

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：32411

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23700686

研究課題名(和文)身体活動による子どもの「睡眠の質」改善効果の検討

研究課題名(英文)The effects of physical exercise on quality of sleep in children

研究代表者

飯田 悠佳子(IIDA, YUKAKO)

駿河台大学・現代文化学部・講師

研究者番号：30548277

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：入力予定実態調査からは、子どものQOL(心身の健康についての主観的評価)における睡眠の質や睡眠・覚醒リズムの重要性が示唆された。さらに、その睡眠の質に対して、身体活動(運動)がどのような影響を及ぼすか、運動介入と睡眠ポリグラフ測定を用いた実験を行った。その結果、定期的な運動習慣と規則的な睡眠習慣を有する男子中学生においては、就床6-7時間前に行う運動(82%HRmax, 30分間)による生理学的変化は、夜間の睡眠構造に対して、短期的には必ずしも明確な変化をもたらさないこと、どちらかという睡眠の質を阻害し、翌朝の起床時覚醒度を低下させる可能性があることが窺えた。

研究成果の概要(英文)：The result of our pilot study suggests that the regular sleep-wake pattern and/or sleep quality is positively associated with better quality of life in children. We also investigated the effect of a 30-minute exercise (82%HRmax), performed 6-7 hours before bedtime, on the following night's sleep quality by using polysomnography in children who regularly exercise. Although the result was not statistically significant, the sleep variables of polysomnography indicate a trend towards decreased sleep quality following exercise. The result did indicate that on the day after the exercise was performed, children showed significantly lower levels of arousal in the morning. This could indicate an altered sleeping pattern as a result of exercise.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：睡眠の質

1. 研究開始当初の背景

現代の日本人は、社会の複雑化、ライフスタイルの多様化などを背景に生活の夜型化が進行し、睡眠時間が年々短縮している。その傾向は子どもにおいても同様であり、日本学校保健会(2006年)の調べでは小学生の睡眠時間は過去29年の間に約21分、中学生は約41分減少した。睡眠は生体の恒常性維持に不可欠の行動・現象であり、睡眠中には覚醒時の活動で消耗した中枢神経系の疲労回復が行われる(田ヶ谷, 2008)。さらに、成長ホルモンやメラトニンなど発育や成熟に関与するホルモン分泌と睡眠とは密接に関連しており、睡眠の悪化は子どもの身体の成長を妨げる可能性を孕んでいる(神山, 2003)。また、近年では、睡眠と子どもの心の健康との関連にも関心が高まっている。Wolfson et al. (1998) は、13-19歳の3120名を対象とした調査の結果、平日の睡眠時間が短く週末の就床時刻が遅い生徒は日中の眠気とうつ的な気分が強く、目覚めも悪いことを報告している。さらに、不登校状態の背景に睡眠・覚醒リズムの乱れが多くみられる(三池, 2009) ことなども指摘されている。このような子どもの睡眠の変化とそれに伴う心身への影響について、実態をより詳細に把握するとともに、エビデンスに基づいた対応策を確立することは重要な課題であると考えられる。

一方、睡眠に影響し、その質を改善する可能性を持つ要因の一つとして身体活動(運動)の存在が挙げられる。Yongstedt et al. (2005) は、身体活動(運動)と睡眠に関する研究のメタ分析の結果、運動が総睡眠時間と深い眠りの指標である徐波睡眠量を増加させることを報告している。しかしながら、これらは成人を対象とした研究結果であり、睡眠そのものが発達途上である子どもにおいて、身体活動(運動)の効果は一致した見解が得られていない。さらに、睡眠と身体活動との関連性に注目した先行研究、とりわけ子どもを対象とした多くが、質問紙などに基づく睡眠時間や主観的な眠気などを指標としており、睡眠の質について必ずしも十分に評価できていない。成人を対象とした研究においては比較的多く用いられている睡眠ポリグラフは、眠りの深さの程度に対応して特徴的な波形を示す睡眠脳波と、眼球運動、筋電図を併せて記録し睡眠の状態を把握する方法であり、夜間睡眠の深さをより直接的に評価することが出来る。すなわち、睡眠ポリグラフを用いることで、身体活動(運動)が子どもの睡眠の質に及ぼす影響を明らかにすることが可能となる。

2. 研究の目的

上記のような背景を踏まえ、本研究では、身体活動が子どもの睡眠の質に及ぼす影響について、実態調査と実験的運動介入を行い、包括的に検討することを目的とした。まずは、

小中学生を対象とした調査を行い、子どもの身体活動と睡眠(睡眠・覚醒リズム、日中の眠気)及びメンタルヘルスなどの実態を明らかにすることを目的とした。さらに、運動介入実験を行い、睡眠の質を評価する指標として睡眠脳波を用いることで、身体活動(運動)が睡眠の質に与える影響についてより直接的に評価することを主な目的とした。

3. 研究の方法

本研究では以下の2つの実態調査と運動介入実験を行った。

(1) 子どもの身体活動と睡眠、及びメンタルヘルスに関する実態調査

A県内公立学校に通う小学4年生から中学3年生までの男女943名を対象に、質問紙調査を実施した。質問紙は、主な内容として、普段の運動時間、室内活動時間、睡眠習慣及び質(Pittsburgh Sleep Quality Index: PSQI)、食習慣などの生活習慣を問う項目に加え、メンタルヘルスを反映する指標としてQuality of Life: QOL(生活の質)を評価するための設問を含み、独自に作成した。なお、QOLのなかでも心身の健康状態の影響を直接受けやすい側面に注目した健康関連QOLに注目した。小学生は家庭に持ち帰り保護者による代理評価方式で回答、中学生は放課後などに学校において自己評価方式で回答する形式をとった。

また、このうち小学4年生男女56名を対象に、腕時計式加速度計(Actiwatch2)を用いた10日間の睡眠・覚醒リズム測定を実施した。得られた8日間分の加速度データから、各対象者の入眠・覚醒時刻、睡眠時間、睡眠・覚醒リズムの規則性を表わす値(睡眠を0、覚醒を1とした時の自己相関関数を算出し、 $Lag=24\pm 4$ 時間の間にある自己相関の最大値と最小値の差(Asaoka et al., 2007))を算出した。なお、申請時にはこれらの睡眠変数と日中の眠気との関連を分析の中心とする予定であったが、対象となる子どもの心身の健康、とりわけメンタルヘルスにおける睡眠の役割についてより包括的に把握する必要性があると判断し、一部計画を変更し、QOLに注目して調査及び分析を行うこととした。

(2) 身体運動が夜間睡眠の質に及ぼす影響についての運動介入実験

本実験では、実態調査の結果を踏まえ、運動習慣及び規則正しい睡眠習慣を有する中学一年生男子9名を対象者とした。3日間(適応・安静・運動条件)の終夜睡眠ポリグラフを、対象者の自宅において実施し、運動条件では、就床時刻の約6-7時間前である午後16時より、30分間のペダリング運動を行わせた。運動負荷は事前にPhysical Work Capacityテストを行い、各対象者の85%HRmaxとなる値を算出し設定した。一方、安静条件では、同環境において座位で30分間の安静をとらせた。また、就床前には、体温(鼓膜温)測

定と Visual Analogue Scale : VAS による主観的な眠気測定を行った。さらに、起床直後には主観的な眠気測定に加え、認知反応課題による客観的な覚醒度評価も実施した。なお、睡眠ポリグラフ及び各測定は、就床・起床前に測定者が対象者の自宅を訪問して実施し、運動及び安静は大学内の教室にて実施した。

実験期間中の睡眠スケジュールについては普段通りの就床・起床時刻とし、事前調査に基づき対象者ごとに設定、条件間で同一となるようにした。また、実験期間中（安静・運動条件の数日前から）はスポーツ活動や外遊び運動を行わないように依頼した。そのため本実験は、いずれも夏休み期間中に実施し、対象者の登校や普段の生活にできるだけ支障がないように配慮した。実験スケジュールと測定内容の詳細は図1の通りである。

なお、対象者には特記すべき健康上の問題や睡眠障害がなく、規則正しい睡眠習慣（睡眠・覚醒リズム）を有していることを保護者回答の質問紙により確認した。また、実験に先立ち、全ての対象者及び保護者に対して、実験の趣旨と内容等の事前説明を文章と口頭により行い、同意を得た。

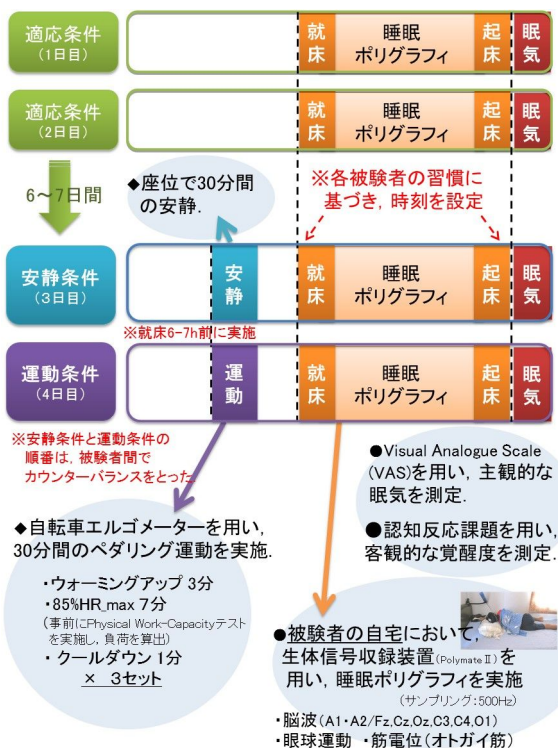


図1.スケジュールと測定内容

4. 研究成果

(1) 子どもの身体活動と睡眠、及びメンタルヘルスに関する実態調査

質問紙の回収数は553名(58.0%)で、このうち欠損回答などを除いた有効回答者数は520名(55.1%)であった。メンタルヘルスの指標として用いたQOL得点を目的変数とした重回帰分析を行った結果、小学生では

睡眠(PSQI)得点が、中学生では睡眠(PSQI)得点と運動時間、食事得点、疲労感が有意な説明変数として抽出された。すなわち、小中学生ともに、睡眠習慣及び質が良好であるほどQOLも高い、ということが示された。また、中学生では疲労感や食習慣の良さもQOLの高さと関連していた。

小中学生期を通じて、生活習慣のなかでもとりわけ睡眠は、子ども自身の健康状態についての主観的評価(QOL)と強く関係していることが示されたことから、腕時計式加速度計で実測したデータを用い、睡眠とQOLとの関係についてさらに詳細な検討を行った。その結果、男子においてQOL得点と睡眠(PSQI)得点及び睡眠・覚醒リズムの規則性との間に有意な関連がみられ、女子ではQOL得点と平日の睡眠時間との間に有意な関連がみられた。すなわち、子どものQOLの高さには睡眠時間などの量だけでなく、(とくに男子において)睡眠の質の良さや、睡眠・覚醒リズムが規則正しいことなどが関連していると考えられた。

これらの結果から、子どものメンタルヘルスの良否において睡眠は重要な役割を担っていること、子どもの睡眠を評価する際には、就床時刻や睡眠時間の値だけでなく、睡眠の質や睡眠・覚醒リズムなどにも注目する必要があると考えられた。

(2) 身体運動が夜間睡眠の質に及ぼす影響についての運動介入実験

運動介入実験では、対象者である男子中学生9名の有効データを得た。そのうち、全就床時間を通じて睡眠ポリグラフの記録をすることができた7名(年齢:12.4±0.5歳、身長:154.5±8.8cm、体重:45.1±6.8kg、BMI:18.8±0.9)について詳細な検討を行った。はじめに、本実験では、運動条件における目標運動強度を85%HR_{max}とし、事前測定の結果に基づき対象者ごとの負荷を算出した。それらに基づき実際に実施した30分間のペダリング運動の負荷は、平均137.2±27.3W、最大156.4±36.2Wであった。また、運動中の心拍数は平均170.4±11.5回/分で、これは82.1±5.5%HR_{max}の運動強度であり、Borg Scaleで評価した主観的運動強度は、平均18.1±1.1、最高16.2±2.1であった。

次に、睡眠ポリグラフによって得られた終夜脳波及び眼球運動、筋電図データについて、睡眠段階判定基準(American Academy of Sleep Medicine)に基づき判定して、睡眠変数を算出し、運動条件と安静条件の比較を行った(表1)。全就床時間は514.1±54.7分であり、睡眠効率は安静条件98.1±0.9%、運動条件96.8±4.3%であった。また、いずれの睡眠変数においても統計的に有意な条件間の差はみられなかったが、平均値では、安静条件よりも運動条件において、睡眠段階3の出現率が低く(運動条件の方が約13分短い)、入眠以降の中途覚醒(Wake after sleep

onset : WASO) 出現率が高かった(運動条件の方が約5分長い)。これらの傾向は7名中4名において共通してみられた。また、安静条件よりも運動条件でREM潜時が遅延(約20分)していた。なお、睡眠途中で電極が外れるなどしてポリグラフデータの一部が記録できなかった2名を含めた対象者9名について、全就床時間の前半に限定して、睡眠変数の分析を行ったところ、7名を対象とした分析結果と同様の傾向であった。

さらに、運動条件と安静条件における客観的な起床時覚醒度について、認知反応課題の結果を指標として比較した。その結果、安静条件よりも運動条件において認知反応課題の誤反応が有意に多く($p=0.014$)、運動を行った日の翌朝の起床時覚醒度は、運動をしていない日の翌朝よりも低いことが示された(表2)。一方、主観的な眠気については、就床前・起床直後ともに条件間の有意な差はみられなかった(就床前:安静条件 6.5 ± 2.3 , 運動条件 6.9 ± 3.0 , $p=0.77$, 起床直後:安静条件 8.1 ± 1.6 , 運動条件 8.2 ± 1.6 , $p=0.68$)。また、就床前の体温(鼓膜温)についても条件間の差はみられなかった(安静条件 36.4 ± 0.32 度, 運動条件 36.4 ± 0.2 , $p=0.99$)。

表1. 安静条件と運動条件における睡眠変数

	安静条件	運動条件	P値
全就床時間(分)	514.1 ± 54.7	514.1 ± 54.7	-
睡眠効率(%)	98.1 ± 0.9	96.8 ± 4.3	0.48
入眠潜時(分)	13.1 ± 12.2	12.8 ± 6.9	0.93
REM潜時(分)	114.3 ± 29.1	134.7 ± 50.5	0.30
全睡眠時間(分)	483.5 ± 57.7	467.9 ± 58.3	0.41
睡眠段階出現率(%)			
睡眠段階1	10.9 ± 4.8	11.2 ± 4.2	0.75
睡眠段階2	43.6 ± 3.5	43.9 ± 5.4	0.87
睡眠段階3	23.9 ± 5.3	21.9 ± 6.1	0.27
REM睡眠	19.7 ± 4.5	19.7 ± 4.8	0.30
中途覚醒(WASO)	1.9 ± 0.9	3.2 ± 4.3	0.48
Arousal Index(回/時)	4.1 ± 1.1	3.7 ± 1.4	0.44

表2. 安静条件と運動条件における起床時覚醒

	安静条件	運動条件	P値
反応時間(ミリ秒)	331.8 ± 44.3	337.7 ± 70.5	0.66
誤反応(回)	5.0 ± 2.6	7.9 ± 4.4	0.01

安静条件と運動条件の比較結果からは、日中に運動を行った日の翌朝の客観的な覚醒度は、運動をしていない日の翌朝と比べて低いことが示された。夜間睡眠の質については、統計的な有意差はなく明確な差異はみられなかったが、日中に運動を行った日は、睡眠段階3すなわち深い眠りの指標である徐波睡眠がやや減少し、入眠後の中途覚醒が増加する様子が見られた。つまり、運動を行った日の夜間睡眠では、睡眠維持機能が低下し、十分な睡眠の質が保たれず、起床時の覚醒度が低下した可能性が考えられる。このような睡眠構造変化の要因としては、昼間の運動によって亢進した自律神経活動の持続があるの

ではないかと考えられる。本実験で就床前に測定した体温(鼓膜温)は、条件間で差がなく、これを裏付ける結果ではなかった。ただし、予備的に計測を行った体温(鼓膜温)連続的記録データ(1名分)からは、就床時の体温は両条件で同程度であるものの、その後夜間を通じて運動条件の方が安静条件よりも体温が高い様子が観察された(図2)。

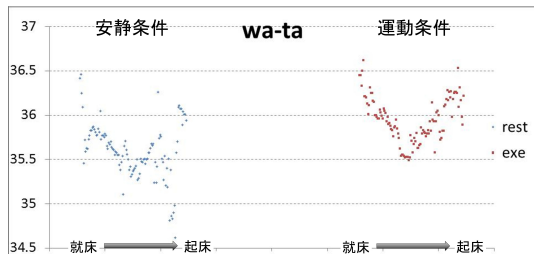


図2. 安静条件と運動条件における体温の連続記録(予備計測1名分の参考データ)

このように、本実験結果からは、就床時刻の約6-7時間前に行う有酸素運動(最大心拍数の82%程度の強度で行う30分間のペダリング運動)による生理学的変化は、僅かであるが夜間睡眠構造に変化をもたらし、翌朝の起床時覚醒を低下させる可能性があると考えられた。また、必ずしも明確な夜間睡眠の変化が示されなかった点については、対象人数が少ないことに加え、本研究の対象が週4日の定期的な運動習慣と、規則的な睡眠習慣(睡眠・覚醒リズム)を有する健康な男子中学生であったことなども関係しているのではないかと考える。すなわち、そもそも高い睡眠の質(維持機能を含め)を有する者であること、また運動に対して生理学的な馴化が生じているであろうことが、睡眠構造に大きな影響をもたらさなかった一因である可能性である。今後の研究課題として、サンプルサイズを考慮しながら、睡眠に問題を抱える子どもや、定期的な運動習慣を有さない子どもを対象に同様の実験を行っていくことで、身体運動が夜間睡眠の質に及ぼす影響について、短期的・長期的な視点から、より包括的に検討することができると考える。運動の強度や実施タイミング(就床までの時間)なども、睡眠の質への影響を変化させる要因であると考えられるため、この点についても考慮していく必要がある。

本実験全体の実施状況と、高い睡眠効率が示されたことから、子どもの自然な睡眠を評価する方法として自宅における睡眠ポリグラフ測定が現実的かつ有用であることが確認できたと考える。通常、実験室等において行うことの多い睡眠ポリグラフ測定であるが、子どもを対象とする場合は、環境変化による睡眠への影響が少なからず生じることが予想され、これが健康な子どもを対象に睡眠ポリグラフを行った報告が少ない理由の一つであると推測される。そこで、本実験では、自宅での睡眠ポリグラフ計測を選択し、生活環境における電磁波ノイズの除去を含

め、計測の安全性や精度を保つよう手順等に工夫を施しながら測定を行った。その結果、日常的な睡眠環境における子どもの睡眠の質を評価することができた。同時に、研究開始前に予測していた以上の測定時間や人員、配慮、実施時期の制限などが必要であることがわかり、対象者数など申請当初の予定を変更せざる得ない部分もあったが、これら今後の課題や改善点を含め、貴重な成果を得ることができたと考える。

本研究で行った実態調査からは、小中学生において、睡眠は子ども自身の健康状態についての主観的評価(QOL)と深く関連していることが示された。また、子どもの睡眠を評価するには、就床時刻や睡眠時間などの量だけでなく、睡眠の質や睡眠・覚醒リズムなどにも注目する必要性があると考えられた。さらに、その睡眠の質に対して、身体運動が及ぼす影響を検討した介入実験からは、定期的な運動習慣と規則的な睡眠習慣(睡眠・覚醒リズム)を有する男子中学生においては、就床 6-7 時間前に行う有酸素運動(82% HRmax・30 分間)は、夜間睡眠構造に対して、短期的には必ずしも明確な変化をもたらさないものの、どちらかという睡眠の質を阻害し、翌朝の起床時覚醒度を低下させる可能性があると考えられた。身体活動(運動)が子どもの睡眠の質に及ぼす影響についてより包括的に検討し、睡眠の質の改善効果を検証するためには、対象者の特性(運動習慣や睡眠習慣及び質)などを考慮しながら、さらなる実験や検討を積み重ねていく必要があると考える。

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) 飯田悠佳子, 十時正嗣, 鳥居俊, 内田直. 児童の睡眠と健康関連 QOL との関連性, 第 66 回日本体力医学会大会, 平成 23 年 9 月 16 日-18 日, 山口県下関市。

(2) 飯田悠佳子, 小川景子, 鳥居俊, 神尾陽子, 高橋秀俊, 内田直. 一過性の有酸素運動が子どもの夜間睡眠の質に及ぼす影響, 第 67 回日本体力医学会, 2012 年 9 月 14-16 日, 岐阜県岐阜市。

(3) Iida Yukako. The effects of acute exercise on sleep in children, 18th annual Congress of the European College of Sport Science, 2013 年 6 月 26-29 日, Barcelona (Spain).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯田 悠佳子 (IIDA YUKAKO)

駿河台大学・現代文化学部・専任講師

研究者番号: 30548277