

Influence de l'effort physique sur le temps de réaction simple et de choix chez des basketteurs de haut niveau

P Legros¹, D Delignières², M Durand³, J Brisswalter⁴

¹Centre d'études en biologie appliquée, sport et santé, 15, rue Georges-Clémenceau, division STAPS, bâtiment 335, université Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex; ²laboratoire de psychologie du sport, INSEP, Paris; ³centre d'étude et d'optimisation de la performance motrice, université de Montpellier I, 5, bd Henri IV, 34000 Montpellier; ⁴laboratoire d'explorations fonctionnelles du département médical et laboratoire de psychologie du sport, INSEP, 11, av du Tremblay, 75012 Paris, France

(Reçu le 1^{er} décembre 1991; accepté le 10 février 1992)

Résumé – Cette étude a pour but d'évaluer l'effet de l'effort physique sur les performances de jeunes sportifs dans des tâches de temps de réaction simple et de choix. Huit sujets, membres de l'équipe de France cadette de basket-ball, effectuent deux épreuves de course sur tapis roulant à différentes valeurs relatives (90% et 125%) de leur puissance maximale aérobie. Pendant et au terme de ces efforts, ils réalisent des tâches de temps de réaction simple (TRS) et de temps de réaction de choix (TRC). On mesure les performances et la fréquence cardiaque. Les résultats montrent: une amélioration postexercice du TRS et du TRC; une dégradation durant l'exercice du TRS; une amélioration durant l'exercice du TRC, avec cependant une augmentation du nombre d'erreurs. La discussion porte sur les influences diversifiées du niveau d'activation, des demandes des tâches de production d'effort, de l'expertise et de la condition physique des sujets, sur les facteurs de la performance dans les tâches de temps de réaction.

effort / niveau d'activation / processus cognitifs

Summary – **Influence of physical exercise on simple and choice reaction time in high-level basketball players.** The aim of this study was to investigate the effect of exertion on performance of young sportsmen in simple and choice reaction time tasks. Eight subjects performed two running exercises on a treadmill, at 90 and 125% of their aerobic maximal power. During and after this exercise, they performed cognitive tasks of simple reaction time (SRT) and choice reaction time (CRT). Reaction time and heart rate (HR) data were collected. During reaction time tasks, HR were significantly increased at the end of tests. In all exercises, results indicated a significant deterioration of SRT during exercise and an improvement of CRT with, nevertheless, an increasing number of errors. Likewise, during recovery, SRT and CRT were significantly facilitated. The discussion focused on the diverse influences of activation level, exertion task demands, subjects expertise and physical fitness on performance factors in reaction time tasks. The overall post-exercise facilitation, of subjects performance in SRT and CRT can be explained by a general improvement in the arousal level. The deterioration in SRT during exertion seems to confirm the inverted U hypothesis. However, conflicting results may not allow us to dismiss an effect of the exercise task; this would lead one to a competitive demand in processing resources that can be allocated in the reaction time task. With regard to the facilitation of CRT, we can note, however that this is significant only for supramaximum levels of exertion. The increase in numbers of errors, together with this facilitation, led us to ask if some of the correct answers were not anticipated. This asked for the strategy equation used by some subjects. The facilitation of CRT, without an increase in numbers of errors, in a trained and skilled population in a physical activity with a high level of uncertainty, showed us that this can represent a real improvement of the decision process. The results prove the importance to consider, for this type of research on cognitive processes, the effect of expertise and competitive physical speciality.

exertion / activation level / cognitive processes

Introduction

Depuis une vingtaine d'années, un certain nombre de travaux se sont intéressés à l'effet de l'exercice physique sur l'efficacité des processus cognitifs. Le modèle théorique qui sous-tend une grande partie

de ces expériences est l'hypothèse, déjà ancienne, du U inversé, issue des travaux de Yerkes et Dodson (1908). Selon cette théorie, l'efficacité du système cognitif serait fonctionnellement liée au niveau d'activation du sujet, selon une courbe à optimum. Dans un premier temps, l'élévation de

l'activation entraîne une amélioration de la performance puis, au-delà d'un certain niveau, la performance se dégrade. Diverses hypothèses explicatives ont pu être avancées, parmi lesquelles celle d'Easterbrook (1959) qui postule un rétrécissement du champ attentionnel avec une augmentation de l'activation. Cette augmentation entraîne tout d'abord une focalisation de l'attention sur les signaux pertinents, et la performance s'améliore. Ensuite, se manifeste un « effet de tunnel » qui élimine également les signaux pertinents. Une hypothèse alternative est avancée par Naatanen (1973) et Mandler (1975). Pour ces auteurs, la détérioration de la performance vient d'un effet de distraction. L'activation génère des signaux internes qui entrent en concurrence avec les signaux pertinents pour la tâche.

Dans le cadre de la problématique qui nous préoccupe, divers auteurs, considérant que l'exercice physique entraîne une élévation de l'activation proportionnelle à son intensité, ont pu vérifier la pertinence de l'hypothèse du U inversé (Burgess et Hokanson, 1961; Davey, 1973; Levitt et Gutin, 1971; Salmela et NDoyle, 1986; Sjöberg, 1968; Stauffacher, 1937). D'autres recherches, néanmoins, montrent des résultats divergents: soit l'effort n'a aucune influence sur les performances dans les tâches cognitives (Bard et Fleury, 1978; Craft, 1983; Fleury *et al*, 1981; Lulofs *et al*, 1981; McGlynn *et al*, 1979), soit il entraîne une amélioration (Lacour *et al*, 1988; McGlynn *et al*, 1977), soit, enfin, il entraîne une détérioration (Flynn, 1972; Gutin et Digennaro, 1968).

Il est surprenant que ces études, à quelques exceptions près (Fleury et Bard, 1987), cherchent à mettre en évidence un effet global et généralisable de l'effort physique sur le fonctionnement cognitif, sans analyser les caractéristiques des tâches motrices et mentales utilisées. Si, comme le rappellent Tomporowski et Ellis (1986), ainsi que Jones et Hardy (1989), différents stimuli producteurs d'activation ont des effets différenciés sur l'efficacité des processus cognitifs, on peut supposer, de manière similaire, que l'effort physique peut avoir des effets différenciés sur le fonctionnement des différentes étapes du traitement de l'information.

Les recherches que nous avons citées portent sur de nombreux types de tâches mentales. Certaines s'intéressent à des tâches intellectuelles (résolution de problèmes, calcul mental), d'autres à des tâches sensori-motrices (anticipation-coïncidence, poursuite), d'autres enfin à des processus plus simples (discrimination perceptive).

Dans le domaine des activités physiques et sportives, en effet, la capacité à réagir aux événements,

dans des limites spatio-temporelles données, peut constituer un facteur déterminant pour l'obtention de résultats performants. Cette capacité de réaction se manifeste à la fois par la rapidité et la précision des réponses. Notre attention s'est donc particulièrement portée sur les tâches de temps de réaction. En effet, le temps de réaction correspond à l'intervalle de temps qui sépare l'apparition d'un signal et le début de la réponse intentionnelle adéquate. Il s'étudie: soit sous la forme de temps de réaction simple (TRS), à un signal correspond une réponse; soit sous la forme de temps de réaction de choix (TRC), à différents signaux correspondent une ou plusieurs réponses. Le choix de cette variable se justifie, notamment, par le fait qu'elle permet:

- d'une part, selon que l'on mesure TRS ou TRC, de différencier les trois étapes du traitement de l'information classiquement décrites: identification du stimulus, sélection de la réponse, programmation de la réponse;
- d'autre part, selon la modalité choisie, d'être directement en rapport avec la quantité d'information à traiter.

Dans un travail récent, Durand *et al* (1991) étudient les effets d'un effort sur ergomètre à 60 et 90% de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_{2max}$) sur TRS et TRC, chez des étudiants en éducation physique. Globalement, aucun effet n'est mis en évidence. Néanmoins, les résultats diffèrent en fonction de la spécialité sportive des sujets. Chez les gymnastes et les athlètes, on ne relève aucune influence significative. En revanche, chez les joueuses de basket-ball, on relève une amélioration significative du TRC, avec un accroissement du nombre d'erreurs. Les auteurs attribuent ce résultat au fait que les spécialistes de sports collectifs, habitués à prendre des décisions dans des situations à haute incertitude et au cours d'efforts intenses, adoptent des stratégies plus risquées, privilégiant la vitesse de décision par rapport à sa précision.

La présente étude vise à étudier cette hypothèse, en s'intéressant à l'influence d'efforts physiques intenses sur la performance dans des tâches de temps de réaction, chez des joueurs de haut niveau.

Méthode

Sujets

Huit sujets volontaires, tous membres de l'équipe de France cadette de basket-ball, ont participé à l'expérience. Ils ont une moyenne d'âge de 16 ans et 9 mois (+ 5 mois). Leurs caractéristiques biométriques et physiologiques sont

Tableau I. Valeurs moyennes et écarts types des caractéristiques biométriques et physiologiques (consommation maximale d'oxygène: $\dot{V}O_{2max}$, fréquence cardiaque maximale: FCmax, et vitesse de course à $\dot{V}O_{2max}$: $V\dot{V}O_{2max}$) des sujets.

Sujets	Poids kg	Taille cm	$l \cdot min^{-1}$	$\dot{V}O_{2max}$ $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$	$V\dot{V}O_{2max}$ $km \cdot h^{-1}$	FCmax bpm^{-1}
1	87	196	4,89	56,2	17,9	194
2	83	188	5,10	61,4	17,7	195
3	65	178	4,28	65,8	18,1	204
4	67	186	4,09	61,0	16,0	196
5	90	197	5,05	56,1	15,8	194
6	87	197	4,72	54,3	16,0	196
7	83	199	5,33	64,2	16,2	206
8	89	201	5,86	65,8	17,7	196
Moyenne	81,4	192,7	4,92	60,6	16,9	197,6
Écart type	9,8	7,9	0,57	4,6	1,0	4,7

indiquées dans le tableau I. Ils s'entraînent deux fois par jour, 5 jours par semaine, et jouent en compétition le week-end.

Matériel

L'expérience a eu lieu au laboratoire d'explorations fonctionnelles du département médical de l'INSEP. Les consommations maximales d'oxygène sont mesurées à l'aide d'un analyseur O_2/CO_2 Oxycon, au cours d'une épreuve effectuée sur tapis roulant Jaeger. La fréquence cardiaque (FC) est enregistrée en continu sur un électrocardiogramme « Physiograph MKIV ». Les mesures de temps de réaction sont réalisées à l'aide d'un chronoscope électronique EAP, type CCKX.

Procédure

Chaque sujet participe à quatre épreuves A, B, C et D, des jours différents.

L'épreuve A, toujours réalisée en premier, consiste, dans une première partie, en une familiarisation avec les tests de réaction simples et de choix. Pour chaque condition le sujet effectue 50 essais qui constituent la performance de repos. La deuxième partie est une épreuve d'effort triangulaire, sur tapis roulant qui permet la mesure de $\dot{V}O_{2max}$ et de la fréquence cardiaque maximale (FCmax), selon le protocole décrit par Jousselein et Legros (1990).

Les épreuves B, C et D sont réalisées sur le tapis roulant et consistent, après un échauffement de 10 min à $10 km \cdot h^{-1}$, en une course, à vitesse donnée, au cours de laquelle on mesure TRS et TRC. Durant les quatre épreuves, la fréquence cardiaque est enregistrée en continu.

Les épreuves B et C sont supramaximales. Le sujet effectue trois parcours de 1 min à une vitesse correspondant à 125% de la vitesse à laquelle il atteint son $\dot{V}O_{2max}$ ($V\dot{V}O_{2max}$), séparées de 5 min de récupération, durant lesquelles le sujet reste debout sur le tapis roulant. Les mesures de TRS (épreuve B) et de TRC (épreuve C) sont réalisées à partir de la trentième seconde pendant cha-

que exercice (dix essais) et à partir de la troisième minute après la fin du dernier parcours pendant la période de récupération (15 essais).

L'épreuve D est sous-maximale. Le sujet effectue un exercice de course correspondant à 90% de $V\dot{V}O_{2max}$. Les mesures de TRS et TRC sont réalisées à partir de la sixième minute de course, dans un ordre tiré au sort pour chaque sujet (15 essais pour chaque série de mesures).

L'ordre de passage des épreuves B, C et D est systématiquement varié entre les sujets.

Pour la mesure de TRS, le sujet tient, dans la main de son choix, une poignée munie d'un bouton qu'il faut presser lorsque apparaît un signal lumineux. Pour celle de TRC, le sujet tient une poignée identique dans chaque main, et les signaux lumineux sont de trois couleurs qui apparaissent selon un ordre aléatoire. Quand le signal est rouge, il faut presser le bouton de droite, quand il est vert, le bouton de gauche, et, pour le blanc, les deux en même temps. Les sujets sont prévenus qu'un signal donné ne se reproduit jamais deux fois de suite. À chaque essai, le sujet est donc face à deux éventualités (choix binaire).

Analyse des données

Les moyennes et les écarts types ont été calculés pour toutes les variables.

Pour les calculs de TRC, on élimine les valeurs inférieures à 150 ms, ainsi que les valeurs supérieures à 800 ms. Cela afin de modérer l'influence des scores extrêmes, pour lesquels les sujets peuvent donner par chance une réponse correcte anticipée ou, à l'inverse, ne pas réussir momentanément à demeurer concentrés sur les stimuli.

Pour les valeurs de FC, dans chaque situation de test, on étudie la différence entre les valeurs de début et de fin de test.

Pour les deux conditions de test, les valeurs des temps de réaction, simple et de choix, mesurées au repos, au cours des deux types d'exercice et pendant la récupération, sont comparées deux à deux.

Les différentes comparaisons sont effectuées par un test de Student.

Tableau II. Fréquences cardiaques moyennes (écarts types entre parenthèses), enregistrées lors de l'épreuve sous-maximale au cours des tests de temps de réaction.

	<i>FC (bpm⁻¹)</i>
Repos	88,25 (3,1)
Début des tests TRS et TRC	189,25 (3,8)
Fin des tests TRS et TRC	196,00 (4,3)

Tableau III. Fréquences cardiaques moyennes (écarts types entre parenthèses), enregistrées lors des épreuves supramaximales, pendant les tests de temps de réaction simple: TRS (épreuve B) et de choix: TRC (épreuve C).

	<i>FC (bpm⁻¹)</i>	
	<i>TRS</i>	<i>TRC</i>
Repos	87,50 (2,8)	92,00 (3,2)
Début du test de TR (durant l'exercice)	190,67 (4,2)	193,08 (4,4)
Début du test de TR (période de récupération)	121,92 (3,5)	119,50 (3,5)
Fin du test de TR (période de récupération)	125,75 (3,0)	121,17 (2,9)

Résultats

Fréquence cardiaque

Les données moyennées, et les écarts types, pour l'ensemble des épreuves, sont présentés dans les tableaux II et III.

Pour les trois épreuves, il n'y a pas de différence significative en ce qui concerne les FC de repos.

Lors des épreuves supramaximales (B et C), les FC relevées durant les mesures de temps de réaction, au cours de l'exercice et pendant la récupération ne diffèrent pas significativement pour les deux types de tests: TRS (épreuve B) et TRC (épreuve C).

Les différences constatées, lors de la passation des tests de temps de réaction, entre les FC de début de test et celles de fin de test, sont toutes significatives ($P < 0,001$), quelles que soient les conditions.

Temps de réaction

Les données moyennées et les écarts types concernant les temps de réaction sont présentés dans le tableau IV.

Temps de réaction simple

Quel que soit le type d'épreuve (B ou D), le TRS est significativement plus élevé ($P < 0,001$) pendant l'exercice qu'au repos. En revanche, au cours de l'exercice, les TRS ne sont pas significativement différents entre les deux épreuves.

Le TRS mesuré pendant la récupération est significativement plus faible ($P < 0,001$) que:

- le TRS de repos;
- les TRS mesurés pendant l'exercice, quelle que soit l'épreuve.

Temps de réaction de choix

Lors de l'épreuve sous-maximale (D), la différence entre le TRC de repos et le TRC au cours de l'épreuve n'est pas significative. En revanche, au cours de l'épreuve supramaximale (C), cette différence est significative ($P < 0,01$).

Les TRC mesurés pendant l'exercice, dans les deux types d'épreuves, ne sont pas significativement différents.

Le TRC mesuré pendant la récupération est significativement plus faible que:

- le TRC de repos ($P < 0,001$);

Tableau IV. Valeurs moyennes des temps de réaction simple: TRS et de choix: TRC (écarts types entre parenthèses), au cours des deux types d'épreuves et pendant la récupération. Pour les tests TRC, les pourcentages d'erreurs sont indiqués.

	<i>Repos</i>	<i>Exercice sous-maximal</i>	<i>Exercice supramaximal</i>	<i>Récupération</i>
TRS (ms)	274,90 (50,67)	287,43 (53,73)	293,14 (75,94)	254,57 (39,67)
TRC (ms)	467,77 (127,16)	445,17 (128,93)	438,36 (108,28)	412,51 (108,47)
Erreurs (TRC)	5,75%	16,67%	23,75%	6,67%

– les TRC mesurés pendant l'exercice quelle que soit l'épreuve ($P < 0,05$).

Le pourcentage d'erreur augmente avec l'intensité de l'exercice (repos: 5,75%; sous-maximale: 16,67%; supramaximale: 23,75%). En revanche, lors de la récupération, le pourcentage d'erreurs retrouve un niveau voisin de celui de repos (6,67%).

Discussion

Le résultat le plus marquant, par sa permanence, est la facilitation globale postexercice, par rapport aux performances de repos. Les temps de réaction sont significativement plus courts en période de récupération, sans que cette diminution puisse être attribuée, en condition de TRC, à une augmentation conséquente du nombre d'erreurs. Dans l'expérience précitée de Durand *et al* (1991), les joueuses présentaient au cours du test postexercice un pourcentage d'erreurs similaire à celui observé pendant l'exercice à une puissance relative de 90% de $\dot{V}O_{2max}$. Devant ces résultats, l'hypothèse de l'adoption d'une stratégie risquée ne peut être soutenue. En revanche, ils peuvent être expliqués par une élévation du niveau d'activation. Il est à noter par ailleurs que les FC relevées lors des tests postexercice (approximativement 120 bpm^{-1}) correspondent à l'optimum mis en évidence dans d'autres expériences (Levitt et Gutin, 1971; Salmela et NDoyle, 1986; Sjöberg, 1968).

La détérioration significative du TRS à l'effort peut également être expliquée dans le cadre de l'hypothèse du U inversé. Les FC relevées sont proches du maximum, largement au-delà des optimums classiquement observés. Cette explication doit cependant être relativisée puisque Durand *et al* (1991) ne mettent en évidence aucune influence de l'effort sur le TRS. Cette inconsistance dans les résultats peut être liée à la nature des tâches d'effort utilisées: outre l'aspect bioénergétique de la tâche de course sur tapis roulant à laquelle les sujets sont confrontés, celle-ci suppose un traitement informationnel non négligeable et d'autant plus exigeant que la course est rapide (Delignières *et al*, 1991). On peut supposer que cette gestion informationnelle de la course, liée à des prises d'informations proprioceptives mais également visuelles, entre en concurrence, au niveau du stade perceptif, avec les tâches de temps de réaction.

Les performances en TRC semblent améliorées, même si les différences ne sont significatives que pour les puissances d'exercice correspondantes à

125% de $\dot{V}O_{2max}$. Cette amélioration s'accompagne cependant d'une augmentation du nombre d'erreurs. D'une manière générale, les travaux antérieurs mettent plutôt en évidence, à haut niveau d'effort, une détérioration des performances. Ainsi, Sjöberg (1968), dans une tâche de choix binaire, décrit une courbe en U inversé, les performances, au plus haut niveau d'effort investigué (FC égale à 147 bpm^{-1}), retrouvant une valeur similaire à celle enregistrée au plus bas niveau (FC égale à 98 bpm^{-1}), après un passage optimum pour une FC égale à 121 bpm^{-1} . De même, Levitt et Gutin (1971), bien que décrivant une tendance à la détérioration des performances à haut niveau d'effort, dans une tâche de temps de réaction à cinq éventualités, n'en prouvent pas la signification statistique. En revanche, Salmela et NDoyle (1986), dans une tâche similaire, mettent en évidence une courbe en U inversé, avec détérioration significative des performances pour des FC au-delà de 145 bpm^{-1} .

Conclusion

Le résultat présent rejoint celui obtenu par Durand *et al* (1991) et conforte l'hypothèse de stratégie précédemment développée. Cette hypothèse repose néanmoins sur le postulat selon lequel l'amélioration du TRC est associée à l'augmentation du nombre d'erreurs; c'est-à-dire qu'un pourcentage important de réponses correctes serait des réponses justes, anticipées. Ce postulat mérite d'être interrogé. Salmela et NDoyle (1986) montrent également une augmentation significative du nombre d'erreurs, pour des FC au-delà de 145 bpm^{-1} , sans pour autant que le temps de réaction moyen pour les réponses correctes n'en bénéficie. Une expérience en cours (Brisswalter, Delignières et Legros, résultats non publiés) semble répliquer l'amélioration du TRC à haut niveau d'effort, chez des experts en activités sportives à niveau d'incertitude élevé, mais sans accroissement significatif du pourcentage d'erreurs. On n'assisterait donc pas, dans ce cas, à la compensation d'un déficit par l'adoption de stratégies risquées, mais à une réelle amélioration des performances du système décisionnel.

Cette expérience montre l'importance, dans les recherches concernant l'influence de l'effort physique sur les processus cognitifs, du type et du niveau d'expertise des sujets. Des travaux en cours, croisant systématiquement ces différentes variables, pourront éclairer les différentes hypothèses actuellement en concurrence.

Références

- Bard C, Fleury M (1978) Influence of imposed metabolic fatigue on visual capacity components. *Percept Mot Skills* 47, 1283–1287
- Burgess M, Hokanson JE (1961) Effects of increased heart rate on intellectual performance. *J Abnorm Soc Psychol* 68, 85–91
- Craft DH (1983) Effect of prior exercise on cognitive performance tasks by hyperactive and normal young boys. *Percept Mot Skills* 56, 979–982
- Davey CP (1973) Physical exertion and mental performance. *Ergonomics* 16, 595–599
- Delignières D, Legros P, Famose JP (1991) Perception de l'effort et difficulté de la tâche. *Sc Motric* 13, 14–18
- Durand M, Bourrier J, Legros P (1991) Modifications du comportement pendant des efforts de différentes intensités dans des tâches de TRS et TRC chez des sujets spécialistes ou non de sport collectif. In: *Sport et psychologie* (Bilard J, Durand M, eds). Actes du VII^e congrès international de psychologie du sport, Montpellier, octobre 1990, Éditions Revue EPS, Paris, 43–50
- Easterbrook JA (1959) Effect of emotion on cue utilisation. *Psychol Rev* 66, 153–201
- Fleury M, Bard C (1987) Effects of different types of physical activity on the performance of perceptual tasks in peripheral and central vision and coincident timing. *Ergonomics* 30, 945–958
- Fleury M, Bard C, Carrière L (1981) Effects of physical or perceptual work loads on a coincidence/anticipation task. *Percept Mot Skills* 53, 843–850
- Flynn R (1972) Numerical performance as a function of prior exercise and aerobic capacity for elementary school boys. *Res Q* 43, 16–22
- Gutin B, Digennaro J (1968) Effect of a treadmill run to exhaustion on performance of long addition. *Res Q* 39, 958–964
- Jones JG, Hardy L (1989) Stress and cognitive functioning in sport. *J Sport Sci* 7, 41–63
- Joussellin E, Legros P (1990) Exploration du métabolisme énergétique chez le sportif de haut niveau. INSEP-Publications, Paris, 16–19
- Lacour JR, Fourcade J, Peyrin L, Vigneaud G (1988) Influence de l'exercice submaximal prolongé sur les performances mentales. *Sci Motric* 4, 23–25
- Levitt S, Gutin B (1971) Multiple choice reaction time and movement time during physical exertion. *Res Q* 42, 405–410
- Lulofs R, Wennekens R, Van Houtem J (1981) Effect of physical stress and time pressure on performance. *Percept Mot Skills* 52, 787–793
- McGlynn GH, Laughlin NT, Bender VL (1977) Effect of strenuous to exhaustive exercise on a discrimination task. *Percept Mot Skills* 44, 1139–1147
- McGlynn GH, Laughlin NT, Rowe V (1979) The effect of increasing levels of exercise on mental performance. *Ergonomics* 22, 407–414
- Mandler G (1975) *Mind and Emotion*. Wiley-Liss, New York
- Naatanen R (1973) The inverted-U relationship between activation and performance: a critical review. In: *Attention and performance IV* (Kornblum S, ed). Academic Press, New York
- Salmela JH, NDoyle OD (1986) Cognitive distortions during progressive exercise. *Percept Mot Skills* 63, 1067–1072
- Sjöberg H (1968) Relation between different arousal levels induced by graded physical work and psychological efficiency. Reports from the Psychological Laboratories, University de Stockholm, 251
- Stauffacher JC (1937) The effects of induced muscular tension upon various phases of the learning. *J Exp Psychol* 21, 26–46
- Tomporowski PD, Ellis NR (1986) Effects of exercise on cognitive process: A review. *Psychol Bull* 99, 338–346
- Yerkes RM, Dodson JD (1908) The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation. *J Comp Neurol Psychol* 18, 459–482