

平成 23 年 6 月 20 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20700542

研究課題名（和文） 不眠者における睡眠改善のための運動方法について

研究課題名（英文） Exercise method to elicit a positive effect on sleep for people who do not sleep well

研究代表者

小田 史郎 (ODA SHIRO)

北翔大学・生涯スポーツ学部・准教授

研究者番号：70347813

研究成果の概要（和文）：運動が睡眠を改善するかどうかは、普段の睡眠がよくない人で検討すべきとの指摘がなされている。本研究では、アクティグラフを用いた事前の睡眠評価から不眠傾向の男子大学生を抽出し、非運動日と運動日の睡眠を比較した。その結果、睡眠不良者においては、運動日に有意な睡眠改善効果が認められた。本研究では最適な運動実施時間帯を明らかにすることはできなかったが、夕方での運動が不眠者の睡眠を改善する可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：Many studies have pointed out a methodological limitation that good sleepers have little room to achieve improvement in sleep by exercise. So, this study was designed to examine the effects of exercise on sleep for male college students who do not sleep well. We compared their sleep parameters obtained by actigraph between the exercise day and the non-exercise day. Results obtained in their respective homes (n=7) as well as in the laboratory (n=7) showed positive effects on sleep (increase in sleep efficiency) on the exercise day for people who do not sleep well. We have failed to show the most suitable length of time before sleep to exercise in order to improve their sleep. However, our results indicate that a bout of exercise performed in the early evening (18:20-21:00) might improve sleep for young people who do not sleep well.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：応用健康科学

キーワード：不眠、睡眠、体温、自律神経系、運動

1. 研究開始当初の背景

(1) 運動が睡眠に影響を及ぼすメカニズム

運動した日によく眠れることはよく経験するところであるが、運動が顕著な睡眠改善

効果を持つことを実証した研究報告は少ない。実験研究のほとんどは、運動は夜間睡眠を変化させない、あるいは改善したとしてもわずかであるとの報告にとどまっている。反

対に運動後に睡眠阻害を認めた報告もある。こうした結果の不一致は、「運動すると身体が疲労するためによく眠れる」という単純な関係ではないことを意味する。むしろ運動プロトコル（種目、強度、持続時間、タイミング等）が運動実施者の特性（年齢、性別、体力レベル、運動経験等）に合っているかどうかは睡眠への影響を考える上で重要とされている（Youngstedt, 1997）。特に、運動実施に伴う生理的変化（体温変動や循環反応、ホルモン動態等）や心理的変化（不安やうつ症状の軽減等）は、運動が睡眠に及ぼす影響を決定する要因と考えられている。

以上の考えを支持するように、体温変動や自律神経活動、心理状態が睡眠と密接に関連することが報告されている。例えば体温では、末梢部位における熱放散量の増加が眠気を増大させ、入眠を促進することが明らかにされている（Krauchi et al, 1997）。また脳温が高まった状態で入眠すると、これを冷却する機能として徐波睡眠が増えるとの報告もなされている（McGinty and Szymusiak, 1991）。以上のことから、このような催眠効果が高い生理的・心理的変化が就床時付近に現れるように運動を実施することによって、睡眠改善効果が得られやすいのではないかと考えられる。

(2) 先行研究における問題点

普段から睡眠が良好な人は睡眠改善効果の高い運動を実施してもその効果が得られにくい（いわゆる天井効果）との指摘がなされている（Youngstedt, 1997）。運動が睡眠に及ぼす急性効果は、運動を実施した日と運動を実施しなかった日の睡眠を比較するクロスオーバーデザインで検討されることが多い。そのため、運動しなくても良好な睡眠が得られる人では、ほとんど運動による改善の余地がないということになる。この問題に対して、Youngstedt et al (2000)は良睡眠者にカフェインを服用させて不眠状態を誘発させてから運動の効果を検討するといった実験デザインを考案した。しかしながら、これらの研究においても、良睡眠者では顕著な睡眠改善効果が認められなかった。一方、睡眠不良者を対象に運動の効果を検討した報告はほとんどなされてこなかった。その理由として、特に若年者では、睡眠不良者を抽出する方法の難しさが挙げられる（睡眠不良者を選抜すると他の障害を併せ持っていることが多いこと、睡眠不良者を募集しても睡眠良好者が集まる傾向にあること等）。従って、睡眠不良者の睡眠を改善する有効な運動方法については、ほとんど検討されてこなかったといえる。

(3) 実験デザインについて

睡眠研究では、実験室で就寝させる方法と被験者の自宅で就寝させる方法がある。前者では、睡眠に影響すると考えられる要因（光暴露量や騒音、生活行動等）を厳しく統制できるという利点があり、多くの研究者はこの手法を採用している。しかしながら、普段とは異なる雰囲気での生活や寝具の使用、多くの場合に睡眠ポリグラフ測定が併せて実施されること等、睡眠環境が日常生活とは大きく異なるという問題が指摘されている。一方、自宅睡眠ではこのような問題は最小限に抑えられるが、生活行動や光暴露量、騒音などをコントロールしにくいという問題がある。どちらも一長一短であるため、両者から総合的に検討することが望ましいのではないかと考える。

2. 研究の目的

以上のような背景のもと、本研究では、睡眠問題を抱える人を抽出し、彼らの夜間睡眠を改善するための運動方法について、自宅と実験室の両研究環境において検討することとした。

研究1では、日常生活の中で運動が睡眠に及ぼす影響について検討するために、1週間にわたるアクティグラフ測定と活動記録を行い、運動日と非運動日の睡眠を比較検討することを目的とした。

研究2では、生活行動を厳しく統制した実験室内で、運動実施タイミングの違いが睡眠に及ぼす影響について検討することを目的とした。また運動が睡眠に影響するメカニズムを検討するため、体温や心拍数、心臓自律神経活動、眠気や快適感、疲労感といった生理・心理的指標の検討を加えた。

以上の2つの研究結果から、睡眠問題を抱える人の夜間睡眠を改善するための運動方法について検討した。

3. 研究の方法

(1) 日常生活における運動と睡眠の関連（研究1）

実験参加の同意が得られた18名の男子大学生（ 20.9 ± 1.3 歳）が、1週間のアクティグラフ測定を行った。18名中13名がH大学体育会の部活動に所属しており、彼らの練習頻度は週あたり平均4.5日であった。彼らは部活動で練習を行う日を運動日、練習以外の日を非運動日とした。残る5名の内訳は、運動サークルに所属している者2名と自主的に運動トレーニングしている者3名であり、彼らはサークル活動を行った日や自主的に運動した日を運動日、それ以外の運動しなかった日を非運動日とした。すべての被験者において、アクティグラフを測定した1週間に運動日と非運動日が含まれた。本実験で用いたアクティグラフは、マイクロミニRC型（A. M. I社、

USA)であった。被験者はクラブ活動時や入浴時を除くすべての時間に、アクティグラフを装着し続けて生活すること、併せて同1週間の活動記録を記入するように指示されていた。この活動記録をもとに、昼寝や飲酒、大学での試験など、睡眠に影響しやすいライフイベントが認められた日を解析データから除外した。アクティグラフデータからは入眠潜時、中途覚醒時間、睡眠効率(総睡眠時間/全就床時間)を求め、運動日、非運動日ごとに平均値を算出した。運動日と非運動日の比較は、対応ある2群の差の検定を用いて行った。有意水準は、危険率5%未満とした。

また被験者全員に対してピッツバーグ睡眠質問票(日本語版)に回答してもらった(土井ら, 1998)。解析マニュアルに従ってピッツバーグ睡眠質問票総合得点を算出し、5.5点以上の者を「睡眠障害あり」と判定した。またアクティグラフと同様に、入眠潜時、中途覚醒時間、睡眠効率を求めた。アクティグラフとピッツバーグ睡眠質問票の両者で得られた各指標がどのような関係にあるかを検討するために、ピアソンの相関係数の検定を実施した。統計解析の有意水準は、危険率5%未満に設定した。

(2) 実験室実験における運動と睡眠の関連(研究2)

睡眠不調を訴える男子大学生を募集し、実験への同意が得られた18名がこれに参加した。彼らにはアテネ不眠尺度とピッツバーグ睡眠質問票(日本語版)に回答してもらい、睡眠が良好でないと評価された被験者であった。しかしながら、実験前に3日間のアクティグラフ評価を行ったところ、睡眠効率の平均値が90%を下回ったのは18名中7名であった。彼らを「睡眠不良群」とし、睡眠効率が90%以上であった11名を「睡眠良好群」として分類した。すべての被験者は実験前1週間の生活統制を行ったほか、実験室環境での睡眠や睡眠ポリグラフ測定に慣れるための練習日を実施してから本実験を行った。本実験は(1)非運動日、(2)就床3時間前運動日、(3)就床5時間前運動日の3日間の実験で構成した。実験日の就床時刻は23:30、起床時刻は翌7:30としたほか、運動以外の生活行動がなるべく3日間で同じになるように生活させた。日中の生活は、活動記録やアクティグラフを用いて確認し、昼寝等がみられた場合にはその日の実験を中止した。被験者は17:30に実験室に集合し、就床まで実験室内で厳しく統制した生活を行った。本研究では、心拍予備量の60%という中等度強度のジョギングを40分間実施させた(目標心拍数で走行したのは30分であり、前後5分間ずつはウォームアップとクールダウンとした)。本実験は北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター内にあ

る人工気象室を室温20°C、相対湿度50%に設定した中で実施した。客観的な睡眠評価は、アクティグラフと睡眠ポリグラフ法により実施した。アクティグラフからは総睡眠時間、入眠潜時、中途覚醒時間、睡眠効率を求め、睡眠ポリグラフからは上記に加え、徐波睡眠およびレム睡眠の出現時間を求めた。また就寝前の眠気や快適感、疲労感の大きさをVAS質問紙を用いて評価したほか、起床後の睡眠感についてOSA睡眠調査票を用いて評価した。本研究ではさらに、心拍数および心臓自律神経機能(副交感神経系の活動指標とされるHFパワー値、交感神経系の活動指標とされるLF/HF)、直腸温、皮膚温を連続記録した。各変量はBonferroni/Dunn法による多重比較を用いて3日間の値を比較した。

4. 研究成果

(1) 日常生活における運動と睡眠の関連(研究1)

日常生活における1週間のアクティグラフ測定の結果から運動が睡眠に及ぼす影響を検討したところ、被験者全員では運動日の総睡眠時間が非運動日に比べて有意に長い結果が認められた($p < 0.05$)。しかしながら、入眠潜時や中途覚醒時間、睡眠効率には両条件間に有意差が認められなかった。そこで睡眠効率の値が非運動日に90%を下回った被験者(7名)のみで同様の分析を行ったところ、運動日の方が有意に高い睡眠効率の値が認められた(非運動日の84%に対し、運動日が90%)。サンプル数が少なかったために、どのような運動が睡眠改善に効果的であるか(運動の種類や運動強度、実施タイミング等)については検討することができなかった。

一方、ピッツバーグ睡眠質問票(日本語版)の結果では、被験者18名中9名が総合得点で5.5点を上回り、「睡眠障害あり」と判定された。このうちアクティグラフの睡眠効率が90%未満であった者と一致したのはわずか3名であった。そこで、ピアソンの相関係数の検定を用いて両指標から得られた入眠潜時、中途覚醒時間、睡眠効率の関係を検討したところ、いずれの指標においても、両者の間に有意な相関関係は認められず、むしろ極めて低い相関係数が認められた(総睡眠時間: $r = 0.07$ 、入眠潜時: $r = -0.09$ 、睡眠効率: $r = -0.03$)。

以上の結果から、多くの大学生が自分の睡眠を正確に評価していない可能性が示唆された。このことから、大学生の睡眠不良者を睡眠質問紙のみで抽出することは難しく、アクティグラフのように客観的に睡眠を評価できる方法を用いるべきと考えられた。

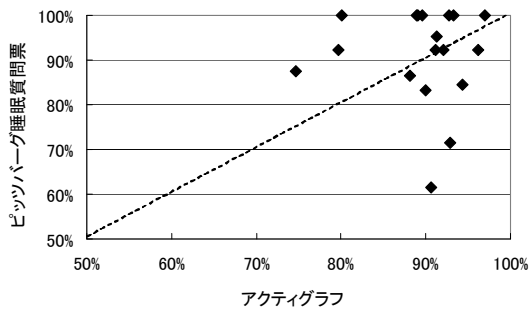


図1 ピッツバーグ睡眠質問票とアクティグラフから得られた睡眠効率の関係

(2) 実験室実験における運動と睡眠の関連 (研究2)

研究1の結果を受け、研究2では、アクティグラフにより不眠傾向にある人を抽出し、睡眠を改善するための運動の実施タイミングについて検討することとした。事前のアクティグラフ評価により睡眠効率が90%未満であった被験者7名を「睡眠不良群」、90%以上であった被験者11名を「睡眠良好群」に分類した。本研究では就床3時間前と就床5時間前という2つのタイミングで中等強度の運動を実施したが、睡眠不良群のアクティグラフデータからは両運動日とも同じような睡眠改善傾向がみられた(就床3時間前運動日88.5%、就床5時間前運動日88.6%、非運動日81.9%)。そこで両運動日の値を平均して運動日の値とし、非運動日の値と比較した。対応ある2群の差の検定の結果、運動日において睡眠効率の有意な改善が認められた(非運動日81.9%、運動日88.5%、 $p < 0.05$)。また有意差ではなかったものの、運動日に入眠潜時が短縮する傾向が認められた(非運動日55分、運動日31分、 $p = 0.07$)。中途覚醒時間には有意差が認められなかった。睡眠ポリグラフの各変数やOSA睡眠調査票による翌朝の睡眠感では有意な改善は認められなかった。また、11名の睡眠良好群では、どの指標においても運動による睡眠改善効果が認められなかった。

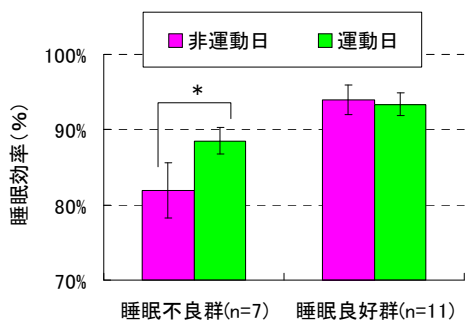


図2 運動日と非運動日の睡眠効率の比較 (Mean ± SEM, * $p < 0.05$ by paired t-test)

就床前の眠気は、睡眠不良群の非運動日において低い値であったが、運動日には有意に増加した(非運動日53点、運動日66点、 $p < 0.05$)。睡眠良好群の眠気は、睡眠不良群の運動日の値に近いあたりで推移し、有意差は認められなかった(非運動日62点、運動日65点)。疲労感は睡眠不良群、睡眠良好群とも運動日の値が有意に高かった(睡眠不良群:非運動日24点、運動日52点、睡眠良好群:非運動日41点、運動日60点)。本研究ではさらに、体温や心拍数、心臓自律神経活動の関与について検討した。その結果、多くの生理指標は運動産生の一時的興奮が運動終了後数時間で消失し、就床時にはすでに運動しない日のレベルまで回復していた。その中で足部皮膚温だけは、両運動日ともに就床前にかけて高い値で推移した。足部という末梢組織において高い皮膚温が認められたことは、運動によって発生した熱を運動後に末梢部位から積極的に放散するプロセスが就床前まで持続していたことが推察される。このような末梢からの熱放散の増加が眠気を生じさせることが報告されているが(Krauchi, 1997)、本研究においても運動日の就床時において眠気の増大が認められていた。このことから、睡眠不良群の運動日に睡眠改善効果が認められた要因として、末梢部位からの熱放散量増加による催眠効果が関与したことが考えられた。一方、睡眠良好群においても同様の体温変動は生じたが、もともとの眠気が大きかったためにこれを上回るような眠気の増大にはつながらなかったと考えられる。

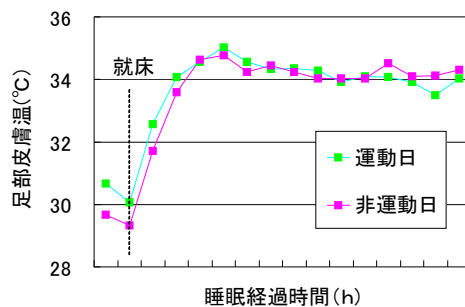


図3 運動日と非運動日の足部皮膚温の比較 (n=14)

(3) 本研究の課題及び今後の展望

本研究では、質問紙だけでなくアクティグラフデータでのスクリーニングを行ったため、睡眠不良群のサンプル数が少なくなった。これにより、多くの指標において改善傾向がみられても、それが有意差につながらなかったがたびたびあった。しかしながら事前のアクティグラフ測定を行うことで、ターゲットとなる睡眠不良者を高精度に抽出できるこ

と、こうして抽出した睡眠不良者では運動の効果が認められやすいことが明らかにできた。このようなプロセスで睡眠不良者を抽出して実験を行った研究例はほとんどなく、重要な知見が得られたと考える。今後も同様の方法によって睡眠不良者を抽出し、彼らの睡眠改善に向けた運動方法の探究を続ける予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

1. 小田史郎、白川和希：運動実施による睡眠改善効果は就床直前の知的活動で抑制されるか日本睡眠学会第33回定期学術集会、2008年6月25日、福島県福島市

2. Oda, S., Shirakawa, K. Influence of presleep exercise on sleep is altered depending on both exercise intensity and exercise timing. 19th Congress of the European Sleep Research Society, 2008年9月13日 Glasgow (Scotland).

3. 小田史郎、白川和希：アクティグラフにより抽出した不眠者における運動実施のタイミングが睡眠に及ぼす影響の検討。日本睡眠学会第35回定期学術集会 2010年7月1日、愛知県名古屋市

[図書] (計1件)

1. 小田史郎：「北方圏住民への休養促進」、北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター編：『生涯スポーツ叢書1 北方圏における生涯スポーツ社会の構築』、響文社、2010、pp.371-385.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小田 史郎 (ODA SHIRO)

北翔大学・生涯スポーツ学部・准教授

研究者番号：70347813

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

白川 和希 (SHIRAKAWA KAZUKI)

北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター

・非常勤研究員

研究者番号：70448835