

令和元年6月17日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13039

研究課題名(和文) 手続き記憶の固定(技の習得)と睡眠の相互作用

研究課題名(英文) Consolidation of procedural memory and sleep

研究代表者

徳山 薫平 (Tokuyama, Kumpei)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：00207565

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：熟練している技能である箸の扱い及び投球動作を利き手試行と非利き手試行の2試行をクロスオーバーで実施し、それが睡眠に及ぼす影響について、利き手を用いた試行を対照とすることで個人差を排除して比較した。

男性を対象に、左手で箸を持って1日3回の食事をとり、その晩の睡眠を解析した。利き手を用いた場合に比べて、非利き手での試行は入眠潜時を短縮し($p=0.05$)、レム潜時を延長する傾向($p=0.09$)があった。睡眠構築のその他の指標においては両試行間で差は確認できなかった。睡眠脳波の各パワー密度の比較では、パワー密度が減少する傾向が認められた($p=0.08$)。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでは疲労回復や休息という生理学的な役割が強調されて睡眠の意義が考えられてきた。記憶の固定にも睡眠が重要な役割を果たしているか否かを検討することは、先進諸国の中でも極端に睡眠時間が少ない我が国において睡眠の価値を再認識する上で重要である。本研究課題は手続き記憶に着目しているが、これはスポーツにおいて、技の習得として捉えられていることに相当する。しかし、運動選手はトレーニングに多くの時間を割くために、睡眠時間が短いという現状が国内外の調査から明らかとなっている。記憶の固定に及ぼす睡眠の影響について、本研究では生活に密着した作業課題として箸使いと投球を課題として進めた。

研究成果の概要(英文)：Recent studies suggest that insufficient sleep is a risk of diseases such as obesity, diabetes, cancer etc. In addition, sleep also play an important role in memory consolidation: both of declarative and procedural memory. The present study hypothesized that practice of skill induces memory consolidation, which might affect sleep architecture, and use of chopstick and ball throwing were used as experimental task. Subjects are familiar with both skill, but because of unilateral nature of the task, it is difficult to perform with non-dominant hand. In other words, all subjects know the task but can't perform with non-dominant hand, and it require memory consolidation of procedural memory. After using chopsticks for 3 meals (experiment I) and ball throwing practice (experiment II) with non-dominant hand, sleep was monitored using polysomnography.

Both tasks didn't increase SWS (deep sleep) nor REM sleep, but tended to increase alpha wave; index of awake was less during sleep.

研究分野：運動栄養学

キーワード：記憶の固定 技の習得 睡眠

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

睡眠は、脳機能や身体諸機能を正常に保つために必要不可欠であり、生活の質を向上させるための基本的な役割を担っている。睡眠時間の短縮や睡眠・覚醒リズムの乱れは、日中の強い眠気、集中力の低下、作業効率の低下など様々な体調不良を引き起こす。アスリートなどの高い身体活動レベルが必要な者は十分な睡眠をとる事が競技力向上のために欠かせない。一方で水泳や自転車の運転、楽器の演奏などの運動技能は記憶の分類上、手続き記憶と呼ばれる。言語化が可能な記憶である宣言的記憶は、睡眠によって強化されることが数多く報告されていたが、近年手続き記憶の固定にも睡眠が重要な役割を果たすことが明らかになってきた。ただし、手続き記憶の固定のために頻繁に用いられている課題は一定角度回転のかかったカーソルを動かす回転順応課題、スクリーンに継続的に現れる視覚刺激の位置に対応するボタンを指で押すタッピング課題であった。これらの課題は、日常的な動作とはかけ離れており難易度も低いため、運動学習やリハビリテーションなどの実践的な活動に応用していくことが困難である。そのため、手続き記憶の固定と睡眠の関係を検討するためには、熟練性の高い日常的な動作であり、宣言的記憶の要素を極力排除した難易度の高い課題を設定する必要がある。

2. 研究の目的

応募申請段階で設定した研究目的は以下の通りである。「技ができる」という実感につながる習得過程(手続き記憶の固定)は深い睡眠を促す一方で、十分な睡眠をとることが手続き記憶の固定を促すことを実証することが研究の目的である。繊細な指先の動作である「箸使い」と全身の動作を伴う「投球」は、利き手を使って無造作に行うことが出来ても、非利き手では上手に出来ない。分かっている出来ない課題の習得過程において、1) 非利き手での課題の習得過程では新睡眠が増える、2) 睡眠不足は手続き記憶の固定を抑制するという二つの仮説を、睡眠脳波の解析法を駆使して検証する。

I 非利き手での箸使い課題

3. 研究の方法

睡眠に問題がない20代の健常な男性10名に対して手の繊細な動作を要求する日常活動である「箸使い」を非利き手で行う条件を設定し、課題学習が深睡眠を促すか検証した。同一研究対象者に利き手あるいは非利き手で箸を使い1日3回の食事を摂った。実験期間中は通常の生活を送るよう指示し、アクチグラフで運動と起床や就寝時刻を記録した。順序効果を防ぐために利き手課題と非利き手課題の順番は被験者毎にランダムに設定した。研究対象者は朝食、昼食、夕食の時刻に来研して食事を摂り、就寝前に脳波測定のための睡眠ポリグラフのセンサーを装着して7時間睡眠記録を行なった。被験者には箸の使い方として、「フォークのように箸を食品に突き刺す」とこと、「茶碗や皿を口元に持ってゆき、箸で掻き込む」ことなどを禁じる旨を説明し、利き手を同じ箸使を心がけるよう説明した。また、毎回の食事の様子は動画で記録し、習得過程の評価に用いた。「利き手試行」と「非利き手試行」の試行間でメニューは同一の試験食を提供し、箸で食品をつかみ損ねた回数と食事に要した時間を箸使い習得の指標とした。

4. 研究成果

(1) 食事の所要時間

朝食、昼食、夕食のいずれにおいても非利き手試行の方が利き手試行に比べて有意に食事に要した時間は長かった。また、夕食に要した時間が、朝食に要した時間よりどのくらい短縮されたのかを調べたところ、有意差は確認できなかったものの、非利き手試行の方が利き手試行と比較して所要時間は短縮された傾向にあった(表1)。

表1. 各食事の所要時間の比較

	利き手	非利き手	p 値
朝食(min)	621 ± 41	1083 ± 81	<0.01
昼食(min)	620 ± 51	1104 ± 92	<0.01
夕食(min)	657 ± 49	978 ± 63	<0.01
3食合計(min)	1898 ± 101	3165 ± 157	<0.01

(2) 睡眠指標評価

入眠潜時とレム潜時は、有意差は確認できなかったものの、非利き手試行の方が利き手試行と比較して短い傾向にあった。その他の各値においては、利き手試行と非利き手試行で差は確認できなかった(表2)。

表2. 睡眠全体における利き手試行または非利き手試行の睡眠

睡眠変数	利き手試行	非利き手試行	P 値
総臥床時間(min)	420	420	
総睡眠時間(min)	398.5 ± 5.0	404.3 ± 3.6	NS
覚醒(min)	24.2 ± 5.0	15.7 ± 3.6	NS
ステージ1(min)	48.3 ± 8.1	40.5 ± 5.6	NS
ステージ2(min)	194.6 ± 9.7	208.9 ± 5.7	NS

ステージ 3 (min)	83.1 ± 8.7	86.3 ± 8.7	NS
レム睡眠 (min)	69.9 ± 7.9	68.8 ± 6.6	NS
入眠潜時 (min)	12.8 ± 3.4	4.4 ± 1.1	0.05
レム潜時 (min)	72.6 ± 8.5	90.1 ± 12.9	0.089
睡眠効率 (%)	94.2 ± 1.2	96.3 ± 0.9	NS
ステージシフト (回)	134.2 ± 11.6	141.4 ± 12.3	NS

(3) 深睡眠の時間比較

第3区画において、非利き手試行の方が利き手試行と比較して有意に深睡眠の時間が長い結果となった。また、総就床時間の後半(第3・4区画)においても非利き手試行の方が利き手試行よりも深睡眠の時間は有意に長かった。

表3. 総就床時間を4分割した場合の各区画の深睡眠(ステージ3)の時間

	利き手	非利き手	P 値
第1区画 (min)	43.6 ± 5.5	48.8 ± 5.1	NS
第2区画 (min)	26.4 ± 3.6	14.3 ± 3.8	NS
第1・2区画 (min)	70.0 ± 6.6	63.1 ± 6.3	NS
第3区画 (min)	4.5 ± 2.9	16.4 ± 3.6	0.013
第4区画 (min)	8.7 ± 3.9	6.9 ± 2.1	NS
第3・4区画 (min)	13.2 ± 4.1	23.3 ± 4.1	0.003
全深睡眠時間	83.1 ± 8.7	86.3 ± 8.7	NS

(4) 睡眠時脳波の周波数解析 (パワーの密度 : 0.75~4.0Hz)

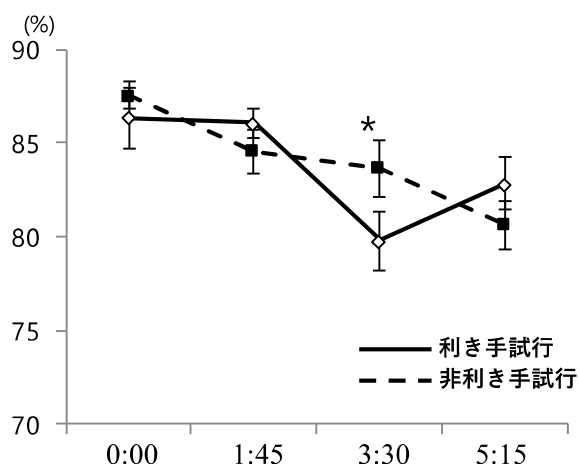


図1. 消灯後105分毎の平均デルタパワー密度: 総就床時間を4分割した場合のデルタパワーの密度の結果では、C3部位の第3区画(3時30分から5時15分までの時間帯)において、非利き手試行の方が利き手試行と比較して有意に密度が高い結果となった(図1)。

(5) 睡眠時脳波の周波数解析 (パワーの密度 : 8.1~12Hz)

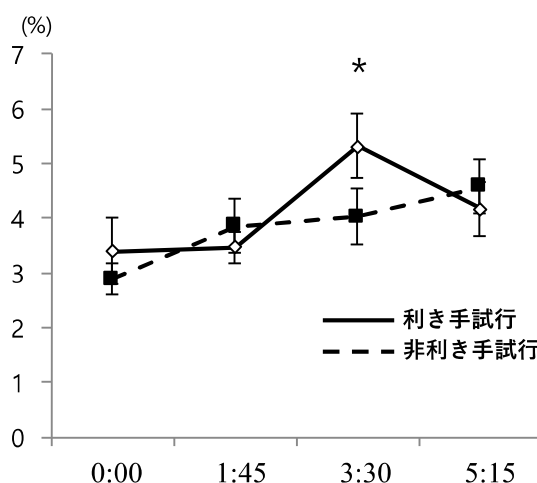


図2. 消灯後105分毎の平均アルファパワー密度: 総就床時間を4分割した場合のアルファパ

ワーの密度の結果では、C3 部位の第 3 区画（3 時 30 分から 5 時 15 分までの時間帯）において、非利き手試行の方が利き手試行と比較して有意に密度が低い結果となった(図 2)。

II 非利き手での投球課題

3. 研究の方法

日常的に利き手で投球動作を行っている大学男子ハンドボール部員 3 名を対象とした。投球動作課題を与えた後、投球試験（5 球の球速を計測）を利き手試行、非利き手試行の 2 試行を行いスピードガンで球速を測定した。投球動作課題を行った後の睡眠を睡眠ポリグラフで検討した。

4. 研究成果

(1) 球速の変化

スピードガンを用いて出た平均急速の結果としては、全ての施行において、平均球速（初速と終速）は 1 日目より 2 日目の方が上がっていた。さらに、利き手試行 1 日目と 2 日目の初速の変化の平均が+0.2(km/h)に対して、非利き手試行は+1.27(km/h)と非利き手の方が利き手試行に比べて変化が+1.0(km/h)以上大きかった。また、終速においても利き手試行は+0.47(km/h)に対して、非利き手試行は+2.47(km/h)と非利き手試行の方が+2.0(km/h)も変化が大きかった。

表 4. 球速の左右差

	利き手	非利き手
1 日目の初速 (km/h)	97.3 ± 0.5	72.0 ± 5.0
2 日目の初速(km/h)	97.5 ± 0.5	73.3 ± 5.0
2 日目の初速の変化(km/h)	+0.2 ± 0.2	+1.3 ± 0.4

スピードガンを用いて出た平均急速の結果としては、全ての施行において、平均球速（初速と終速）は 1 日目より 2 日目の方が上がっていた。さらに、利き手試行 1 日目と 2 日目の初速の変化の平均が+0.2 (km/h)に対して、非利き手試行は+1.3(km/h)と非利き手の方が利き手試行に比べて変化が大きかった。

表 5. 睡眠指標

	利き手試行	非利き手試行	p 値
総睡眠時間 (min)	457 ± 24	458 ± 15	0.95
入眠潜時 (min)	1.3 ± 1.4	1.2 ± 0.6	0.84
睡眠効率 (%)	95 ± 5	95.4 ± 3.2	0.952
レム睡眠 (min)	58 ± 31	73 ± 24	0.237
覚醒 (min)	24 ± 24	22 ± 16	0.95
ステージ N1 (min)	48 ± 8	70 ± 24	0.348
ステージ N2 (min)	238 ± 6	241 ± 30	0.872
ステージ N3 (min)	113 ± 27	74 ± 18	0.099
総デルタパワー量 (μV^2)	308959 ± 80544	279127 ± 21615	0.479
総アルファパワー量 (μV^2)	117170 ± 2430	10412 ± 2258	0.085

非利き手での投球によって、ノンレム睡眠時（ステージ 1-3）のデルタパワーの減少（睡眠の質の低下）や睡眠時のアルファパワーの減少（睡眠時覚醒状態が減少）することが示唆された。

III 非利き手での箸使いと投球

非利き手での「箸使い」と「投球」という異なる運動課題を設定して研究を進めた。いずれの場合にも課題を行った晩の睡眠においてアルファパワーが減少する傾向が認められ、手続き記憶の固定と関連している可能性が示された。いずれの運動課題も偏側性であるので、睡眠脳波の左右差などについて今後検討を重ねる必要があると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

廣實ゆかり、萱場桃子、緒形ひとみ、Kaspar Vogt、徳山薫平、佐藤誠. 非利き手による食事が睡眠に及ぼす影響：睡眠時脳波を使用した方法論についての検討. 第 8 回日本臨床睡眠医学学術集会. 2016 年 08 月神戸 (査読無し)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：木塚 朝博
ローマ字氏名： Kizuka Tomohiro
所属研究機関名：筑波大学
部局名：体育系
職名：教授
研究者番号(8桁)：30323281

研究分担者氏名：緒形 ひとみ
ローマ字氏名： Ogata Hitomi
所属研究機関名：広島大学
部局名：大学院総合科学研究科
職名：助教
研究者番号(8桁)：80455930

研究分担者氏名：Vogt Kaspar
ローマ字氏名： Vogt Kaspar
所属研究機関名：筑波大学
部局名：国際統合睡眠医科学研究機構
職名：准教授
研究者番号(8桁)：80740034

研究分担者氏名：萱場 桃子
ローマ字氏名： Kayaba Momoko
所属研究機関名：公益財団法人神経研究所
部局名：研究部
職名：研究員
研究者番号(8桁)：20759055

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。