COMPARAISONS DES RYTHMES CIRCADIENS DE LA TEMPERATURE ET REFLET ACTIMETRIQUE DU SOMMEIL DE SPORTIFS ET SEDENTAIRES EN POSTE REGULIER DE NUIT

Mauvieux B.[1], Gouthière L.[2], Sesboüe B.[3] et Davenne D.[1]

1- Laboratoire du Centre de Recherches en Activités Physiques et Sportives (CRAPS) - UPRES EA 2131, UFR STAPS de Caen - 2, Boulevard Maréchal Juin, F-14 032 Caen Cedex France, b.mauvieux@netcourrier.com

2- Laboratoire d'Informatique BioMédicale et de Statistiques Appliquées, Expert Soft Tech. – 7, Chemin de la Birotte, F-37320 Esvres , www.euroestech.fr

3- Institut Régional de Médecine du Sport (IRMS), Centre Hospitalier Universitaire de Caen, F-14033 Caen Cedex France.

Résumé : Le but de cette étude est de mettre en évidence l'influence de la pratique sportive sur le rythme circadien de la T° et sur la qualité du sommeil chez des techniciens travaillant de nuit. Il est maintenant bien connu que la situation contradictoire qu'exerce le travail de nuit sur le fonctionnement biologique de l'homme va à l'encontre de sa spécificité diurne et altère la rythmicité biologique.

Par ailleurs, des études récentes ont montré que l'entraînement sportif pouvait renforcer de nombreux paramètres chronobiologiques : les amplitudes de la plupart des fonctions sont accentuées et les périodes sont plus difficilement perturbées dans le cas de situations extrêmes (travail de nuit, jet-lag, privation de sommeil) et la qualité globale du sommeil est améliorée.

Dans ce travail, les caractéristiques du rythme de la T° pour des sportifs et des sédentaires ont été étudiées à travers une méthodologie précise et diverses analyses spectrales ont été utilisées dans la recherche des périodes dont le Spectre Elliptique Inverse. Une étude actimétrique complémentaire a permis d'évaluer l'action de l'entraînement physique et sa répercussion sur le sommeil.

Nos résultats montrent un caractère plus stable et plus persistant du rythme de T° chez les sportifs. On remarque aussi que le reflet actigraphique du sommeil est plus qualitatif chez ces personnes sportives et ceci quel que soit le jour de la semaine.

D'autre part, il semblerait que l'acrophase de T° des sportifs soit plus tardive durant la période nocturne de travail. Ainsi, alors que nos athlètes s'endorment sur une fluctuation descendante de T°, les sédentaires se couchent avec une fluctuation de T° qui remonte. Il semble donc que ces derniers restent davantage synchronisés sur un rythme diurne.

Mots clés : rythme circadien de température, actimétrie, qualité du sommeil, entraînement sportif, travail de nuit, méthodologie d'analyse des rythmes.

1. Introduction

Le but de cette étude est de comparer les rythmes circadiens de la T° chez des sportifs et sédentaires ainsi que la qualité actimétrique de leur rythme veille / sommeil en situation de travail posté de nuit.

Par ailleurs, nous avons été confrontés à un problème d'analyse des rythmes biologiques dans ces conditions très particulières. Cette étude propose une réflexion méthodologique [1] dans le domaine de la chronobiométrie où la démarche scientifique ne semble pas normalisée.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Modèle d'étude et choix des sujets

13 hommes et 2 femmes, (Tableau 2.1), avec un minimum de 5 années d'ancienneté dans le travail de nuit, 5 ans de pratique d'activité physique pour les sujets sportifs avec un minimum de 3 séances d'entraînement d'une heure par semaine et d'absence d'activité physique chez les sédentaires, ont été sélectionnés pour cette étude.

Un groupe composé de sujets sportifs et entraînés (n=7) et un groupe de sédentaires (n=8), sélectionnés sur la base du questionnaire sur l'activité physique pendant le temps libre [2] ont alors été constitués et un test d'effort ($\dot{V}O_{2\,max.}$) a aussi permis de différencier le niveau d'aptitude physique des sujets. Les groupes ont été appariés en fonction des critères d'age, de sexe, d'années de travail de nuit, de situation familiale, du type d'habitation et de leur chronotype [3].

	Sujet Sportifs (n=7)	Sujets Sédentaires (n=8)	Test-*t* Student
Âge (années)	41,2 ± 8,1	46,0 ± 4,5	**NS** *(p=0,175)*
Taille (cm)	172,6 ± 9,1	168,0 ± 11,8	**NS** *(p=0,402)*
Masse Grasse Corporelle (%)	19,1 ± 3,5	30,8 ± 8,1	*
$\dot{V}O_{2\,max}$ (ml.min^{-1}.kg^{-1})	60,4 ± 5,6	43,9 ± 7,2	**
$\dot{V}O_{2\,max}$ (l.min^{-1})	4,6 ± 1,13	3,4 ± 0,82	*
VMA (km.h^{-1})	15,75 ± 1	10,1 ± 1,5	**
Ancienneté en poste de nuit (année)	10,1 ± 2,9	10,5 ± 3,1	**NS** *(p=0,705)*

Moyenne ± E-Type des caractéristiques des 2 groupes de sujets sportifs et sédentaires.

** : p<0.05, ** : p <0.01 et **NS** : Non significatif à p>0.05.*

Tableau 2.1-a *: Caractéristiques des sportifs et des sédentaires de l'étude.*

2.2. Organisation du travail de nuit

Dans cette étude, les sujets travaillent en poste fixe de nuit, de 22h30 jusqu'à 05h30, pendant 5 nuits (du dimanche soir au vendredi matin). Le temps de repos commence donc le vendredi matin à 05h30 et s'étend jusqu'au dimanche, 22h30, à la reprise du travail.

Éditeurs
Bernard BUISSON et Alain BLANC
Laboratoire de Physiologie Animale et Appliquée
Faculté des Sciences et Techniques
Université Jean Monnet, St-Etienne
Publications de l'Université de Saint-Étienne

2.3. Mise en évidence du cycle veille / sommeil par l'Actimétrie

L'actimétrie (actimétres Gaehwiler Electronic ®) mesurée au niveau du poignet est une technique fréquemment utilisée pour évaluer la qualité du sommeil et le rythme veille/sommeil [4-7]. Pour le traitement des données [8] tous les niveaux d'activités supérieurs à 2 mouvements par minute ont été considérés comme phases d'éveil, ceux inférieurs ou égaux à ce seuil ont été considérées comme des phases de repos ou de sommeil.

2.4. Mise en évidence du rythme de la T° orale

La mise en évidence du rythme circadien de la T° orale (thermomètres digitaux, modèle Hartmann-Larochette®, précision : 0,01°C) a été réalisée grâce à un relevé manuel toutes 30 minutes, sur une durée de 7 jours, du dimanche matin au réveil jusqu'au dimanche suivant à la reprise du poste. Les fluctuations de T° sont le reflet pertinent du niveau métabolique et l'étude du rythme de la T° reste fondamentale [9]. Les fluctuations de T° seraient sous la dépendance d'une horloge biologique spécifique et d'autres variables biologiques seraient synchronisées sur le rythme de la T° [10]. Dans le cas de situations conflictuelles des synchroniseurs externes, l'intérêt de son étude reste donc évident.

2.5. Méthodologie de l'étude des rythmes de T°

L'étude du rythme par une méthodologie statistique conduit aux hypothèses suivantes :

- ✓ L'absence de distribution aléatoire des données. Les techniques de graphiques d'Autocorrélation [11] et le graphique de décalage ("Lag Plot") permettent de le vérifier.
- ✓ La distribution normale des données est souhaitable. On peut utiliser pour cela différentes méthodes et plus particulièrement le graphique de probabilité normale [12].
- ✓ L'absence de distribution des données conduisant à un phénomène stationnaire est d'autre part à vérifier (Calcul de fonctions Autorégressives et PACF).

La modélisation et plus particulièrement la définition du modèle périodique a suscité de nombreuses remarques, en particulier sur le choix de ce modèle cosinusoïdal [13]. Celui-ci est le plus souvent adopté du fait de l'absence d'autres fonctions simples possédant une période. La méthodologie conduit donc à vérifier si le phénomène périodique est le plus proche possible de ce modèle. Dans ce cas un phénomène périodique peut comporter plusieurs périodes et peut être la combinaison de plusieurs phénomènes périodiques [14].

Reste maintenant à choisir la méthode qui permette de trouver la période. Pour cela on dispose de trois types de techniques principales :

- ✓ La première, relative à la régression comme la méthodologie Cosinor [15] (Spectres de Percent Rhythm (PR), Spectres Elliptique Inverse (SEI) [1, 16]).
- ✓ Le deuxième choix se reporte sur l'analyse de Fourier, comme l'analyse spectrale et les transformées Discrètes de Fourier. Dans ce type de méthodes spectrales on choisira l'Autopériodogramme [17] qui reste de loin le plus fiable.
- ✓ La dernière qui semble être un compromis entre les deux premières est le Périodogramme de Lomb et Scargle [18] et ne nécessite pas de données équi-réparties dans le temps.

Publications de l'Université de Saint-Étienne

3. Résultats

3.1 Etude de normalité, d'indépendance et caractère aléatoire de la distribution des données

Une étude de normalité préalable (Normal Probability Plot selon Chambers et test de Kolmogorov-Smirnov à la probabilité de 0,95) permet de tester la distribution des données.

Pour évaluer l'indépendance des données on utilise une fonction autorégressive d'ordre 1 dans un diagramme dit de décalage (Lag Plot [11]).

Enfin, un diagramme d'autocorrélation selon Box et Jenkins [11] permet de même de mettre en évidence le caractère aléatoire.

	Sédentaires pendant les postes de nuit	Sportifs pendant les postes de nuit	Sédentaires pendant la période de repos	Sportifs pendant la période de repos
Diagramme de décalage (Lag Plot)	Indépendance +++ Aléatoire +	Indépendance +++ Aléatoire +	Indépendance +++ Aléatoire +	Indépendance +++ Aléatoire +
Diagramme d'Auto corrélation	Aléatoire - - -	Aléatoire - - -	Aléatoire - - -	Aléatoire - - -
Graphique de Normalité ***p*** = 0,95, $H_{(0)}$: Distribution Normale	Hypothèse nulle de Distribution Normale rejetée à 0.95	Hypothèse nulle de Distribution Normale acceptée à 0.95	Hypothèse nulle de Distribution Normale acceptée à 0.95	Hypothèse nulle de Distribution Normale acceptée à 0.95

Tableau 3.1 *: Etude de Normalité, d'indépendance et caractère aléatoire de la distribution des données de T°.*

L'étude de normalité montre ici une qualité des données sensiblement correcte sauf pour les sédentaires pendant la période de travail de nuit. L'étude d'indépendance des données ne présente pas de caractère aléatoire marqué sauf dans le cas de l'ensemble des données recueillies pour les sujets sédentaires pendant la période de travail. Cette qualité des données peut avoir une influence sur l'interprétation des rythmes circadiens de T° du groupe des sédentaires.

3.2 Modélisation et recherche de périodicité

La recherche de périodicité va s'effectuer par l'analyse spectrale selon la méthodologie Cosinor (Spectres du Percent Rhythm (PR), Spectres Elliptiques Inverses (SEI) [1, 19]), l'analyse spectrale dérivée de l'analyse de Fourier (Autopériodogramme selon Jenkins et Watts [17]), et l'analyse spectrale selon le périodogramme de Lomb & Scargle [18].

La modélisation s'effectuera à l'aide de la méthodologie Cosinor (Single et Population Mean Cosinor [19]).

Les valeurs de périodes du rythme de la T° pour les deux groupes sont évaluées suivant les résultats obtenus en tenant compte d'un classement de fiabilité de chacune des méthodes :

Chronobiologie
Éditeurs
Bernard BUISSON et Alain BLANC
Laboratoire de Biologie Animale et Appliquée
Faculté des Sciences et Techniques
Université Jean Monnet, Saint-Etienne
Université Jean Monnet SAINT-ETIENNE
RHÔNE-ALPES LA RÉGION
MINISTÈRE DE LA DÉFENSE DGA
Publications de l'Université de Saint-Étienne

	Travail Sédentaires	Travail Sportifs	Repos Sédentaires	Repos Sportifs	Fiabilité
PR – Single Cosinor	23,4h	24,1h	18,7h	20,7h	**
PR – Sériel Cosinor	-	24,2h	20,6h	21h	*
SEI – Single Cosinor	23,9h	22,6 h	18,4h	19,2h	******
SEI – Sériel Cosinor	-	14,7h et 24h	18,4h	20h	*
Autopériodogramme de Jenkins & Watts	23,6h	24,1h	24,1h	23,8h	*
Périodogramme de Fisher	22,4h	15,6h	20,6h	10,7h	
Périodogramme de Lomb & Scargle	23,3h	24,1h	18,7h	20,7h	**

Tableau 3.2 *: Tableau récapitulatif des valeurs de périodes du rythme de la T°. Le choix de la valeur de la période est déterminé par la fiabilité de la méthode et dans ce domaine le Spectre Elliptique Inverse (SEI) selon le Single Cosinor présente le plus grand intérêt.*

3.3. Modélisation par la méthodologie Cosinor

Les figures suivantes présentent le modèle sinusoïdal choisi dans le cas d'une modélisation par le Single Cosinor :

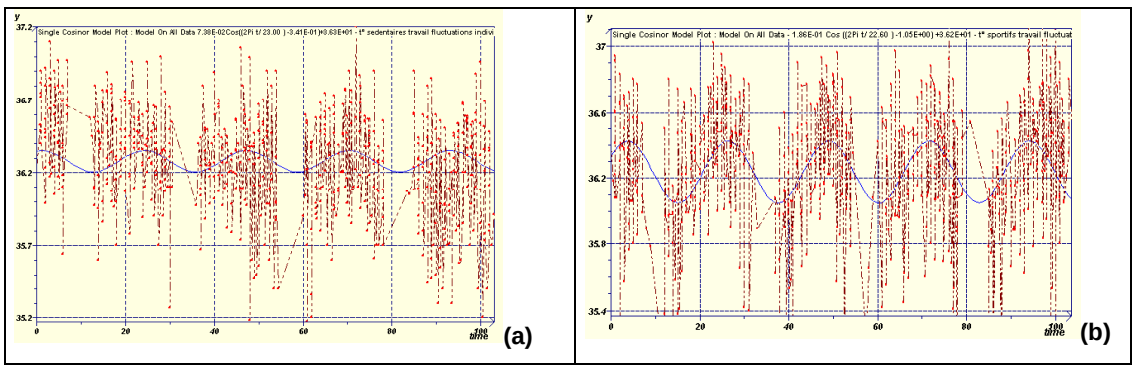

Figure 3.3-a *: Modélisation par le Single Cosinor pour les sujets sédentaires (figure a) pendant le travail de travail de nuit pour une période de 23 heures (La phase est exprimée en radians soit –352 degrés). Le test de l'ellipse est positif. On observe une décroissance du niveau moyen. Pour les sujets sportifs (figure b) pendant le travail de nuit, la période du rythme de la T° est de 22,6 heures (La phase est exprimée en radians soit –60 degrés). Le test de l'ellipse est positif. Le niveau moyen reste constant.*

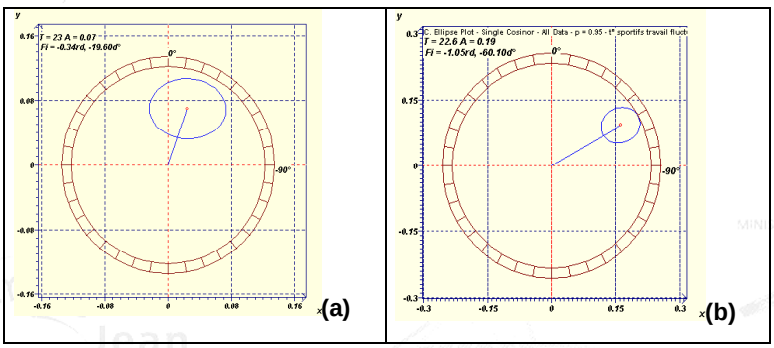

Figure 3.3-b : *Ellipses de confiance suivant le Single Cosinor. Les sujets sédentaires présentent une acrophase à 01h18' (figure a) pour une amplitude de T° de 0.07°C et les sujets sportifs présentent une acrophase à 03h59' (figure b) avec une amplitude de T° de 0.19°C pendant le travail de nuit. (fluctuations*

Publications de l'Université de Saint-Étienne

individuelles).La surface de l'ellipse est en dehors de l'origine du vecteur amplitude ce qui confirme la validité du modèle.

Nous allons présenter de même les modèles obtenus pour la période de repos par la modélisation du Single Cosinor :

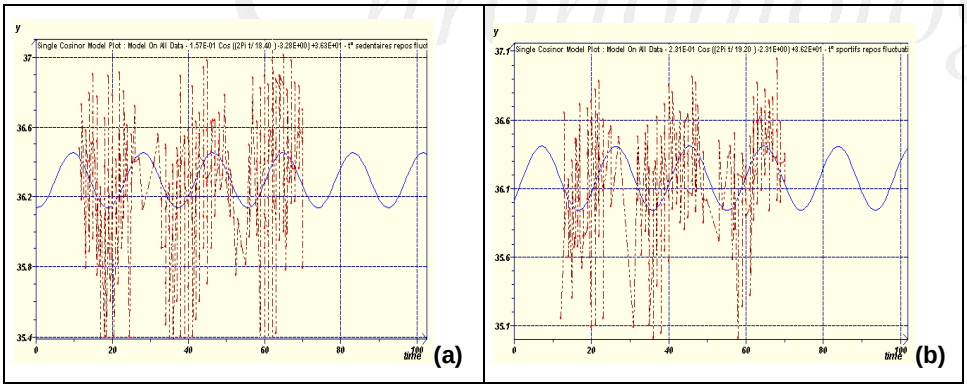

Figure 3.3-c : *Modélisation par le Single Cosinor pour les sujets sédentaires (figure a) pendant la période de repos du week-end pour une période du rythme de T° de 18,4 heures (La phase est exprimée en radians soit –187 degrés). Le test de l'ellipse est positif. Pour les sujets sportifs (figure b) pendant le week-end, la période du rythme de la T° est de 19,2 heures (La phase est exprimée en radians soit –154 degrés). Le test de l'ellipse est positif.*

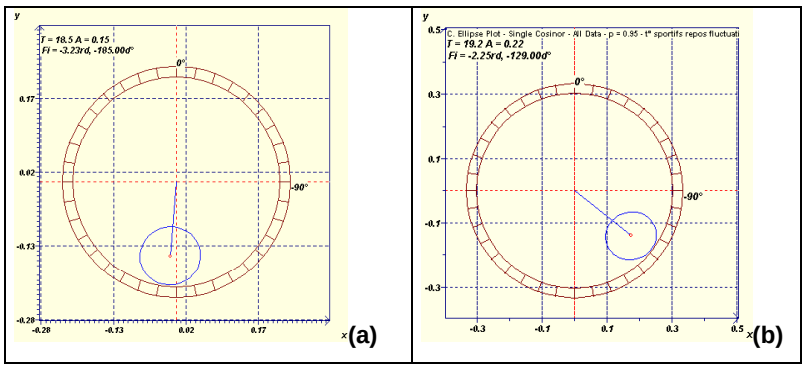

Figure 3.3-d *: Ellipses de confiance suivant le Single Cosinor. Les sujets sédentaires (figure a) présentent une acrophase à 12h19' avec une amplitude de T° de 0,15°C et les sujets sportifs (figure b) présentent une acrophase à 08h35' pour une amplitude de 0,22°C pendant la période de repos. (fluctuations individuelles).*

3.4. Qualité actigraphique du sommeil (actimétrie)

Pour estimer la qualité du sommeil, l'activité pendant la période éveillée et l'activité pendant la période non éveillée, l'activité pendant les trois premières et pendant les trois dernières heures de la nuit, ainsi que la quantité de sommeil [8], ont été enregistrées et analysées.

3.4.1. Activité motrice pendant l'éveil

L'analyse statistique ne démontre pas de différence d'activité pendant la semaine entre le groupe des sportifs et des sédentaires (F(1,7)=0.234 ; *p*=0.64) concernant le niveau global d'activité durant la période d'éveil. Cependant, pour nos 2 groupes, le niveau global d'activité diminue pendant la période de repos du week-end par rapport aux autres jours de la semaine (F(5,35)=3.32 ; *p*=0.014).

3.4.2. Activité pendant la période de sommeil

Publications de l'Université de Saint-Étienne

3.4.2.1. Activité générale

Concernant la période de sommeil, le niveau global d'activité est moins important pour le groupe des sportifs que pour le groupe des sédentaires (F(1,7)=11.61 ; *p*=0.011). Cette différence est observée pour chaque jour de la semaine. Cependant, le niveau d'activité augmente de façon significative en comparaison des autres jours de la semaine lors de la période de sommeil du week-end (nuit du vendredi au samedi) (F(6,42)=2.85 ; *p*=0.02).

3.4.2.2. Activité pendant les 3 premières heures de sommeil

Le niveau global d'activité pendant les 3 premières heures de sommeil est plus petit chez les sportifs que chez les sédentaires (F(1,7)=9.54 ; *p*=0.017). Cette diminution se retrouve pour tous les jours de la semaine.

3.4.2.3. L'activité pendant les 3 dernières heures de sommeil

Comme l'activité pendant les 3 premières heures de sommeil, le reflet actimètrique de la qualité du sommeil pendant les 3 dernières heures de sommeil est différant d'un groupe à l'autre (F(1,7)=9.545 ; *p*=0.018), les sportifs ayant un plus faible niveau d'activité (nuit moins agitée) mais, cette qualité ne varie pas pour nos deux groupes en fonction des jours de la semaine (F(6,42)=2.214 ; *p*=0.06).

3.4.2.4 Le volume horaire de sommeil

La quantité de sommeil varie de la même façon pour nos deux groupes au cours de la semaine (F(1,7)=3.845 ; *p*=0.098), les sportifs ne dorment donc pas plus que les sédentaires. Cependant, on s'aperçoit en complétant l'analyse par un *post-hoc* (*PLSD* de Fisher) que la quantité de sommeil augment chez les sportifs comme chez les sédentaires. On remarque que cette augmentation quantitative se situe pendant le week-end (F(6,42)=10,104 ; *p*=0.00).

4. Discussion

4.1 Discussion à propos du rythme de la T°

Les résultats de cette étude comparative entre sujets sportifs entraînés et sédentaires ne montrent pas de grandes différences dans les périodes des rythmes de la T°. On remarque cependant que chez tous les sportifs et sédentaires, la période du rythme de T° semble diminuer au cours des jours de repos (week-end). (Tableau 3.2).

Les résultats concernant l'amplitude du rythme de la T° pour chacun des groupes en fonction des situations de travail de nuit et pendant la période de repos du week-end, nous montrent :

- Que l'amplitude de T° obtenue au cours de la semaine de travail de nuit est significativement plus importante (*p*<0.000) chez les sportifs (0,19°C) par rapport à celle des sédentaires (0,07°C),
- Que l'amplitude de T° au cours de la période de repos du week-end est plus importante (*p*<0.015) chez les sportifs (0,22°C) que chez les sédentaires (0,15°C),
- Qu'il n'y a pas de différence remarquable (*p*>0.05) sur l'amplitude de T° chez les sportifs entre les deux périodes étudiées (semaine de nuit versus repos du week-end),
- Que l'amplitude de la T° augmente (*p*<0.00) le week-end chez les sédentaires (0,15°C) par rapport aux variations pendant la semaine en poste de nuit (0,07°C).

Publications de l'Université de Saint-Étienne

Ces résultats semblent rejoindre de précédents travaux [20] qui indiquent l'absence d'une fluctuation de la T° pour des sédentaires en poste de nuit, mais la persistance d'une fluctuation de T° chez des sportifs. Pour ces derniers, on observe généralement des fluctuations de l'ordre de 0.5°C en condition de synchronisation diurne [21]. Les effets contradictoires du travail de nuit qui affectent le rythme circadien de la T° [21, 22] semblent aussi, de façon plus minime, affecter la structure circadienne de T° même pour les sportifs.
Pour les sédentaires, le rythme circadien de la T° pendant la semaine de travail en poste de nuit, présente une amplitude difficilement quantifiable. La différence entre l'amplitude de T° en poste de nuit et pendant la période de repos du week-end, peut s'expliquer par fait que les sujets retrouvent une organisation sociale diurne et familiale. De ce fait, des synchroniseurs externes plus contrastés peuvent permettre une modification de la structure du rythme et par conséquent, augmenter son amplitude.

Dans notre procédure expérimentale, les sujets sportifs ne devaient pas suivre leur programme d'entraînement physique pendant la semaine d'évaluation. Nous voulions de ce fait, nous affranchir autant que possible des effets masquants de l'activité sur la T°. Sur ce point, le niveau global d'activité motrice pendant l'éveil ne montre pas de différence entre nos deux groupes et ceci quel que soit le jour de la semaine ($F(1,7)=0.234$; $p=0.64$).
Avec les considérations précédentes, si le niveau d'activité n'est pas différent pour nos deux groupes, ce n'est donc pas l'activité physique en soit qui augmente l'amplitude de la T°. Il ne s'agit donc pas d'un effet masquant de l'activité physique, mais plutôt d'un effet direct des processus liés à l'entraînement sur l'horloge interne (comme le font les synchroniseurs externes) [23, 24].
Cette constatation souligne le caractère stable et persistant des rythmes biologiques chez les sportifs lors d'une privation de sommeil, de désynchronisation, de franchissement de fuseaux horaires [20, 21, 25].
Pour les sédentaires, la période du rythme de T° est plus difficile à mettre en évidence. En effet, du fait d'une amplitude de T° relativement faible pendant la semaine en poste de nuit (0,07°C) il semble difficile de définir une rythmicité circadienne de la T°. Les synchroniseurs externes en condition de travail de nuit, affectent les rythmes biologiques en entrant en compétition avec les attentes de l'horloge biologique interne, ce qui se confirme par le fait que pendant la période de repos, les sédentaires retrouvent une amplitude de T° de 0,15°C, comparable à celle généralement rapportée pour des sujets inactifs. On constate aussi que la période se réduit à 18,4 h ce qui indique que l'acrophase de T° se resynchronise rapidement par une avance de phase sur l'activité sociale pendant cette période.
Cette faculté de synchronisation à de brusques changements de phase est souvent associée à de petites amplitudes de T° [26]. Il serait possible que l'entraînement physique puisse augmenter la vitesse de synchronisation des rythmes circadiens après une nuit de travail ou de privation de sommeil [27] en agissant comme synchroniseur externe influençant l'horloge interne d'autant plus que de hautes amplitudes montrent une grande stabilité du rythme circadien dans le cas du travail de nuit et de la privation de sommeil [25, 28-30].

Nous remarquons aussi que la période du rythme de T° observée chez les sportifs est inférieure à 24 heures et inférieure aussi à la période du rythme de la T° des sédentaires (Tableau 3.2). Des travaux montrent que les travailleurs de nuit avec une période inférieur ou proche de 24 heures, présentent une grande adaptation

Publications de l'Université de Saint-Étienne

au travail de nuit [28, 30]. Il serait donc possible que l'activité physique ait des effets sur la période des rythmes circadiens [31].

Les différences entre la structure du rythme circadien (amplitude large et grande stabilité) seraient dues à l'adaptation de l'horloge interne et de mécanismes endogènes inconnus [20, 21].

Chez les animaux, les études montrent que l'activité physique peut augmenter et entraîner le système de synchronisation des rythmes biologiques [32, 33] et réduire la période du rythme [34, 35].

4.2 - Discussion concernant l'activité et qualité du sommeil

Le cycle veille / sommeil est certainement le rythme biologique humain le plus évident et sa régulation serait double : homéostasique et circadienne [36]. C'est pendant la première partie du sommeil que le sommeil lent profond (SLP) serait la plus important [37].

Nos résultats semblent indiquer que l'activité physique améliore la qualité du sommeil : l'activité pendant la période de sommeil montre des niveaux plus faibles pour les sportifs quel que soit le jour de la semaine. Il en est de même pour l'activité pendant les trois premières et les trois dernières heures de sommeil qui reste plus faible chez les sportifs que chez les sédentaires.

Toutefois, même si d'autres travaux montrent une corrélation entre l'actimétrie et l'EEG [20, 38], la technique de l'actimétrie n'étudie pas la structure du sommeil. Il ne s'agit que du reflet de l'activité et non d'un EEG.

Pendant la semaine de travail de nuit, d'importantes différences sont observées entre les acrophases de T° pour nos deux groupes. Il semble en effet que l'acrophase de T° des sportifs (03h59') soit plus tardive que celle des sédentaires (01h18'). Notons aussi que l'actimétrie ne montre aucune différence entre l'heure du coucher ($F(1,7)=2.59$; $p=0.158$), l'heure de réveil ($F(1,7)=0.030$; $p=0.897$) et sur la quantité de sommeil ($F(1,7)=3.84$; $p=0.097$) pour nos deux groupes au cours de la semaine.

L'acrophase de la T° orale chez les sujets sédentaires peut expliquer la mauvaise qualité de sommeil car il semble difficile de dormir sur une phase montante de la T°.

Un certain nombre de travaux sur l'entraînement physique et le sommeil doivent expliquer et confirmer ces résultats. L'amélioration du SLP est observée après un exercice physique intense chez les sujets sportifs et les sujets jeunes [39-41]. Les sujets sportifs ont une quantité supérieure de SLP par cycle de sommeil que des sujets inactifs [42-44] et un délai d'endormissement plus rapide [41, 45-47].

L'exercice physique pourrait être un important agent entraînant ou synchroniseur pour l'horloge interne et les variations circadiennes des fonctions biologiques [31, 48, 49]. Ce phénomène a déjà était observé chez des hamsters, mais les effets sont-ils identiques pour l'homme ?

Remerciements

Nous remercions la direction PSA Peugeot Citroën de Cormelles le Royal (Normandie, France) ainsi que l'ensemble des techniciens du groupe PSA, volontaires et enthousiastes d'avoir participés à cette étude.

Publications de l'Université de Saint-Étienne

Références Bibliographiques

[1] Gaudeau C., Gouthière L. (1992). Méthodologie d'analyse des rythmes dans les systèmes non linéaires. Les rythmes : Lectures et Théories, Centre Culturel International de Cerisy, "Conversciences". L'Harmattan Paris ISBN 2-7384-1355-2. 31-56.

[2] Lamb K., Brodie D. (1991). Leisure time physical activity as an estimate of physical fitness: a validation study. Journal of Clinical Epidemiology, 44: 41-52.

[3] Horne J.A., Östberg O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. International Journal of Chronobiology, 1976; 4: 97-110.

[4] Reid K., Dawson D. (1999). Correlation between wrist activity monitor and electrophysiological measures of sleep in a simulated shiftwork environment for younger and older subjects. Sleep, 22(3): 378-385.

[5] Brown A., Smolensky M., D'Alonzo G., Redmond D., Conrad E., Hsi B. (1990). Circadian rhythm in human activity objectively quantified by actigraphy. Prog. Clin. Biol. Res., 341A: 77-83.

[6] Dawson D., Encel N., Lushington K. (1995). Shift work and sleep deprivation: Improving adaptation to simulated night shift: Timed exposure to bright light versus daytime melatonin administration. Sleep, 18(1): 11-21.

[7] Mormont M., De Prins J., Lévi F. (1996). Etude des rythmes circadiens d'activité par actométrie : résultats préliminaires chez 30 patients atteints de cancer colorectal métastasé. Pathol. Biol., 44(3) : 165-71.

[8] Denise P., Benoit O. (1996). Actisomm. Logiciel d'analyse de données actimètriques. Paris.

[9] Reilly T., Brooks G.A. (1986). Exercise and the circadian variation in body temperature measures. Int. J. Sports Med., 7(6): 358-362.

[10] Ilmarinen J., Ilmarinen R., Korhonen O., Nurminen M. (1980). Circadian variation of physiological functions and their relation to oral temperature, in: A. Reinberg, N. Vieux, P. Andlauer, Night and shift work. Biological and social aspects. Pergamon Press.

[11] Box G. E. P., Jenkins G. (1976). Time Series Analysis: Forecasting and Control, Holden-Day.

[12] Chambers J., Cleveland W., Kleiner B., Tukey P. (1983). Graphical Methods for Data Analysis, Wadsworth.

[13] DePrins J. (1996). Le problématique Cosinor, Société d'Edition de l'Association d'Enseignement Médical des Hôpitaux de Paris, 201-204.

[14] Van Cauter E., Huyberechts S. (1973). Problems in the statistical analysis of biological times series: the Cosinor Test and the periodigram. Journal of Interdisciplinary Cycle Research, Swets & Zeitlinger B.V. Amsterdam, NE ISSN 0022-1945: 41-57.

[15] Nelson W, Tong Y, Lee J & Halberg F. Method for cosinor-rhythmometry. Chronobiologia, 1979; 6: 305-23.

[16] Cornélissen G., Halberg F., Stebbings J., Halberg E., Carandente F., Hsi B. (1980). Chronobiometry: With pocket calculators and computer systems. La Ricerca Clin. Lab., 10: 333-85.

[17] Jenkins, Watts. (1986). Spectral Analysis and its applications. Holden-Day.

Chronobiologie
Éditeurs Bernard BRUSSON et Alain BLANC Laboratoire de Biologie Animale et Appliquée Faculté des Sciences et Techniques Université Jean Monnet, Saint-Étienne
Publications de l'Université de Saint-Étienne Jean Monnet

[18] Scargle J.D. (1982). Studies in astronomical time series analysis. II - Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data, AA (NASA, Ames Research Center, Space Science Div., Moffett Field, CA), Astrophysical Journal, 263(1), 835-853.

[19] Time Series Analysis Seriel Cosinor. Laboratoire d'Informatique BioMédicale, 7 chemin de la Birotte, Esvres / Indre, Fr-37320, http://www.euroestech.fr

[20] Atkinson G., Coldwells A., Reilly T. (1993). A comparaison of circadian rhythms in work performance between physically active and inactive subjects. Ergonomics, 36(1-3): 273-281.

[21] Atkinson G., Reilly T. (1996). Circadian variation in sports performance. Sports Med., 21(4): 292-312.

[22] Andlauer P., Reinberg A., Fourré L., Battle W., Duverneuil G. (1979). Amplitude of the oral temperature circadian rhythm and the tolerance to shift-work. J. Physiol. (Paris), 75(5) : 507-12.

[23] Waterhouse J., Edwards B., Mugarza J., Flemming R., Minors D., Calbraith D., Williams G., Atkinson G., Reilly T. (1999). Purification of masked temperature data from humans: Some preliminary observation of use of an activity diary, wrist actimetry, and heart rate monitoring. Chronobiol. Int., 16(4), 461-475.

[24] Waterhouse J., Minors D., Akerstedt T., Hume K., Kerkhof G. (1996). Circadian rhythm adjustement : Difficulties in assessment caused by masking. Path Biol, 44(3): 205-07.

[25] Meney I., Waterhouse J., Atkinson G., Reilly T., Davenne D. (1998). The effect of one night's sleep deprivation on temperature, mood, and physical performance in subjects with different amounts of habitual physical activity. Chronobiol. Int., 15(4): 349-63.

[26] Reinberg A., Andlauer P., Guillet P., Nicolai A., Vieux N., Laporte A. (1980). Oral temperature, circadian rhythm amplitude, ageing and tolerance to shift-work. Ergonomics, 23(1): 55-64.

[27] Reilly T. (1990). Human circadian rhythms and exercise. Biomedical engineering, 18(2): 165-180.

[28] Reinberg A., Andlauer P., DePrins J., Malbecq W., Vieux N.,. Bourdeleau P. (1984). Desynchronisation of the oral temperature circadian rhythm and tolerance to shift work. Nature, 308(15): 272-74.

[29] Reinberg A., Motohashi Y., Bourdeleau P., Andlauer P., Lévi F., Bicakova-Rocher A. (1988). Alteration of period and amplitude of circadian rhythms in shift workers (with special reference to temperature, right and left hand grip strength). Eur. J. Appl. Physiol., 57: 15-25.

[30] Reinberg A., Andlauer P., Teinturier P., DePrins J., Malbecq W., Dupont J. (1983). Désynchronisation du rythme circadien de la T° orale chez des hommes jeunes tolérant mal le travail de nuit. C. R. Acad. Sc. Paris, 296, Série III : 267-270.

[31] Redlin U., Mrosovsky N. (1997). Exercise and human circadian rhythms: what we know and what we need to know. Chronobiol. Int., 14: 221-29.

[32] Reebs S.G., Lavery R.J., Mrosovsky N. (1989). Running activity mediates the phase-advancing effects of dark pulses on hamster circadian rhythms. J. Comp. Physiol. A., 165: 811-18.

[33] Reebs S.G., Mrosovsky N. (1989). Large phase-shifts of circadian rhythms caused by induced running in a re-entrainnement paradigm : the role of pulse duration and light. J. Compl. Physiol. A., 165: 819-25.

[34] Yamada N., Shimoda K., Ohi K., Takahashi S., Takahashi K. (1988). Free-access to a running wheel shortens the period of free-running rhythms in blinded rats. Physiol. Behav., 42: 87-91.

[35] Edgar D.M., Kilduff T.S., Martin C.E., Dement W.C. (1991). Influence of running wheel activity on free-running sleep/wake and drinking circadian rhythms in mice. Physiol. Behav., 50: 373-78.

Publications de l'Université de Saint-Étienne

[36] Borbely A.A. (1982). A two process model of sleep regulation. Hum. Neurobiol., 1(3) : 195-204.

[37] Goldenberg F. (1991). Sleep in normal aging. Neurophysiol. Clin, 21(4) : 267-79.

[38] Horne J.A., Staff L. (1983). Exercise and sleep:Body-Heating Effects. Sleep, 6(1):36-46.

[39] Buguet A, Lonsdorfer J. (1987). Sommeil et exercice physique chez l'homme. Sci & Sports, 2: 193-202.

[40] Bunnell D.E., Bevier W., Horvath S.M. (1983). Psychophysiology, 20: 50-8.

[41] Shapiro C.M., Bortz R., Mitchell D., Bartel P., Jooste P.L. (1981). Slow-wave sleep : a recovery period after exercise. Science, 11, 214(4526) : 1253-4.

[42] Baekeland F., Lasky R. (1966). Exercise and sleep patterns in college athletes. Percept. Mot. Skills, 23: 1203-07.

[43] Shapiro C.M., Griesel R.D., Bartel P.R., Jooste P.L. (1975). Sleep patterns afted graded exercise. J. Appl. Physiol., 39(2): 187-90.

[44] Montgomery I., Trinder J., Paxton S.J. (1982). Energy expenditure and total sleep time: effect of physical exercise. Sleep, 5(2): 159-68.

[45] Maloletnev V.I., Teliia Z.A., Chachanaschvili M.G. (1977). [changes in sleep structure of persons following intensive muscular work]. Fiziol Zh SSSR Im I M Sechenova, 63(1) : 11-20.

[46] Buguet A., Roussel B., Angus R., Sabiston B., Radomski M. (1980). Human sleep and adrenal individual reactions to exercise. Electroenphalogr. Clin. Neurophysiol., 49(5-6): 515-23.

[47] Horne J.A., Staff L.H.E. (1983). Exercice and sleep: body-heating effects. Sleep, 6: 36-46.

[48] Baehr E.K., Fogg L.F., Eastman C.I. (1999). Intermittent bright light and exercise to entrain human circadian rhytms to night work. Am J Physiol., 277(46): R1598-R1604.

[49] Beersma D., Hiddinga A. (1998). No impact of physical activity on the period of the circadian pacemaker in humans. Chronobiol. Int., 15 (1), 49-57.

Chronobiologie

Éditeurs
Bernard BUISSON et Alain BLANC
Laboratoire de Biologie Animale et Appliquée
Faculté des Sciences et Techniques
Université Jean Monnet, Saint-Étienne

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE
Université Jean Monnet SAINT-ETIENNE
RHÔNE-ALPES LA RÉGION
DGA