
Effets de l'activité physique sur le sommeil

Les troubles du sommeil et les pathologies associées représentent un véritable enjeu de santé publique. En France, par exemple, 19 % de personnes sont atteints d'insomnie et 9 % sont médicamenteux. Les coûts directs de l'insomnie en France ont été estimés à 2,5 milliards d'euros en 1995 (Leger et coll., 1999). Selon une récente étude australienne, les coûts indirects des troubles du sommeil comprenant accidents du travail, accidents automobiles et pertes de productivité ont été chiffrés à 3 965 millions \$ US et cela pour une population d'environ 20 millions d'habitants (Hillman et coll., 2006).

Parallèlement, il semble de bon sens d'admettre que l'exercice physique influence le sommeil, et des revues de synthèse récentes s'en font l'écho (Postolache et coll., 2005). De même, au plan clinique, de nombreuses personnes décrivent le fait qu'elles dorment mieux en ayant effectué une marche dans la journée ou après s'être dépensées physiquement lors d'une activité sportive ; inversement, la pratique d'une activité physique intensive en fin de journée ou en soirée est souvent la cause d'un trouble de l'endormissement.

Des questions se posent alors :

- l'exercice physique pourrait-il être une alternative non médicamenteuse visant à diminuer l'impact des troubles du sommeil ?
- quels sont les mécanismes qui pourraient suggérer une influence de l'exercice physique sur la quantité du sommeil mais également sur sa qualité (% de sommeil lent profond, % de sommeil paradoxal, latence d'endormissement...) ?
- quand on parle d'exercice physique, parle-t-on de sport de compétition à haute dépense physique et mentale ou d'activité physique d'intensité moyenne s'apparentant à la vie quotidienne ?
- en d'autres termes, y a-t-il un effet dose de l'activité physique sur le fonctionnement du sommeil et quels en sont la posologie et le mode d'administration ?
- l'exercice physique a-t-il un rôle aigu ou chronique sur le fonctionnement du sommeil ?
- le rôle de l'exercice physique est-il le même sur des populations de bons dormeurs *versus* insomniaques chroniques de type psychophysiologique ?

Une revue de littérature et quelques articles de synthèse récents présentent des données épidémiologiques et des études expérimentales sur l'effet

potentiellement inducteur du sommeil par de l'exercice physique aigu ou chronique.

Mécanismes de l'impact de l'exercice physique sur le sommeil

Différentes études ont recherché les effets de l'exercice physique sur les différentes composantes du sommeil ainsi que sur les troubles du sommeil dans les états dépressifs et anxieux.

Effets circadiens

Le rythme veille-sommeil et l'exercice physique sont étroitement liés et toute modification de l'un va modifier le niveau de l'autre. On sait, par exemple, l'importance de la lumière sur la synchronisation de l'horloge interne qui pilote l'alternance veille-sommeil.

L'effet de l'exercice physique sur les rythmes circadiens serait ainsi comparable à celui de la lumière à haute intensité en particulier sur les décalages de phase (Youngstedt et coll., 2002). L'exercice retarde le système circadien quand il est réalisé la nuit, avec un maximum d'effet de retard de phase quand la température est minimum, vers 3-4 heures du matin. En revanche, les effets d'avance de phase se produisent après le minimum de température et jusqu'à 5 heures après. L'exercice produirait des retards et des avances de phase selon qu'il est pratiqué avant ou après le minimum de température corporelle.

Van Reeth et coll. (1994) ont montré que 2,5 heures d'exercice d'intensité légère (50 % du VO_2 max) produisaient les mêmes effets sur les rythmes circadiens que 3 heures d'exposition à la lumière à haute intensité. Ces effets pourraient donc être utiles pour traiter les troubles de l'horloge biologique. Par exemple, les syndromes d'avance de phase ou de retard de phase pourraient être traités en pratiquant de l'exercice physique le soir ou le matin respectivement.

De même, l'exercice physique diminue les symptômes liés à la désynchronisation en cas de décalage horaire ou de travail posté par exemple, en fonction de son horaire de pratique (Edwards et coll., 2002).

L'amplitude des rythmes biologiques, notamment celui de la température, est augmentée par l'activité physique (Atkinson et coll., 1993). Par ailleurs, l'équipe de Barger et coll. (2004) a montré que l'exercice physique (45 minutes d'ergocycle) pratiqué dans l'obscurité afin de s'affranchir des effets de la lumière, décalerait la sécrétion de mélatonine.

Effet thermique

Horne et coll. (1985) montrent que l'augmentation du SLP (sommeil lent profond) après exercice physique est médiée par l'élévation de la température. Ils affirment que le SLP est la forme la plus récupératrice du sommeil. Cette affirmation est remise en cause par les études de Rechtschaffen et coll. (1999) montrant que le sommeil REM (de l'anglais *Rapid Eye Movement*, appelé sommeil paradoxal) est aussi récupérateur que le SLP. D'après ces auteurs, les augmentations de SLP dans les études de Horne étaient associées à des diminutions du REM sans modification du temps de sommeil total (TST). D'autres auteurs (Driver et coll., 1994) ont rapporté des corrélations négatives entre la quantité de sommeil profond et la qualité subjective du sommeil après l'exercice. Il n'empêche que la pratique d'un exercice physique a vraisemblablement un effet positif sur le processus d'entrée dans le sommeil par son effet de régulation efficace de la baisse de température. Il est donc vraisemblable que la diminution de la température du corps entre 0,5 et 1°C la nuit, favorable à la bonne qualité du sommeil, est plus facile à obtenir après la pratique d'un exercice physique chronique, c'est-à-dire un exercice physique pratiqué régulièrement avec un minimum de 3 séances d'activité par semaine, chaque séance durant au minimum 1 heure (Murphy et Campbell, 1997).

Effets anti-dépresseurs

Les troubles du sommeil constituent un facteur de risque pour le développement d'une dépression en même temps qu'ils sont un des symptômes de la dépression. Les effets anti-dépresseurs de l'exercice physique sont bien établis notamment sur des populations de personnes âgées (Morgan, 2003). Une des hypothèses sur ces effets est que la pratique d'un exercice physique, notamment aigu, c'est-à-dire la pratique d'un exercice physique considéré isolément, diminue le sommeil REM. Or, la diminution expérimentale du REM a un effet significativement anti-dépresseur après quelques semaines (Cartwright et coll., 2003).

Réduction de l'anxiété

Les troubles du sommeil sont un des marqueurs de l'anxiété, et l'insomnie chronique est associée à un état d'éveil élevé (Bonnet et coll., 2000). Or, l'exercice physique aigu réduit l'état d'anxiété (anxiété-état) et la pratique de l'exercice chronique réduit les traits anxieux (anxiété-trait) (O'Connor et coll., 2000).

Études épidémiologiques

La plupart des études épidémiologiques montrent une corrélation positive significative entre l'exercice auto-évalué et un meilleur sommeil subjectif

(Youngsted et coll., 1997 ; Morgan, 2003). Cependant, ces études présentent de nombreuses limitations et biais et les explications pour cette corrélation positive entre exercice physique et sommeil peuvent diverger :

- un bon sommeil est associé à une volonté et une aptitude à pratiquer de l'exercice physique (Weaver et coll., 1997) ;
- un meilleur sommeil et une aptitude ou une inclination à pratiquer de l'exercice physique sont corrélés avec une meilleure santé et moins de stress ;
- les pratiquants réguliers d'exercices physiques présentent des styles de vie moins à risques et favorables à un meilleur sommeil (moins de fumeurs, de consommateurs d'alcool ou de caféine parmi les pratiquants) (Sun et coll., 2002) ;
- le rôle de l'activité physique pratiquée à l'extérieur est difficile à dissocier de celui de la lumière à haute intensité qui favorise de meilleurs rythmes circadiens donc un meilleur sommeil (Youngsted et coll., 1999) ;
- il existe de nombreuses idées préconçues sur les relations entre sommeil et activité physique. Par exemple, l'idée que la somnolence est associée à la fatigue physique, ce qui est inexact. Le fait également que les pratiquants d'exercice physique décrivent un sentiment de grande énergie qui peut être le reflet d'une adaptation physiologique cardio-respiratoire liée à l'entraînement et non une meilleure capacité de récupération liée au sommeil (Hong et Dimsdale, 2003).

Études expérimentales

Des études expérimentales ont recherché l'effet des différentes caractéristiques de l'exercice physique (horaires, durée, intensité...) en aigu ou en chronique sur le sommeil.

Effet de l'exercice physique aigu

La plupart des études expérimentales ont examiné l'influence de l'activité physique aiguë en comparaison avec des sédentaires témoins. Ces études se sont concentrées sur des mesures objectives du sommeil en laboratoire utilisant des polysomnographies et des scores de sommeil.

Les résultats d'une méta-analyse (Youngsted et coll., 1997) incluant des études effectuées chez de bons dormeurs concluent que :

- l'exercice physique aigu n'a pas d'effet sur la latence d'endormissement (*Sleep Onset Latency*) ou la durée des éveils nocturnes après le début du sommeil (*WASO* ou *Wake After Sleep Onset*) ;
- le temps total de sommeil (TTS) est statistiquement augmenté mais en petite quantité (durée moyenne 10 minutes) ;

- le sommeil lent profond (SLP) est statistiquement augmenté mais peu (1,6 minutes) ;
- la latence d'apparition du sommeil paradoxal (SP) est augmentée (11,6 minutes) ;
- la quantité de SP est diminuée (6 minutes) ;
- le niveau de condition physique a peu d'influence sur le résultat et le niveau d'intensité n'a pas besoin d'être élevé pour obtenir un effet positif sur le sommeil (Youngsted et coll., 1997).

Horaire des pratiques

Les effets les plus positifs se produisent après un exercice physique pratiqué entre 4 heures et 8 heures avant de se coucher. Par opposition, les effets les moins positifs se produisent après un exercice physique pratiqué à plus de 8 heures ou moins de 4 heures de l'heure du coucher. On peut cependant noter que l'affirmation « qu'un exercice pratiqué en fin de soirée perturbe le sommeil » est fortement battue en brèche. La pratique d'activité physique moins de 4 heures avant le coucher augmente le temps total de sommeil, diminue la durée des éveils nocturnes et augmente seulement légèrement la latence d'endormissement (Youngsted, 2005).

L'intensité physique de la séance d'exercice physique n'a pas montré d'effets notables, que les sujets soient entraînés ou sédentaires (O'Connor et coll., 1998). Ce point mérite d'être souligné : l'activité physique en soirée est tout à fait réalisable et pratique notamment pour les gens qui travaillent. Ce fait est de plus particulièrement vrai pour les activités physiques d'endurance (King et coll., 1997).

Durée de l'exercice

Si la durée de la séance est de moins de 1 heure, les effets sont négligeables sur la quantité du sommeil (2 minutes). Pour une durée de 1 à 2 heures, la quantité de sommeil augmente de 11 minutes en moyenne. Pour une durée supérieure à 2 heures, l'effet est de 15 minutes. L'effet est donc maximum pour des athlètes d'endurance qui s'entraînent sur des temps notablement longs (Youngsted et coll., 1997). Pour les sédentaires ou les pratiquants réguliers, un minimum d'une heure ou plus est donc recommandé.

Intensité de l'exercice

Les études montrent que l'intensité de l'exercice ne joue pas sur les effets positifs sur le sommeil. Des effets similaires sur le sommeil ont été rapportés que l'exercice soit modéré, léger ou intense. Une différence significative est cependant constatée sur la durée des éveils nocturnes. La pratique d'un exercice léger est associée à une diminution de la durée des éveils nocturnes (approximativement 16 minutes) ; en revanche, la pratique d'un exercice physique à haute intensité montre une tendance à l'augmentation de la durée des éveils nocturnes (4 minutes) (Youngsted et coll., 1997).

Régularité de la pratique

Les études montrent qu'il n'y a pas de rapport entre les fluctuations de l'exercice physique d'un jour à l'autre et le sommeil objectif et subjectif. En revanche, un nombre de 3 à 4 séances d'activité physique par semaine amènerait les meilleures améliorations sur le sommeil subjectif et objectif (TTS, SOL latence du début du sommeil).

En résumé :

- les effets d'un exercice aigu sur le sommeil semblent modestes ;
- la légère diminution du SLP est à noter car il est généralement admis que l'exercice physique augmente la quantité de SLP ce qui est représentatif d'une bonne qualité de sommeil ;
- quand certaines études montrent une augmentation du SLP, c'est au détriment du SP. Et il n'est pas évident que le SLP soit meilleur que le SP ;
- il n'a jamais été montré que les modifications du SLP après un exercice physique aigu soient corrélées à un meilleur sommeil subjectif ou un meilleur dynamisme dans la journée.

Effet de l'exercice physique chronique

La grande majorité des études sur les effets de l'exercice physique ont été réalisées sur des dormeurs normaux. La comparaison avec des groupes témoins pratiquant le *stretching* n'a pas montré de différences significatives chez ces bons dormeurs (Tworoger et coll., 2003).

En revanche, plusieurs études ont eu pour objectif de savoir si la pratique d'une activité physique pouvait améliorer le sommeil des personnes âgées. Seule une étude (King et coll., 1997) a sélectionné une population d'adultes de plus de 60 ans avec un diagnostic d'insomnie primaire et l'absence de dépression ou de démence. Quarante trois sujets se plaignant de leur sommeil ont effectué un entraînement de 16 semaines, 3 à 4 fois par semaine, à composante aérobie et à une intensité entre 60 et 75 % de leur capacité aérobie. Ils ont été comparés à une population témoin :

- la qualité subjective du sommeil a été grandement améliorée ;
- la latence d'endormissement a diminué de 11,5 minutes *versus* témoin ;
- le TST a augmenté de 42 minutes.

Une autre étude (Singh et coll., 1997) a été réalisée chez des adultes âgés dépressifs (60-84 ans, n=32) en comparant un entraînement à base de renforcement musculaire et musculation *versus* un groupe témoin bénéficiant d'une éducation thérapeutique sur la santé. L'entraînement a duré 10 semaines à raison de 3 séances par semaine. Une amélioration significative du sommeil et une diminution de la dépression ont été observées dans le groupe musculation *versus* le groupe témoin et ces effets étaient significativement corrélés à l'entraînement.

Guilleminault et coll. (1995) ont réparti de manière aléatoire 30 sujets adultes insomniaques (44 ans de moyenne d'âge) pendant 4 semaines de traitement. Un groupe témoin suivait une éducation thérapeutique sur le sommeil, le 2^e groupe bénéficiait de cette formation sur l'hygiène du sommeil plus une marche d'allure vive pendant 45 minutes par jour, et enfin un groupe était sous traitement à la lumière à haute intensité (30 minutes par jour). Le sommeil était évalué par actimétrie (mesure des mouvements), questionnaires et échelles de sommeil. L'actimétrie a montré chez le groupe témoin une augmentation moyenne de 1 minute dans la SOL et une diminution moyenne de 3 minutes du TST, là où le groupe exercice a présenté des augmentations au niveau de la SOL et du TST respectivement de 7 minutes et de 17 minutes. Le groupe lumière à haute intensité a présenté une diminution de la SOL de 8 minutes, et une augmentation du TST de 44 minutes. Le sommeil subjectif a montré des tendances équivalentes. Bien que ces résultats n'étaient pas statistiquement différents entre les traitements notamment à cause du petit nombre de sujets, ces mesures renforcent la notion que l'exposition à la lumière à haute intensité pourrait être une importante composante, donc un biais, dans ces études sur l'exercice physique.

Enfin, une étude randomisée (Li et coll., 2004) a montré l'efficacité d'un exercice physique d'intensité modérée (8 mouvements de tai-chi) *versus* stretching et respiration profonde sur 118 hommes et femmes âgés de 60 à 92 ans se plaignant de troubles modérés de leur sommeil. Les séances duraient 1 heure, 3 fois par semaine, pendant 24 semaines consécutives. Les résultats ont montré des améliorations significatives dans 5 composantes du questionnaire de Pittsburgh (PSQI, *Pittsburgh Sleep Questionnaire Index*), qualité du sommeil, SOL, TST, efficacité du sommeil et perturbations du sommeil dans le groupe tai-chi. Le score global du PSQI et l'échelle de somnolence d'Epworth étaient significativement également améliorés.

En résumé :

- les études sur les effets de l'exercice chronique n'ont pas montré une évidence irréfutable que l'exercice facilite le sommeil ;
- ces études ont été limitées soit à des bons dormeurs la plupart du temps, soit à des personnes âgées se plaignant de leur sommeil ;
- des études contrôlées avec des insomniaques ou des dépressifs ont montré des effets significatifs de l'influence positive de l'exercice sur le sommeil, mais ces effets n'ont été mesurés très souvent qu'avec des mesures subjectives ;
- étant donné l'attente du grand public sur les alternatives non médicamenteuses au traitement de l'insomnie, des études comprenant des mesures objectives semblent nécessaires.

Pathologies organiques du sommeil et exercice physique

Le syndrome d'apnées du sommeil toucherait entre 2 et 4 % de la population adulte. Des études récentes montrent que la sévérité du syndrome d'apnées du sommeil est inversement proportionnelle au nombre d'heures d'exercice par semaine, indépendamment de l'IMC (Peppard et Young, 2004). L'hypothèse d'une action préventive de l'exercice physique sur les muscles glosso-pharyngiens est émise.

De même, des études épidémiologiques sur la pathologie des mouvements des jambes sans repos (MJSR) menées sur une population nord-américaine montre que la sédentarité est significativement associée au MJSR (De Mello et coll., 2004). Une étude préliminaire réalisée en 2004 montre également une diminution des symptômes du MJSR après la pratique d'un exercice physique aigu ou chronique. Des études complémentaires seraient à promouvoir.

En conclusion, il est communément admis que l'exercice physique est un des facteurs importants de la promotion du sommeil. Les études expérimentales ont cependant globalement échoué pour démontrer formellement quel type d'exercice physique pratiquer (aigu ou chronique), mais ces études ont été réalisées pour la plupart chez des bons dormeurs. Les premières études sur des populations d'insomniaques chroniques montrent des résultats prometteurs. Les relations entre sommeil et exercice physique ouvrent des perspectives en terme de santé. Toutes les études convergent pour montrer que la sédentarisation diminue l'amplitude des rythmes circadiens. Par voie de conséquence, le sommeil normal (et récupérateur) ne pourrait être obtenu que chez des sujets actifs. L'instauration d'un cercle vertueux serait ainsi à promouvoir (Davenne, 2006).

Par l'exercice physique, il y aurait une meilleure transition de l'état de sommeil vers l'éveil, une motivation et une envie d'être actif tout au long de la journée, donc de renforcer les rythmes biologiques, de prévenir les accidents et d'augmenter la durée du sommeil et sa qualité.

Des études avec des mesures objectives seraient à entreprendre permettant d'inclure l'exercice physique comme une alternative à la prise médicamenteuse et d'en définir la prescription en fonction de différentes populations (pathologies, âge...).

François Duforez et Damien Leger

*Centre du sommeil et de la vigilance,
Hôtel-Dieu, AP-HP, Paris*

BIBLIOGRAPHIE

ATKINSON G, COLDWELLS A, REILLY T, WATERHOUSE J. A comparison of circadian rhythms in work performance between physically active and inactive subjects. *Ergonomics* 1993, **36** : 273-281

BARGER LK, KP WRIGHT, RJ HUGHES, CZEISLER CA. Daily exercise facilitates phase delays of circadian melatonin rhythm in very dim light. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004, **286** : R1077-R1084

BONNET MH, ARAND DL. Activity, arousal, and the MSLT in patients with insomnia. *Sleep* 2000, **23** : 205-212

CARTWRIGHT R, BAEHR E, KIRKBY J, PANDI-PERUMAL SR, KABAT J. REM sleep reduction, mood regulation and remission in untreated depression. *Psychiatry Res* 2003, **121** : 159-167

DE MELLO MT, ESTEVES AM, TUFIK S. Comparison between dopaminergic agents and physical exercise as treatment for periodic limb movements in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord* 2004, **42** : 218-221

DAVENNE D. Activités physiques, sommeil et qualité de vie. *Sommeil et Vigilance* 2006, **15** : 8-10

DRIVER HS, ROGERS GG, MITCHELL D, BORROW SJ, ALLEN M, et coll. Prolonged endurance exercise and sleep disruption. *Med Sci Sports Exerc* 1994, **26** : 903-907

EDWARDS B, WATERHOUSE J, ATKINSON G, REILLY T. Exercise does not necessarily influence the phase of the circadian rhythm in temperature in healthy humans. *J Sports Sci* 2002, **20** : 725-732

GUILLEMINAULT C, CLERK A, BLACK J, LABANOWSKI M, PELAYO R, CLAMAN D. Non-drug treatments trials in psychophysiological insomnia. *Arch Intern Med* 1995, **155** : 838-844

HILLMAN DR, MURPHY AS, PEZZULLO L. The economic cost of sleep disorders. *Sleep* 2006, **29** : 299-305

HONG S, DIMSDALE JE. Physical activity and perception of energy and fatigue in obstructive sleep apnea. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **20** : 1088-1092

HORNE JA, MOORE VJ. Sleep EEG effects of exercise with and without additional body cooling. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1985, **60** : 33-38

KING AC, OMAN RF, BRASSINGTON GS, BLIWISE DL, HASKELL WL. Moderate-intensity exercise and self-rated quality of sleep in older adults. A randomized controlled trial. *JAMA* 1997, **277** : 32-37

LEGER D, LEVY E, PAILLARD M. Insomnia costs in France. *Sleep* 1999, **22** (suppl 2) : S394-S401

LI F, FISHER KJ, HARMER P, IRBE D, TEARSE RG, WEIMER C. Tai Chi and self-rated quality of sleep and daytime sleepiness in older adults: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2004, **52** : 892-900

MORGAN K. Daytime activity and risk factors for late-life insomnia. *J Sleep Res* 2003, **12** : 231-238

MURPHY PJ, CAMPBELL SS. Nighttime drop in body temperature: a physiological trigger for sleep onset? *Sleep* 1997, **20** : 505-511

O'CONNOR PJ, BREUS MJ, YOUNGSTED SD. Exercise-induced increase in core temperature does not disrupt a behavioral measure of sleep. *Physiol Behav* 1998, **64** : 213-217

O'CONNOR PJ, RAGLIN JS, MARTINSEN EW. Physical activity, anxiety and anxiety disorders. *Int J Sport Psychol* 2000, **31** : 136-155

PEPPARD PE, YOUNG T. Exercise and sleep-disordered breathing: an association independent of body habitus. *Sleep* 2004, **27** : 480-484

POSTOLACHE TT, HUNG TM, ROSENTHAL RN, SORIANO JJ, MONTES F, STILLER JW. Sports chronobiology in consultation: from the lab to arena. *Clinics in sports Medicine* 2005, **24** : 415-456, xiv

RECHTSCHAFFEN A, BERGMANN BM, GILLILAND MA, BAUER K. Effects of method, duration, and sleep stage on rebounds from sleep deprivation in the rat. *Sleep* 1999, **22** : 11-31

SINGH NA, CLEMENTS KM, FIATARONE MA. A randomized controlled trial of the effects of exercise on sleep. *Sleep* 1997, **20** : 95-101

SUN YH, YU TS, TONG SL, ZHANG Y, SHI XM, LI W. A cross-sectional study of health-related behaviours in rural eastern China. *Biomed Environ Sci* 2002, **15** : 347-354

TWOROGGER SS, YASUI Y, VITIELLO MV, SCHWARTZ RS, ULRICH CM, et coll. Effects of a yearlong moderate-intensity exercise and a stretching intervention on sleep quality in postmenopausal women. *Sleep* 2003, **26** : 830-836

VAN REETH O, STURIS J, BYRNE MM, BLACKMAN JD, L'HERMITE-BALERIAUX M, et coll. Nocturnal exercise phase delays circadian rhythms of melatonin and thyrotropin secretion in normal men. *Am J Physiol* 1994, **266** (6 Pt 1) : E964-E974

WEAVER TE, LAIZNER AM, EVANS LK, MAISLIN G, CHUGH DK, et coll. An instrument to measure functional status outcomes for disorders of excessive sleepiness. *Sleep* 1997, **20** : 835-843

YOUNGSTED SD. Effects of exercise on sleep. *Clin Sports Med* 2005, **24** : 355-365

YOUNGSTED SD, O'CONNOR PJ, DISHMAN RK. The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep* 1997, **20** : 203-214

YOUNGSTED SD, KRIPKE DF, ELLIOTJA, BAEHR EK, SEPULVEDA RS. Light exposure, sleep quality, and depression in older adults. In : *Biological effects of light* 1998. HOLICK MF, JUNG EG (eds). Kluwer academic Publishers, Boston, 1999 : 427-435

YOUNGSTED SD, KRIPKE DF, ELLIOTT JA. Circadian phase-delaying effects of bright light alone and combined with exercise in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2002, **282** : R259-R266