

Title	身体活動と睡眠に関する文献的研究 : 大学生への健康教育に向けて
Author(s)	島本, 英樹; 柴田, 真志
Citation	大阪大学高等教育研究. 2014, 2, p. 75-82
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/28106
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

身体活動と睡眠に関する文献的研究

— 大学生への健康教育に向けて —

島本 英樹^{*1}・柴田 真志^{*2}

The relationship between physical activity and sleep: A literature review

Hideki SHIMAMOTO^{*1} and Masashi SHIBATA^{*2}

It is well known that adequate sleep is essential for human health. A decline in the quality and total duration of sleep decreases physical activity levels and increases daytime sleepiness, as well as increases the risk of lifestyle-related diseases and depression. This decline has been observed in the Japanese population owing to changes in lifestyle. Moreover, the quality and duration of sleep vary greatly with age. Previous studies have shown that sleep disorders commonly occur in the elderly. However, currently, the number of young individuals experiencing increased daytime sleepiness and sleep disorders is increasing. The quality and duration of sleep is determined by numerous factors. Physical activity is one of the synchronizers of biological rhythm. Therefore, continuing exercise is desirable for health and is essential for good sleep. This study emphasizes the need for further studies on the relationship between sleep and exercise in order to determine factors required for increasing the quality and duration of sleep.

Keywords : sleep, physical activity, exercise, synchronizer

1. はじめに

健康の3大要素は「運動」「休養」「栄養」であることは広く認識されている。「休養」のなかでも、質の高い十分な睡眠が日常生活において最も重要であると考えられる。睡眠は翌日の生活活動のためのエネルギーの温存を行い、身体の疲労を回復させる機能を果たしている。睡眠時間の短縮や睡眠・覚醒リズムの乱れは、不定愁訴、日中の強い眠気、集中力の低下、作業効率の低下など種々の体調不良とも関連し、さらには、うつ病やいくつかの生活習慣病のリスクを高めるため、心身の健康を維持していく上で、質の高い十分な睡眠を獲得することは非常に重要である。

最近、わが国では、生活リズムの乱れが問題となって

おり、とくに若年者を中心とした夜型のライフスタイルが蔓延している。このライフスタイルの変化は睡眠の質の低下や睡眠・覚醒リズムの乱れをもたらし、様々な健康問題を生んでいる。とくに、大学生では、他の世代と比較して、睡眠習慣の個人差が大きく、睡眠の質・量の低下による授業・勉強への悪影響も無視できない。しかし、授業中の強い眠気や疲労が睡眠・覚醒リズム異常の結果であると認識している大学生は非常に少ないと思われる。

適度な身体活動を実施し、さらに継続することによって、体力や健康度が高まり、生活習慣病のリスクが低下することは既に数多くのデータによって明らかである。睡眠との関連でみると、運動・トレーニングなどの身体活動によって適度な疲労感が生まれ、一般的には質の良

所 属：^{*1}大阪大学全学教育推進機構 ^{*2}兵庫県立大学看護学部

Affiliation：^{*1}Center for Education in Liberal Arts and Sciences, Osaka University, JAPAN

^{*2}College of Nursing Art and Science, University of Hyogo, JAPAN

連絡先：shimamoto@celas.osaka-u.ac.jp (島本英樹)

い睡眠が導かれると信じられている。しかし、これまでの身体活動と睡眠に関する先行研究を概観すると、必ずしも見解の一致はなく、身体活動が睡眠にどのように影響を及ぼすかについては検討の余地が十分に残されている。

本稿では、はじめに「睡眠」とは何かについて概説し、睡眠と身体活動・運動に関する先行研究から、身体活動（運動）が睡眠に及ぼす影響について焦点を絞り、良質な睡眠や適切な睡眠・覚醒リズムにとって望ましい身体活動のあり方について考察する。

2. 睡眠とは？

1) 健康と睡眠

先に述べたように、適度な睡眠はヒトの健康的な生活のためには不可欠である。睡眠は「休養」のうち最も重要であり、日中の生活活動のためのエネルギーの温存を行うだけでなく日中の生活活動における疲労からの回復させる機能を果たしている。また、睡眠は古くから記憶の定着にとっても重要な役割を果たすことも知られている。脳との関係に着目すると、睡眠とは「脳による脳のための管理技術」であり、脳を休息させるだけでなく、積極的に「脳を創り、育て、より良く活動させる」機能を有している。睡眠は、胎児期や小児期の脳を創り、育てる。成人でも、睡眠中には記憶が整理、固定される。十分な睡眠により、大脳の情報処理能力は回復し、翌日の活動に備えている²⁴⁾。

しかし、近年では、便利過ぎる社会の構築による身体活動の減少、光環境の変化により、睡眠・覚醒リズムは崩れやすくなっており、現代人では睡眠に関連する健康問題が増え続けている。

2) 生体リズム

地球上の生物は、温度、気圧などの変化に対応して生存している。これら物理的変化の多くは、地球の公転や自転に伴って発生している。このような環境下では、ほぼ24時間のリズムを示す生理的機能は多い。睡眠・覚醒リズムだけでなく、例えば、体温などの自律神経系、血圧、内分泌系なども生体リズムによって調節されている。生体リズムのうち、24時間を周期とするものは概日リズム（circadian rhythm）と呼ばれている。

人の体内時計（生体時計）の周期は、地球の1日の周期より長く、睡眠・覚醒リズムは約25時間と考えられている。地球の1日の周期は24時間であり、この約

1時間のずれは、人が生きていくうえで、さまざまな因子によって調節されている。これら因子は同調因子（synchronizerあるいはzeitgeber）といわれ、日常生活のなかで、内因性変化を外界の周期に同調させ、約1時間のずれを修正している。同調因子には、光、社会的因子、食事、身体活動（運動）などがある。このうち、もっとも強く生体に作用していると考えられているのは光である。

体内時計の周期と地球の1日の周期との間のずれを同調することができなくなり、睡眠・覚醒リズムの乱れによって、日中の強い眠気、倦怠感・頭痛などの症状が示されることも多い。これらの症状は概日リズム睡眠障害といわれ、現代人の抱える疾患の一つである。

興味深いことに、同調因子の一つである身体活動（運動）を司る身体機能には、有酸素性能力、無酸素性能力、平衡機能、柔軟性、状況判断や意思決定能力、意欲などの構成要素があるが、これら構成要素のほとんどから概日リズムが認められている。例えば、筋力、筋パワー、反応時間などでは、体温リズムが最高点を迎える夕方の成績が最もよい²⁵⁾。一方、平衡機能や認知機能などの脳機能の関与する要素では、午前中の成績が最もよい。また、有酸素性能力は時間の影響がなく、何時に測定してもほぼ同様の値が得られる²⁵⁾。

3) 睡眠の種類

高等動物の睡眠はREM睡眠とNREM睡眠に分けられる。ネコを例にすると分かりやすく、図1に示すように、首を保持してうづくまるように眠っている時期がNREM睡眠、だらりと力が抜けて無防備な姿勢で眠っている時期がREM睡眠である²⁴⁾。REM睡眠はまぶたの下で眼球が動く、急速眼球運動（rapid eye movement: REM）から名づけられ、NREM睡眠は急速眼球運動がない。成人では、NREM睡眠とREM睡眠がおよそ1.5時間の単位で繰り返される。睡眠初期には深いNREM



図1 ネコの覚醒と睡眠（Jouvet, 1967）

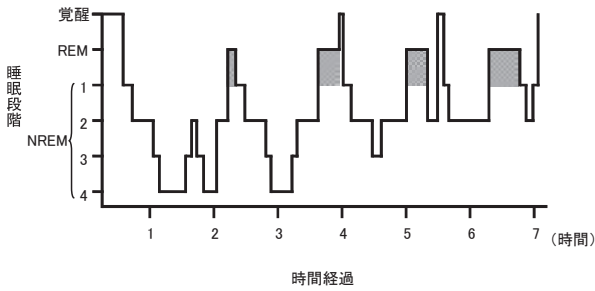


図2 REM睡眠とNREM睡眠

睡眠が多く、睡眠後半には浅いNREM睡眠とREM睡眠が多くなる(図2)。NREM睡眠は深い眠りであるだけでなく、体温・血圧・心拍数などの循環機能も低下し、REM睡眠と比べて、身体にとってより強い休息状態となっている。REM睡眠では、脳が活性化するので夢をみることがあり、循環機能の上昇も起こるなど、NREM睡眠から覚醒に向けた準備期であるともいえる。

NREM睡眠は、その深さによって睡眠段階1~4の4段階に分かれている(図2)。このうち、3と4は合わせて徐波睡眠(slow wave sleep: SWS)ともいわれる。3と4は外的刺激に対する反応が著しく鈍い深睡眠であり、睡眠前半に多くみられる。一方で1と2は浅睡眠と分類され、とくに1ではREM睡眠ときわめて近似している。

4) 睡眠の質の評価

睡眠の量の主観的評価は、入眠時間や起床時間あるいは中途覚醒時間の記録が困難であるために、正確性が著しく劣る。また、睡眠の質についての主観的評価も、睡眠深度に周期性があり評価しにくい。これらの事実を考え合わせると、睡眠の質・量は客観的な指標によって評価されるべきである。

睡眠評価の標準的な方法として、睡眠ポリグラム(Polysomnogram: PSG)が知られている。この方法は、脳波、眼球運動、表面筋電図(オトガイ筋)、心電図、呼吸曲線などを同時記録し、睡眠周期および睡眠深度を総合的に判定する。しかし、実際の測定では数多くの電極の装着を必要とし、その不快感や睡眠の困難さから被験者のありのままの睡眠を測定しているとは言い難く、被験者の負担も大きい。さらに、PSG分析には高額な機器を必要とし、分析には専門的な知識も求められる^{40, 41)}。

PSG分析より簡便な睡眠評価法として、最近になって、心拍変動(heart rate variability: HRV)のパワースペクトル解析が用いられている^{3, 34, 36, 37, 39)}。この方法では、ホルター心電計を用いた計測によって、任意の生

活活動における自律神経活動を経時的に観察できることが知られている。HRVパワースペクトル指標の低周波数成分(low frequency, LF)と高周波数成分(high frequency, HF)の比(LF/HF)は交感神経系活動を反映しているといわれている。また、LFとHFの和に対するHFの割合(HF/(LF+HF))は、副交感神経系活動の指標と考えられている^{4, 39, 41)}。これらの指標は、REM睡眠、浅いNREM睡眠、深いNREM睡眠と睡眠深度が深くなるにつれ、(HF/(LF+HF))は高値を示し、反対にLF/HFは低値を示す^{3, 40)}。

また、体動から睡眠・覚醒リズムを評価するアクチグラムを用いた方法も活用されている^{33, 35)}。アクチグラムは、HRVを用いた方法よりさらに簡便であり、測定機器も軽量化されていることから、通常の生活のなかで取り入れやすく、長期間の測定も可能であり、多数例を測定するのに適している。体動の多い若年者では睡眠時間が過小評価され、それ以降の年齢層では過大評価されるとの指摘もあるが²⁷⁾、PSGと90%以上の相関関係を示し³²⁾、その妥当性が認められている。

3. ライフスタイルと睡眠

1) 日本人の睡眠

人生の3分の1は睡眠であると広く言われている。実際のところ、1960年に実施された第一回NHK国民生活時間調査によって、日本人の睡眠時間(10歳以上)は平日では8時間13分であったことが報告されている。しかし、最近では、インターネットやスマートフォンなどの新しいメディアの普及やコンビニエンスストアなど深夜営業店舗の増加などの生活環境の急激な変化によって、日本人では夜型の生活が蔓延しやすく、快適な睡眠を取りにくい社会となっている。

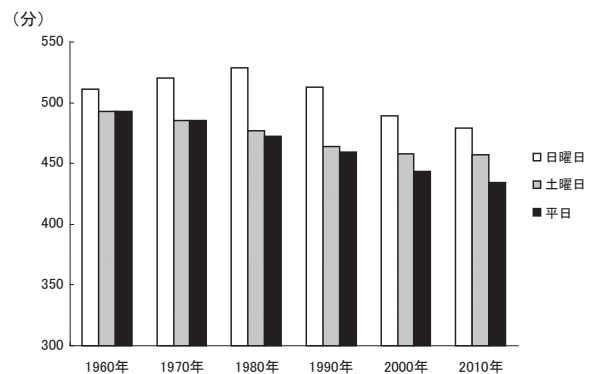


図3 日本人の睡眠時間の変化 (NHK 国民生活時間調査, 2011より著者作図)

図3に1960年から2010年までの日本人の睡眠時間の变化を示した。平日、土曜日、日曜日も減少しており、平日は50年で約1時間の短縮を示している。最近では、さらに著しく夜型のライフスタイルが広がっており、睡眠時間が短縮している。調査結果からは、就寝時刻が遅るへずれることで睡眠時間が減少していることが明らかになっており、その夜型化は日付を超えたところまで広がっている²⁶⁾。

年代別にみた就床・起床時刻の変化を示したのが図4である²⁴⁾。幼児から小学生にかけては、平均就床時刻は22時前後であるが、学年の進行につれ遅くなっていく。大学生で最も就床時刻が遅くなり、就床・起床時刻の個人差も大きい。その後の加齢によって、就床時刻が徐々に早くなるが、起床時間は30代以降に大きな差はない。とくに、高齢者では、臥床時間は長くなるものの、寝つきが悪くなり、中途覚醒回数も増え、睡眠効率が悪くなるという特徴がある。

2010年のNHK国民生活時間調査によると、日本人の1日の睡眠時間は、平日7時間14分、土曜7時間37分、日曜7時間59分である²⁶⁾。職業別に分類した場合、学生をみると、平日7時間40分、土曜8時間30分、日曜8時間48分であり、曜日差が大きいといえる。また、全体でみると、どの曜日も減少する傾向にある。長期的にみると、2005年には睡眠時間の短縮が止まり、減少に歯止めがかかったと思われたが、その後やはり短縮傾向は続いているようである。また、夜10時に就床していた割合は、1960年に66%だったが、その後50年間で24%へと激減した²⁶⁾。これらの理由として、インターネット、テレビを中心としたメディア接触により、就寝時刻が遅るにずれ込んでいると考えられている。

1999～2001に実施された24カ国27大学を対象にした

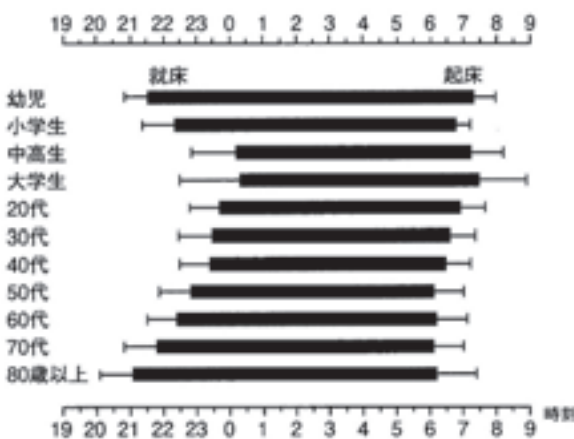


図4 加齢にともなう就床・起床時間の変化 (白川, 2000)

大学生の睡眠習慣による調査では、欧米や南米諸国の大学生の睡眠時間が7時間以上であったのに対して、東アジア（日本、台湾、韓国、タイ）では7時間未満であり、とくに日本人大学生は平均6時間8分と顕著に短かった²⁴⁾。この調査では、睡眠が短いほど、自分が不健康であると自覚する割合が高くなっており、日本では42%が不健康であると自覚していた。このように、わが国における睡眠時間の短さは、不定愁訴や日中の強い眠気、種々の体調不良や、疾病の危険性を高める要因となっているといえよう。

2) 加齢と睡眠

睡眠の質および睡眠・覚醒リズムは加齢にともない大きな変化を示す。図5に示すように、胎児期には大脳ができるにともないREM睡眠は現れる。この時期のREM睡眠は大脳の機能を発達させ、意識を覚醒の状態に導くと考えられている。胎児期や新生児期は、睡眠時間が長いものの、睡眠・覚醒リズムは24時間にわたって繰り返し出現する。乳幼児期は引き続き脳内の神経回路の発達が続く、昼寝が少なく長い夜間睡眠が現れる。この時期に、NREM睡眠とREM睡眠が連続する睡眠単位が確立する¹³⁾。

思春期から成人期にかけては、睡眠は同調因子のうち、社会的因子によって大きく調節されるようになり、睡眠の質や睡眠時間はライフスタイルの違いともなって、その個人差が大きくなる。とくに、大学生についてみれば、小中高校生と比較しても生活時間の自由度は大きく、その睡眠・覚醒リズム調整に強い影響を与えるとされる。海外の研究ではあるが、Chang et al. (1997)は、医学生を対象に34年間追跡調査したところ、学生時代に不眠であった群はなかった群と比較して、うつ病の発症率が約2倍であったことを報告している⁵⁾。この研究成果から、若年者の不眠がその後の不眠症やそれによる

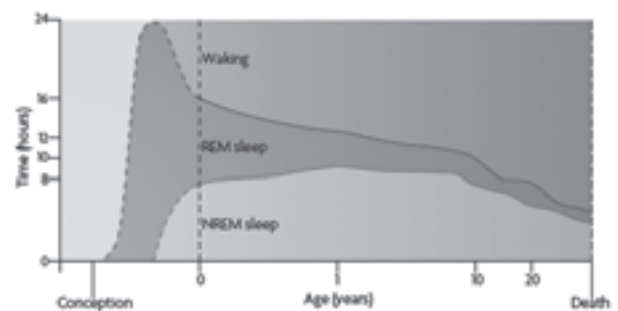


図5 加齢にともなうREM睡眠とNREM睡眠の変化 (Hobson, 2009)

精神疾患のリスクとして注意されるべきであるとも考えられている¹⁷⁾.

その後の中高年期の睡眠は、加齢にともなう深いNREM睡眠の減少、中途覚醒回数の増加による睡眠の質の低下が特徴的である²⁴⁾.

4. 運動と睡眠

運動の実施によって、副交感神経活動が充進し、体力の向上に伴って体温調節機能が向上し、さらに、達成感・爽快感などの快適な心理状態を呈するなど、睡眠の質・量を決定するいくつかの要因に身体活動（運動）が影響することは既に知られている。

運動の実施と当日の夜間睡眠の関係を考えると、適度な疲労感によって、「運動をすれば、その夜はぐっすり眠れる」と信じられている。実際、身体活動の充進は睡眠に良い影響をもたらすとする先行研究は多い^{6, 7, 15, 21, 31)}。運動習慣のある人はない人より深睡眠量が多く、運動習慣のない人が運動を始めると、入眠潜時（Sleep Latency: SL）の短縮や深睡眠の増加が認められ、総睡眠時間（total sleep time: TST）も延長することが報告されている¹⁶⁾。しかし、運動と睡眠の関係については、年齢、性、運動習慣などの個人的特性や具体的な運動内容によって大きく影響を受けるため、運動の実施が良い睡眠行動の獲得のために効果的であったとする報告もあれば、阻害されるといった報告もあり、見解は一致していない^{7, 28, 42)}。

ここでは、運動と睡眠に関する先行研究を概観し、1) 一過性の運動が睡眠に及ぼす影響、2) 長期的な運動介入が睡眠に及ぼす影響、について述べる。

1) 睡眠へ及ぼす急性の効果

睡眠への運動の急性の効果を調べた先行研究では、一過性の運動がどのように睡眠に影響を与えているかについて検討している。すなわち、運動がその当日の睡眠に及ぼす影響の検討である。

Youngstedt et al. (1997) はメタ分析を用いて、一過性の運動が睡眠に及ぼす影響を検討している⁴⁴⁾。運動を行うことにより、TSTは約9.9分（図6）、SWSは約4.2分のそれぞれ延長を示し、REM睡眠もわずかであるが短縮していることから、一過性の運動は当日の夜間睡眠にとって有効であることを示唆している。さらに、彼らは体力など他の要因と比較して、運動時間が最も睡眠に影響をしていたことも報告した。とくにTSTの増加や

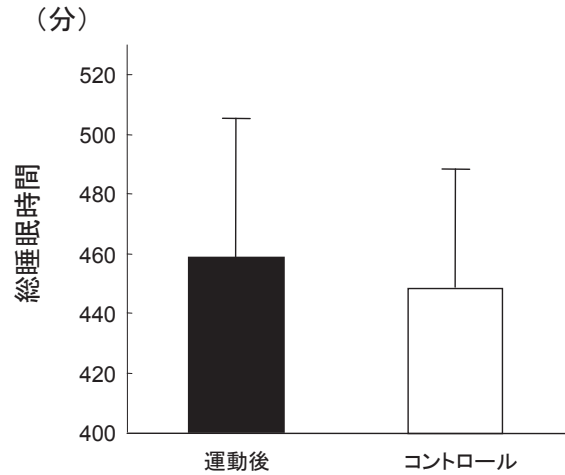


図6 急性の運動による総睡眠時間の変化 (Youngstedt et al., 1997 より著者作図)

SLの短縮、REM睡眠の減少は運動を1時間以上実施したときに観察されたとしている。

これまでの知見から考えると、マラソンなどの長時間にわたる持続的パフォーマンス後には、覚醒の増加^{23, 37)}やSLの延長⁹⁾を伴う睡眠の乱れがあるとされている。例えば、42.2kmのマラソンに参加した中年8名（平均40.8歳）では競技後に有意なSWSの減少を示した²³⁾。しかし、一方で、若年者6名（平均21.7歳）を対象とした92kmのマラソンではSWSに増加を認めている³⁷⁾。これらのSWSに及ぼす効果の違いは運動強度、運動時間、運動終了から睡眠までの時間、グループ間での年齢差のためであると考察されている⁷⁾。

トレーニングの種類も運動当日の睡眠パターンに影響する^{42, 43)}。Passos et al. (2010) は、中強度の有酸素運動、高強度の有酸素運動、中強度のレジスタンス運動を行わせ、一過性の運動が睡眠に及ぼす影響を調べた²⁹⁾。その結果、強度の有酸素運動では、SLと中途覚醒時間（wake time after onset: WASO）の減少、TST（図7）、睡眠効率（sleep efficiency: SE）の増加がみられたことを報

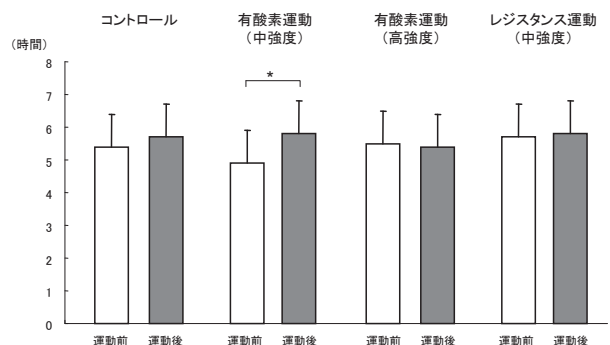


図7 一過性の運動による総睡眠時間への影響 (Passos et al., 2010 より著者作図)

告した。一過性の中強度の有酸素運動は睡眠前の心理的不安感の減少をもたらしと述べている。

Lambiase et al. (2013) は質の高い睡眠を得た翌日は身体活動が増加することを報告している¹⁸⁾。最近は、睡眠の質・量の亢進と身体活動量の増加は双方向的であるとの見解が示されることが多い^{12, 30)}。

しかし、運動が睡眠行動を阻害するとした先行研究も散見できる¹⁴⁾。運動の実施は眠気の有意な増加をもたらさず¹⁹⁾、運動強度によっては一時的に眠気の減少も起こることも報告されている²⁰⁾。長期間の高強度運動あるいは「オーバートレーニング」は睡眠を阻害することが示唆されている⁷⁾。このように、今後、一過性の運動が当日の睡眠への影響を検討する際に、年齢など被験者の特性に加え、運動種目、強度、時間、運動終了から睡眠までの時間などの条件の詳細な検討が必要であると思われる。

2) 睡眠へ及ぼす慢性の効果

運動が睡眠に及ぼす慢性の効果とは、1) 横断的調査によって運動習慣と睡眠の関係について検討する、2) ある一定期間の定期的な運動の介入が睡眠にどの程度影響しているかを調べており、運動実施当日の睡眠を評価している訳ではない。運動習慣と睡眠の関係を調べた横断的調査では、不眠症あるいは睡眠不足は不活動なライフスタイルと関係することを示唆している²⁾。また、体力の高い人は低い人と比べ、TSTが長く、SLが短く^{10, 23)}、さらに、SWSのレベルが高いことが報告されている^{1, 10)}。最近の知見は、定期的な運動習慣が質の睡眠を高めていること推測しており、さらに、まだ未解決であるものの、運動が不眠症に効果的であったことも示されている²⁸⁾。

Guilleminault et al. (1995) は心理生理的に慢性的な不眠症をもつ成人への有酸素運動の効果に注目し、中強度の有酸素運動（ウォーキング）と睡眠教育の組み合わせを4週間実施した¹¹⁾。図8に示すように、介入後、TSTは延長し、SLや中途覚醒回数は減少した（いずれ

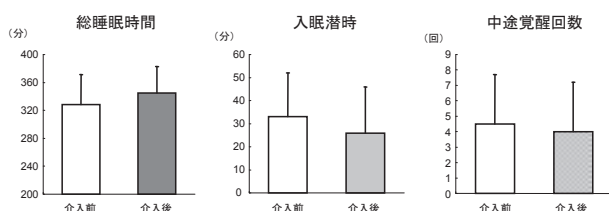


図8 運動介入による睡眠指標の変化（アクチグラフを用いた場合）(Guilleminault et al., 1995 より著者作図)

もアクチグラフで評価した場合)。この研究を一例として、いくつかの介入研究では、運動介入が睡眠にとって効果的であったことを示している^{7, 28)}。

長期間の持続的運動の介入は、他の運動様式と比較して、SWSを増加させる可能性が推測されている。例えば、Trinder et al. (1985) は長距離ランナー、有酸素性と無酸素性パワートレーニングを両方実施している競技者、パワーリフター、座業従事者の4つのグループの睡眠を調べた（図9）⁴³⁾。その結果、長距離ランナーのSWSが最も長く、パワーリフターが最も短かったことを報告している。しかし、9人の若年女性が参加した12週間の持続的トレーニングプログラムでは、有酸素性体力は向上したものの、睡眠に有意な影響を示さなかった²²⁾。呼吸・循環器系などの体力の向上が良い睡眠習慣者の睡眠をさらに亢進するかどうかについては、検討の余地が残っている。

これまでの睡眠に及ぼす運動の慢性の効果を概観すると、TSTとSWSを増加させる一方で、SLを短縮させ、WASOを減少させる。しかし、一過性の運動が当日の睡眠に及ぼす影響と同様に、オーバートレーニングは疲労を増し睡眠の乱れを起こす可能性が指摘されているように、運動の種類の詳細な検討が今後の課題である。

運動と睡眠の関係を調べた先行研究を概観すると、一過性の運動が運動当日の睡眠に及ぼす影響を調べた研究、横断的調査によって運動習慣と睡眠の関係について検討した研究、あるいは任意の期間の介入研究が睡眠に及ぼす影響を調べた研究のいずれに関わらず、被験者の

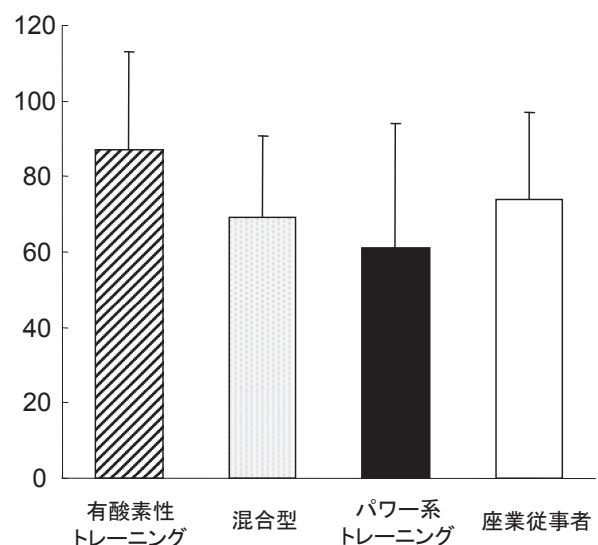


図9 トレーニング様式とSWS (Trinder et al., 1985 より著者作図)

年齢や体力レベルに相応しい運動であれば、質の高い睡眠を獲得するには有効である研究成果が多く示されている。しかし、十分な運動の効果が示されたとする先行研究は睡眠の質・量が低下している中高齢者を対象にしたものが多い²⁸⁾。良い生活習慣者にとっては、天井あるいは床効果によって、一過性の運動あるいは運動介入による睡眠の改善の余地は少なく、若年者を対象とした効果の検証が容易でない⁴⁵⁾。また、先行研究で指摘されているように、運動がもたらす疲労と眠気の区別は難しく、結果の解釈を困難にしている。このように、身体活動（運動）と睡眠の関係については、今後の研究成果の蓄積がまだまだ必要な領域であると思われる。

おわりに

ライフスタイルは個々人で多様化しており、とくに大学生では自由度が高く生活リズムが著しく乱れがちである。健康志向の高まりにより身体活動の重要性が認識される一方で、便利な社会が構築されてきたことで極端に不活動な大学生も多くみられる。睡眠・覚醒リズムや睡眠の質を高めるためにはどのような運動のあり方が効果的であるかについてデータを集積し、得られた研究成果を健康教育のなかでフィードバックしていくことは今後重要になっていくと考えられる。

受付2013.12.5／受理2014.1.29

文献

- 1) Baekeland, F., Lasky, R. Exercise and sleep patterns in college athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 23: 1203–1207, 1966
- 2) Booth, J., Bromley, L., Darukhanavala, A., Whitmore, H., Imperial, J., Penev, P. Reduced physical activity in adults at risk for type 2 diabetes who curtail their sleep. *Obesity (Silver Spring)*. 20:278–84, 2012
- 3) Busek, P., Vankova, J., Opavsky, J., Salinger, J., Nevsimalova, S. Spectral analysis of heart rate variability in sleep. *Physiol. Res.*, 54: 369-376, 2005
- 4) Cacioppo, J., Berntson, G., Binkley, P., Quigley, K., Uchino, B., Fieldstone, A. Autonomic cardiac control. II. Noninvasive indices and basal response as revealed by autonomic blockades. *Psychophysiology*. 31: 586-98, 1994
- 5) Chang, P., Ford, D., Mead, L., Cooper-Patrick, L., Klag, M. Insomnia in Young Men and Subsequent Depression. The Johns Hopkins Precursors Study. *Am. J. Epidemiol.* 146: 105-114, 1997
- 6) de Castro Toledo Guimaraes, L., de Carvalho, L., Yanaguibashi, G., do Prado, G. Physically active elderly women sleep more and better than sedentary women. *Sleep Med.* 9: 488–93, 2008
- 7) Driver, H. and Taylor, S. Exercise and sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 4: 387–402, 2000
- 8) Driver, H., Taylor, S. Sleep disturbances and exercise. *Sports Med.* 21: 1–6, 1996
- 9) Driver, H., Rogers, G., Mitchell, D., Borrow, S., Allen, M., Luus, H., Shapiro, C. Prolonged endurance exercise and sleep disruption. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 903-7, 1994
- 10) Edinger, J., Morey, M., Sullivan, R., Higginbotham, M., Marsh, G., Dailey, D., McCall, W. Aerobic fitness, acute exercise and sleep in older men. *Sleep*. 16: 351–357, 1993
- 11) Guilleminault, C., Clerk, A., Black, J., Labanowski, M., Pelayo, R., Claman, D. Non-drug treatment trials in psychophysiological insomnia. *Arch. Intern. Med.* 155: 838-44, 1995
- 12) Haario, P., Rahkonen, O., Laaksonen, M., Lahelma, E., Lallukka, T. Bidirectional associations between insomnia symptoms and unhealthy behaviours. *J Sleep Res.* 22: 89–95, 2013
- 13) Hobson, J. REM sleep and dreaming: towards a theory of protoconsciousness. *Nat. Rev. Neurosci.* 10: 803-13, 2009
- 14) Horne, J., Foster, S. Can exercise overcome sleepiness? *Sleep Res.* 24A: 437, 1995
- 15) King, A., Oman, R., Brassington, G., Bliwise, D., Haskell, W. Moderate-intensity exercise and self-rated quality of sleep in older adults. *JAMA.* 227: 32–37, 1997
- 16) Kubitz, K., Landers, D., Petruzello, S., Han, M. The effects of acute and chronic exercise on sleep: a meta-analytic review. *Sports Med.* 21: 277–291, 1996
- 17) 小曾根基裕, 岩下正幸, 伊藤裕. 日本人の睡眠習慣の変遷とその意義. *日本臨床*. 7: 1095-1199, 2012
- 18) Lambiase, M., Gabriel, K., Kuller, L., Matthews, K. Temporal relationships between physical activity and sleep in older women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 45: 2362–2368, 2013
- 19) Leproult, R., Van Reeth, O., Byrne, M., Sturis, J., Van Cauter, E. Sleepiness, performance, and neuroendocrine function during sleep deprivation: effects of exposure to bright light or exercise. *J. Biol. Rhythms.* 12: 245-58, 1997
- 20) Lichstein, K., Means, M., Noe, S., Aguillard, R. Fatigue and sleep disorders. *Behav. Res. Ther.* 35: 733–740, 1997
- 21) Loprinzi, P., Cardinal, B. Association between objectively measured physical activity and sleep, NHANES 2005–2006. *Ment. Health Phys. Act.* 4: 65–9, 2011

- 22) Meintjes, A., Driver, H., Shapiro, C. Improved physical fitness failed to alter the EEG patterns of sleep in young women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59: 123-127, 1989
- 23) Montgomery, I., Trinder, J., Paxton, S., Fraser, G. Sleep disruption following a marathon. *J. Sports Med.* 25: 69-73, 1985
- 24) 宮崎総一郎, 佐藤尚武 (編). 睡眠と健康, 放送大学教育振興会, 東京, 2011
- 25) 水野康. 睡眠と運動. *睡眠医療*, 6: 81-483, 2012
- 26) NHK放送文化研究所 (編). 日本人の生活時間・2010, NHK放送文化研究所, 東京, 2011
- 27) 中山栄純, 小林宏光, 山本昇. アクチグラフによる睡眠・覚醒判定の基礎的検討. *石川看護雑誌*. 3: 31-37, 2006
- 28) Passos, G., Poyares, D., Santana, M., Tufik, S., de Mello, M. Is exercise an alternative treatment for chronic insomnia? *Clinics*, 67: 653-659, 2012
- 29) Passos, G., Poyares, D., Santana, M., Garbuio, S., Tufik, S., Mello, M. Effect of acute physical exercise on patients with chronic primary insomnia. *J. Clin. Sleep Med.* 6: 270-5, 2010
- 30) Pesonen, A., Sjösten, N., Matthews, K., Heinonen, K., Martikainen, S., Kajantie, E., Tammelin, T., Eriksson, J., Strandberg, T., Räikkönen, K. Temporal associations between daytime physical activity and sleep in children. *PLoS One*. 6: e22958, 2011
- 31) Reid, K., Baron, K., Lu, B., Naylor, E., Wolfe, L., Zee, P. Aerobic exercise improves self-reported sleep and quality of life in older adults with insomnia. *Sleep Med.* 11: 934-40, 2010
- 32) Sadeh, A., Hauri, P., Kripke, D., Lavie, P. The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *Sleep*. 18: 285-287, 1995
- 33) Shimamoto, H., Naito, T., Tanida, K., Shibata, M. Relationship between daily physical activity and daytime sleepiness in undergraduate students. CD-ROM abstracts of the 18th annual congress of European College of Sport Science, 2013
- 34) Shimamoto, H., Tanida, K., Shibata, M. Characteristics of heart rate variability during night sleep in elderly long-distance male runners. CD-ROM abstracts of the 17th annual congress of European College of Sport Science, p548, 2012.
- 35) Shimamoto, H., Shibata, S., Wakamura, T., Shibata, M. Relationship between daily physical activity levels and bedtime melatonin concentrations in school-age children. CD-ROM abstracts of the 16th annual congress of European College of Sport Science, 2011
- 36) 島本英樹, 谷田恵子, 柴田真志. ランニング習慣が高齢者の夜間心拍変動に及ぼす影響. *日本生理人類学雑誌*. 14: 82-83, 2009
- 37) Shapiro, C., Bortz, R., Mitchell, D., Bartel, P., Jooste, P. Slow-Wave Sleep: A recovery period after exercise. *Science*. 214: 1253-4, 1981
- 38) 高橋健太郎, 村上雅仁, 前田慶明, 池田洋美, 細川晃代, 加藤順一. 頸髄損傷患者における自立神経活動の日内変動について—心拍変動パワースペクトル解析による検討—. *理学療法科学*, 19: 207-210, 2004
- 39) 谷田恵子, 楊箸隆哉, 本田智子, 柴田真志. 1分間区分における各睡眠段階の心拍変動和パワースペクトル指標値の比較. *日本看護研究学会雑誌*. 34:191-198, 2011
- 40) 谷田恵子. OSA睡眠調査票による睡眠感と睡眠中の心拍変動パワースペクトル指標との関連. *日本看護技術学会誌*. 9: 19-26, 2010
- 41) Task Force of the European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur. Heart J.* 17: 354-381, 1996
- 42) Trinder, J., Montgomery, I., Paxton, S. The effect of exercise on sleep: the negative view. *Acta. Physiol. Scand.* 133 (Suppl. 574): 14-21, 1988
- 43) Trinder, J., Paxton, S., Montgomery, I., Fraser, G. Endurance as opposed to power training: their effect on sleep. *Psychophysiol.* 22: 668-673, 1985
- 44) Youngstedt S, O'Connor P, Dishman R. The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep*. 20: 203-14, 1997
- 45) Youngstedt, S. Ceiling and floor effects in sleep research. *Sleep Med. Rev.* 7: 351-65, 2003