

La résistance à la vitesse :

Clé de la préparation physique en sports collectifs ?

Gilles Cometti

Maître de conférences

Faculté des Sciences du sport - UFR STAPS Dijon

BP 27877, 21078 Dijon Cedex, France

Les sports collectifs sont constitués d'actions intenses enchaînées par intermittence. Il faut dans ces sports être rapide « à répétition ». Il est donc normal que l'on s'interroge sur la notion de résistance à la vitesse (aptitude à enchaîner des sprints courts sans perdre trop en qualité). Certains physiologistes se sont intéressés à ce concept et ont suscité l'intérêt des entraîneurs. Ainsi David Bishop de l'université de Western Australia de Perth (Australie) a créé la notion de « Repeated Sprint Ability » (RSA) que nous pouvons traduire par « aptitude à répéter des sprints ». Il est primordial de s'intéresser à ces recherches. Ensuite nous évoquerons les travaux remarquables de Balsom et coll. qui sont pour nous déterminants pour comprendre la place de cette qualité en sports collectifs. Enfin dans une troisième partie nous envisagerons une étude que nous avons menée sur des footballeurs qui complète les conclusions de Balsom.

1) La « Repeated Sprint Ability » (RSA) :

David Bishop (voir l'article très intéressant publié dans teknoport n°24, novembre décembre 2002) définit la résistance à la vitesse (RSA) comme l'aptitude à sprinter, récupérer, sprinter à nouveau, cette séquence (sprint, récupération, sprint) pouvant être reproduite une ou plusieurs fois. Il propose un test pour mesurer la RSA : 5 sprints de 6 s avec 24 s. de récupération entre les sprints. Pour bien quantifier les efforts il utilise un ergocycle modifié pour se rapprocher de la course (fig. 1). Il ne s'agit donc pas d'une course, l'absence du temps de suspension est selon nous en mesure de modifier les résultats que l'on pourrait obtenir sur une course réelle.

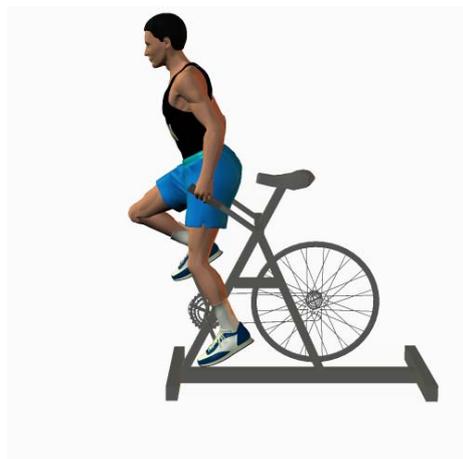


figure 1 : le dispositif de Bishop pour mesurer la résistance à la vitesse (d'après Bishop et Castagna, teknoport n°24, novembre décembre 2002)

Le tableau n°1 montre un exemple de données relevées au cours du test de RSA. Du premier sprint on tire la puissance anaérobie du sujet. Du travail total et de la diminution de prestation au cours des sprints on tire la RSA. Sur la première ligne du tableau on trouve les 5 essais avec le travail réalisé. L'addition de ces 5 valeurs donne le travail total, que l'on compare au travail idéal obtenu en multipliant la valeur du premier sprint par 5. la comparaison des 2 valeurs (travail total et travail idéal) montre une perte de 7,8%. Plus la perte est faible plus le sujet fait preuve d'une bonne RSA.

	Test de 5 cycles de 6 s	
	Répétitions	Travail mécanique (kJ)
	1	6,7
	2	6,4
	3	6,2
	4	5,9
	5	5,7
Travail total (TtkJ)		= 30,9
Travail idéal (TikJ)		= meilleur travail en 6 s x 5 = 6,7 x 5 = 33,5
Baisse (en %)		= 100 – (Tt/Ti x 100) = 100 – (30,9/33,5 x 100) = 100 – 92,2 = 7,8 %

tableau 1 : données relevées au cours de l'épreuve de RSA (d'après Bishop et Castagna, teknoport n°24, novembre décembre 2002)

2) La « Repeated Sprint Ability » (RSA) et les sports collectifs :

On trouve déjà chez Bishop quelques limites quand il cherche à appliquer ces données aux sports collectifs. Ses études montrent une bonne corrélation entre le résultat au test RSA et des sprints répétés en simulant un match avec des courses de 20 à 30 m, mais la corrélation est faible pour des distances répétées de 5 à 10 m. De plus Bishop constate que la fréquence des sprints est nettement plus faible au cours des matchs de sports collectifs. Il travaille avec le hockey sur gazon et dans cette épreuve, il est rare de descendre en dessous d'un sprint par minute. Les chiffres sont de 1 sprint de 2 à 4 secondes toutes les 2 minutes et Bishop est surpris par le nombre réduit de courses rapides par unité de temps. Il en vient même à se référer aux études de Balsom que nous allons évoquer ci-dessous, qui montrent que des efforts intenses effectués avec une minute de récupération peuvent être répétés presque indéfiniment sans perte de

performance. Si on regarde les sports collectifs comme le football et le basket où des études sur la fréquence des sprints existent nous obtenons les chiffres suivants :

En football : Reilly évoque le modèle d'un sprint de 15 m toutes les 90 secondes pour les matchs de football. Colli et Bordon obtiennent 1 sprint toutes les 77 s sur le championnat italien (2000). Notre étude de 2002 sur le championnat de France (Demangeot, Lacroix, Cometti 2003) a montré une fréquence d'un sprint pour 60 secondes pour le championnat de France (2002)

En basket : Castagna (Repeated Sprint Ability, Teknosport.com 05/09/2002) constate une accélération en moyenne de 7,5 m soit 1,5 maximum toutes les 50 s pour le basket (championnat d'Italie) et conclut que le concept de RSA ne s'applique pas au basket. Sur le championnat de France (2002-2003) lors d'une analyse vidéo nous obtenons 1 sprint de 1,5 s toutes les 39 s (Travaillant, Cometti 2003).

En conclusion la réalité des sports collectifs n'a rien de commun avec le concept de RSA de Bishop, cette notion ne présente donc aucun intérêt pour ces compétitions. Le chapitre suivant va nous le confirmer.

4) les études de Balsom :

Les travaux de Balsom vont nous permettre de mieux comprendre le facteur de résistance à la vitesse dans le contexte des sports collectifs. Dans une première étude (Balsom et coll. 1992a) il examine l'effet de la durée de récupération sur 15 sprints de 40 m. Il utilise 3 durées de récupération : 120, 60 et 30 secondes. La figure 2 montre clairement une élévation des temps sur 40 m dès le 3^e sprint avec 30 s de récupération et à partir du onzième sprint pour 60 s de repos. Avec 120 s aucune baisse n'est notable.

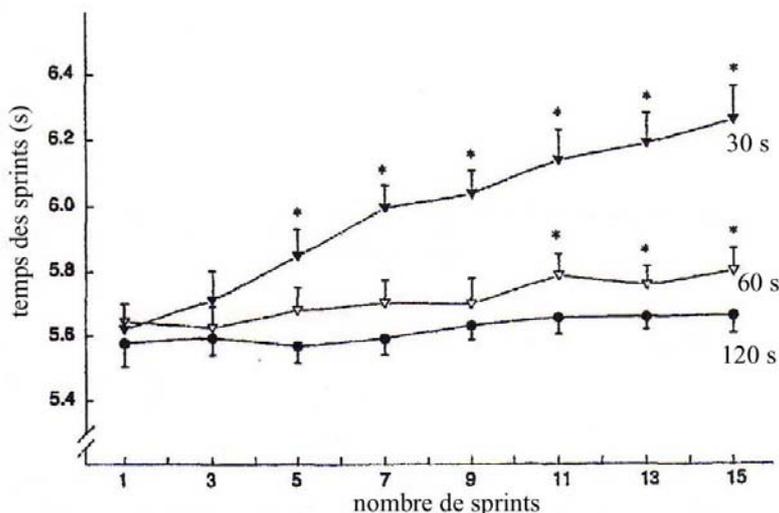


figure 2 : évolution du temps sur 40 m au cours des 15 répétitions en fonction du temps de récupération entre les sprints (120 s : courbe du bas, 60 s : courbe du milieu, 30 s : courbe du haut)

Si on regarde ensuite l'évolution de la vitesse de 30 à 40 m (fig. 3) on constate que celle-ci baisse de façon significative pour tous les protocoles (à partir du 11^e, 7^e et 3^e sprint pour 120, 60 et 30 s de récupération respectivement).

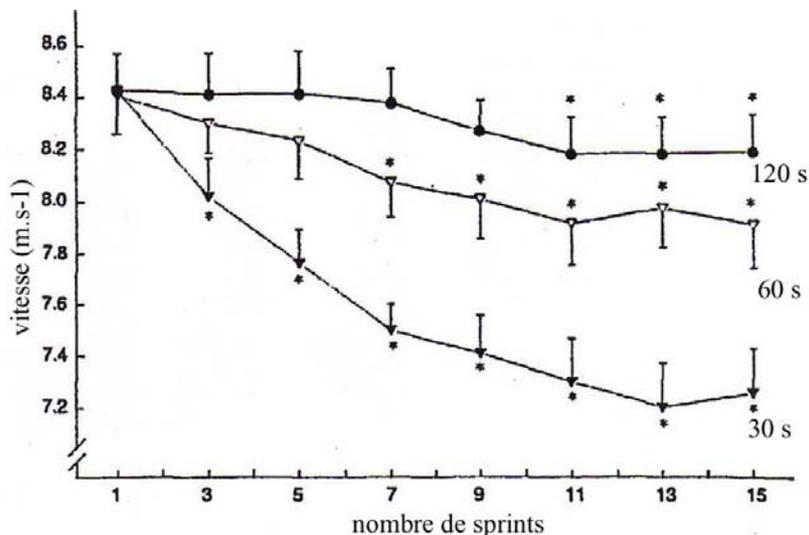


figure 3 : évolution de la vitesse de 30 à 40 m en fonction du temps de récupération entre les sprints (120 s : courbe du haut, 60 s : courbe du milieu, 30 s : courbe du bas)

Balsom envisage ensuite l'évolution des 15 premiers mètres de chaque 40 m (fig. 4). On ne constate aucune perte pour 120 s, une augmentation au 11^e sprint pour 60 s et à la 3^e accélération pour 30 secondes.

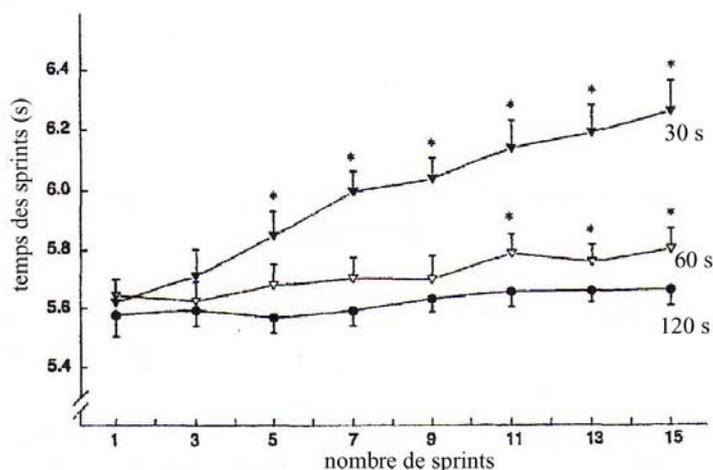


figure 4 : évolution du temps sur 40 m au cours des 3 conditions de récupération.

Dans sa deuxième étude Balsom (Balsom et coll. 1992b) fait varier la durée de l'effort, il utilise des distances de 15, 30 et 40 m qui sont répétées 20 fois avec 30 s de récupération. Pour des 15 m répétées il n'y a pas de baisse de performance (premier sprint 2,62 en moyenne, dernier 2,63). Sur des 40 m une baisse de performance apparaît dès le troisième sprint (fig. 5). Il ressort donc que pour des distances courtes répétées avec 30 s de repos il n'y a aucune perte au cours de 20 répétitions. Rappelons qu'aucun des sports collectifs traditionnels ne proposent des sprints avec moins de 30 secondes en moyenne de repos. Rappelons que le premier sprint de 15 m est exécuté en 2,62 s alors que le 20^e est réalisé en 2,63.

En conclusion comment faire en sorte que le joueur aille plus vite au 20^e sprint de 15 m (2,63 s.) ? Réponse : en améliorant le premier, c'est-à-dire en **travaillant la vitesse pure (sur une répétition) et non la résistance à la vitesse**. Si le joueur réalise 2,60 au premier sprint alors il réalisera 2,61 s. au 20^e. La qualité qui permettrait au joueur de ne pas trop

perdre en répétant des sprints n'existe pas, elle rejoint la vitesse. Plus je vais vite et moins je perds. La résistance à la vitesse est un « faux concept ».

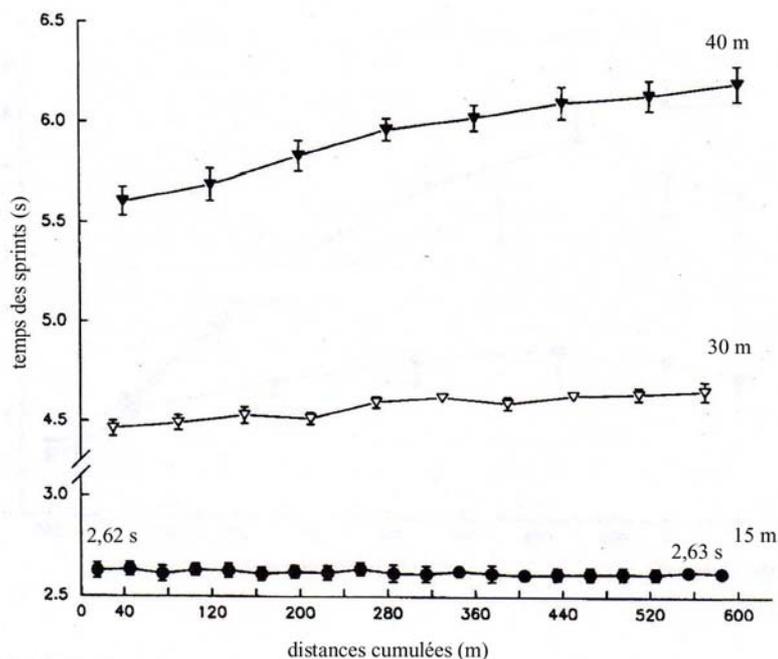


figure 5 : évolution des temps sur les 20 sprints avec 30 secondes de récupération (15, 30 et 40 m)

5) la résistance à la vitesse chez des footballeurs:

5.1) Sprints de 15 mètres avec 30 secondes de récupération :

Nous avons voulu vérifier ces résultats et affiner un peu plus le travail de Balsom, nous avons donc effectué une expérience sur une dizaine de joueurs de football de niveau régional (étudiants en staps option football). Ce travail a été réalisé à l'occasion d'une étude réalisée par Jérôme Méry dans notre centre, les éléments et les figures qui suivent sont tirés de sa publication (voir bibliographie)

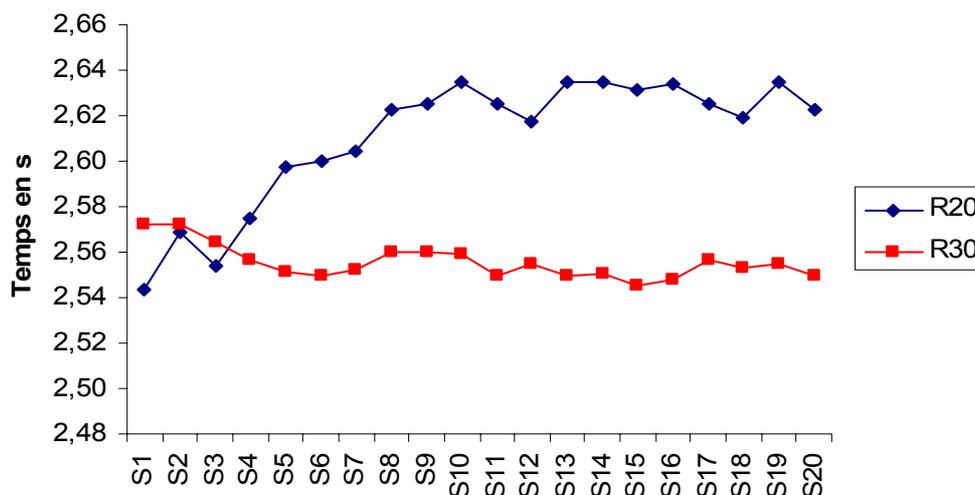


figure 6 : Comparaison de la performance sur 15 m au cours de 20 répétitions avec 20 s (R₂₀) et 30 s (R₃₀)

Pour compléter le travail de Balsom nous avons mesuré outre le temps sur 15 m, la longueur et la fréquence des foulées à l'aide d'un optojump. Dix joueurs ont participé à la première étude en effectuant 20 sprints de 15 m à vitesse maximale avec 30 s de récupération. Dans une 2^e épreuve ils ont effectué le même protocole mais avec 20 s de récupération. La figure 6 donne l'évolution du temps sur 15 m pour les 2 conditions de récupération. On confirme clairement les résultats de Balsom : il n'y a pas de baisse de performance avec 30 secondes de récupération. Mais avec nos données nous constatons que la fréquence des appuis diminue (fig. 7). Par contre l'amplitude des foulées augmente, ainsi que les temps de contact (fig. 8 et 9).

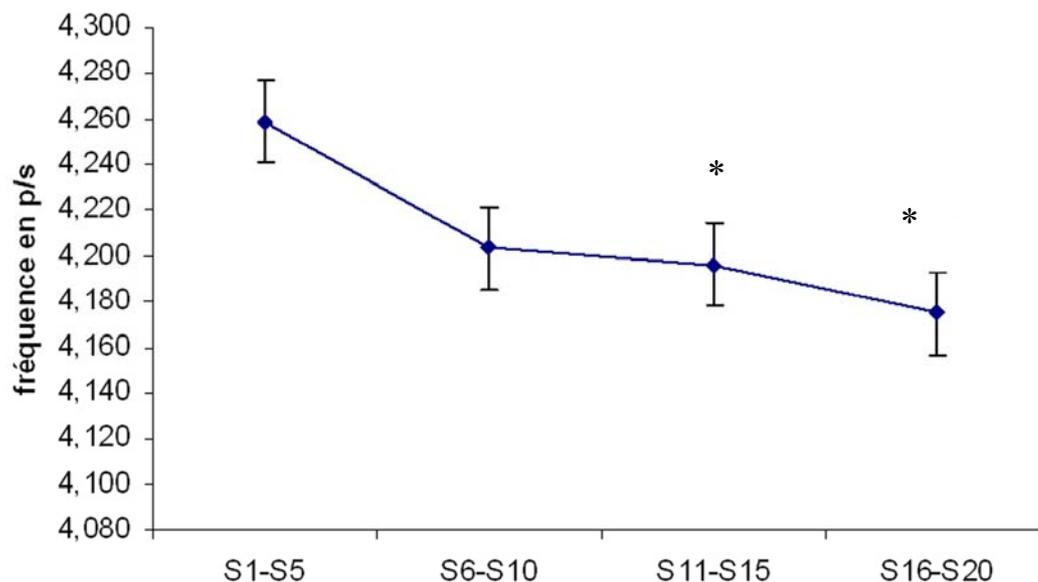


Figure 7 : diminution de la fréquence des appuis au cours de l'exercice R₃₀ qui devient significative en fin d'exercice (S¹¹⁻¹⁵ et S¹⁶⁻²⁰ p<0.05).

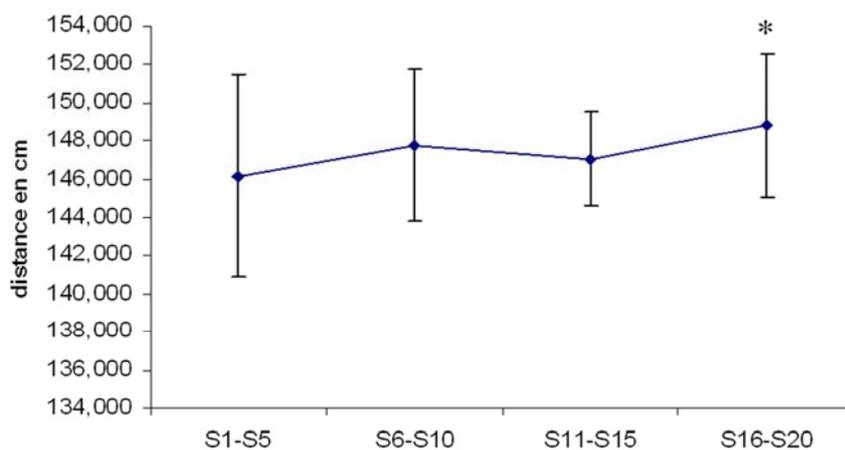


Figure 8 : l'amplitude des foulées augmente en fin d'exercice (S¹⁶⁻²⁰ p<0.05).

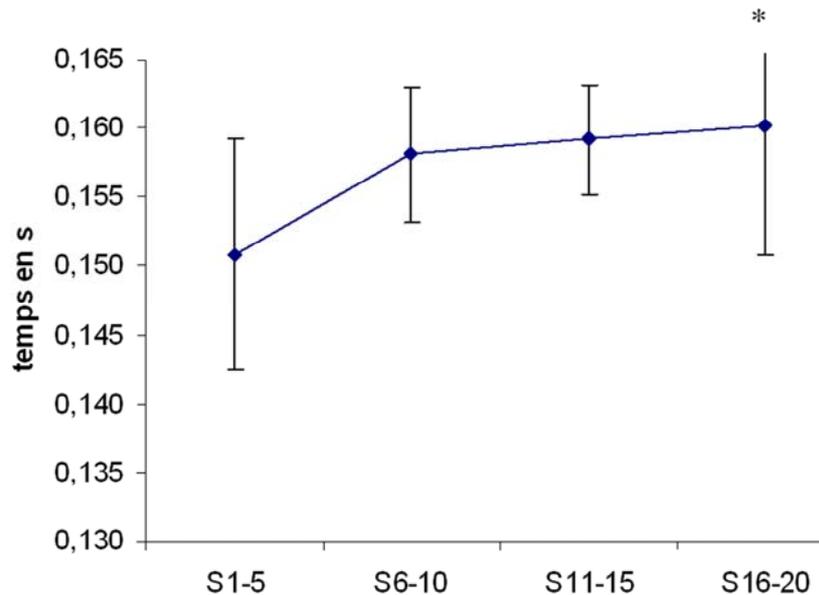


Figure 9 : on constate une augmentation progressive du temps de contact tout au long des répétitions avec différences significatives en fin d'exercice ($S^{16-20} p < 0.05$).

Conclusion sur le protocole R 30 :

Nous arrivons aux mêmes conclusions que Balsom : avec 30 secondes de récupération la performance n'est pas altérée sur 20 répétitions. Toutefois nous démontrons que le maintien de la performance s'effectue avec des modifications de fréquence et d'amplitude. La fréquence diminue avec la fatigue, l'amplitude augmente au fil des répétitions ce qui permet à la vitesse de se maintenir. En conséquence les temps de contact augmentent également.

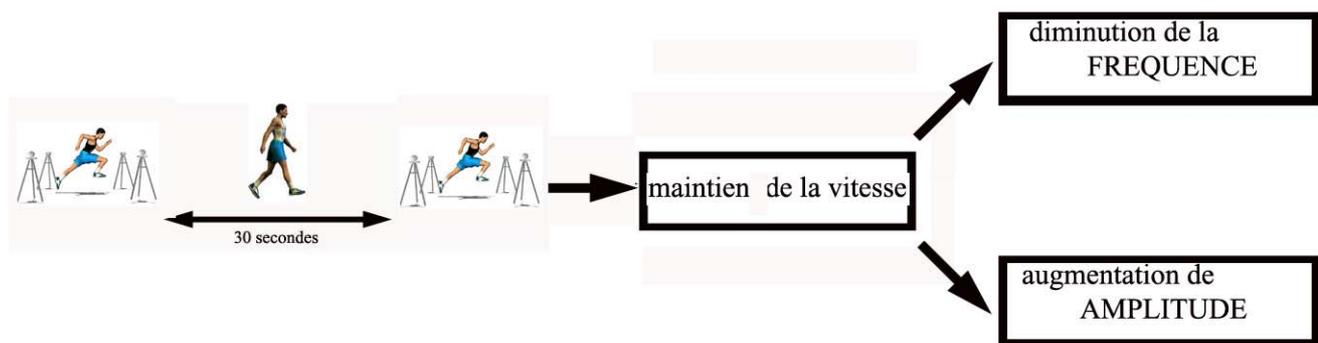


Figure 10 : résumé des résultats de répétitions de sprints avec 30 secondes de récupération.

5.2) Sprints de 15 mètres avec 20 secondes de récupération :

Par contre pour les 20 secondes de récupération l'augmentation du temps est très nette. Nous avons voulu connaître les modalités de la baisse de vitesse avec la récupération de 20 s. Les données recueillies avec l'optojump nous donnent des éléments intéressants. Sur la figure 11 on constate que la fatigue se traduit par une augmentation de l'amplitude des foulées, par contre la figure 12 montre une baisse significative de la fréquence dès le 5^e sprint.

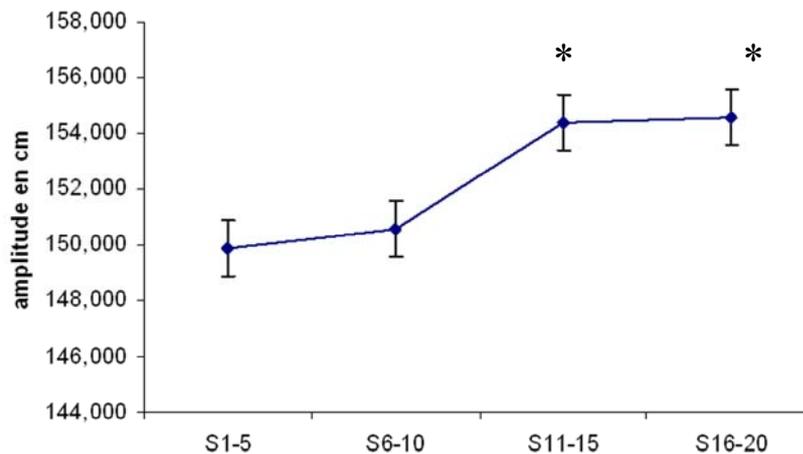


Figure 11 : Evolution de l'amplitude des foulées pour R_{20} pour la moyenne des 5 premiers sprints (S1-5) les sprints de 6 à 10 (S6-10) puis de 11 à 15 (S11-15) et 16 à 20. (S16-20). On constate une augmentation significative de l'amplitude pour les 10 derniers sprints.

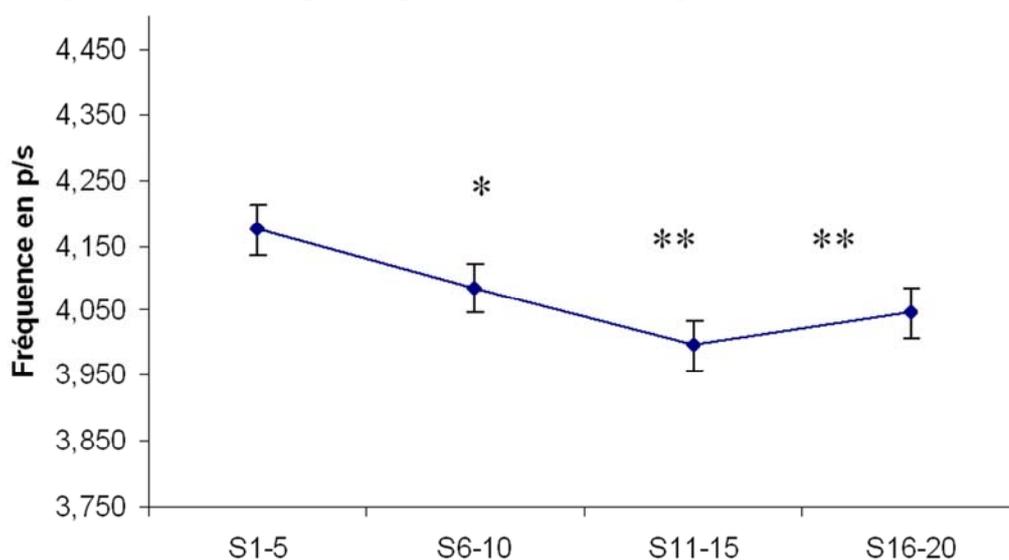


Figure 12 : Evolution de la fréquence des foulées pour R_{20} pour la moyenne des 5 premiers sprints (S1-5) les sprints de 6 à 10 (S6-10) puis de 11 à 15 (S11-15) et 16 à 20. (S16-20). On constate une diminution significative de la fréquence à partir du 5^e sprint.

Conclusion sur le protocole R 20 :

Seul le protocole avec 20 s de récupération provoque une baisse de performance. Cette baisse s'explique par une diminution de la fréquence des foulées, que l'augmentation trop faible de l'amplitude ne réussit pas à compenser. Comme avec la récupération de 30 secondes c'est la baisse de fréquence qui est à l'origine de la diminution de la vitesse.

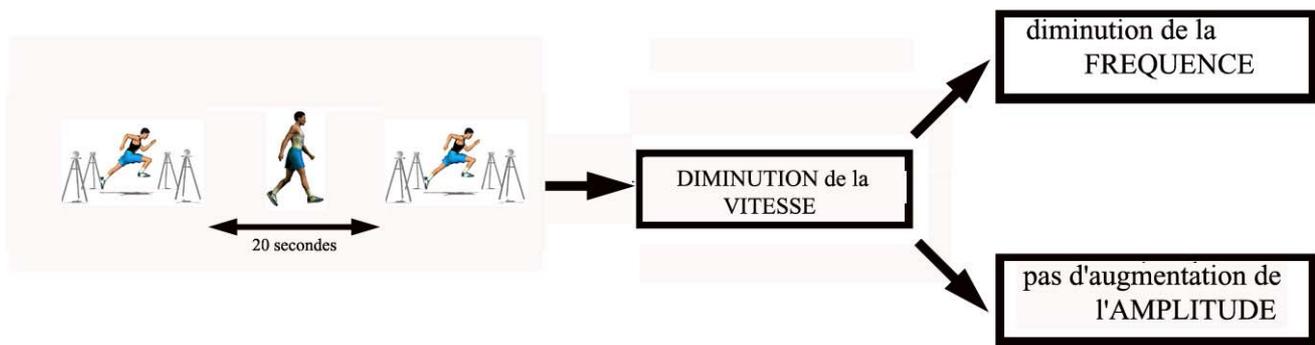


Figure 13 : Résumé des résultats avec 20secondes de récupération.

5.3) Différences de réponse aux sprints répétés pour les joueurs rapides et les joueurs lents :

a) Evolution de la performance :

Nous avons ensuite voulu savoir si la vitesse (sur un seul sprint) maximale d'un sujet était un facteur favorable à la résistance à la vitesse. On pourrait penser que plus le joueur est rapide plus il va avoir du mal à enchaîner les sprints en maintenant sa vitesse. Pour avoir une idée de réponse nous avons dissocié les joueurs en 2 groupes : un groupe composé des 5 plus rapides et un groupe constitué des 5 plus lents. La figure 14 montre l'évolution des temps sur 15 m (moyenne des temps par groupe de 5 sprints) pour les joueurs lents, on remarque une augmentation significative des temps, les joueurs lents n'arrivent pas à maintenir leur performance. Pour les joueurs rapides (fig.14) on constate qu'ils sont capables de maintenir la performance (pas de différences significatives) alors que nous sommes dans le protocole avec 20 s de récupération.

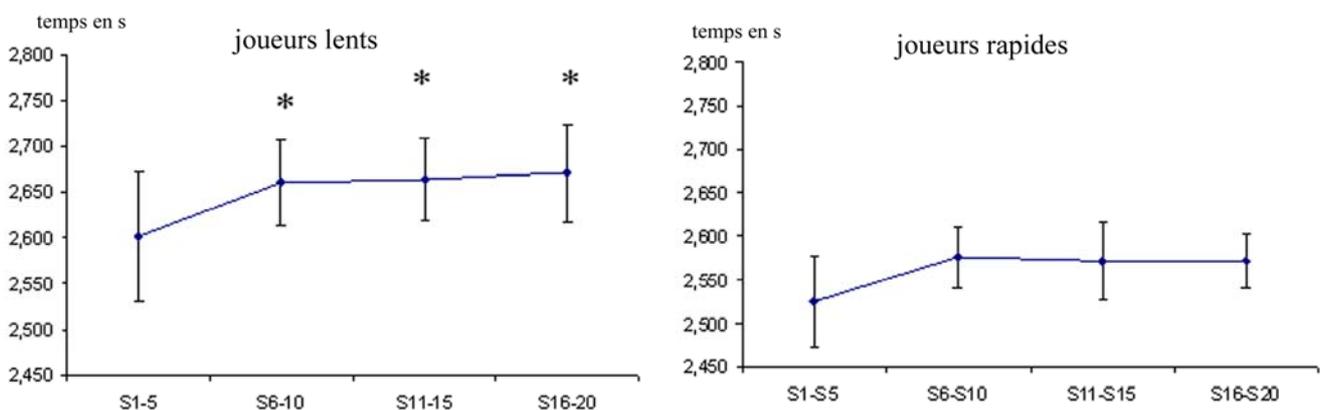


Figure 14 : A gauche la performance des sujets les plus lents se dégrade rapidement puis se stabilise par la suite (S^{6-10} , S^{11-15} et S^{16-20} $p < 0.05$). A droite pour les joueurs rapides le temps augmente légèrement mais pas de façon significative avec 20 secondes de récupération.

b) La vitesse à chaque foulée :

Nous cherchons ensuite à vérifier les données précédentes grâce au système « optojump » qui nous donne la vitesse à chaque foulée. Sur la figure 14 la vitesse des sujets lents baisse de façon significative, ce qui n'est pas le cas pour les joueurs rapides.

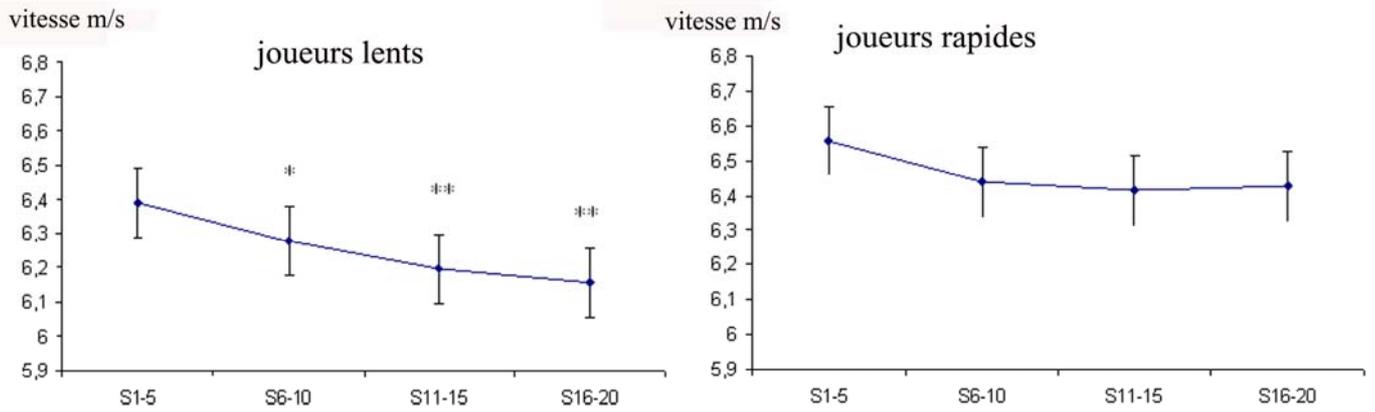


Figure 15 : Pour les sujets les plus lents (à gauche) la vitesse à chaque appui diminue très nettement au cours de l'exercice ($S^{6-10} p<0.05$; S^{11-15} et $S^{16-20} p<0.01$). Pour les sujets rapides (à droite) pas de différences significatives au cours de R_{20} .

Conclusion :

Les joueurs rapides ne perdent pas de vitesse, ils sont donc « résistants à la vitesse ».

c) La fréquence :

On regarde ensuite l'évolution de la fréquence, toujours avec 20 s. de récupération. Les joueurs rapides voient leur fréquence baisser sans que les différences soient significatives (fig.16). Pour les sujets lents la baisse est très nette et statistiquement significative.

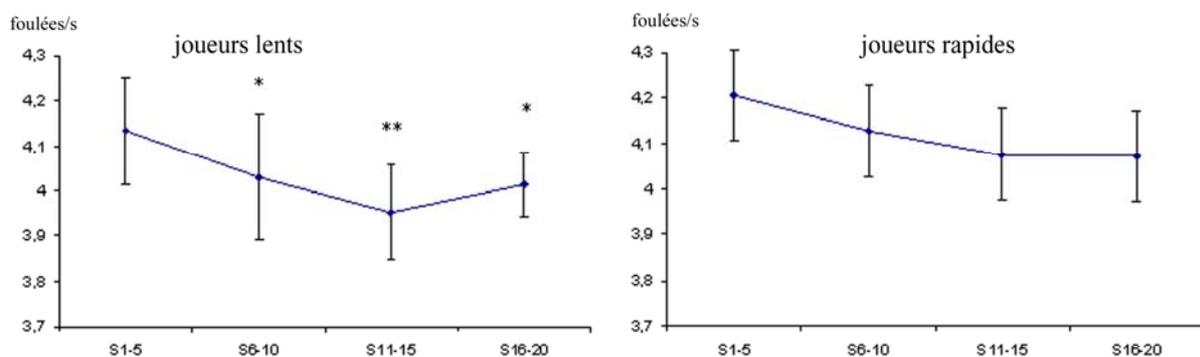


Figure 16 : la fréquence chute rapidement pour les lents (à gauche) entraînant ainsi des différences significatives (S^{6-10} et $S^{16-20} p<0.05$; $S^{11-15} p<0.01$). Au cours de l'exercice R_{20} , chez les sujets rapides (à droite) la fréquence chute légèrement mais il n'y a pas de différence significative.

On peut donc en déduire que la baisse de performance des sujets lents s'explique par une chute de la fréquence des appuis, les données sur l'amplitude ne faisant apparaître aucune modification.

d) Les temps de contact :

Avec 20 secondes de récupération nous n'obtenons rien de significatif, par contre avec 30 secondes il existe une distinction statistique. Les rapides se distinguent des lents. La

figure 17 illustre les résultats des joueurs rapides, ils augmentent leurs temps de contact sur la fin des répétitions.

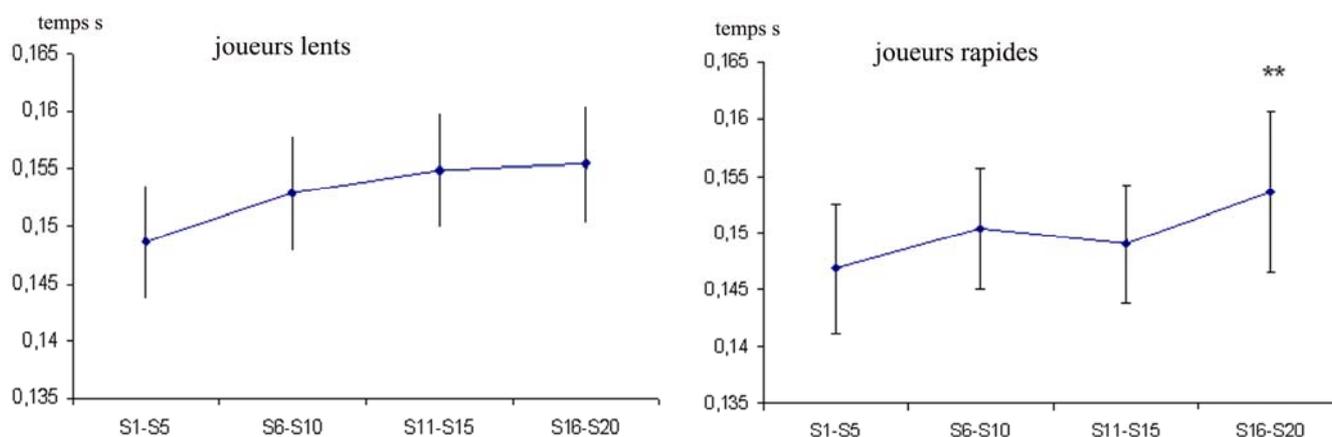


Figure 17 : Aucune différence en ce qui concerne le temps de contact des appuis pour le groupe des lents (figure de gauche) au cours de R₃₀. Le temps de contact pour les rapides (à droite) augmente progressivement pour aboutir à des différences significatives en fin d'exercice (S¹⁶⁻²⁰ p<0.01).

En conclusion la qualité de vitesse des joueurs rapides leur permet de conserver la performance en maintenant la fréquence des foulées.



Figure 18 : différence entre les joueurs rapides et les joueurs lents.

5.4) Les effets de l'entraînement :

Comment améliorer l'aptitude à maintenir la performance avec une récupération courte (20 secondes) ?

Si les sujets sont lents il faut travailler la « vitesse » et non la « résistance à la vitesse », c'est la solution principale. Mais la vitesse dépend de deux facteurs : la fréquence et l'amplitude. Les résultats précédents montrent une baisse importante de la fréquence, nous avons donc composé deux groupes d'entraînement de 10 joueurs qui ont travaillé sur 3 semaines à raison de 3 séances par semaine. Un groupe s'est entraîné en sprint avec des situations à dominante « fréquence » et l'autre a travaillé en amplitude et nous avons choisi un travail de musculation à force maximale.

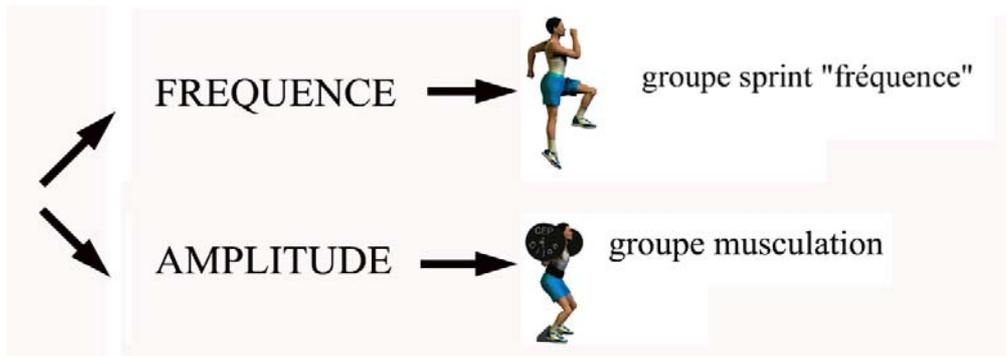


Figure 19 : les deux groupes d'entraînement.

Résultats du groupe « sprint-fréquence » :

La figure 20 montre les deux tests de 20 sprints avec 20 secondes de récupération effectués avant et après 3 semaines d'entraînement en sprint en dominante fréquence. On voit que les 2 courbes sont identiques, il n'y a pas de modifications significatives en terme de performance. Les traits horizontaux avec astérisques indiquent quand sur un même test les temps augmentent de façon significative : à partir du 6^e sprint la performance baisse dans les deux tests. La seule différence se trouve de S4 à S6, l'augmentation du temps n'est significative que pour le test de départ. L'entraînement en fréquence a repoussé la fatigue de deux répétitions.

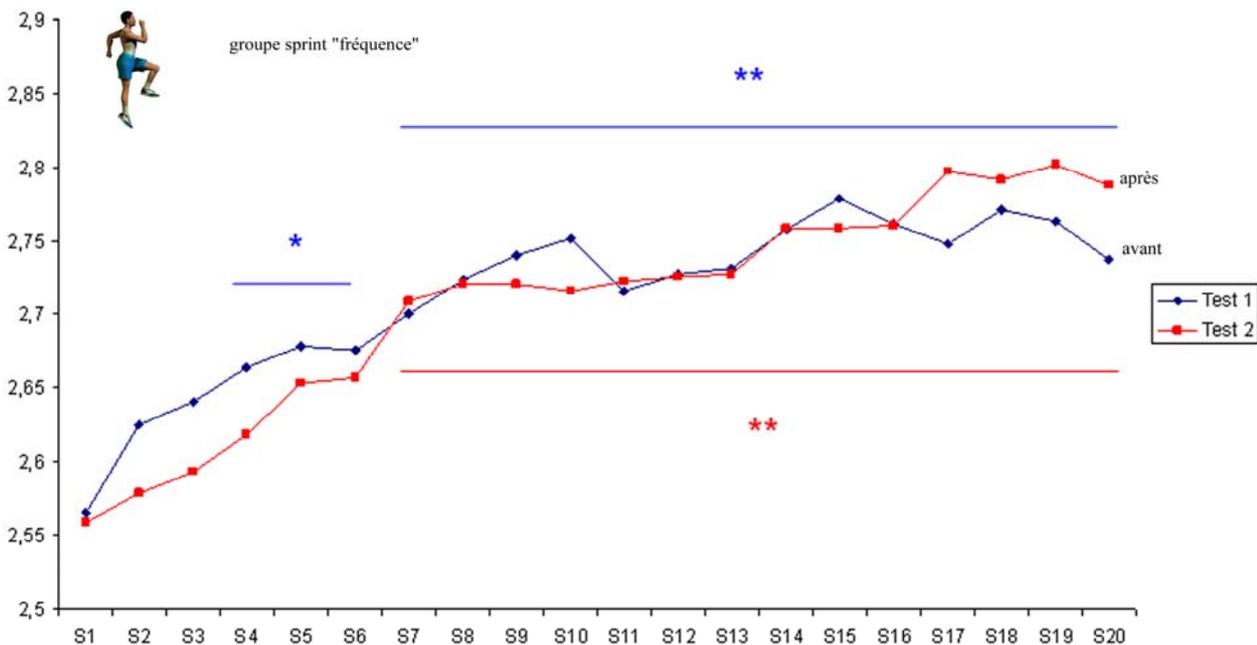


Figure 20 : courbes des tests effectués avant et après 3 semaines d'entraînement en « sprint-fréquence » : on ne note pas de grandes différences.

Résultats du groupe « musculation » :

Si on regarde le groupe musculation (fig.21) on distingue une baisse très nette des temps qui montre une amélioration des performances après 3 semaines de musculation. Le travail de force maximale est donc très efficace pour repousser l'effet de la fatigue au cours des sprints répétés.

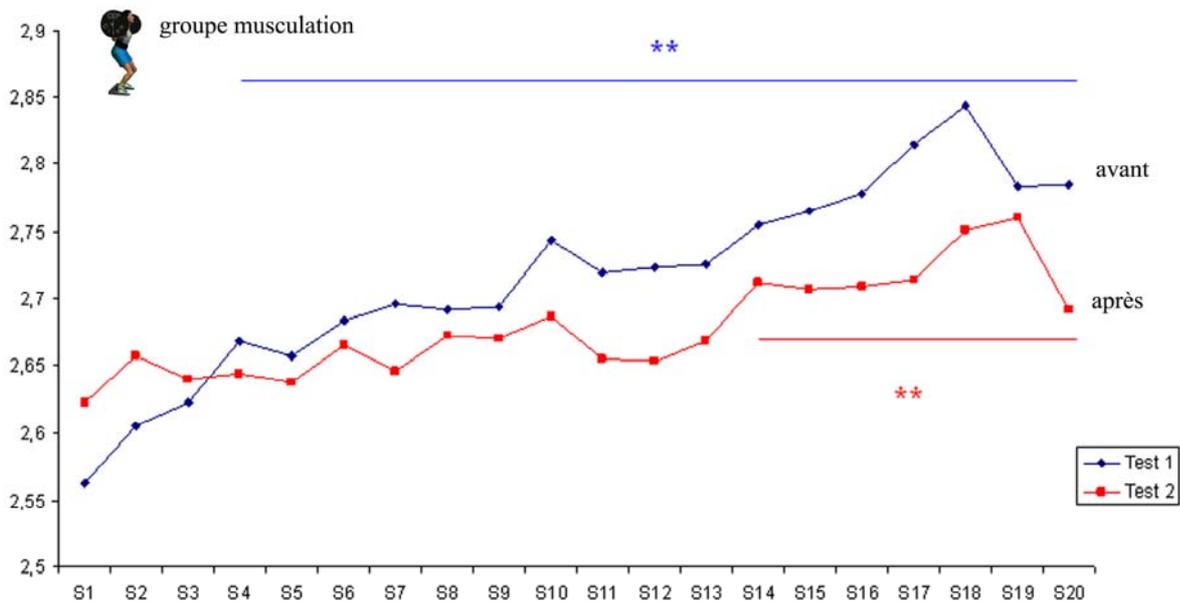


Figure 21 : courbes des tests effectués avant et après 3 semaines de musculation : la baisse significative de performance (ou augmentation des temps) n'intervient qu'à la 14^e répétition après l'entraînement alors qu'elle survenait dès le 4^e essai avant.

Conclusion sur l'expérience:

On peut améliorer la résistance à la vitesse avec un travail de musculation de type force maximale plus efficacement qu'avec un travail de course orienté vers la fréquence.

Conclusion sur la résistance à la vitesse en sports collectifs :

La résistance à la vitesse est-elle la clé de la préparation physique en sports collectifs ?

La réponse est « NON ».

C'est la qualité de vitesse pure (sur une répétition) qui est primordiale.

Les raisons de cette affirmation ont été énoncées dans cet article :

- la fréquence de répétition des sprints pour les sports collectifs (principalement en football, basketball et handball) est trop faible pour que ce facteur intervienne. Le temps de récupération entre chaque sprint est largement supérieur à 30 secondes, délai nécessaire pour enchaîner les efforts sans perte de performance.
- Pour améliorer les derniers sprints il faut entraîner la vitesse maximale : les joueurs seront plus rapides également à la fin du match (travaux de Balsom)
- La vitesse est une qualité neuromusculaire, son amélioration est due à des facteurs nerveux et musculaires, en les travaillant le joueur devient plus performant, sa technique de course (donc son économie de course) s'améliore et il va moins consommer. La récupération dans ce cas ne doit rien aux facteurs énergétiques.
- Plus les joueurs sont rapides et mieux ils résistent à l'enchaînement des sprints, en travaillant la vitesse on améliore aussi la résistance à la vitesse nécessaire aux sports collectifs. Il est inutile de programmer de séances spécifiques de résistance à la vitesse ?

- Si on utilise les procédés connus pour améliorer la vitesse, travail de vitesse maximale puis entraînement de la force maximale on augmente également l'aptitude à enchaîner les sprints.

Remerciements : je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe du CEP ainsi que Karim Chamari pour leurs corrections sur la mise en forme de l'article.

Bibliographie :

- BALSÖM, P.D; J.Y.SEGER and B. EKBLÖM. Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *J. Appl Physiol* 65:144-149, 1992.
- BALSÖM, P.D; J.Y.SEGER, B. SJODIN and B. EKBLÖM. Maximal-Intensity Intermittent Exercise: Effect of Recovery Duration. *J. Sports Med.* 13: 528-533, 1992.
- BANGSBO, J. The physiologie of intermittent activity in football. In: *Science and Football III*. T. Reilly J. Bangsbo, and M. Hughes, eds. Hampshire, U.K:E & FN Spon, 1997 . pp. 43-53.
- BISHOP David, Castagna Carlo, la scienza della « repeated sprint ability » teknoport n°24, novembre décembre 2002 année 6. www.teknoport.com.
- COLLI Roberto et BORDON Claudio, Analisi degli spostamenti dei giocatori di calcio durante incontri ufficiali, conférence au Master de Rome, non publié.
- COMETTI G, MAFFIULETTI N, POUSSON M, CHATARD JC. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med.* 2001 Jan;22(1):45-51.
- DAWSON, B.T., T.R. ACKLAND, C.ROBERTS and S.R.LAWRANCE. Repeated effort testing: The phosphate recovery test revisited. *Sports Coaching* . April-June 31-34, 1991.
- DAWSON, B.T., M. FITZSIMONS, and D; WARD. The relationship of repeated sprint ability to aerobic power and performance measures of anaerobic work capacity and power. *Aust. J. Sci. Med. Sport.* 25:88-93. 1993
- DEMANGEOT J., LACROIX M., COMETTI G. étude des efforts en football sur une équipe de première division française, deux Mémoires DESS Staps Dijon(2003)
- DEUTSCH, M.U., G.J. MAW, and P.REABURN. Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *J. Sports Sci.* 16:561-570. 1998.
- HOFF, J.and J. HELGERUD. Football (Soccer). New Developments in Physical Training Research. Trondheim: NTNU. ISBN 82-471-5115-4. 2002.
- MARGARIA, R., R.D. OLIVA, P.E. DI PRAMPERO and P. CERRETELI. Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. *J Appl Physiol* 26:752-756. 1969.
- McINNES, S.E., J.S. CARLSON, C.J. JONES and M.J. McKENNA. The physiological load imposed on basketball players during competition. *J. Sports Sci*, 13:387-397. 1995.
- MERY J., COMETTI G., la résistance à la vitesse : études de la durée de récupération (20 ou 30 secondes) sur la performance et les paramètres de la foulée, mémoire Maitrise 2004, UFRSTAPS Dijon.
- MOHR, M., P. KRUSTRUP, L. NYBO, J. J. NIELSEN and J. BANGSBO. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches - beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J. Med Sci Sports.* 2004 Jun;14(3):156-62.
- NEWMAN, M.A., K.M. TARPENNING and F.E. MARINO. Relationships between isokinetic knee strength, single sprint performance and repeated sprint ability in football players. *J. of strength and conditioning research*, 18(4):867-872. 2004.
- REILLY, T. and A.M WILLIAMS. Science and Soccer (Second edition). ISBN 0-415-26231-3 (HB)
- REILLY, T., J. BANGSBO and A. FRANKS. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J. Sports Sci.* 18:669-683. 2000.
- SAHLIN, K. and J.M. REN. Relationship of contraction capacity to metabolic changes during recovery from a fatiguing contraction. *J. Appl. Physiol* 67:648-654. 1989.
- STULL, G. and D.H. CLARKE. Patterns of recovery following isometric and isotonic strength decrement. *Med Sci Sports* 3 (3): 135-139. 1971.
- TRAVAILLANT G. and COMETTI G., analyse de effort en basket, article CEP Dijon, 2003.
- TUMILTY, D. Physiological characterisis of elite soccer players. *Sports Med.* 16:80-96. 1993.