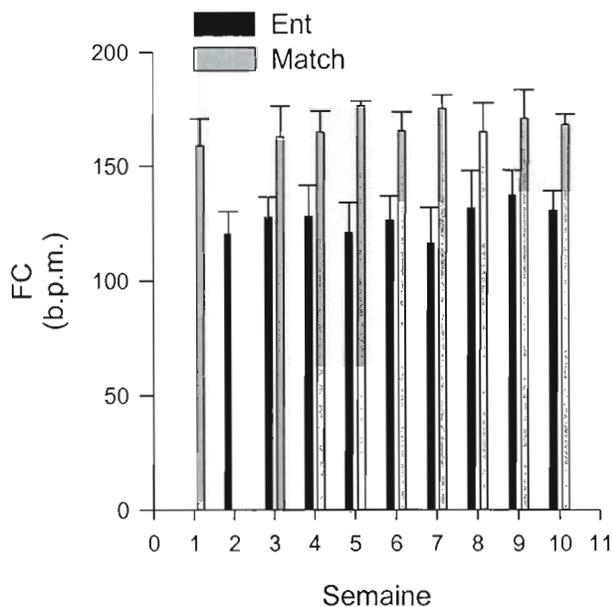


Figure 3.25 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en FC (b.p.m.) MOY.

Tout d'abord, la figure 3.25 représente comment les semaines de matchs sont significativement ($p < 0,05$) plus élevées comparativement aux semaines d'entraînement, sans aucune exception. Ensuite, nous pouvons voir que, lors de la comparaison intermatch des dix semaines, il n'y a qu'une différence significative ($p < 0,05$) entre la semaine 1 ($159 \pm 11,9$) et les semaines 5 ($177 \pm 2,1$) et 7 ($175 \pm 5,9$). Par contre, lorsque l'on compare les semaines d'entraînement, nous pouvons remarquer une différence significative ($p < 0,05$) entre la semaine 7 ($117 \pm 15,6$) et les semaines 3 ($128 \pm 8,7$), 4 ($128 \pm 13,8$), 8 ($132 \pm 16,2$), 9 ($138 \pm 10,8$) et 10 ($131 \pm 8,8$). Dans le même ordre, la semaine 5 ($121 \pm 13,4$) est significativement ($p < 0,05$) moins élevée que la semaine 9 ($138 \pm 10,8$). Finalement, il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les semaines 8, 9 et 10 et la semaine d'entraînement 2.

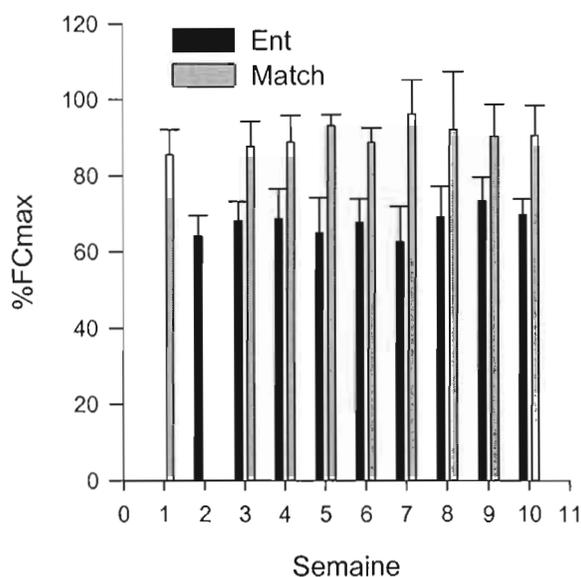


Figure 3.26 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % FCmax MOY.

La FC présentée sous forme relative par rapport à la FCmax (% FCmax) obtenue durant l'épreuve de VO₂max indique que les moyennes obtenues en matchs durant les dix semaines sont toutes significativement ($p < 0,05$) plus élevées que chacune des moyennes des dix semaines d'entraînement. La figure 3.26 présente une différence significative ($p < 0,05$) entre le match de la semaine 1 ($85,5 \pm 6,6$) et le match de la semaine 7 ($96,1 \pm 9,1$). De plus, les moyennes des semaines d'entraînement 2 ($64,1 \pm 5,5$), 5 ($65,1 \pm 9,2$) et 7 ($62,7 \pm 9,4$) sont significativement différentes ($p < 0,05$) comparativement à la semaine d'entraînement 9 ($73,4 \pm 6,2$).

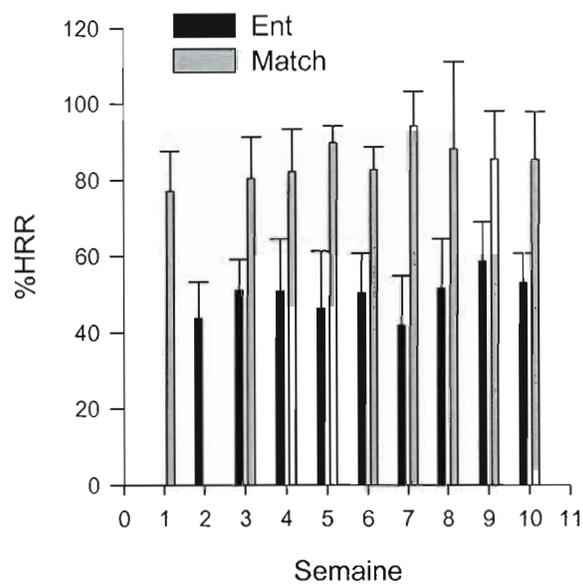


Figure 3.27 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % HRR MOY.

À la figure 3.27, il est possible de voir une différence significative ($p < 0,05$) entre les % HRR MOY des matchs de la semaine 7 ($94,2 \pm 9,1$) et ceux de la semaine 1 ($77,1 \pm 10,5$). D'ailleurs, on constate que, dans l'ensemble, tous les % HRR MOY des joueurs évalués sont significativement ($p < 0,05$) plus élevés durant les dix semaines de matchs que durant les dix semaines d'entraînement. De plus, dans cette même figure, nous pouvons voir que les résultats $58,7 \pm 10,4$ de la semaine 9 d'entraînement sont significativement ($p < 0,05$) plus élevés que les résultats $43,9 \pm 9,5$, $46,4 \pm 15,0$ et $42,0 \pm 12,8$, des semaines d'entraînement 2, 5 et 7, respectivement.

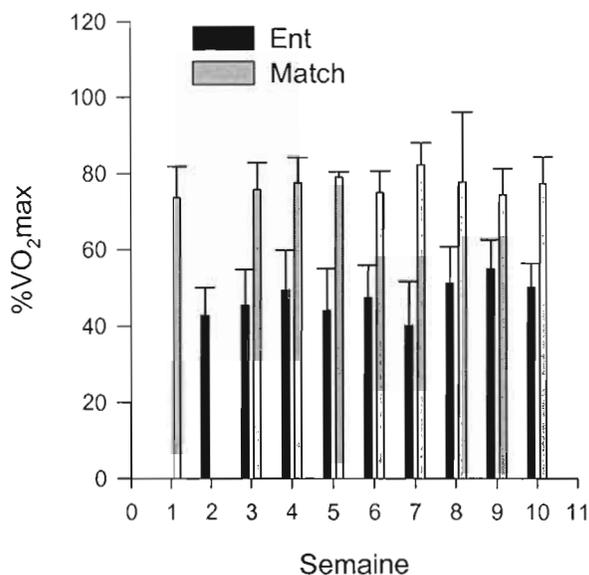


Figure 3.28 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO₂max MOY.

À la figure 3.28, présentée en % relatif par rapport au VO₂max (obtenu en laboratoire), nous pouvons voir que chacune des dix semaines des matchs enregistrés est significativement différente ($p < 0,05$) comparativement aux dix semaines d'entraînement. Ensuite, lorsque nous évaluons la comparaison interentraînement, la figure 3.28 illustre une différence significative ($p < 0,05$) entre la semaine 2 ($42,9 \pm 7,3$) et les semaines 4 ($49,3 \pm 10,6$), 8 ($51,2 \pm 9,5$) et 9 ($55,0 \pm 7,6$). De la même façon, pour les semaines 4 ($49,3 \pm 10,6$), 8 ($51,2 \pm 9,5$), 9 ($55,0 \pm 7,6$) et 10 ($50,2 \pm 6,3$), nous voyons une différence significative ($p < 0,05$) comparée à la semaine 7 ($40,1 \pm 11,6$). De même pour le résultat de la semaine 9 ($55,0 \pm 7,6$) d'entraînement qui est significativement ($p < 0,05$) plus élevé que ceux des semaines 2 ($42,9 \pm 7,3$), 3 ($45,5 \pm 9,3$), 5 ($44,2 \pm 10,9$) et 7 ($40,1 \pm 11,6$).

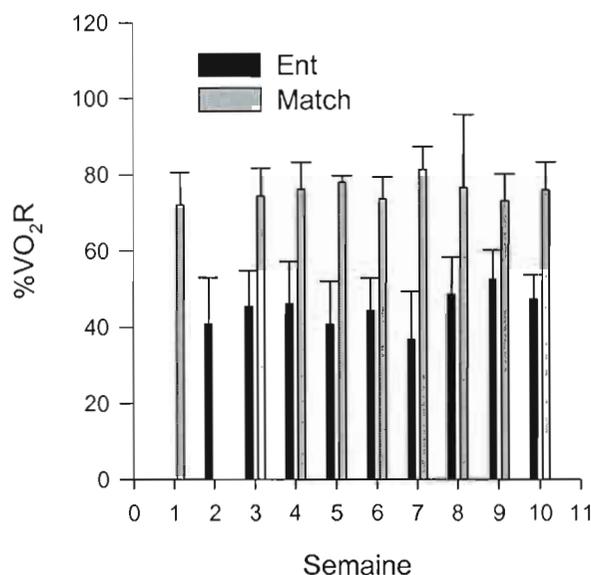


Figure 3.29 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO₂R MOY.

À la figure 3.29 du % VO₂R, nous pouvons observer qu'il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) entre les semaines de matchs. Cependant, nous constatons que, sur les dix semaines d'entraînement, il y a une différence significative ($p < 0,05$) pour chacune d'elles comparativement aux dix semaines de matchs. Pour les résultats interentraînements, la semaine 7 ($36,8 \pm 12,5$) est significativement ($p < 0,05$) moins intense que les semaines 4 ($46,1 \pm 11,1$), 8 ($48,6 \pm 9,7$), 9 ($52,5 \pm 7,7$) et 10 ($47,3 \pm 6,3$). Semblablement, les semaines d'entraînement 2 ($40,9 \pm 12,0$), 5 ($40,8 \pm 11,2$) et 7 ($36,8 \pm 12,5$) sont significativement ($p < 0,05$) moins élevées que la semaine 9 ($52,5 \pm 7,7$) d'entraînement.

Finalement, les figures 3.30 à 3.34 affichent les résultats des analyses de nos séances d'entraînement et de matchs effectuées en ce qu'on appelle GEN, c'est-à-dire la séance d'activité au complet moins les longues périodes de récupération. La section d'analyse GEN est divisée en cinq catégories : FC (b.p.m.), % FCmax, % HRR % VO₂max et % VO₂R.

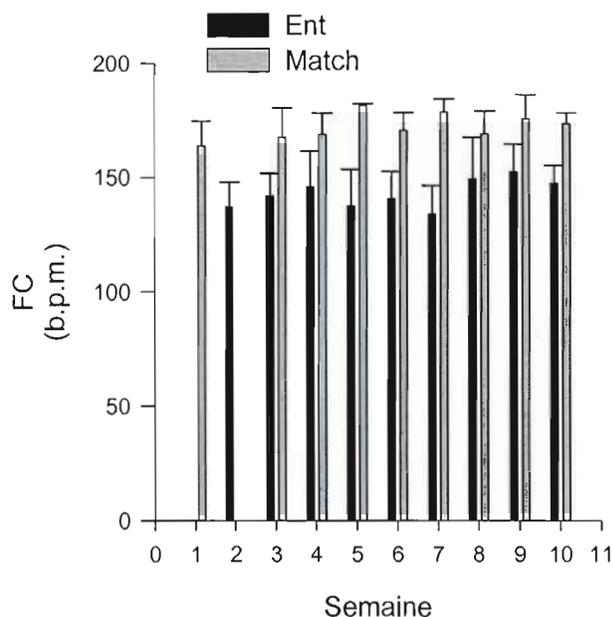


Figure 3.30 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en FC (b.p.m.) GEN.

La première figure, figure 3.30, illustre la différence significative ($p < 0,05$) entre entraînements et matchs, à l'exception de la semaine 9 ($152 \pm 12,1$) en entraînement et de la semaine 8 ($169 \pm 9,9$) en match. Nous pouvons observer à partir de cette figure qu'il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) lors des comparaisons intermatches. Cependant, lors de la comparaison interentraînement, nous relevons des différences significatives ($p < 0,05$) entre les semaines suivantes : la semaine 2 ($137 \pm 10,8$) est relativement plus faible que les semaines 8 ($150 \pm 17,9$) et 9 ($152 \pm 12,1$). La semaine 7 ($134 \pm 12,6$) est plus faible comparativement aux semaines 4 ($146 \pm 15,7$), 8 ($150 \pm 17,9$), 9 ($152 \pm 12,1$) et 10 ($147 \pm 7,7$). De plus, nous constatons que le résultat de la semaine 9 ($152 \pm 12,1$) est significativement ($p < 0,05$) plus élevé que ceux des semaines 2 ($137 \pm 10,8$), 5 ($138 \pm 15,9$) et 7 ($134 \pm 12,6$).

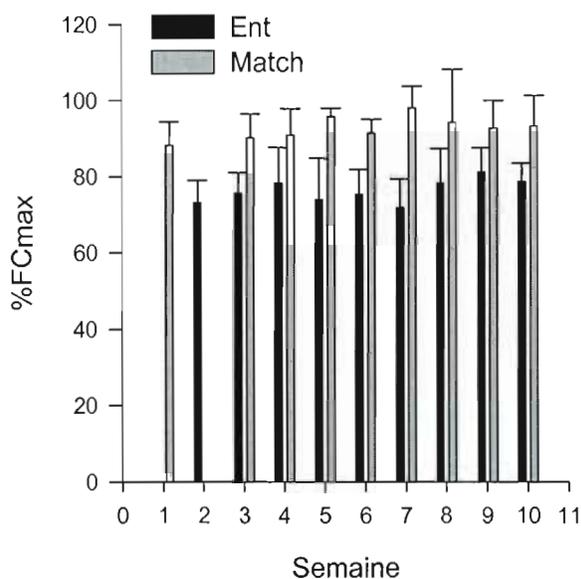


Figure 3.31 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % FCmax GEN.

Lorsque l'on présente les résultats de l'analyse sous forme de % FCmax GEN, nous pouvons lire dans la figure 3.31 que les dix semaines de matchs sont toutes significativement différentes ($p < 0,05$) quand on compare ces résultats un à un aux dix semaines d'entraînement. Par contre, dans la comparaison similaire pour les intermatches, nous pouvons voir une différence significative ($p < 0,05$) entre la semaine 1 ($88,1 \pm 6,3$) et la semaine 7 ($98,0 \pm 5,9$). Tout de même, le résultat de $81,3 \pm 6,2$ de la semaine 9 d'entraînement est significativement supérieur ($p < 0,05$) aux résultats $73,2 \pm 5,9$ et $72,0 \pm 7,5$ des semaines d'entraînement 2 et 7, respectivement.

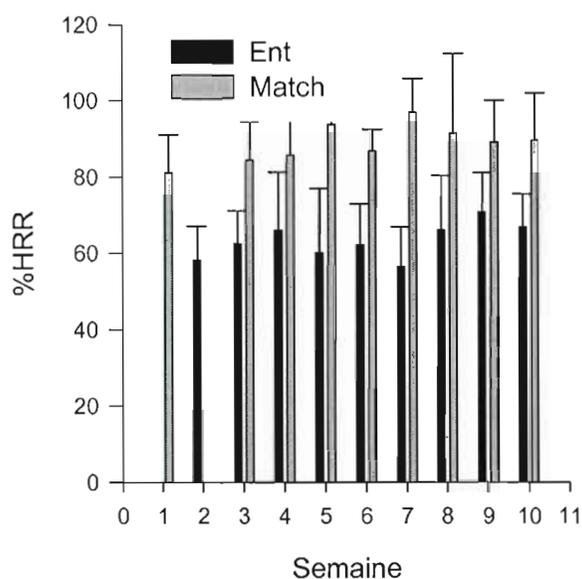


Figure 3.32 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % HRR GEN.

À la figure 3.32 du % HRR, nous pouvons observer trois particularités. Tout d'abord, une différence significative ($p < 0,05$) entre la semaine d'entraînement 9 ($70,9 \pm 10,3$) et les semaines d'entraînement 2 ($58,2 \pm 8,9$) et 7 ($56,5 \pm 10,4$) est retenue. Les rapports intermatchs semblent être tous sans aucune différence significative ($p < 0,05$) sauf aux semaines 1 ($81,2 \pm 9,9$) et 7 ($97,0 \pm 8,8$). Mis à part la semaine d'entraînement 9 ($70,9 \pm 10,3$) qui n'est pas significativement ($p < 0,05$) moins grande que la semaine de match 1 ($81,2 \pm 9,9$), nous comptons, dans cette figure, toutes les semaines d'entraînement significativement ($p < 0,05$) moins élevées que toutes les semaines de matchs.

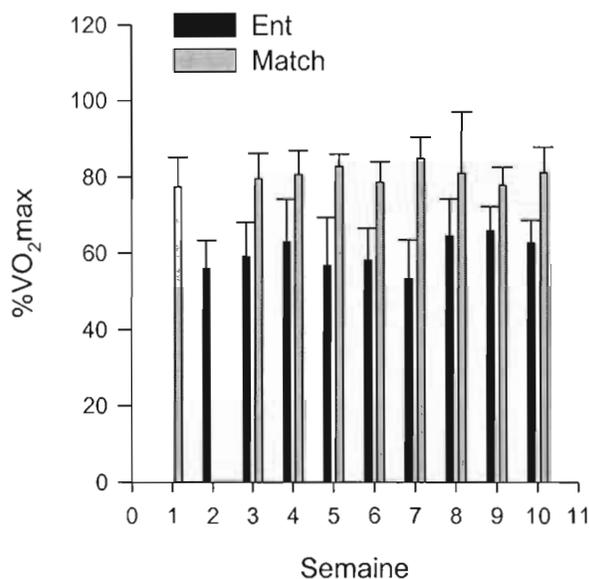


Figure 3.33 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO₂max GEN.

Aux figures 3.33 et 3.34, qui représentent le % VO₂max et le % VO₂R, nous observons les mêmes différences pour les comparaisons entre les semaines. Tout d'abord, la semaine d'entraînement 2 (55,9 ± 7,4 % VO₂max) (53,1 ± 7,8 % VO₂R) est significativement ($p < 0,05$) moins élevée que les semaines 4 (63,1 ± 11,1 % VO₂max) (60,7 ± 11,8 % VO₂R), 8 (64,6 ± 9,8 % VO₂max) (62,7 ± 10,1 % VO₂R) et 9 (65,9 ± 6,4 % VO₂max) (64,0 ± 6,5 % VO₂R). Ensuite, nous retenons une différence significative ($p < 0,05$) plus grande pour la semaine 7 (53,3 ± 10,3 % VO₂max) (50,8 ± 10,9 % VO₂R) d'entraînement comparée aux semaines 4 (63,1 ± 11,1 % VO₂max) (60,7 ± 11,8 % VO₂R), 8 (64,6 ± 9,8 % VO₂max) (62,7 ± 10,1 % VO₂R), 9 (65,9 ± 6,4 % VO₂max) (64,0 ± 6,5 % VO₂R) et 10 (62,7 ± 6,0 % VO₂max) (60,6 ± 6,0 % VO₂R) en entraînement. Puis, toujours en interentraînement, nous avons une différence ($p < 0,05$) supérieure pour la semaine 9 (65,9 ± 6,4 % VO₂max) (64,0 ± 6,5 % VO₂R) comparée aux semaines 2 (55,9 ± 7,4 % VO₂max) (53,1 ± 7,8 % VO₂R), 5 (56,8 ± 12,8 % VO₂max) (54,2 ± 13,2 % VO₂R) et 7 (53,3 ± 10,3 % VO₂max) (50,8 ± 10,9 % VO₂R). Dans les deux figures (3.33 et 3.34), nous ne relevons aucune différence significative ($p < 0,05$) entre les matchs. Contrairement aux comparaisons intermatches, nous remarquons que toutes les semaines de matchs sont significativement ($p < 0,05$) plus élevées que les semaines d'entraînement à l'exception de la semaine de match 9 (77,9 ± 4,8 % VO₂max) (76,7 ± 4,8 % VO₂R) qui ne démontre aucune différence significative ($p < 0,05$) comparativement aux semaines d'entraînement 8 (64,6 ± 9,8 % VO₂max) (62,7 ± 10,1 % VO₂R) et 9 (65,9 ± 6,4 % VO₂max) (64,0 ± 6,5 % VO₂R).

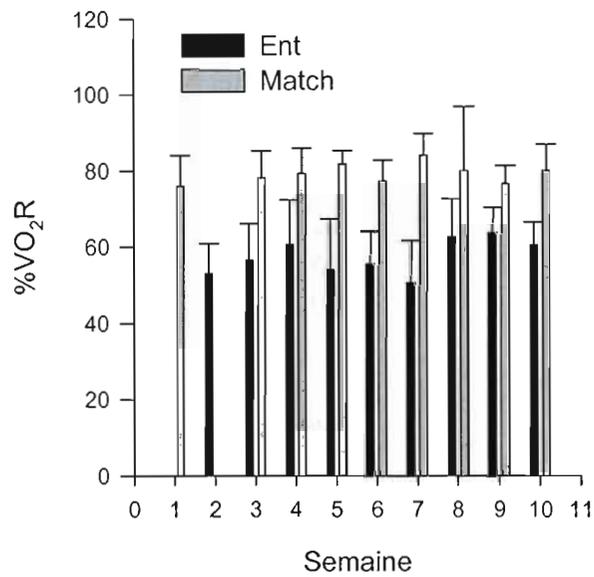


Figure 3.34 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en % VO₂R GEN.

Pour conclure la section des comparaisons intersemaines entre entraînement et match, deux figures (3.35 et 3.36) représentent la méthode TRIMPS ainsi que la méthode TRIMPS/min. Ces méthodes permettent de quantifier les séances par le produit du temps et l'intensité.

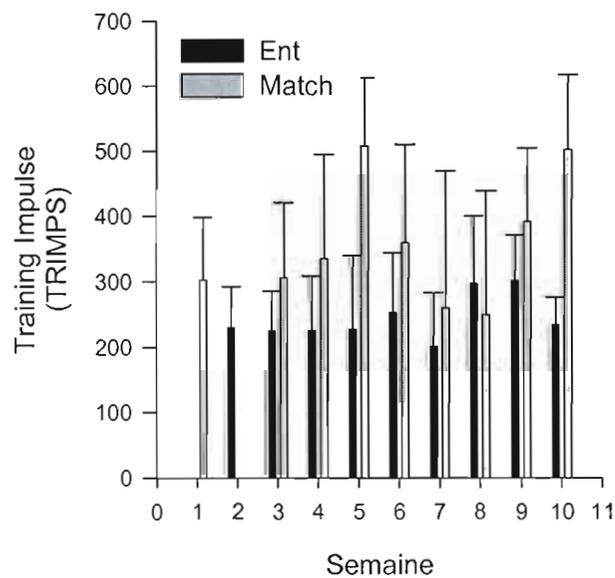


Figure 3.35 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en TRIMPS.

À la figure 3.35, nous retrouvons les résultats de notre analyse en TRIMPS et nous observons qu'il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) lors de la comparaison interentraînement. Par contre, il est clairement illustré que les résultats TRIMPS de $508,4 \pm 104,1$ de la semaine 5 et de $502,7 \pm 114,4$ de la semaine 10 en matchs sont significativement ($p < 0,05$) plus élevés que les résultats des matchs de la semaine 1 ($302,6 \pm 95,8$), de la semaine 3 ($306,0 \pm 115,6$), de la semaine 4 ($335 \pm 160,0$), de la semaine 7 ($259,9 \pm 209,8$) et de la semaine 8 ($249,0 \pm 190,4$). Aussi, nous constatons lors de la comparaison entre entraînement et match (semaine par semaine) certaines différences. Tout d'abord, les semaines d'entraînement 2 ($230,8 \pm 61,8$), 3 ($225,2 \pm 60,7$), et 4 ($226,4 \pm 82,5$) sont significativement ($p < 0,05$) moins élevées que les semaines de matchs 4 ($335,0 \pm 160,0$), 5 ($508,4 \pm 104,1$), 6 ($359,2 \pm 151,3$), 9 ($391,2 \pm 113,9$) et 10 ($502,7 \pm 114,4$). Dans le même ordre, nous remarquons que la semaine d'entraînement 5 ($227,5 \pm 112,7$) est significativement ($p < 0,05$) moins élevée en TRIMPS que les semaines de matchs 4 ($335,0 \pm 160,0$), 5 ($508,4 \pm 104,1$), 6 ($359,2 \pm 151,3$) et 10 ($502,7 \pm 114,4$). D'ailleurs, nous pouvons lire sur la même figure une différence significative ($p < 0,05$) entre les semaines d'entraînement 6 ($253,0 \pm 90,9$), 8 ($297,5 \pm 103,0$), 9 ($301,7 \pm 69,6$) et 10 ($234,7 \pm 42,0$) et les semaines de matchs 5 ($508,4 \pm 104,1$) et 10 ($502,7 \pm 114,4$). De plus, la semaine 7 ($201,3 \pm 81,6$) en entraînement est significativement ($p < 0,05$) moins intense que toutes les semaines de matchs, à l'exception des semaines 7 ($259,9 \pm 209,8$) et 8 ($249,0 \pm 190,4$).

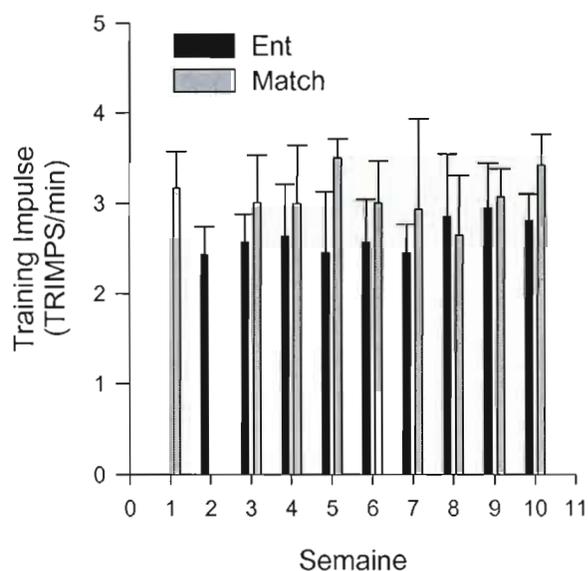


Figure 3.36 : Comparaison intersemaine entre entraînement et match présentée en TRIMPS/min.

Nous observons avec les TRIMPS normalisés au temps (TRIMPS/min) que les moyennes obtenues démontrent certaines différences en comparaison intersemaine (figure 3.36). Lors de la

comparaison interentraînement, la moyenne obtenue de $2,4 \pm 0,3$ à la semaine 2 est significativement ($p < 0,05$) moins élevée que la moyenne de $3,0 \pm 0,5$ de la semaine 9. La figure 3.36 démontre que la moyenne de la semaine de matchs 8 ($2,6 \pm 0,7$) est significativement ($p < 0,05$) moins élevée que la semaine de matchs 10 ($3,4 \pm 0,3$). De la même façon, nous notons des différences significatives ($p < 0,05$) entre les semaines d'entraînement et les semaines de matchs, comme à la semaine 2 ($2,4 \pm 0,3$) d'entraînement où nous voyons une différence significative ($p < 0,05$) par rapport à toutes les semaines de matchs, mis à part des semaines 8 ($2,6 \pm 0,7$) et 9 ($3,1 \pm 0,3$). Ensuite, les semaines d'entraînement 3 ($2,6 \pm 0,3$) et 6 ($2,6 \pm 0,5$) sont significativement différentes ($p < 0,05$) des semaines de matchs 1 ($3,2 \pm 0,4$), 3 ($3,0 \pm 0,5$) 5 ($3,5 \pm 0,2$) et 10 ($3,4 \pm 0,3$). Les semaines 5 ($2,5 \pm 0,7$) et 7 ($2,5 \pm 0,3$) d'entraînement sont significativement ($p < 0,05$) moins élevées que les semaines de matchs 1 ($3,2 \pm 0,4$), 3 ($3,0 \pm 0,5$), 4 ($3,0 \pm 0,6$), 5 ($3,5 \pm 0,2$) et 10 ($3,4 \pm 0,3$). Finalement, les semaines de matchs 1 ($3,2 \pm 0,4$), 5 ($3,5 \pm 0,2$) et 10 ($3,4 \pm 0,3$) sont toutes significativement ($p < 0,05$) plus élevées que la semaine d'entraînement 4 ($2,6 \pm 0,6$).

3.5 Match 1 versus match 2

La section 3.5 présente la comparaison des matchs analysés le jour 1 et ceux le jour 2. Comme nous l'avons précisé dans la méthodologie, les résultats compilés pour cette comparaison sont uniquement ceux des joueurs qui ont participé aux deux matchs de la fin de semaine. Comme à la section précédente, nous présentons les résultats selon sept méthodes (FC b.p.m., % FCmax, % HRR, % VO₂max, % VO₂R, TRIMPS et TRIMPS/min) et en trois catégories (POINTE, MOY et GEN). Les résultats obtenus dans chaque catégorie sont représentés dans le tableau 3.

Tableau 3.4 Variables de la dépense d'activité physique durant les matchs 1 et 2. (moyenne \pm ET)

	Match jour 1	Écart-type	Match jour 2	Écart-type
POINTE				
FC (b.p.m.)	178,25	$\pm 10,15$	178,52	$\pm 10,81$
% Fcmax	96,19	$\pm 6,18$	96,14	$\pm 6,84$
% HRR	93,87	$\pm 9,76$	93,93	$\pm 10,65$
% VO ₂ max	87,32	$\pm 5,75$	85,89	$\pm 7,23$
% VO ₂ R	86,56	$\pm 6,03$	85,04	$\pm 7,57$
MOY				
FC (b.p.m.)	164,36	$\pm 10,71$	164,25	$\pm 11,76$
% Fcmax	88,72	$\pm 6,79$	88,50	$\pm 7,68$
% HRR	82,31	$\pm 10,85$	82,24	$\pm 12,07$
% VO ₂ max	76,59	$\pm 7,17$	75,22	$\pm 8,56$
%VO ₂ R	75,18	$\pm 7,51$	73,70	$\pm 8,96$
GEN				
FC (b.p.m.)	168,93	$\pm 10,16$	168,73	$\pm 11,05$
% Fcmax	91,18	$\pm 6,52$	90,91	$\pm 7,35$
% HRR	86,14	$\pm 10,33$	85,93	$\pm 11,52$
% VO ₂ max	80,13	$\pm 6,70$	78,56	$\pm 7,86$
% VO ₂ R	78,93	$\pm 7,02$	77,24	$\pm 8,24$
TRIMPS				
TRIMPS				
(HR-ZONE)	330,75	$\pm 153,01$	370,82	$\pm 155,67$
TRIMPS/min	3,05	$\pm 0,58$	3,16	$\pm 0,61$

POINTE = les pointes les plus hautes du match; **MOY** = moyenne du match; **GEN** = travail sans les longues périodes de récupération du match.

Dans les figures 3.37 à 3.39, il est possible de voir que, dans l'ensemble, les FC **POINTE** des joueurs évalués représentées en FC b.p.m., % Fcmax ou même en % HRR n'ont aucune différence significative ($p < 0,05$) entre le match 1 ($178 \pm 10,15$, $96,2 \pm 6,18$ et $93,9 \pm 9,76$ respectivement) et le match 2 ($178 \pm 10,81$, $96,1 \pm 6,84$ et $93,9 \pm 10,65$).

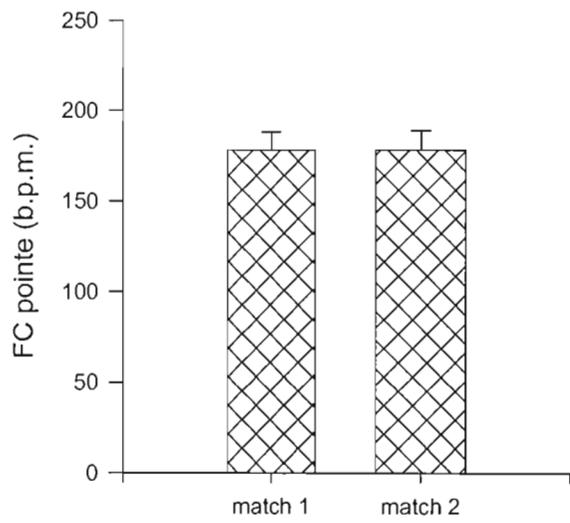


Figure 3.37 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en FC b.p.m. POINTE.

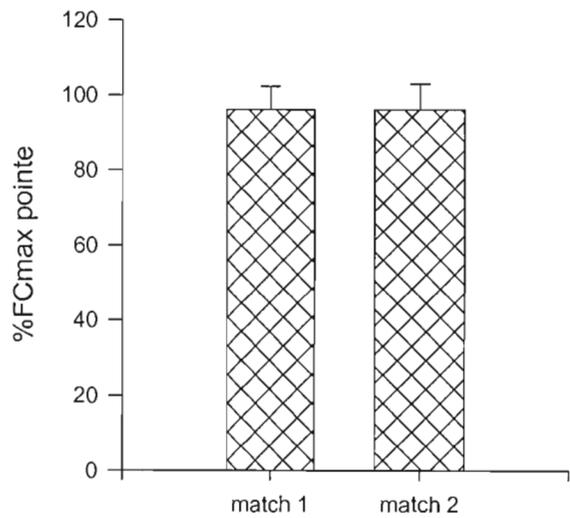


Figure 3.38: Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % FCmax POINTE.

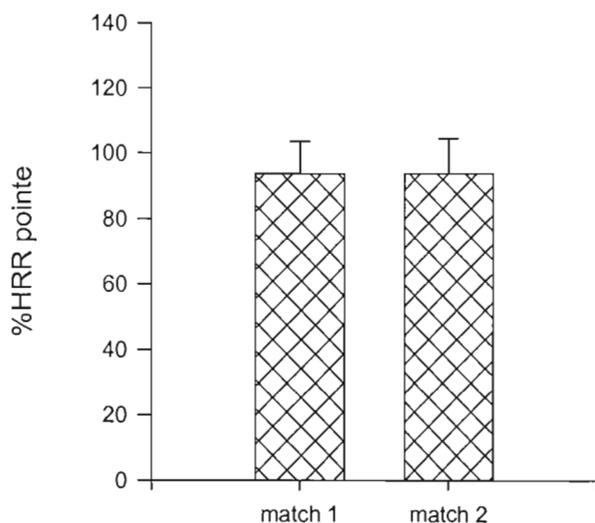


Figure 3.39 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % HRR POINTE.

En méthode % VO_2 max et % VO_2 R dérivés des équations de corrélation enregistrées en laboratoire (tableau 2), nous ne retrouvons aucune différence significative ($p < 0,05$) entre le match 1 et le match 2. Aux figures 3.40 et 3.41, nous pouvons constater que les résultats du match 1, $87,32 \pm 5,75$ et $86,56 \pm 6,03$, sont statistiquement similaires ($p > 0,05$) aux résultats $85,89 \pm 7,23$ et $85,04 \pm 7,57$ du match 2.

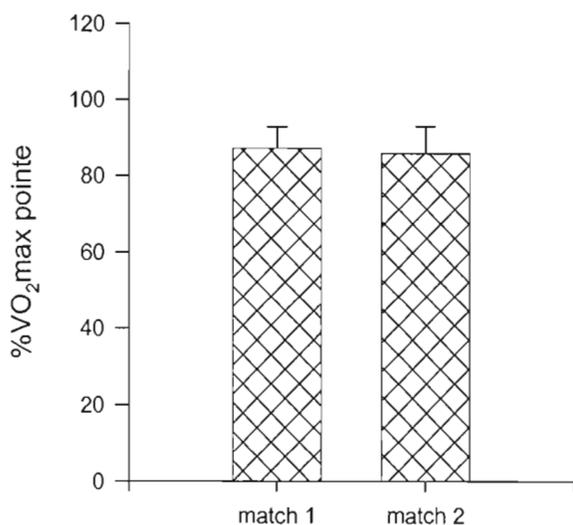


Figure 3.40 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO_2 max POINTE.

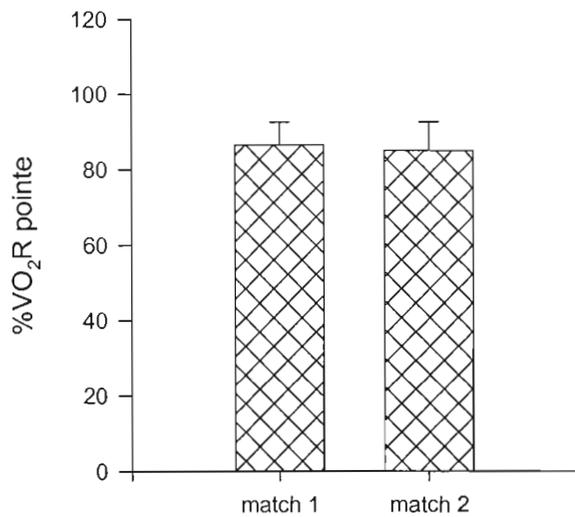


Figure 3.41 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO₂R POINTE.

En prenant compte de la moyenne des matchs 1 et 2 enregistrée, nous obtenons les résultats suivants pour les figures 3.42 à 3.44. À la figure 3.42 de FC MOY b.p.m., nous obtenons pour le match 1 une moyenne de $164 \pm 10,71$ et une moyenne de $164 \pm 11,76$ pour le match 2. À la figure 3.43, en % FCmax MOY, nous avons $88,72 \pm 6,79$ et $88,50 \pm 7,68$ pour les matchs 1 et 2, respectivement. À la figure 3.44, en % HRR MOY, nous pouvons lire des résultats de $82,31 \pm 10,85$ pour le match 1 comparativement à $82,24 \pm 12,07$ pour le match 2. Les comparaisons de ces trois méthodes demeurent statistiquement sans aucune différence significative ($p > 0,05$).

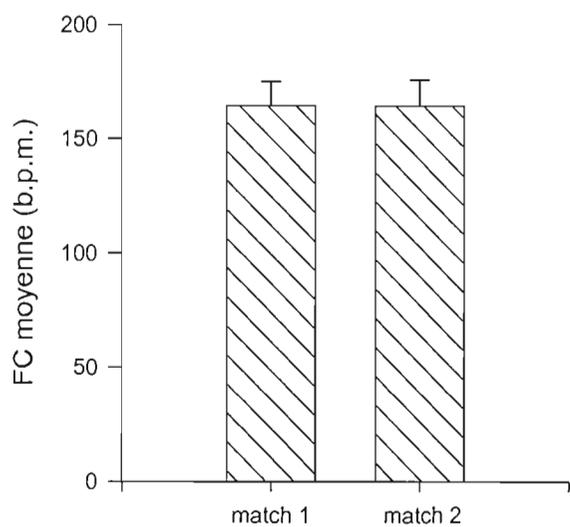


Figure 3.42 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en FC b.p.m. MOY.

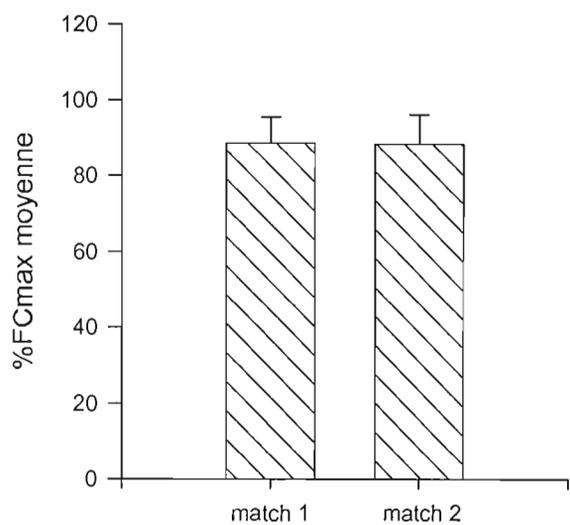


Figure 3.43 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % FCmax MOY.

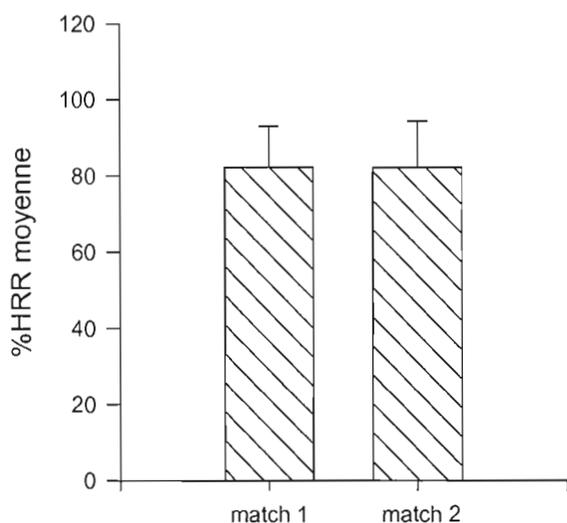


Figure 3.44 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % HRR MOY.

À la figure 3.45, nous pouvons voir qu'il n'y a aucune différence significative ($p > 0,05$) entre le % VO_2 max MOY des matchs de la semaine 1 ($76,59 \pm 7,17$) et celui de la semaine 2 ($75,22 \pm 8,56$).

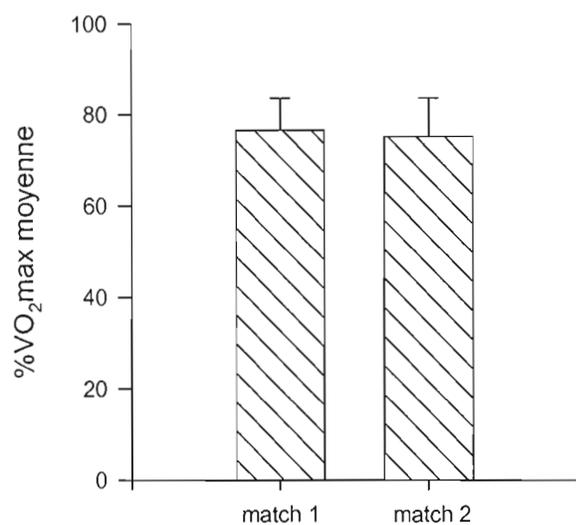


Figure 3.45 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO_2 max MOY.

À la figure 3.46, nous pouvons voir qu'il n'y a aucune différence significative ($p > 0,05$) dans le % VO_2 R MOY des matchs de la semaine 1 ($75,18 \pm 7,51$) et celui de la semaine 2 ($73,70 \pm 8,96$).

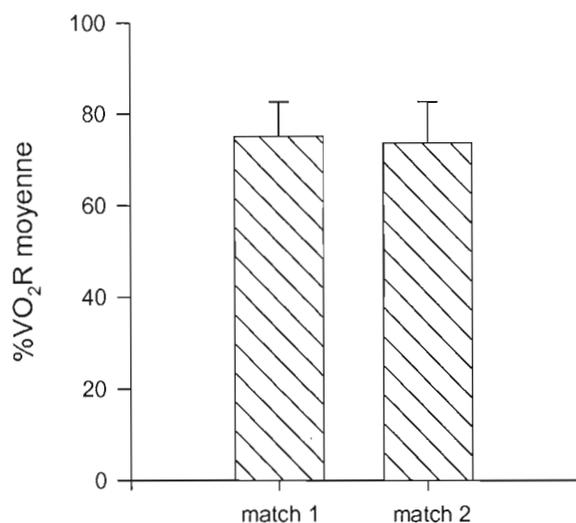


Figure 3.46 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO₂R MOY.

Lorsque nous comparons les résultats de $168 \pm 10,16$ à $168 \pm 11,05$ pour FC b.p.m. GEN (figure 3.47), de $91,18 \pm 6,52$ à $90,91 \pm 7,35$ en % FCmax GEN (figure 3.48), et de $86,14 \pm 10,33$ à $85,93 \pm 11,52$ en % HRR GEN (figure 3.49), nous pouvons voir qu'il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) entre les moyennes des matchs 1 et 2.

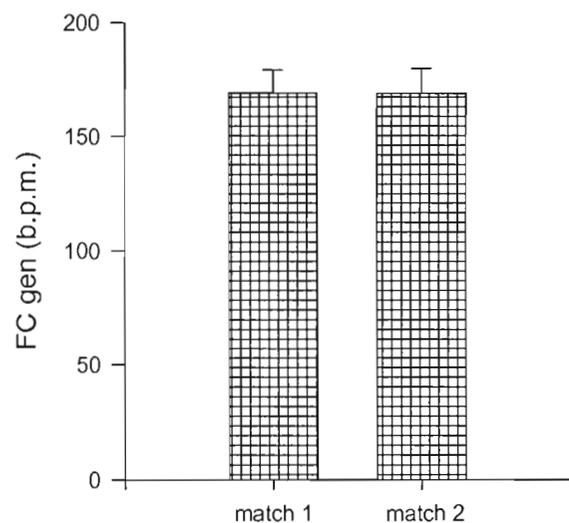


Figure 3.47 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en FC b.p.m. GEN.

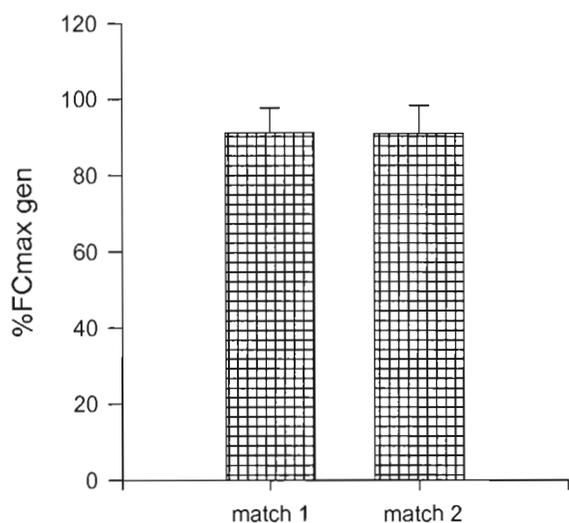


Figure 3.48 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % FCmax GEN.

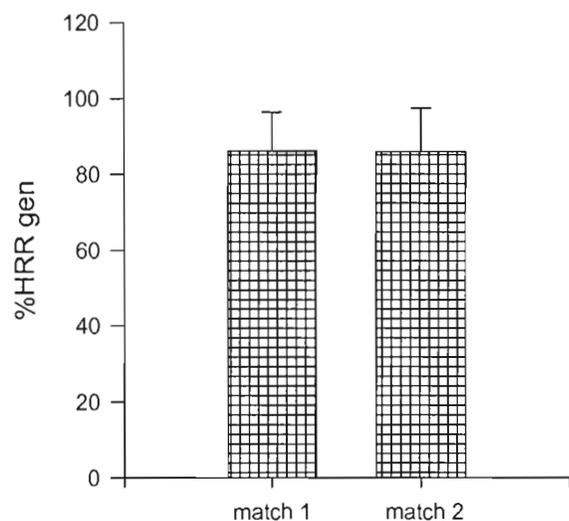


Figure 3.49 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % HRR GEN.

En ce qui concerne les % VO₂max et les % VO₂R de la section GEN de l'analyse, nous pouvons voir qu'il n'y a aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les moyennes des matchs 1 et 2. Cette comparaison est démontrée à la figure 3.50 ($80,13 \pm 6,70$ et $78,56 \pm 7,86$) ainsi qu'à la figure 3.51 ($78,93 \pm 7,02$ et $77,24 \pm 8,24$).

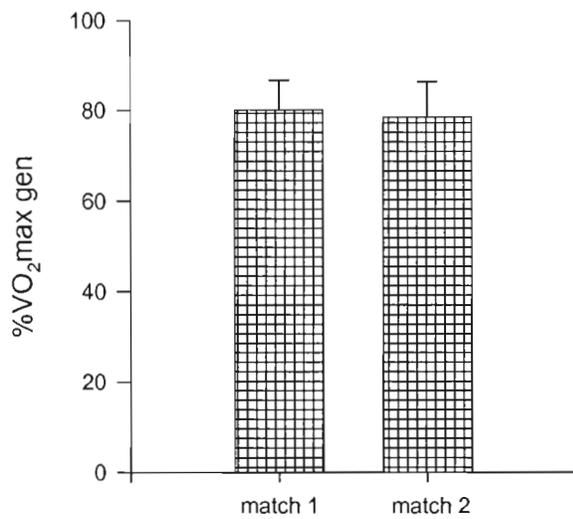


Figure 3.50 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO₂max GEN.

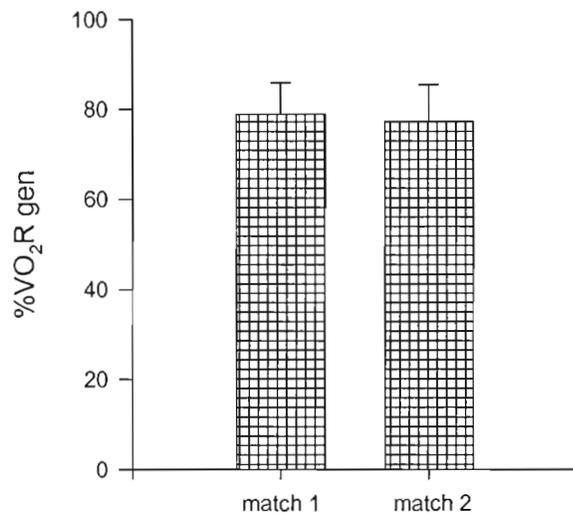


Figure 3.51 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en % VO₂R GEN.

Les figures suivantes représentent les résultats sous forme de TRIMPS et TRIMPS/min. À la figure 3.52 (TRIMPS), les résultats de $330,75 \pm 153,01$ du match 1 ne sont pas différents significativement comparés aux résultats de $370,82 \pm 155,67$ du match 2. De plus, il est possible de voir à la figure 3.53 (TRIMPS/min), qu'il n'y a aucune différence significative entre le match 1 ($3,05 \pm 0,58$) et le match 2 ($3,16 \pm 0,61$).

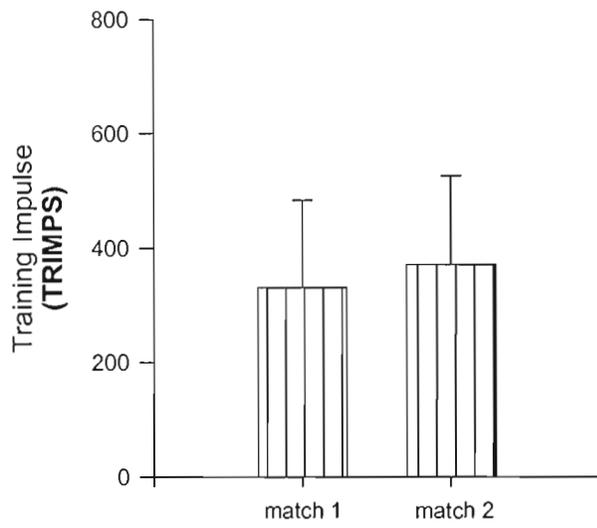


Figure 3.52 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en TRIMPS.

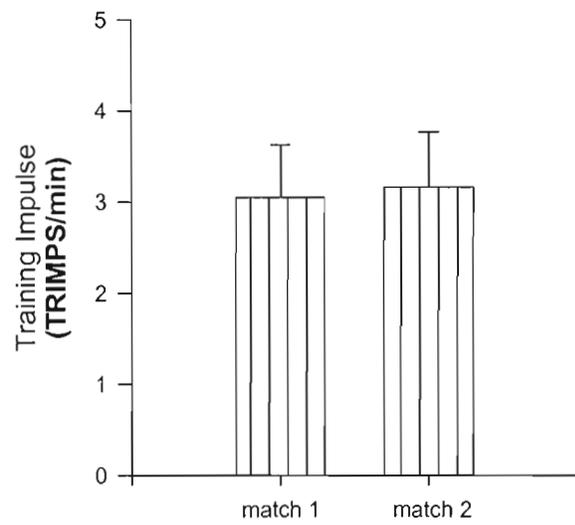


Figure 3.53 : Comparaison entre match 1 et match 2 présentée en TRIMPS/min.

CHAPITRE IV

DISCUSSION

Rappelons que les questions de recherche qui ont suscité la présente étude concernaient d'abord le coût cardiaque absolu et relatif et la dépense énergétique évalués sur une courte période de dix semaines. Le but principal était de comparer, durant le championnat universitaire, les entraînements aux matchs. Par la suite, il s'agissait d'évaluer la différence entre deux matchs consécutifs. Finalement, nous avons présenté nos analyses selon sept méthodes de quantification.

Cette étude doit être considérée comme descriptive et a pour but de répondre à deux questions de recherche. Ces deux questions ont permis d'observer s'il y avait une différence de dépense énergétique entre entraînement et match et entre les matchs 1 et 2. Nous avons présenté également diverses méthodes de quantification afin de susciter l'intérêt et non de démontrer laquelle des méthodes est la meilleure forme de quantification. Dans la section suivante, nous allons discuter des résultats même là où ils ne sont pas significatifs. À la toute fin, nous allons suggérer des hypothèses qui pourraient être explorées par d'autres chercheurs.

4.1. Effet des paramètres physiologiques en laboratoire sur la dépense énergétique en entraînement et en match.

Les résultats obtenus durant le test d'Åstrand modifié (Åstrand et Rodahl, 1970) effectué en laboratoire démontrent des corrélations statistiquement très fortes. La colonne 8 du tableau 3.1 présente le R^2 des équations. Nous relevons que, pour la plupart des sujets, des R^2 plus grands que 0,9 (près de 1) indiquent la robustesse de nos corrélations. Malgré la variabilité intersujets des résultats du test en laboratoire, lorsque nous avons effectué un graphique avec l'ensemble des sujets, nous avons obtenu un R^2 de 0,8046 (figure 3.1). Cette relation est semblable à celle présentée par Hoff et al. (2006), où le $r = 0,844$ ($p.^\circ < 0,01$) et le R^2 est de 0,712, ce qui est légèrement plus bas de ce que nous avons observé. En analysant la figure 3.1 et l'ensemble des figures individuelles (annexe A), nous pouvons constater un amas de points éparpillés au début du test. Les FC, en début de course, augmentent de façon non proportionnelle par rapport au $\dot{V}O_2$. Par contre, nous voyons la pente se normaliser par la suite lorsque le sujet acquiert une constance dans sa course, et ce, jusqu'à épuisement. La figure 3.1 illustre un SEE de 598,6 ml/min, ce qui signifie que la prédiction de $\dot{V}O_2$ est à un intervalle de $\pm 598,6$ ml/min pour l'ensemble du groupe. Toutefois (voir tableau 3.1), lorsque nous regardons les corrélations individuelles, nous observons un SEE moins élevé qui varie de 255,18 à 508,24 ml/min. De plus, le SEE de chaque sujet exprimé en ml/kg/min varie de 3,32 à 7,73. Étant donné que notre étude est basée sur les corrélations individuelles, donc des SEE individuels, nous pouvons dire que, dans l'ensemble, le SEE de prédiction pour nos corrélations est semblable à ce que l'on retrouve dans la littérature.

Une étude récente effectuée en hockey sur glace, avec l'élaboration d'un test aérobique maximal à palier progressif (SMAT, « Skating Multistage Aerobic Test »), a démontré une relation précise ($r = 0,97$ et $SEE = 3,01$) entre la consommation maximale d'oxygène et la vitesse du patinage (Leone et al., 2007). De la même façon, dans une autre étude où on utilisait un test progressif à plusieurs paliers (MSFT, « Multi Stage Fitness Test »), mais cette fois-ci effectué sur différents athlètes de sport à caractère intermittent (aucun patineur), l'équation évaluant la prédiction du $\dot{V}O_{2max}$ et du MSFT, a démontré un $SEE = 4,9$ ml/kg/min équivalant à 8,3 % de marge d'erreur (Kilding, Aziz et Teh, 2006).

D'après Esposito et al. (2004), la FC est une mesure valide comme indicateur de la fonction aérobie durant le soccer. Esposito a testé des sujets en laboratoire et sur le terrain en utilisant un analyseur métabolique portable (Cosmed K4b2, Italy) afin de corréler la FC à la consommation d' O_2 ($\dot{V}O_2$). Dans les deux cas, laboratoire et terrain, les coefficients de corrélation obtenus (0,984 et 0,991, respectivement) étaient très élevés. De façon semblable à Esposito et al.

(2004) et comme il a été indiqué précédemment, nous avons obtenu en laboratoire des corrélations élevées entre le $\dot{V}O_2$ et la FC (voir figure 3.1), et ce, malgré le manque d'expérience de nos joueurs amateurs à effectuer ce genre d'épreuve. En fait, tous les joueurs, à l'exception d'un seul (sujet 9), n'avaient jamais effectué de test en laboratoire.

Dans le tableau 3.1, nous pouvons voir les résultats de FCmax (**187 ± 7,11 b.p.m.**) et de FC_R (**69 ± 8,2 b.p.m.**) obtenus durant le test d'Åstrand modifié. Bien que les conditions expérimentales n'aient pas été exactement les mêmes (âge moyen des joueurs **26,3 ± 5,6** ans, voir tableau 2.1) pour la présente étude que celles de Hoff et al. (2006) avec un groupe de jeunes joueurs professionnels (âge moyen **22,2 ± 3,3** ans), les chercheurs obtenaient des résultats de FCmax de **198,3 ± 5,5** b.p.m. plus élevés de ~ 11 b.p.m. que les nôtres. De la même façon, McMillan et al. (2005), obtenaient des FCmax en laboratoire de **199 ± 8** pour un jeune groupe de joueurs (**16,9 ans**) évoluant en académie professionnelle. Malgré cela, nos résultats de FCmax obtenus en laboratoire se comparent relativement bien à ceux obtenus pour notre groupe d'amateurs. Par contre, le fait que nos moyennes de FCmax obtenues en laboratoire soient plus basses pourrait laisser croire que nous avons surestimé la réponse de la FC relative et autres paramètres relatifs dérivés (ex., VO₂R) durant les différentes épreuves d'activité physique (test d'Åstrand, entraînement et match). Cependant, nos résultats sont en lien avec la littérature scientifique (en match, 1^{er} division Suède, les joueurs atteignaient en moyenne 93 % de la FCmax) et tel que montré au tableau 3.3, on retrouve deux moments (semaines 5 et 7) où les FC relatives POINTE étaient au-dessus de 100 % (Stolen et al., 2005).

Généralement, les résultats obtenus en laboratoire lors de test progressif maximal sont spécifiques à chaque sujet (Hoff et al., 2006; Micu et al., 2007; Earnest et al., 2004). Au soccer, comme il a été mentionné précédemment, les joueurs professionnels se classent entre 50 et 75 ml/kg/min en ce qui concerne le VO₂max (Stolen et al., 2005). Le tableau 3.1 présente les résultats obtenus pour chaque sujet ainsi que la moyenne du groupe. Nous remarquons donc qu'en effet, les joueurs ont des valeurs semblables de VO₂max (66,18 ml/kg/min) à celles retrouvées dans la littérature scientifique. Aussi, les écarts-types sont relativement grands, ce qui démontre une variabilité interindividuelle assez élevée pour ce qui est des paramètres physiologiques obtenus lors du test progressif d'Åstrand modifié en laboratoire. Au même moment, nous pouvons comparer les résultats de nos sujets étudiants amateurs aux résultats de la moyenne des professionnels. Certains auteurs proclament que, pour des sports spécifiques, les tests en laboratoire produisent de moins bons résultats physiologiques maximaux que les tests sur le terrain. Berg (2003) démontre que, lors d'un test sur le terrain, les sujets évalués ont obtenu des FCmax plus élevées qu'en laboratoire, ce qui est le cas des joueurs de notre étude et ceci en

raison des contraintes et limites des protocoles en laboratoire (Berg 2003). Dans notre étude, cela pourrait expliquer les FC obtenues sur le terrain qui surpassent, à certains moments, les FCmax obtenues en laboratoire. Par ailleurs, nous croyons que le meilleur moyen d'évaluer le $VO_2\text{max}$ directement demeure en laboratoire et nos résultats appuient ce que nous avons exploré dans la littérature (Stolen et al., 2005). Notre protocole du test d'Åstrand modifié a été choisi principalement en raison de sa validité à mesurer le $VO_2\text{max}$ et à établir la relation HR- VO_2 . (Esposito et al., 2004). De plus, en raison de la nature du sport de soccer, soit la course, il est conseillé dans la littérature que les joueurs de soccer effectuent un test maximal progressif en laboratoire sur tapis roulant à cause de la spécificité de leur sport (Stolen et al., 2005).

4.2. Effet des dépenses énergétiques en activité.

Lors de la présente expérience, basées sur les données récoltées en laboratoire (FCmax, FC_R et $VO_2\text{max}$), plusieurs méthodes de quantification ont été utilisées afin de répondre aux questions de recherche. Rappelons que ces méthodes de quantification (FC b.p.m., % FCmax, % HRR, % $VO_2\text{max}$, % VO_2R , TRIMPS et TRIMPS/min) ont été choisies à des fins descriptives et non pour en déterminer la meilleure.

4.2.1 Dépenses énergétiques en entraînement.

Au meilleur de nos connaissances, nous sommes le premier à comparer l'intensité physique durant les entraînements à celle durant les matchs pour une saison complète universitaire. Nous n'avons rien trouvé de comparable dans la littérature scientifique. Lorsque nous observons le résultat cumulatif des entraînements sur dix semaines, nous pouvons constater que les moyennes accumulées ne sont pas très élevées. Dans la section MOY, nous avons obtenu 67,37 % de la FCmax. Si on les compare à ceux de la littérature où est conseillé un entraînement à intervalles 4x4min allant entre 90 et 95 % de la FCmax (McMillan et al., 2006) nos résultats sont forcément très bas, car, même dans la section POINTE, les joueurs ont atteint seulement 85,29 % de la FCmax. De la même façon, dans les séances dites alactiques où les joueurs sont censés atteindre des % $VO_2\text{max}$ proches du seuil anaérobie, nos résultats sont encore très bas comparés à ceux de la littérature. Plusieurs auteurs suggèrent que l'intensité en entraînement doit atteindre environ de 90 à 95 % de la FCmax pour avoir une amélioration ou un maintien en endurance (McMillan et al., 2006; Hoff et Helgerud, 2004). Nous pouvons voir également, dans la section GEN, des résultats très faibles de 57,16 et de 59,58 de % VO_2R et de % $VO_2\text{max}$, respectivement. Nous sommes d'accord pour dire que pour qu'un entraînement en intermittence soit rentable, il faudrait atteindre des résultats allant à près de 85 % du $VO_2\text{max}$ (Hoff et al.,

2006). Même si l'on prend les phases les plus hautes atteintes en entraînement (POINTE), nous avons observé des moyennes de groupe qui atteignaient seulement 72,54 % du $VO_2\text{max}$, ce qui est très loin du 85 % proposé par Hoff et al. (2006).

Lors de la comparaison des entraînements intersemaines, nous avons observé, dans la section Résultats, une multitude de différences significatives. Ceci est dû principalement au changement d'intensité du macrocycle d'entraînement (voir annexe C). En variant les catégories (POINTE, MOY et GEN), nous observons de nouvelles différences intersemaines. Étant donné que le temps n'est pas un facteur dans nos catégories (POINTE, MOY et GEN), il est normal que certains entraînements, qualifiés de faibles ou moyens, aient atteint de hautes pointes d'intensité. Analysés autrement, les entraînements quantifiés en TRIMPS n'affichent aucune différence significative lors des comparaisons intersemaines. Il semble que l'ajout de la constante du temps dans l'équation (120 min en général) équilibre nos séances d'entraînement. Ceci est démontré dans la section TRIMPS/min (figure 3.36) où nous n'observons aucune différence entre les semaines d'entraînement, à l'exception de la semaine 9 qui semble être la semaine où le groupe a le plus travaillé. Comme nous l'avons expliqué plus tôt, le macrocycle d'entraînement est dicté par les formateurs/entraîneurs de l'équipe. En nous fiant aux résultats obtenus en entraînement, nous pouvons conclure deux choses : soit que les entraînements étaient conçus pour de la récupération (en raison des deux matchs disputés durant la semaine), soit que les joueurs ne répondaient pas aux attentes des entraîneurs en lien avec l'intensité des exercices. Dans son article sur la préparation physique vers la Coupe du monde, Bangsbo (1999) suggère une préparation à basse intensité afin que les joueurs puissent récupérer de leur saison respective, suivie d'entraînements à haute intensité (mais à bas volume) avant et durant la Coupe du monde (Bangsbo, 1999). Si l'on tient compte du macrocycle d'entraînement pour les joueurs de la présente étude (annexe C), nous pouvons dire qu'en effet ces derniers n'ont pas atteint les intensités souhaitées à l'entraînement.

4.2.2 Dépenses énergétiques en match.

Un match de soccer est constitué de plusieurs aspects, tant physiques que psychologiques, qui rendent la tâche descriptive très intéressante. La tactique, les différents enjeux ainsi que le jeu de soccer lui-même sont tous des facteurs qui peuvent influencer les paramètres physiologiques en match. Néanmoins, l'objectif d'une équipe est de parvenir à entraîner ses joueurs pour contrer justement ces différents facteurs. Malgré ces facteurs incontournables, la science parvient à mesurer la dépense énergétique en match (Impellizzeri et al., 2004). Le travail musculaire de changement de direction, de sauts, de tacles, de sprint, de course légère, de marche et de contact

qui sont toutes des actions de match fait en sorte que les FC en match augmentent significativement. Dans notre étude, nous avons observé des mesures de FC dans la catégorie MOY à 165 b.p.m., comparativement à celles de la littérature qui varient entre 159 à 175 b.p.m. selon l'étude de Stolen al., 2005. Nos joueurs, eux ont été notés en match à 87 % de la FCmax et à 76,2 % de leur VO_2max , (dans la catégorie MOY). Selon Stolen et al. (2005), une moyenne d'intensité en match de soccer a été évaluée à 85 % de la FCmax qui correspond à 75 % du VO_2max . Ceci démontre que nos données relatives en match sont similaires aux recherches précédentes. Dans le même ordre d'idée, si nous tenons à comparer nos joueurs amateurs aux professionnels, nous ne notons aucune différence en % relatif en ce qui concerne l'intensité, malgré le fait que nous ayons légèrement sous-estimé la FCmax. Toutefois, il est important de mentionner que la différence est plutôt dans le jeu, car les joueurs professionnels couvrent plus de terrain. Plus le niveau est haut et plus le ballon circule vite, il y a forcément plus de tacles et de duels (Stolen et al., 2005).

Pour les comparaisons intermatches, nous pouvons dire que, dans l'ensemble, il n'y a pas de différence significative, à l'exception de la semaine de match 1 qui est significativement différente de la semaine de match 7. Ceci peut s'expliquer par le fait que la semaine de match 1 était constituée de matchs amicaux qui assurément n'avaient pas le même enjeu que les matchs des semaines de championnat. Toutes les catégories et les méthodes de quantification ont dénoté semblablement les mêmes différences intermatches, à l'exception de la méthode TRIMPS. En quantifiant les matchs avec la méthode TRIMPS, nous obtenions plusieurs différences intermatches. Nous croyons que la source de ces différences est le temps et non l'intensité dans l'équation TRIMPS.

4.2.3. Comparaison entraînement et match.

Les valeurs de fréquence cardiaque enregistrées dans la section Comparaison représentent l'ensemble de la compilation des séances sur les dix semaines d'enregistrement. L'enregistrement s'est effectué toutes les semaines en entraînement et en match et la moyenne des dix semaines est présentée dans les figures 3.3. à 3.19 à la section des résultats. Comme il a été mentionné plus tôt, il ressort que, durant les dix semaines de championnat, l'intensité physique pendant les matchs fût significativement plus élevée que durant les entraînements. Dans la catégorie MOY, le % VO_2max enregistré pour l'entraînement était de 46,85 comparativement à 76,22 en match. Ce type d'écart significatif se retrouve dans toutes les catégories ainsi qu'avec toutes les méthodes de quantification utilisées. Les comparaisons entre entraînement et match démontrent que les joueurs ne se sont pas entraînés à un niveau suffisamment élevé (Bangsbo 1999; McMillan et al., 2006).

Si l'on analyse bien l'article de Impellizzeri et al. (2004) qui comparent la mesure RPE aux TRIMPS (Edwards, 1993), nous pouvons voir qu'en entraînement, les auteurs obtiennent des TRIMPS (Edwards, 1993) variant de 110 à 350 TRIMPS.. Ceci est mis en évidence dans la section POINTE. Cette section démontre que les plus hauts niveaux atteints lors de l'entraînement et du match, sans tenir compte de la durée, indiquent que pour certaines périodes durant l'entraînement, les joueurs n'ont pas su atteindre une intensité semblable à celle atteinte lors du match. Lorsque l'on prend en considération le temps et l'intensité (méthode TRIMPS), nous constatons la différence d'intensité dans la comparaison entraînement vs match, car, en moyenne, les joueurs ne jouaient pas toutes les 90 minutes du match. Cependant, les joueurs jouaient durant au moins 90 minutes en entraînement. Néanmoins, les matchs sont significativement supérieurs aux entraînements durant les dix semaines de compétition. Toutefois, il est évident que de l'entraînement au match, l'enjeu et l'anxiété ne sont pas de même niveau et cela doit être pris en considération. Par ailleurs, il appartient aux entraîneurs de veiller à ce que les intensités tant psychologiques que physiologiques d'un match soient simulées en entraînement (Impellizzeri et al., 2004).

Bien que les résultats cumulatifs (entraînement vs match) soient tous significativement différents (indiquant que les joueurs n'ont pas travaillé à l'intensité requise durant les entraînements), nous pouvons tout de même constater que parmi les dix semaines d'entraînement, les semaines 9 et 10 furent, dans l'ensemble, parmi les meilleures du point de vue de l'intensité. Bien que les moyennes des entraînements de la semaine 9 dans la catégorie POINTE, soient plus basses que celles des matchs, la comparaison est tout de même non significative. Ceci démontre qu'à certains moments, pendant les semaines 9 et 10, l'intensité fut à des niveaux satisfaisants et comparables à ceux des matchs.

L'important dans cette comparaison reste toujours l'aspect de planification qui doit bien cibler les entraînements afin d'acquérir les résultats souhaitables (Desgorces et al., 2007; Dalleck et Kravitz, 2006). Dans la présente étude, nous pouvons clairement observer que l'intensité des entraînements n'atteignait pas celles enregistrées durant les matchs. En analysant semaine par semaine, nous avons pu identifier comment les joueurs ont pu réagir au cours de ces dix semaines. Nous pouvons voir que, contrairement à la planification, les joueurs ont élevé leurs niveaux d'intensité durant les semaines 9 et 10 de compétition qui constituaient la fin du calendrier. Ceci est sûrement dû au classement de l'équipe (deux victoires étaient nécessaires à l'équipe dans les trois derniers matchs pour accéder aux séries). Il est certain que, dans un sport d'équipe comme le soccer, beaucoup de facteurs viennent changer le cours de la saison (ex. : la chance, les blessures, l'arbitrage), mais il est aussi important de suivre sa planification et mettre

ainsi toutes les chances de son côté. Malheureusement, l'équipe a terminé avec une défaite aux deux derniers matchs de la saison et n'a pu se classer dans les séries. Est-ce un hasard, ou est-ce que les joueurs n'ont pas travaillé assez fort durant les entraînements?

4.4. Effet des dépenses énergétiques en deux matchs.

Étant donné que le championnat universitaire compte deux matchs en l'espace de trois jours, la comparaison était inévitable. Chaque entraîneur essaie d'avoir les meilleurs joueurs en parfaite forme physique pour les deux matchs. Durant la courte saison de dix semaines, nous avons décrit, du point de vue physiologique, tous les premiers matchs versus tous les deuxièmes matchs disputés. Nos résultats ne démontrent aucune différence significative entre les matchs disputés le jour 1 et ceux le jour 2. En variant les méthodes de quantification avec les différentes catégories, nos résultats ne démontrent toujours aucune différence significative. Sans prendre en compte le temps, les moyennes des matchs 1 sont légèrement plus élevées que celles des matchs 2. En intégrant la notion de temps dans nos analyses (TRIMPS et TRIMPS/min), nous observons que les moyennes des matchs 2 sont légèrement plus élevées que celles des matchs 1. Toutefois, les différences observées demeurent non significatives.

Plusieurs facteurs interviennent dans ces résultats. Tout d'abord, le jour de repos entre les matchs pourrait être suffisant pour permettre aux joueurs de récupérer pleinement. Ensuite, nous pouvons supposer que la faible intensité durant les entraînements n'épuise pas les joueurs, mais leur permet plutôt de performer au même niveau durant deux matchs successifs entrecoupés d'une journée de repos. Par exemple, deux activités par semaine à haute intensité (deux matchs) précédées de trois entraînements à faible intensité auraient, pour conséquence, un maintien de la forme physique durant un championnat de dix semaines. Or, le régime d'entraînement que nous avons évalué dans la présente étude n'était peut-être pas d'intensité et de volume suffisants pour projeter l'équipe à la tête du championnat.

Finalement, nos résultats peuvent provenir d'un hasard étant donné que les joueurs évalués durant les matchs n'étaient pas nécessairement toujours les mêmes, créant ainsi un groupe non homogène. Ceci malgré le fait que, lors de la comparaison des matchs 1 aux matchs 2, nos critères d'inclusion aient été basés sur le fait que les joueurs évalués devaient participer aux deux matchs.

4.5. Les différentes méthodes : où se trouve la différence?

Le but principal des méthodes de quantification est de parvenir à amener l'intensité observée en situation de match à être similaire durant les entraînements, tout en préservant le côté technique et tactique de l'activité. Plusieurs entraîneurs tentaient de respecter les principes de

l'entraînement, mais sous forme de jeu. L'évolution technologique a permis de confectionner certaines méthodes de quantification afin d'acquérir la forme d'entraînement espérée. Dans la littérature, quelques études ont tenté de faire des liens entre différentes méthodes de quantification sans parvenir à des résultats uniformes (Desgorces et al., 2007; Foster et al., 2001; Impellizzeri et al., 2004). Par exemple, Desgorces et al. (2007) ont utilisé la méthode TRIMPS (HR-zone), la méthode RPE, et une nouvelle méthode, WER, afin de quantifier des exercices intermittents. Plusieurs sports demandent différents moyens de quantification et d'évaluation. Le soccer, pour sa part, est constitué de multiples variantes, si bien que, pour le moment, aucun moyen de quantification ne semble absolu. La force ainsi que la vitesse sont des aptitudes physiques qui ne répondent pas physiologiquement d'une même façon comparativement au travail aérobic intermittent (Desgorces et al., 2007; Impellizzeri et al., 2004), ce qui complique considérablement la planification d'un entraînement. Dans la section littérature, nous avons énuméré certaines méthodes de quantification intéressantes, soit les méthodes WER et RPE scaling. (Desgorces et al., 2007). Dans la présente étude, nous souhaitons tenter de quantifier le soccer avec la méthode TRIMPS testée en cyclisme en premier lieu (Earnest et al., 2004) et en hockey sur gazon ensuite (Stagno, Thatcher, Van Somerson, 2007), et avec les méthodes % HRR et % VO_2R , que nous retrouvons surtout dans les salles d'entraînement (Dalleck et Kravitz, 2006). Évidemment, les méthodes % FCmax et % VO_2max que l'on retrouve abondamment dans la littérature sont des méthodes utilisées au soccer et elles ont permis de comparer l'état de la condition physique d'une équipe universitaire amateur.

Dans la littérature, la méthode TRIMPS est utilisée en cyclisme où le temps est une constante qui compte énormément (Earnest et al., 2004). Par contre, dans notre étude, les matchs et les entraînements font varier le temps joué par joueur. Ceci explique les différences remarquées entre les méthodes de quantification, car à la base, les sept méthodes utilisées découlent des FC enregistrées. Nous croyons qu'au niveau amateur où les moyens économiques sont différents des clubs professionnels, la méthode de quantification TRIMPS est excellente pour cibler les entraînements, si la constante du temps est stable (ex. 2 h d'entraînement). Nous comprenons l'auteur de WER lorsqu'il démontre que la méthode TRIMPS n'est pas exacte pour mesurer la fatigue subie durant une saison. Toutefois, nous croyons qu'en nous basant sur les TRIMPS accumulés en match ($328,8 \pm 146,53$ dans notre étude), nous pouvons, à partir de cette mesure, planifier un macrocycle en conséquence. Ainsi, lorsque l'on convertit les mesures en TRIMPS/min, nous éliminons la constante du temps (qui complique la comparaison entre entraînement et match), ce qui permet justement de comparer les entraînements aux matchs. Nous soutenons notre proposition avec l'idée que la méthode de quantification de % FCmax est

intégrée au calcul de TRIMPS. Bien que la méthode de quantification du % FCmax soit parmi les méthodes les plus communément utilisées au soccer, nous croyons que la méthode TRIMPS est plus complète pour évaluer et quantifier un entraînement, parce qu'elle tient compte des différents niveaux d'intensité durant l'activité (Stagno, Thatcher, Van Somerson, 2007). Pour parvenir à un résultat TRIMPS, il faut absolument décortiquer un entraînement en % FCmax POINTE et en % FCmax MOY.

Dans cette même optique, la méthode de quantification % HRR demeure aussi une excellente source de comparaison. Notre étude démontre que le % HRR est plus exact en % VO₂R qu'en % VO₂max (voir figure 3.2), ce qui appuie la littérature (Dalleck et Kravitz, 2006). Toutefois, cette méthode semble être un moyen de prédiction plutôt qu'un outil pour cibler l'entraînement dans le sens où un entraînement est constitué de plusieurs étapes et de variété d'intensités. Ce qui nous amène à vouloir développer un outil facile pour les évaluations, utile aux équipes amateurs et exact pour englober les différentes phases d'un entraînement. Les méthodes de quantification (% HRR, % VO₂R et % VO₂max) sont peut-être trop complexes et demandent plus de mesures et d'analyse comparativement à la méthode TRIMPS. D'ailleurs, les outils nécessaires pour utiliser ces méthodes de quantification sont réservés aux clubs bien fortunés.

4.5.1. Différences observées entre % HRR, % VO₂max et % VO₂R

Dans un même ordre d'idée, la méthode de quantification % HRR demeure une excellente source de comparaison afin d'estimer le VO₂. Notre étude démontre que le % HRR est plus exact pour le % VO₂R qu'en % VO₂max (figure 3.2), ce qui appuie la littérature (Dalleck et Kravitz, 2006).

1. % HRR=0.98VO₂R+3.48 SEE=6.43; r²=0.75

2. % HRR=0.93VO₂max+9.09; SEE=6.52; r²=0.75.

Selon les équations ci-haut, on remarque que le coefficient (0.98) de VO₂R de l'équation 1 est beaucoup plus près de 1 que le coefficient (0.93) de l'équation 2 pour le VO₂max, indiquant une pente près de 1 et suggérant une relation parfaite entre le VO₂R et le % HRR. Ceci est similaire à ce que Lounana et al. (2007) et Dalleck et Kravitz (2006) ont observé avec des coefficients de VO₂R égal à 1.069 et 1.01, respectivement. Donc, il est apparent que le % HRR est beaucoup plus représentatif de la fraction du VO₂ de réserve (% VO₂R) que la fraction du VO₂max (% VO₂max). Ainsi, pour l'entraîneur, ceci permet de situer l'intensité de ses joueurs

(durant entraînement ou match) par rapport au VO_2 en utilisant tout simplement un cardiofréquencemètre et l'équation 1 (ci-haut) pour une population de joueurs universitaires de niveau amateur.

Toutefois, cela semble être un moyen de prédiction plutôt qu'un outil pour cibler l'entraînement dans le sens où un entraînement est constitué de plusieurs étapes et de variétés d'intensité. Ce que nous souhaitons obtenir est un outil facile à utiliser pour une équipe amateur, qui est exact et qui englobe les différentes phases d'un entraînement. Les méthodes de quantification de % HRR, de % VO_{2R} et de % VO_{2max} sont peut-être trop compliquées et demandent plus d'analyse comparativement à la méthode TRIMPS.

4.6. Limites de l'étude et hypothèse

Le manque d'expérience des joueurs étudiants en ce qui concerne les évaluations en laboratoire représente une des limites de cette étude. Le port du masque d'oxygène et la course sur le tapis roulant jumelés à l'anxiété durant le test d'Åstrand modifié, ont été des épreuves difficiles pour certains joueurs. Néanmoins, l'aide de la technicienne du laboratoire et la pratique de la course sur le tapis roulant ont permis d'obtenir des résultats positifs pour entreprendre correctement notre étude.

Une autre limite provient de l'instrument de mesure sur le terrain. En raison du manque d'expérience des joueurs, le port des ceintures cardiofréquencemètres causait un grand inconfort chez certains, surtout durant un match. Au tout début, nous étions obligés d'éliminer plusieurs enregistrements et même quelques joueurs de l'étude, car la manipulation des ceintures cardiofréquencemètres par les joueurs durant l'activité menait à des enregistrements non valides. Par contre, notre objectif a été atteint, car nous avons tout de même gardé 17 des 20 joueurs recrutés et un nombre d'enregistrements suffisant en activité. D'ailleurs, pour de futures recherches, nous suggérons de porter les ceintures cardiofréquencemètres durant quelques entraînements avant le début des collectes de données afin que les joueurs s'y habituent.

L'instabilité des joueurs ayant participé à l'étude est une des grandes faiblesses de ce projet. Les résultats obtenus lors des enregistrements sont vus comme un ensemble, une moyenne de groupe et non comme des résultats individuels. Notre étude a utilisé deux conditions expérimentales (entraînement et match) avec un même groupe qui a été, à l'occasion, composé de participants différents. D'ailleurs, c'est cette variance dans le groupe qui nous a obligé à utiliser le test T de Student non apparié lors de l'analyse de nos résultats de la section composée des figures 3.3 à 3.19. Il serait intéressant de répéter la même étude afin de suivre les mêmes joueurs

pendant les dix semaines de championnat. Le suivi était extrêmement difficile avec des joueurs étudiants en raison de leurs horaires chargés.

Les mesures utilisées dans la présente expérience ciblent davantage le système circulatoire et ventilatoire. Notre objectif de recherche a été atteint en ce sens où nous avons comparé, du point de vue physiologique, les entraînements et les matchs durant dix semaines consécutives. Toutefois, en ce qui concerne les comparaisons intermatches, il serait intéressant de voir les différences en distance couverte sur les terrains. Une suite logique de cette étude serait d'observer, à l'aide de système GPS, si les distances couvertes en deux matchs consécutifs sont similaires aux différences physiologiques relevées (Edgecomb et Norton, 2006).

CONCLUSION

Dans un premier temps, le but de l'étude était d'évaluer les coûts cardiaques relatifs et absolus et la dépense énergétique en entraînement et en match et, dans un deuxième temps, lors de deux matchs consécutifs. L'exposition des joueurs aux différentes intensités, soit en entraînement (deux fois par semaine) ou en match (deux fois par semaine) durant dix semaines de championnat, nous a permis d'enregistrer la dépense énergétique afin d'établir une comparaison. Pour effectuer les comparaisons et déterminer les coûts cardiaques, nous avons utilisé sept méthodes de quantification, dont deux nouvelles pour la discipline du soccer. L'ensemble des sept méthodes de quantification démontre que sur les dix semaines de championnat, les joueurs ont été beaucoup plus actifs en match qu'en entraînement. Par contre, selon la méthode de quantification, nous avons observé une multitude de différences lors des comparaisons intermatchs et interentraînements, et ce, malgré que toutes nos méthodes de quantification aient été dérivées d'un calcul des FC et du $\dot{V}O_2$ max mesuré en laboratoire. En ce qui concerne les deux matchs consécutifs, aucune différence significative n'a été retenue dans aucune des méthodes de quantification utilisées. Parmi ces méthodes, il n'y a que celles de TRIMPS et de TRIMPS/min qui incorporent le temps dans leurs calculs. Évidemment, aucun lien n'a été établi entre les différentes méthodes de quantification, car cela ne faisait pas partie des objectifs de recherche.

Cette étude descriptive permet de formuler l'hypothèse suivante : l'intensité atteinte en match n'est pas nécessairement en lien avec la distance couverte. Les résultats observés en deux matchs consécutifs ne démontrent aucune différence significative en coûts cardiaques relatifs et absolus et en dépense énergétique. Les futures études portant sur le sujet devraient intégrer la notion de distance parcourue en match permettant d'éclaircir l'efficacité d'un joueur en match. En cyclisme, la méthode de quantification TRIMPS tient compte du temps, de l'intensité et de la distance dans son calcul. En conséquence, le suivi s'effectue d'une manière précise, permettant l'évaluation de différents éléments physiologiques influents. L'intégration de la distance parcourue en entraînement ou en match au soccer, pratique et facilement utilisable aujourd'hui, permettra de cibler les entraînements de façon plus efficace (Edgecomb et Norton, 2006). Une étude future sur le même sujet devrait également évaluer le taux de lactate dans le sang, le taux de potassium dans les muscles versus la dépense énergétique et le temps et la distance parcourue en match de soccer, voire en deux matchs consécutifs (Krustrup et al., 2005). Beaucoup de travaux sont encore nécessaires afin de trouver les causes physiologiques de la fatigue au soccer. Une fois que l'intégration de la distance, du temps et de l'intensité jumelée aux différents facteurs

physiologiques causant la fatigue sera étudiée, des normes pourraient être établies favorisant ainsi la conception d'une planification juste et efficace.

Étant donné que ces normes n'existent pas présentement, nous considérons la méthode de quantification TRIMPS comme une mesure efficace (en gardant la constante de temps stable) pour une planification de championnat de soccer de niveau amateur.

RÉFÉRENCES

- Astrand P.-o., K. Rodahl. 1970. Textbook of Work Physiology. New York: McGraw-Hill, pp. 614-627.
- Aubert A.E., Seps B., Beckers F., 2003. Heart rate variability in athletes *Sports Med.* 33 (12):889-919.
- Bangsbo J., Norregaard L., Thorsoe F. 1991. Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sport Sci.* 16 (2):110-116.
- Bangsbo J., 1994. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise *Acta Physiol. Scand.* 619 (Suppl.) : 1-155
- Bangsbo J. 1999. Préparation physique en vue de la coupe du monde de football. *Sci. Sports.* 14(5): 220-226
- Banister E. W., Calvert T. W., Savage M. V., Bach T. 1975. A systems model of training for athletic performance. *Aust. J. Sports Med.* 7(3): 57-61.
- Bassett D.R. Jr., Howley E. T., 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance *Med. Sci. Sports Exerc.* 32(1):70-84.
- Behm D.G., Sale D.G. 1993. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med.* 15(6): 374-388.
- Berg K., 2003 Endurance training and performance in runners: research limitations and unanswered questions. *Sports Med.* 33(1): 59-73.
- Billat V.L., Sirvent P., Py G., Koralsztein J-P., Mercier J., 2003. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med.* 33 (6): 407-426.

- Clark N.A., Edwards A.M., Morton R.H., Butterly R.J., 2008. Season-to-season variations of physiological fitness within a squad of professional male soccer players. *J. Sports Sci. Med.* 7 : 157-165.
- Cometti G., 2002. *La Preparation Physique en Football*. Paris : Chiron, pp.
- Cometti G., Maffiuletti N.A., Pousson M., Chatard J-C., Maffulli N., 2001. Isokinetic strenght and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int. J. Sports Med.* 22(1): 45-51.
- Communication personnelle, 2006, Québec Soccer Federation.
- Crisafulli A., Orru V., Melis F., Tocco F., Concu A., 2003. Hemodynamics during active and passive recovery from a single bout of supramaximal exercise. *Eur J Appl. Physiol.* 89(2): 209-216.
- Dalleck L.C., Kravitz L., 2006. Relationship between %heart rate reserve and %VO₂ reserve during elliptical crosstrainer exercise. *J. Sports Sci. Med.* 5(4): 662-671.
- Desgorces F-D., Sénégas X., Garcia J., Decker L., Noirez P., 2007. Methods to quantify intermittent exercises. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 32(4): 762-769.
- Di Salvo V., Pigozzi F., 1998. Physical training of football players based on their positional rules in the team. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 38: 294-297.
- Dupont G., Blondel N., Berthoin S., 2003. Performance for short intermittent runs: active recovery vs. passive recovery. *Eur. J. Appl. Physiol.* 89(6): 548-554.
- Dupont G., Millet P.G., Guinhouya C., Berthoin S., 2005. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur. J. Appl. Physiol.* 95(1): 27-34.
- Earnest C.P., Jurca R., Church T.S., Chicharro J.L., Hoyos J., Lucia A., 2004. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. *Br.J. Sports Med.* 38(5): 568-575.

Edge J., Bishop D., Goodman C., Dawson B., 2005. Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(11): 1975–1982.

Edgecomb S.J., Norton K.L. 2006. Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *J. Sci. Med. Sport.* 9(1-2): 25-32.

Edwards S., 1993. *The Heart Rate Monitor Book*. Sacramento, CA: Fleet Feet Press, pp. 113-129.

Esposito F., Impellizzeri F.M., Margonato V., Vanni R., Pizzini G., Veicsteinas A. 2004. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 93(1-2): 167-172.

Evertsen F., Medbo J.I., Bonen A., 2001. Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. *Acta Physiol. Scand.* 173(2): 195-205.

www.FIFAWorldCup.com

Foster C., Florhaug J.A., Franklin J., Gottschall L., Hrovatin L.A., Parker S., Doleshal P., Dodge C., 2001. A new approach to monitoring exercise training. *J. Strength Cond. Res.* 15(1): 109-115.

Gaitanos, G.C., Williams, C., Boobis, L.H., Brooke, S., 1993. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75(2): 712-719.

Gill N.D., Beaven C.M., Cook C., 2006. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br. J. Sports Med.* 40: 260-263.

Glaister M., 2005. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* 35 (9): 757-777.

Glowacki S. P., Martin S. E., Maurer A., Baek W., Green J. S., Crouse S. F., 2004. Effects of resistance, endurance and concurrent exercise on training outcomes in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(12): 2119-2127.

- Gorostiaga E.M., Izquierdo M., Ruesta M., Iribarren J., González-Badillo J.J., Ibáñez J., 2002. Effects of explosive type strength training on force production, sprint performance, endurance and serum hormones in soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(5, Supplement): S125
- Haseler L.J., Lin A., Hoff J., Richardson R.S. 2007. Oxygen availability and PCr recovery rate in untrained human calf muscle: evidence of metabolic limitation in normoxia. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 293: R2046-2051.
- Helgerud J., Engen L. C., Wisloff U., Hoff J., 2001. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(11): 1925-1931.
- Hoff J., Gran. A., Helgerud J., 2002. Maximal strength training improves aerobic performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 12(5): 288-295.
- Hoff J., Helgerud J., 2004. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med.* 34(3): 165-180.
- Hoff J., Wisløff U., Engen L.C., Kemi O.J., Helgerud J., 2006. Soccer specific aerobic endurance training. *Br. J. Sports Med.* 36(3): 218-221.
- Hurley B.F., Hagberg J.M., Allen W.K., Seals D.R., Young J.C., Cuddihee R.W., Holloszy J.O., 1984. Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 56(5): 1260-1264.
- Impellizzeri F.M., Rampinini E., Coutts A.J., Sassi A., Marcora S.M., 2004. Use of RPE-based training load in soccer. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(6): 1042-1047.
- Juel C., Klarskov C., Nielsen J.J., Krstrup P., Morh M., Bangsbo J. 2003. Effect of high-intensity intermittent training on lactate and H⁺ release from human skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol Metab.* 286: E245-251.
- Kilding AE., Aziz AR., Teh KC., 2006. Measuring and predicting maximal aerobic power in international-level intermittent sport athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 46(3): 366-372.

- Krustrup P., Mohr M., Ellingsgaard H., Bangsbo J., 2005. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(7): 1242-1248.
- Krustrup P., Mohr M., Nybo L., Jensen J.M., Nielsen J.J., Bangsbo J., 2006a. The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(9): 1666-1673.
- Krustrup P., Mohr M., Steensberg A., Bencke J., Kjaer M., Bangsbo J., 2006b. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(6):1165-1174.
- Kuzon Jr. W.M., Rosenblatt J.D., Huebel S.C., Leatt P., Plyley M.J., McKee N.H., Jacobs I., 1990. Skeletal muscle fiber type, fiber size and capillary supply in elite soccer players. *Int. J. Sports Med.* 11: 99-102.
- Leone M., Léger L.A., Larivière G., Comtois A.S., 2007. An on-ice aerobic maximal multistage shuttle skate test for elite adolescent hockey players. *Int. J. Sports Med.* 28(10): 823-828.
- Lounana J., Champion F., Noakes T.D., Medelli J., 2007. Relationship between %HRmax, %HR reserve, %VO₂max, and %VO₂ reserve in elite cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39(2): 350-357.
- MacDougall J.D., Wenger H.A., Green H.J., 1991. *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. 2nd Edition. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 403-422.
- McMillan K., Helgerud J., Grant S.J., Newell J., Wilson J., Macdonald R., Hoff J., 2005. Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer. *Br. J. Sports Med.* 39(7): 432-436.
- McMillan K., Helgerud J., Macdonald R., Hoff J., 2006. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br. J. Sports Med.* 39(5): 273-277.

- Micu E., Avran A., Badier M., Coudreuse J-M., Delpierre S., Delarque A., 2007. Absence d'amélioration des paramètres aérobiques après un interval training de dix mois chez des footballeurs professionnels. *Sci. Sports* 22(3-4): 173-175.
- Mohr M., Krustup P., Bangsbo J., 2003. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci.* 21(7) : 519-528.
- Panton L.B., Graves J.E., Pollock M.L., Garzarella L., Carroll J.F., Leggett S.H., Lowenthal D.T., Guillen G.J., 1996. Relative heart rate, heart rate reserve, and VO_2 during submaximal exercise in the elderly. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 51: 165-171.
- Ogushi T., Ohashi J., Nagahama H, et al 1993. Work intensity during soccer match play. Science and football II: Proceedings of the Second World Congress of Science and Football, Eindhoven, Netherlands, 22nd-25th May 1991. Edited by T. Reilly, J. Clarys, A. Stibbe. London: E & FN Spon., pp. 121-123.
1997. Science and football III (eds T. Reilly, J. Bangsbo, M. Hughes) E & FN Spon, Padstow, U.K.
- Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D., 2004. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 287 (3): R502-R516.
- Spencer M., Bishop D., Dawson B., Goodman C., 2005. Physiological and metabolic responses of repeated sprint-activities: specific to field-based team sports. *Sports Med.* 35 (12): 1025-1044.
- Stagno K.M., Thatcher R., Van Somerson K.A., 2007. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J. Sports Sci.*: 25(6): 629-634.
- Stolen T., Chamari K., Castagna C. and Wisloff U., 2005. Physiology of soccer: an update *Sports Med.* 35(6): 501-536.
- Stroyer J., Hansen L., Klausen K., 2004. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(1): 168-174.

Swain D.P., Leutholtz B.C., King M.E., Haas L.A., Branch J. D., 1998. Relationship between % heart rate reserve and % VO_2 reserve in treadmill exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30(2) :318-321.

Tomlin D.L., Wenger H.A., 2001. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med.* 31(1):1-11.

Turpin B., 2002. Préparation et entraînement du footballeur. Paris : Amphora, pp.

Vanfraechem J.H., 1979. Stroke volume and systolic time interval adjustments during bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 46(3): 588-592.

Weineck J., 1997. Manuel d'entraînement *Physiologie de la performance sportive et de son développement dans l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent.* :Paris :Vigot, pp.

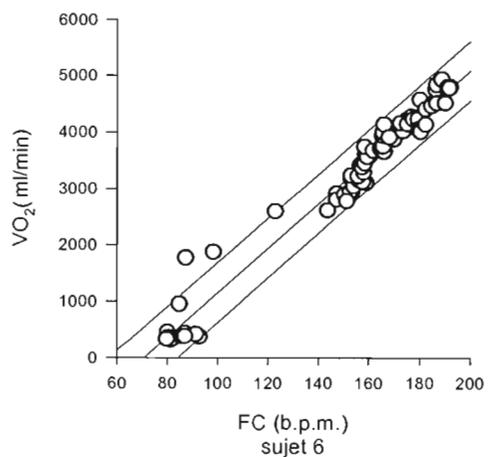
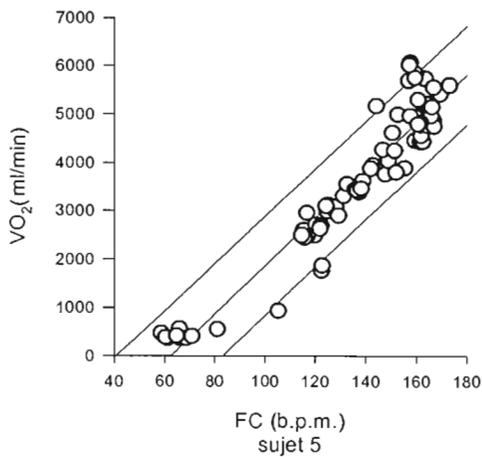
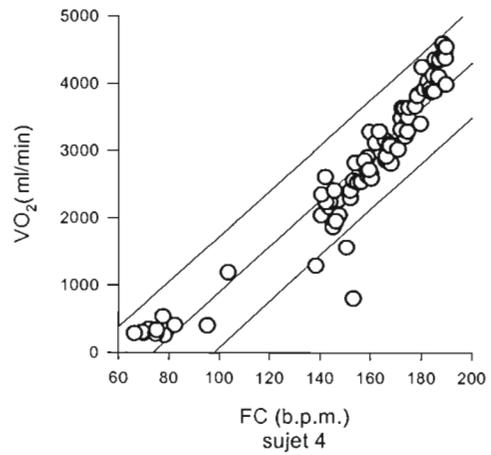
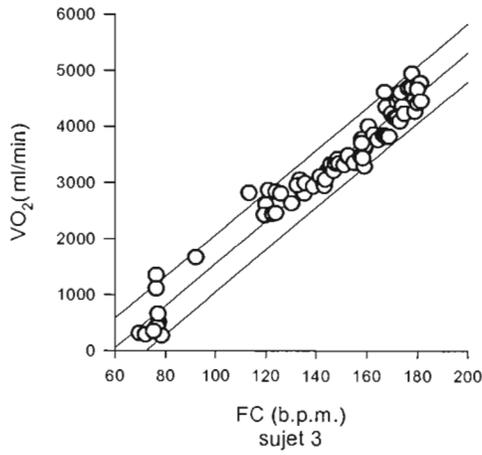
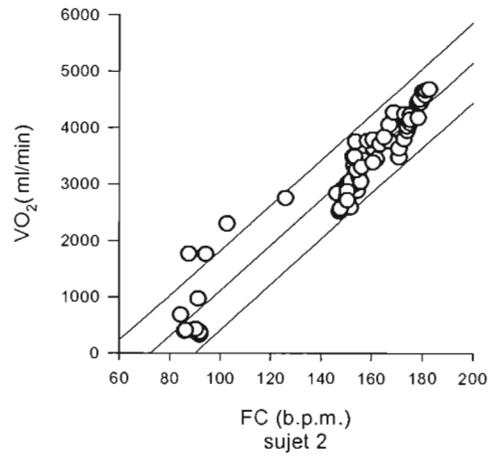
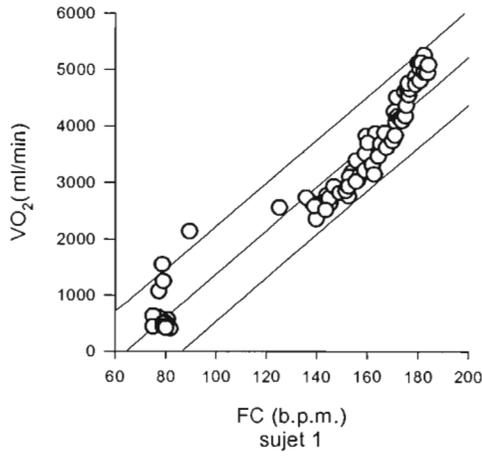
Widmaier E. P., Raff H. Strang K.T. 2004. Vander, Sherman and Luciano's, Human Physiology: The Mechanism of Body Function. 9th edition. Boston: McGraw-Hill Higher Education, pp.

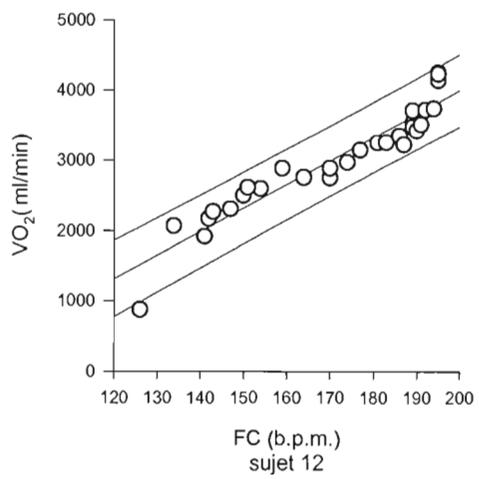
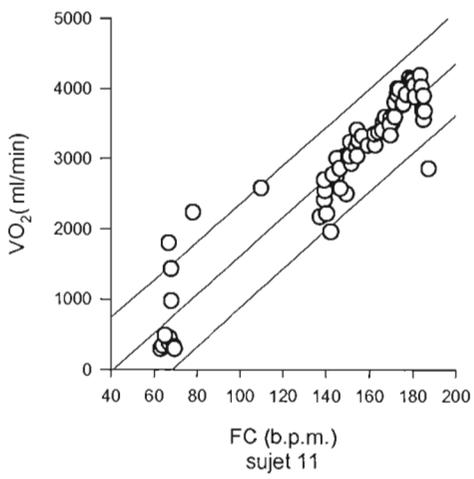
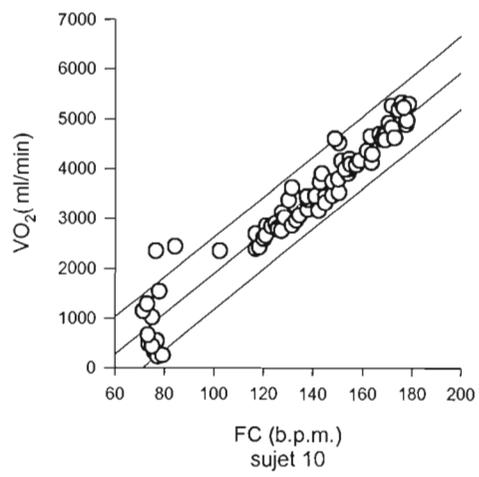
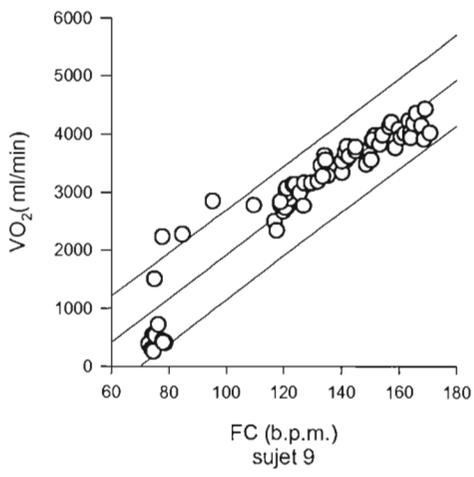
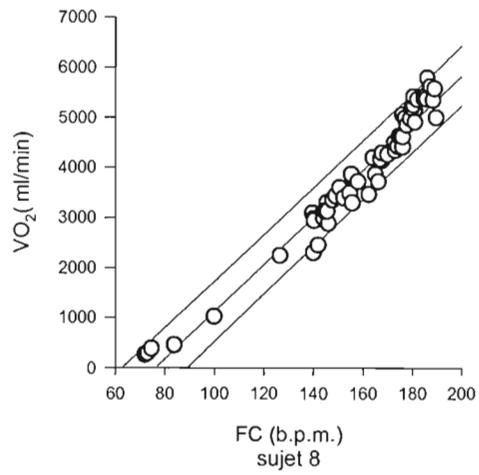
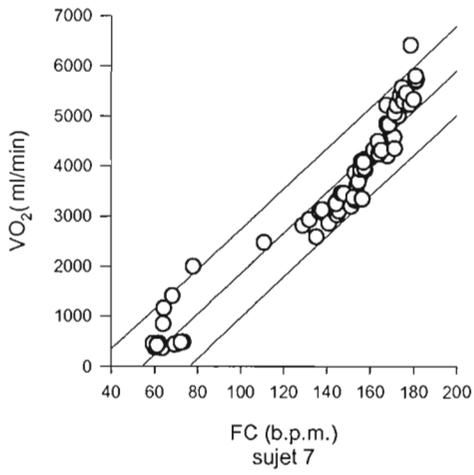
Wilmore et Costill 1998. Physiologie du sport et de l'exercice physique. Paris : De Boeck Université, pp.

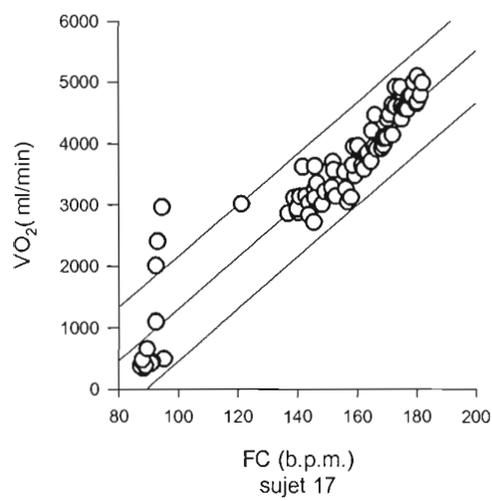
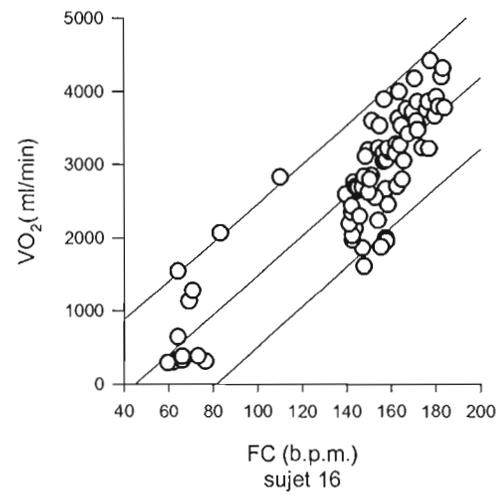
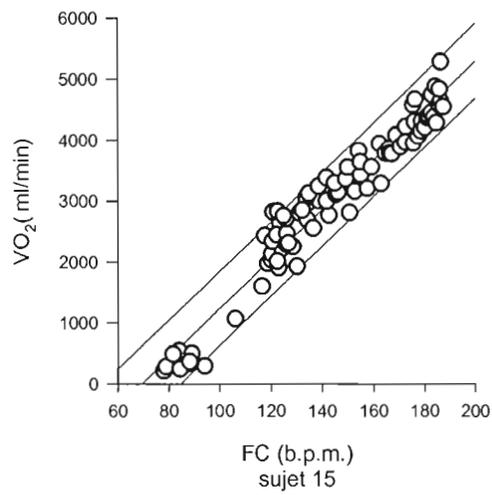
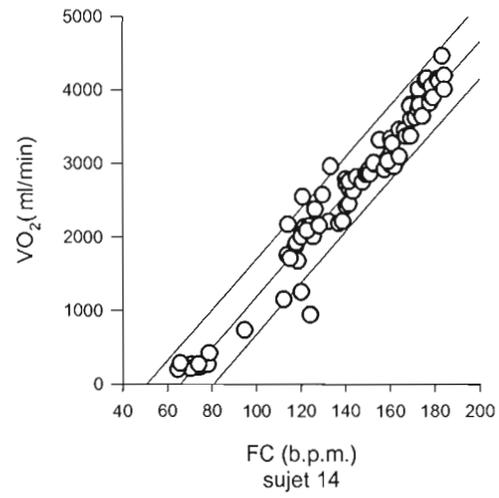
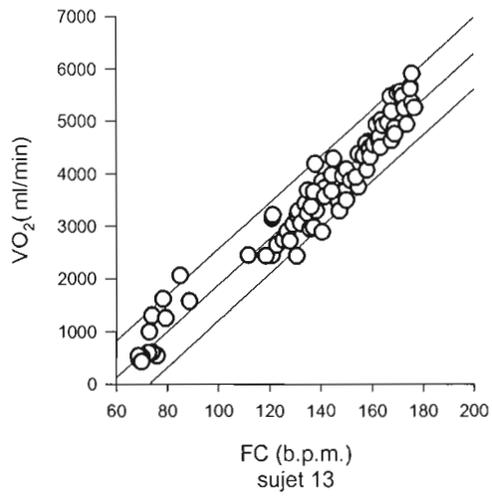
Wisloff U., Castagna C., Helgerud J., James R., Hoff J., 2004. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J. Sports Med.* 38(3): 285-288.

Wisloff U., Helgerud J., Hoff J., 1998. Strength and endurance of elite soccer players *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(3): 462-467.

ANNEXE A







ANNEXE B

Date	Climat	Heures	T°1	T°2	T°3	Température° moyenne	Humidité relative moyenne
10-août	dégagé	19h	19,4	18,2	16,6	18,1	54,0
11-août	dégagé	19h	17,8	16,4	14,2	16,1	53,7
13-août	dégagé	19h	19,7	20,7	20,3	20,2	54,3
15-août	dégagé	19h	21,5	19,7	19,3	20,2	63,3
16-août	dégagé	19h	20,9	19,9	17,5	19,4	69,3
17-août		18h					
18-août	nuageux	19h30	25,8	24	24	24,6	66,7
20-août	brouillard	17h	15,5	15,4	15,3	15,4	96,0
21-août	nuageux	21h	20,4	19,4	20,2	20,0	61,7
23-août	dégagé	21h	13,3	12,3	11,1	12,2	76,3
25-août	dégagé	19h	17,6	16,6	16,9	17,0	46,0
26-août	nuageux	18h	21,3	20,5	20	20,6	43,7
27-août	pluie	14h	14,8	14,9	15,2	15,0	95,3
29-août	nuageux	21h	19,4	19,3	20,4	19,7	79,0
30-août	dégagé	21h	15,2	13,9	12,2	13,8	63,0
01-sept	dégagé	19h	19,4	18,4	17,4	18,4	63,0
02-sept	dégagé	10h	17,9	19,1	20,2	19,1	65,7
02-sept	dégagé	17h	20,8	20,2	19,4	20,1	65,3
03-sept	pluie	9h	12,2	12,2	12,9	12,4	94,0
04-sept	nuageux	20h	17,6	17,7	17,2	17,5	86,3
05-sept	nuageux	19h	19,1	18,9	18,1	18,7	78,7
06-sept	nuageux	19h	16,6	16,4	16,5	16,5	79,7
08-sept	nuageux	19h	23,5	19,5	18	20,3	75,3
10-sept							
12-sept	dégagé	19h	17,3	16,6	15,6	16,5	51,0
13-sept	pluie	19h	13,3	13,2	13,5	13,3	96,7
14-sept	nuageux	19h	17,3	17,3	16,7	17,1	91,0
15-sept	dégagé	21h	15,4	14,7	15,8	15,3	93,3
17-sept	nuageux	15h	20,1	20	19,5	19,9	80,7
19-sept	dégagé	19h	17,1	17,7	16,9	17,2	77,0
20-sept	nuageux	19h	12,2	11,2	10,5	11,3	70,0
21-sept	nuageux	19h	11,3	11,3	10,9	11,2	68,7
24-sept	dégagé	15h	18,1	16	14,9	16,3	65,7
26-sept	dégagé	19h	12,4	12	11,9	12,1	60,7
27-sept	dégagé	19h	17,5	17,1	16	16,9	62,0
28-sept	pluie	19h	15,1	14,6	14,8	14,8	91,3
29-sept	nuageux	20h	8,5	8,4	7,7	8,2	87,0
01-oct	pluie	15h	13,4	13,1	12,5	13,0	87,3
03-oct	dégagé	21h	15,2	14	11,1	13,4	98,3
04-oct	nuageux	19h	10,9	10,2	10	10,4	83,7
05-oct	nuageux	19h	10	9,8	9,6	9,8	67,3
06-oct	dégagé	20h	10,1	7,3	5,1	7,5	65,7
09-oct	dégagé	15h	19,6	18,9	16,5	18,3	34,7
11-oct	averse	19h	13,9	14	14,2	14,0	73,0
12-oct	averse	19h	9,5	9	8,5	9,0	60,0
13-oct	dégagé	20h	6,4	5,8	5,5	5,9	58,3
15-oct	nuageux	15h	9,9	9,5	8,6	9,3	50,7
17-oct	pluie	21h	8,4	8,1	8,2	8,2	96,0

18-oct	nuageux	19h	12,7	12,6	12,4	12,6	86,7
19-oct	averse	19h	13,6	13,4	13,1	13,4	99,0
22-oct	nuageux	15h	6,7	6,5	6,4	6,5	56,0
24-oct	averse	21h	5,9	5,8	5,4	5,7	90,7
25-oct	nuageux	19h	6,6	6,1	5,8	6,2	73,3
26-oct	nuageux	19h	3,4	2,7	2,8	3,0	75,0
27-oct	nuageux	20h	4,9	4,8	4,6	4,8	65,7
29-oct	pluie neige	15h	3,6	3,7	4	3,8	77,0

ANNEXE C

Date	Type d'entraînement	Intensité
10-août	capacité	Faible
11-août	puissance	Moyen
13-août	capacité	Faible
15-août	puissance	Élevé
16-août	capacité	Moyen
17-août	test physique	
18-août	puissance	Moyen
20-août	capacité	Moyen
21-août	aérobie	Moyen
23-août	puissance	Élevé
25-août	amical	Élevé
26-août	amical	Élevé
27-août	amical	Élevé
29-août	aérobie	Faible
30-août	puissance	Élevé
01-sept	vitesse	Élevé
02-sept	force	Élevé
02-sept	puissance	élevé-moyen
03-sept	vitesse	élevé-moyen
04-sept	amical	Élevé
05-sept	aérobie	Faible
06-sept	amical	Élevé
08-sept	vitesse	élevé-moyen
10-sept		
12-sept	puissance	Élevé
13-sept	vitesse	élevé-moyen
14-sept	tactique	Faible
15-sept	match championnat	Élevé
17-sept	match championnat	Élevé
19-sept	Puissance	Moyen
20-sept	Puissance	moyen-**lumière**
21-sept	Tactique	Faible
24-sept	match championnat	Élevé
26-sept	Puissance	Moyen
27-sept	Vitesse	élevé-moyen
28-sept	Tactique	Faible
29-sept	match championnat	Élevé
01-oct	match championnat	Élevé
03-oct	Puissance	moyen-élevé
04-oct	Vitesse	moyen-élevé
05-oct	Tactique	Faible
06-oct	match championnat	Élevé
09-oct	match championnat	Élevé
11-oct	Puissance	Moyen
12-oct	Tactique	Faible
13-oct	match championnat	Élevé
15-oct	match championnat	Élevé
17-oct	Récupération	faible-moyen
18-oct	Puissance	Élevé
19-oct	tactique-amical	Moyen
22-oct	match championnat	Élevé
24-oct	vitesse-puissance	moyen élevé

25-oct	Vivacité	Moyen
26-oct	Tactique	Faible
27-oct	match championnat	Élevé
29-oct	match championnat	Élevé

ANNEXE D

Tableaux adaptés de Stolen et al, 2005

Table V. Physiological profile of male soccer players (\pm SD)

Study	Level/country	n	Position	Anthropometry ^a		VO _{2max} ^b			AT (% VO _{2max}) ^b
				height (cm)	weight (kg)	L/min	mL/kg/min	mL/kg ^{0.75} /min	
Adhikari and Kumar Das ⁶¹	National/India	2	G	180.1 \pm 1.8	64.0 \pm 3.0	3.60	56.3 \pm 1.3	159.2	
		4	D	172.4 \pm 2.9	65.1 \pm 1.3	3.93	60.3 \pm 5.0	171.3	
		5	M	173.2 \pm 5.5	67.8 \pm 5.4	3.91	57.7 \pm 4.9	165.6	
Al-Hazzaa et al. ⁶²	Elite/Saudia Arabia	7	A	169.3 \pm 2.3	60.1 \pm 2.3	3.65	60.7 \pm 4.9	169.0	
			CB	182.3 \pm 6.1	82.1 \pm 6.9	4.28 \pm 0.66	52.3 \pm 7.3	157.9 \pm 21.8	
			FB	176.0 \pm 3.9	72.4 \pm 4.1	4.16 \pm 0.19	57.7 \pm 5.1	168.0 \pm 12.8	
			M	174.7 \pm 6.7	68.2 \pm 4.4	4.13 \pm 0.26	59.9 \pm 0.93	172.2 \pm 1.7	
Apor ⁶³	Division 1-1st/Hungary						66.6		
							64.3		
							63.3		
							58.1		
		8			68.6 \pm 8.7	5.07	73.9 \pm 10.8	212.7	
Amason et al. ⁶⁷	Division elite/Iceland	8 ^c					63.2 \pm 0.4		
		7 ^c					61.9 \pm 0.7		
		15	G				57.3 \pm 4.7		
		87	D				62.8 \pm 4.4		
		76	M				63.0 \pm 4.3		
		47	A				62.9 \pm 5.5		
Aziz et al. ⁶⁴	National/Singapore	23		175.0 \pm 6.0	65.6 \pm 6.1	3.82 \pm 0.42	58.2 \pm 3.7	165.7	
		5	G	190.0 \pm 6.0	87.8 \pm 8.0	4.48	51.0 \pm 2.0	156.1	
Bangsbo ⁶⁵	Elite/Denmark	13	CB	189.0 \pm 4.0	87.5 \pm 2.5	4.90	56.0 \pm 3.5	171.3	
		12	FB	179.0 \pm 6.0	72.1 \pm 10.0	4.43	61.5 \pm 10.0	179.2	
		21	M	177.0 \pm 6.0	74.0 \pm 8.0	4.63	62.6 \pm 4.0	183.6	
		14	A	178.0 \pm 7.0	73.9 \pm 3.1	4.43	60.0 \pm 3.7	175.9	
Bunc and Psotta ⁶⁴	Elite/Czech	15		182.7 \pm 5.5	78.7 \pm 8.2	4.80 \pm 0.41	61.0 \pm 5.2	181.7	90.5 \pm 2.5
		22		132.4 \pm 4.3	28.2 \pm 3.2	1.60 \pm 0.14	56.7 \pm 4.9	130.7	76.5 \pm 1.3
Bunc et al. ⁶⁷	Elite/Czech	15		182.8 \pm 5.5	78.7 \pm 6.2	4.87	61.9 \pm 4.1	184.4	90.5
Casajus ⁶⁸	Division 1/Spain	15		180.0 \pm 8.0	78.5 \pm 6.45	5.10 \pm 0.40	65.5 \pm 8.0	193.4	76.6
		15		180.0 \pm 8.0	78.5 \pm 6.45	5.20 \pm 0.76	68.4 \pm 7.6	197.2	79.4
Chamari et al. ⁶⁹	U-19 elite Tunisia-Senegal	34		177.8 \pm 6.7	70.5 \pm 6.4	4.30 \pm 0.40	61.1 \pm 4.6	177.0 \pm 13.0	90.1 \pm 3.9
Chin et al. ⁶⁹	Elite/Hong Kong	24		173.4 \pm 4.6	67.7 \pm 5.0	4.00	59.1 \pm 4.9	169.5	80.0

Continued next page

Table V. Contd

Study	Level/country	n	Position	Anthropometry ^a		$\dot{V}O_{2max}^{b,p}$			AT (% $\dot{V}O_{2max}^b$) ^c
				height (cm)	weight (kg)	L/min	mL/kg/min	mL/kg ^{0.75} /min	
Drust et al. ^[73]	University/England	7		179.0 ± 5.0	72.2 ± 5.0	4.17	57.8 ± 4.0	168.5	
Ekblom ^[7]	Top team/Sweden						-81.0		
Faina et al. ^[82]	Amateur/Italy	17		178.5 ± 5.9	72.1 ± 8.0	4.62	64.1 ± 7.2	186.8	
	Professional/Italy	27		177.2 ± 4.5	74.4 ± 5.8	4.38	58.9 ± 6.1	173.0	
	world class/Italy	1					63.2		
Halgerud et al. ^[10]	Juniors/Norway	9				4.25 ± 1.9	58.1 ± 4.5	169.9 ± 9.6	82.4
	After training period	9				4.59 ± 1.4	64.3 ± 3.9	188.3 ± 10.5	86.3
	Division 1/Norway	21		183.9 ± 5.4	78.4 ± 7.4	4.73 ± 0.48	60.5 ± 4.8	178.4 ± 14.8	
	After training period	21		183.9 ± 5.4	78.4 ± 7.4	5.21 ± 0.52	65.7 ± 5.22	192.9 ± 19.4	
Heller et al. ^[71]	League/Czech	12		183.0 ± 3.5	75.6 ± 3.4	4.54	60.1 ± 2.8	177.2	79.4
	After season	12				4.48	59.3 ± 3.1	174.9	81.1
Hoff et al. ^[72]	Division 2/Norway ^a	8				4.63 ± 0.51	60.3 ± 3.3	178.6 ± 13.3	85.5
Hollmann et al. ^[59]	Nationals-79/Germany	17					62.0 ± 4.6		
Impellizzeri et al. ^[74]	Young/Italy	19		178.5 ± 4.8	70.2 ± 4.7	4.03	57.4 ± 4.0	166.2	
Leatt et al. ^[74]	U-16 elite/Canada	8		171.1 ± 4.3	62.7 ± 2.8	3.68 ± 0.43	59.0 ± 3.2	165.2	
	U-18 elite	9		175.8 ± 4.4	69.1 ± 3.4	3.99 ± 0.59	57.7 ± 6.8	166.5	
MacMillan et al. ^[75]	Youth team/Scotland	11		177.0 ± 6.4	70.6 ± 8.1	4.45 ± 0.37	63.4 ± 5.6	183.3 ± 13.2	
	After training period	11			70.2 ± 8.2	4.87 ± 0.45	69.8 ± 6.6	201.5 ± 16.2	
Matkovic et al. ^[76]	Division 1/Croatia	44		179.1 ± 5.9	77.5 ± 7.19	4.12 ± 0.64	52.1 ± 10.7	157.7	
Nowacki et al. ^[77]	Division 3/Germany	10					69.2 ± 7.8		
Puga et al. ^[78]	Division 1/Portugal	2	G	186.0	84.4	4.45	52.7	159.7	
		3	CB	185.3	75.9	4.16	54.8	161.7	
		2	FB	175.0	67.5	4.19	62.1	178.0	
		9	M	176.8	74.0	4.58	61.9	181.6	
		6	A	174.6	71.1	4.31	60.6	176.0	
Rahkila and Luthanen ^[9]	Senior/Finland	31		180.4 ± 4.3	76.0 ± 7.6	4.20 ± 0.30	56.0 ± 3.0	163.2	83.9
	U-18 plus U-17/Finland	25		178.6 ± 6.3	71.3 ± 6.8	4.00 ± 0.50	56.0 ± 4.0	163.0	85.7
	U-16/Finland	21		177.1 ± 7.4	66.7 ± 6.8	3.80 ± 0.40	59.0 ± 5.0	162.8	84.5
	U-15/Finland	29		174.7 ± 6.1	62.5 ± 6.5	3.60 ± 0.40	57.0 ± 5.0	162.0	86.0
Rhodes et al. ^[80]	Olympic/Canada	16		177.3 ± 6.5	72.6 ± 6.2	4.20 ± 0.40	59.7 ± 4.1	168.9	
Strøyer et al. ^[87]	EbP/Danish	9		154.1 ± 8.2	42.5 ± 7.2	2.47 ± 0.28	58.6 ± 5.0	148.2	
	EeP/Danish	7		172.2 ± 6.1	57.5 ± 7.2	3.69 ± 0.44	63.7 ± 8.5	172.1	
Vanderford et al. ^[81]	U-14/US	20		163.9 ± 0.4	49.9 ± 0.4	2.64	52.9 ± 1.2	140.6	65.9 ± 1.4

Continued next page

Table II. Heart rate in male and female soccer players

Study	Level/country (sex)	n	Type of match (min)	HR (beats/min)	HR _{max} (%)
Agnevik ^[12]	Division 1/Sweden (M)	1	League (90)	175	93
All and Furrally ^[9]	Semi-professional/Scotland (M)	9	League (90)	172	
	University/Scotland (M)	9	League (90)	167	
	Recreational/Scotland (M)	9	League (90)	168	
Bangsbo ^[1]	League/Denmark (M)	6	League (90)	~159	
	Elite/Denmark (F)	1	International (80)	170	
Brewer and Davis ^[13]	Elite/Sweden (F)		League	175 ^a	90–91 ^a
Helgerud et al. ^[14]	Elite juniors/Norway (M)	8	League (90)		82.2
	Training group/Norway (M)	9	League (90)		85.6
Mohr et al. ^[24]	Division 4/Denmark (M)	9	Friendly (90)	160	
	Division 4/Denmark (M)	16	Friendly (90)	162	
Ogushi et al. ^[25]	League/Japan (M)	2	Friendly (90)	161	
Reilly ^[26]	League/England (M)		Friendly (90)	157	
Saliger ^[26]	Unknown/Czech (M)		Modal (10)	165	80
Strayer et al. ^[27]	Elite beginning of puberty/Denmark (M)	9	League	175	86.8
	Elite end of puberty/Denmark (M)	7	League	176	87.1
Van Gool et al. ^[8]	University/Belgium (M)	7	Friendly (90)	167	

a Indicates an average of three matches.

Czech = Czech Republic; F = female; HR = heart rate; HR_{max} = maximal heart rate; M = male.