

## 睡眠に対する運動の効果

崎山 健 一 條 貞雄

キーワード：運動，睡眠，睡眠ポリグラフ，コンピュータ解析

### Effect of exercise on sleep

Takeshi Sakiyama Sadao Ichijyo

#### Abstract

This study examined the effect of the exercise on the quality of sleep and aimed to find any positive factors in sleep by taking an exercise in daily life.

Sleep polygraph was used for this study.

The examinees were two healthy male students (subjects A:19 years old, B:21 years) who belonged to a triathlon club.

Sleep polygraph was recorded under a condition in three terms below: (1)Non-exercise term, (2)Exercise term, and (3)Post exercise term.

(1)Non-exercise term: The examinees did not perform any excessive exercise and they spent an usual life.  
(2)Exercise term:10km running was performed by the examinees just as usual training. The intensity of exercise was set as the usual training level of their triathlon club (the examinee A 210m/min and the examinee B 204m/min).  
(3)Post exercise term: The same conditions as non-exercise term.

The sleep polygraph consisted from recording EEGs (brain waves), eye-movements, EMG (electromyogram), and ECG (electrocardiogram). A carried type EEG recorder and sleep stage automatic judging analysis equipment (computer) were used for the recording and the analysis of a sleep polygraph.

#### Result

- 1) Both of the examinees showed the tendency of the shortening their sleep hours as a whole.
- 2) The time of REM sleep of the subjects A and B decreased gradually through all the terms.
- 3) No apparent changes were detected in stage 3 and 4.
- 4) The time of REM sleep in the post-exercise term, when the time of both examinees A and B were added, was short compared with those in non-exercise term. It was statistically significant.

Keywords: exercise, sleep, polysomnography, computer analysis

## 1. 研究目的

近年の科学技術の進歩や経済成長などによって、我々の生活水準は飛躍的に向上し、豊かさが実現された。しかし、一方ではそれによって生活の質に様々な歪みが生じ、人々の心身に影響を与え、新たな健康問題が指摘されるようになってきている。例えば、労働現場における機械の導入、家電製品の普及や交通手段の発達などが一日の身体活動を低下させている原因として挙げられる。一般的に睡眠の状況は覚醒時における心身の状態によって影響されるが、身体活動によっても影響されるものと考えられる。

このように、睡眠の状況は覚醒時における身体活動によって影響されると考えられることから、スポーツ活動を意図的に取り入れることで、睡眠が改善され、また質的な向上も図れるのではないかと考えられることから、脳波などの睡眠ポリグラフの記録を行うことで、運動が睡眠に与える影響について検討することにした。

ところで、これまでに睡眠の実験的研究は多く行われてきたが、スポーツと睡眠に関する研究の報告例は少ない。そこで今回の研究では、最近開発されたオックスフォード社の携帯型脳波計と睡眠段階自動判定解析装置（コンピュータ）を使用し、従来の視察による判定結果と比較を行いながら、実際に運動選手を対象として、睡眠に対する運動の効果を検討することにした。

## II. 研究方法

### 1. 対象

被検者は仙台大学のトライアスロン部に所属している心身ともに健常な男子学生2名（被検者A：年齢19歳、身長178cm、体重64kg；被検者B：年齢21歳、身長166cm、体重59kg）であった。

### 2. 方法

#### 1) 睡眠ポリグラフの記録と運動の実施

睡眠ポリグラフの記録は、運動期前、運動期、運動期後の3条件で行った。期間は平成11年11月15日から同年12月30日にかけて実施された。睡眠ポリグラフの記録や運動条件は以下の通りである。

##### (1) 運動期前

この期間には、過激な運動を行わず、通常の生活を送るよう指示し、計3夜の睡眠ポリグラフの記録を行った。

##### (2) 運動期

この期間には、以下の条件で運動を行わせ、計3夜の睡眠ポリグラフの記録を行った。なお、運動実施以外は通常の生活を送るように指示した。運動実施の時間帯は、仙台大学でのクラブ活動に合わせ、16:30-19:00とし

た。

運動は、被検者の所属クラブ（トライアスロン部）で日常的に行われている10km走とした。運動強度は通常行われているトレーニングレベルの走行速度として、被検者Aでは210m/分、被検者Bでは204m/分と設定した。なお、走速度を一定に保つよう、被検者に対し400mごとにラップタイムの指示を行った。また、運動直後の脈拍数を、橈骨動脈から触診で15秒間計測し、それを4倍し、1分間の脈拍数に換算した。

##### (3) 運動期後

この期間には、運動実施前と同様に、再び通常の生活を行い、2夜の睡眠ポリグラフの記録を行った。

以上のように、全期間を通じて、計8回の睡眠ポリグラフの記録を行った。レコーダと電極の取り付けは大学で行い、測定は被検者の自宅で行った。1回の記録は就床時から翌朝の起床時までとした。なお、全期間中の夜間の室温は17℃~20℃程度であった。

## 2) 活動日誌・睡眠日誌の記録

生活状況や睡眠状態を把握するため、被検者に活動日誌および睡眠日誌の記入を行わせた。

活動日誌の記入は就床前に行わせた。質問内容は①その日の生活状況、②食事の摂取状況、③日中の居眠りや昼寝の有無、④精神的または心理的影響を受けるような出来事の有無、⑤運動実施の有無と実施状況などとした。

睡眠日誌は、翌朝の起床時に記入させ、その質問内容は①就床時刻、②就床時刻から入眠までのおおよその時間、③夜間の覚醒の有無、④夢見の有無、⑤睡眠の自覚の程度、⑥起床時刻、⑦目覚めの気分、⑧起床時の体調などとした。

## 3) 睡眠ポリグラフの記録法

### (1) 電極

終夜睡眠ポリグラフの測定は、Rechtschaffen と Kalesら(1986)による方法にて、脳波(EEG)、眼球運動(EOG)、筋電図(EMG)、心電図(ECG)の生体現象を記録した(図1)。

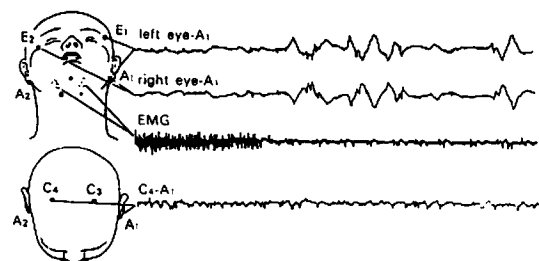


図1 睡眠ポリグラフ導出法（一條真雄，1998）

脳波 (EEG) の電極取り付け部位は“10-20 電極配置法”の左中心部 (C3) と右中心部 (C4) とし、対側の乳様突起部 (A2 と A1) を基準電極とした。眼球運動 (EOG) は、左眼は左眼窩外側縁から外側に 1 cm、さらに垂直に 1 cm 下方の位置とし、基準電極は A1 とした。右眼は右眼窩外側縁から外側に 1 cm、さらに垂直に 1 cm 上方の位置とし、基準電極は A2 とした。筋電図 (EMG) は頤筋 (おとがいきん) とし、電極は下顎前面の中心から左右に 4 cm の位置とした。心電図 (ECG) は左右の鎖骨の部位からの導出とした。なお、接地電極 (ボディーアース) を左の乳様突起部に置いた。

電極は銀-塩化銀電極を使用した。脳波電極の取り付けにはコロディオン液を用いたが、眼球運動 (EOG)、筋電図 (EMG)、心電図 (ECG)、接地電極 (ボディーアース) の取り付けは、電極取り付けシートを使用した。また、通電用の EEG ゲルを用いて、電極間の抵抗 (インピーダンス) を  $5k\Omega$  以下にするようにした。記録終了後のコロディオン液で固定した脳波電極の取り外しはアセトン液を使用した。

(2) 記録器

終夜睡眠ポリグラフの記録には長時間生体現象記録器として 8 素子の携帯型脳波レコーダ (Medilog-9000 II, Oxford) を使用した。機器の大きさは  $14.6 \times 11.8 \times 3.5$  cm で、重量は 550 g である。単三型アルカリ乾電池 4 本、120 分テープで 24 時間の記録が可能である。

(3) 校正波形と記録波形の記録と確認

記録波形電圧を標準にするための校正波記録には、専用のキャリブレータ (XC90-III, Oxford) を使用した。校正波形は正弦波とし、振幅値は脳波 (EEG)、眼球運動 (EOG)、心電図 (ECG) については  $100 \mu V$ 、筋電図 (EMG) は  $25 \mu V$  で行った。

校正波形や記録波形の確認は、誘発電位測定装置 (ニューロバック  $\Sigma$ MEB-5508, 日本光電) を用いた。

4) 睡眠段階自動判定解析方法

(1) 記録波形の睡眠段階自動判定解析装置への転送

睡眠ポリグラフの解析を、睡眠段階自動判定解析装置 (Medilog Vision DME-9220, Oxford) (コンピュータ) で行った。まず、コンピュータのハードディスクへ記録の転送を行ったが、その速度は 60 倍速であり、1 時間分の記録の転送に約 1 分を要した。

(2) 記録波形の再生

記録波形の再生はコンピュータの画面上で行った。再生速度は自由に変更できるようになっている。さらに、この機器の特徴でもあるが、感度やタイムベースについ

ても記録後にもかかわらず、自由に変更することができるようになっている。

(3) 睡眠段階の判定と睡眠経過図の作製

睡眠段階の判定は、以下に述べる Rechtschaffen と Kales ら (1968) の方法で行った。視察判定には、睡眠ポリグラフの判読に十分修熟した医師の協力を得て、2 人以上で判定作業を行った。コンピュータの場合は自動的に睡眠段階が判定され、さらに睡眠経過図が作成される。

(4) 睡眠段階の判定 (Rechtschaffen と Kales ら)

a) 視察による判定基準

脳波は 1 エポック 30 秒で判定を行った。判定基準は以下のとおりである (図 2)。

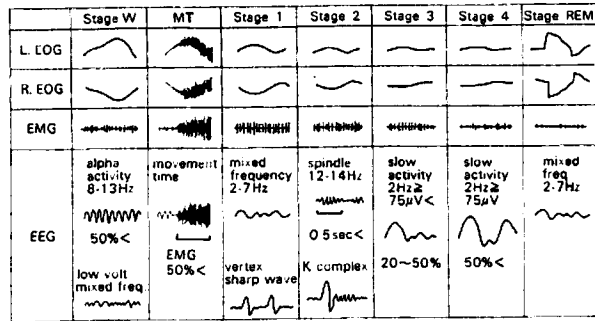


図 2 睡眠段階の模式図 (一條貞雄, 1998)

① Stage W (覚醒)

Stage W は覚醒の状態であり、 $\alpha$  波または様々な低電位周波数の脳波が混在している状態である。

② MT (movement time)

MT (体動, 運動覚醒) は体動に伴う筋緊張などのアーチファクトで、脳波 (EEG) と眼球運動 (EOG) 記録の半分以上が判読できなくなった状態である。しかし、Stage W がその前後にある場合は、Stage W と判定した。

③ Stage 1

$\alpha$  波が減少 (1 エポックの 50% 以下となり) し、2-7Hz の低振幅電位の活動などがみられる状態である。

④ Stage 2

K 複合 (K complex) や睡眠紡錘波 (sleep spindle) がみられる状態である。しかし、睡眠紡錘波が途切れても、次ぎの睡眠紡錘波出現するまでの時間が 3 分未満であれば Stage 2 と判定した (「3 分間の法則 (Rechtschaffen と Kales ら)」)。

⑤Stage 3

2Hz 以下、75 $\mu$ V 以上の $\delta$  (デルタ) 波が、1 エポックあたり 20%以上、50%以下を占める状態である。

⑥Stage 4

$\delta$  (デルタ) 波が 1 エポックあたり 50%以上を占める状態である (図 3)。

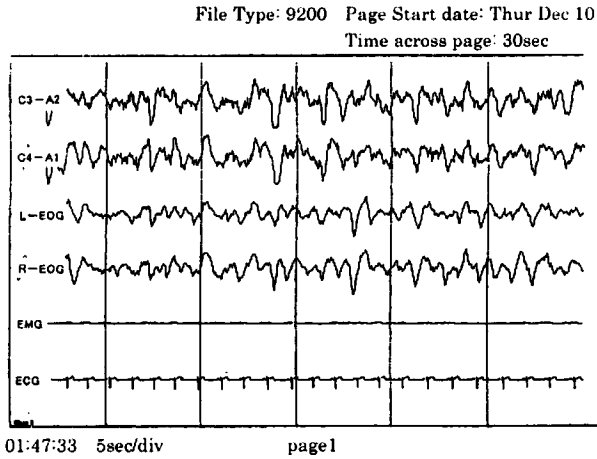


図 3 Stage 4 の例

⑦Stage REM (レム)

低電位の脳波で、急速眼球運動 (rapid eye movement, REM レム) が散発的に現れる状態である。この時期には筋電図の振幅は低くなり最低レベルになる。ただし、REM が途切れても、再び REM が現われた場合は、その時間が 3 分内であれば Stage REM と判定した (「3 分間の法則 (Rechtschaffen と Kales ら)」) (図 4)。

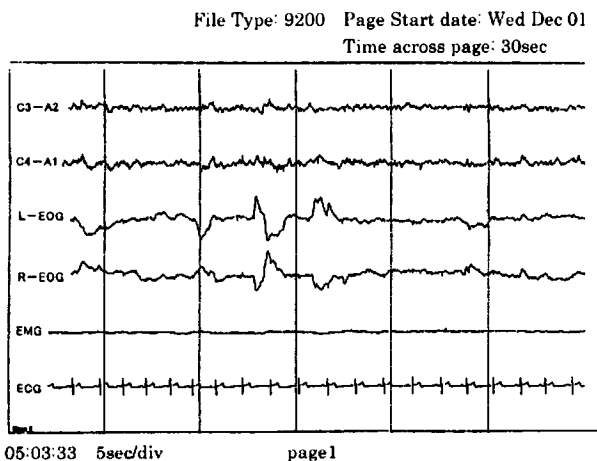


図 4 Stage REM の例

b) コンピュータによる判定基準

①Stage W (覚醒)

視察判定の場合と同様である。

②MT (movement time)

視察判定の場合と同様である。

③Stage 1

視察判定の場合と同様である。

④Stage 2

睡眠紡錘波と K-複合が 1 エポック (30 秒間) 当たり、1 回でも現れれば stage 2 とする。

⑤Stage 3

デルタ波 (0.33Hz-3Hz で、事前に設定したデルタ検出値以上の振幅値の条件を満たしている状態) が 1 エポック (30 秒間) 当たり、8 秒以上、13 秒以下の場合である。

⑥Stage 4

デルタ波 (0.33Hz-3Hz) が、事前に設定した振幅値の条件を満たしている状態が 1 エポック 30 秒間当たり、13 秒を超える場合である。

⑦Stage REM

急速眼球運動が 1 エポック (30 秒間) 当たり、少なくとも 1 回現れる場合であり、REM が途中で途切れても、3 分以内に再び REM が現われた場合は Stage REM と判定した (「3 分間の法則 (Rechtschaffen と Kales ら)」)。

5) 視察判定とコンピュータ判定の比較

視察による判定とコンピュータによる自動解析の判定の類似性を検討するために、運動と睡眠に関する本実験に入る前、視察による睡眠ポリグラフ解析とコンピュータによる解析の比較を行った。

III 結果

まず、コンピュータ解析の結果と視察による判定結果との比較を行い、次に実際の睡眠に対する運動の効果について述べる。

1. 視察判定とコンピュータ判定の比較

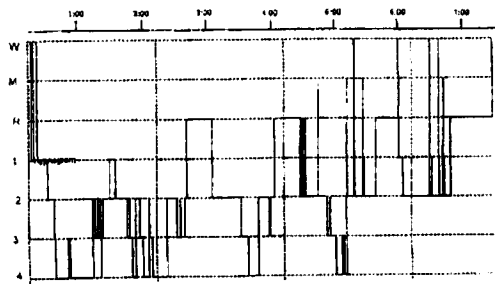
図 5 は、被検者 B のコンピュータ判定と視察判定による睡眠経過図の比較を示したものである。縦軸が睡眠の深さであり、上から W (覚醒)、MT (movement time)、Stage REM (レム)、Stage 1、2、3、4 の順に、下方に進むに従い睡眠が深くなっていることを示している。横軸は時間である。

上がコンピュータ解析による図であり、下が視察判定で作成された図である。両者を上下で比較すると、全体的に見てよく一致していると考えられる。そこで、睡眠

ステージ毎の割合 (%) について、コンピュータ判定と視察判定を比較し、その一致率を求めると、表 1 のようであった。なお、一致率は次の式で求めた。コンピュータ判定を a、視察判定を b とすると、一致率 =  $\{1 - (|a - b| / (a + b))\} \times 100$  である。

Stage REM や Stage 2 については、その一致率が 91-95% であるのに対し、Stage 3、4 については 63-83% のように両判定間に違いが認められるが、これらは δ 波の検出基準値が、コンピュータでは一定に設定されているのに対して、被検者間の個人差が視察判定に影響しているためと考えられる。

図 5 コンピュータと視察による睡眠経過図の比較  
コンピュータによる睡眠経過図



視察判定による睡眠経過図

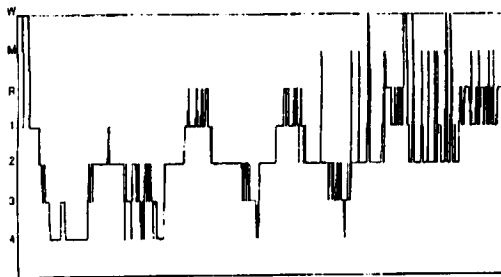


表 1 コンピュータ判定と視察判定の比較とその一致率

	Stage REM	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 3&4	全 Stage
コンピュータ判定 (%)	19.6	13.7	53.2	5.5	8.2	13.6	100
視察判定 (%)	16.5	6.3	53.9	11.8	11.5	23.3	100
コンピュータ/視察の比 (%)	118.2	219.2	98.6	46.5	70.6	58.6	
コンピュータ判定と視察判定の一致率 (%)	91.7	63.0	99.3	63.6	83.2	73.7	

	Stage REM	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 3&4	全 Stage
コンピュータ判定 (%)	25.7	6.2	40.1	9.4	18.6	28.0	100
視察判定 (%)	23.0	6.3	47.8	12.8	10.2	22.9	100
コンピュータ/視察の比 (%)	111.8	97.8	83.9	73.5	183.4	122.2	
コンピュータ判定と視察判定の一致率 (%)	94.6	97.8	91.2	73.5	70.8	90.0	

## 2. 運動実施

運動実施時の外気温は -1℃~7℃、湿度は 53%~80% であった。走行速度は設定速度と同様に、被検者 A では 210m/分、被検者 B では 204m/分であり、走行速度は終始ほぼ一定であった。運動直後の脈拍数は、被検者 A では 140 拍/分、被検者 B では 144 拍/分であった。また、翌朝起床時の心拍数は、被検者 A では 48-52 拍/分、被検者 B では 60 拍/分であり、連日変化は見られなかった。なお、起床時の心拍数はポリグラフの心電図から算出した。

## 3. 睡眠に対する運動の影響

その結果をまず表 2 に示す。

次に被検者 A、B の各睡眠段階の平均時間を図 6a-3、図 6b-3 に示した。その際、運動期前については、第 1 夜効果を除く意図で、初回のデータを除いて平均した。

表 2 各睡眠段階の平均時間 (分)

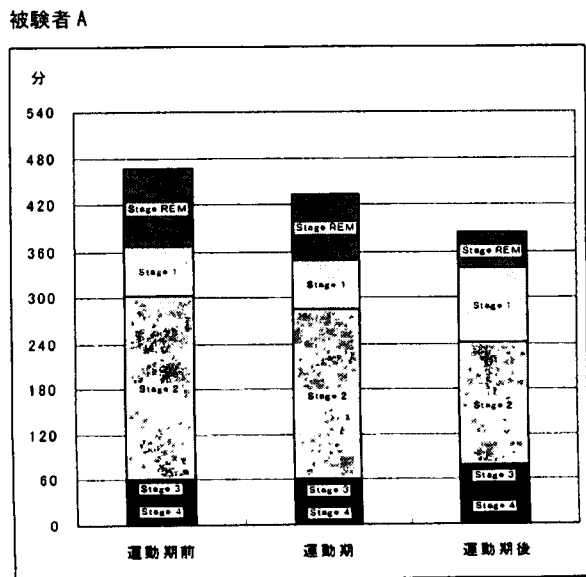
	Stage REM	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
運動期前	100	63	242	22	40
運動期	85	64	223	25	37
運動期後	45	96	164	28	51

注) 運動期前については第 1 日目のデータを除いて平均した。

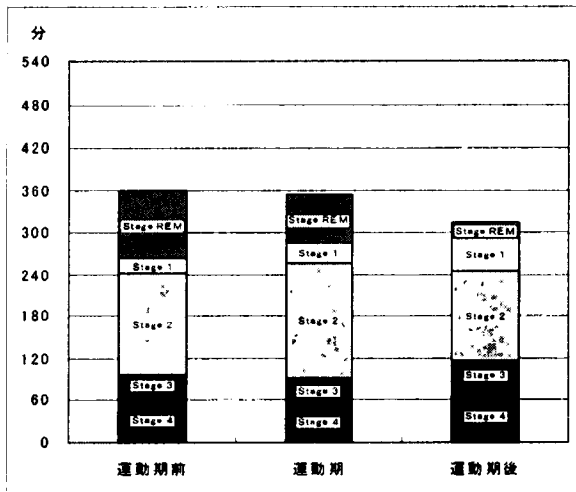
	Stage REM	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
運動期前	94	23	145	32	66
運動期	67	31	163	35	59
運動期後	21	48	126	39	79

注) 運動期前については第 1 日目のデータを除いて平均した。

図 6 各睡眠段階の平均時間



被験者 B



1) 被験者 A について

表、図に示すように、全体の睡眠時間が短くなる傾向が見られた。それを各睡眠段階毎に見ると、REM 睡眠の時間が運動期前では平均 100 分、運動期には平均 85 分、運動期後では平均 45 分と減少した。Stage 3, 4 については明らかな変化はあまり見られなかった。

2) 被験者 B について

被験者 B についても、被験者 A と同様に全体の睡眠時間が短くなる傾向が見られ、やはり REM 睡眠の時間が運動期前平均 94 分、運動期平均 67 分、運動期後平均 21 分と減少した。それに対し、Stage 3, 4 では、運動期後にやや増加する傾向はあるが、明らかな変化は見られなかった。

3) REM 睡眠について

REM 睡眠が減少することについて、被験者 A, B の両者を合わせ、第 1 日目を除く運動期前と運動期で比較すると、それは統計的に有意であった (t 検定,  $p < 0.05$ )。さらに同様に両者を合わせて、運動期と運動期後を比較すると、これも統計的に有意であった (t 検定,  $p < 0.001$ )。

4. 被験者による睡眠日誌記録

睡眠日誌記録の内容をまとめ、就床時刻をみると、被験者 A, B 共に次第に遅くなった。しかし、起床の時刻に変化は見られなかった。夜間の中途覚醒は両者共とも運動期前には 2-3 回ほど見られたが、運動期後にはそれが見られなかった。夢見については、「見たがその内容は忘れた」とか、「見ていない」と記載していたが、運動期とその前後を通して、その状況に変化は見られなかった。日中の居眠りについても、あまり違いは見られなかった。

IV. 考察

1. 記録法について

最近、脳波などポリグラフ記録に携帯型脳波レコーダを使用した研究が行われるようになって来ている (Broughton, R.ら(1996), 福田紀子ら (1989), 堀田秀樹ら (1990))。本研究でも、睡眠ポリグラフの記録に携帯型脳波レコーダを使用した。本機器は国際的にも用いられている Oxford 社の Medilog9000 II であり、このレコーダは軽重量かつコンパクトで、被験者はスイッチのみの操作で記録が簡単にできるようになっている。睡眠ポリグラフの記録は、一般的には実験室内で行われることが多いが、本研究では被験者の自宅で行った。したがって、より自然な睡眠に近い状態での記録が行えたと考ええる。

しかし、睡眠ポリグラフ記録という長時間の記録のために、いくつかの問題もあった。実験室内で行われる記録は比較的短時間で済むので、電極の取り付けは通常の脳波電極ペースト (電極のり) で簡単に固定できる。しかし、携帯型脳波レコーダでは記録自体が比較的長時間にわたって行われるため、電極の取り付けには固定性の良いコロディオン液を用いて取り付けなければならず、そのための準備に時間がかかる。また、交流などの外部雑音をより少なくするため、電極インピーダンス (抵抗) を下げる必要がある。筋電図の電極では、身体の動きによって電極インピーダンスが高くなる傾向がみられたが、今回の研究では 1 回ごとに電極装着を行っているので、1 夜程度の記録であれば、特に問題はないと思われた。

2. コンピュータ解析について

睡眠脳波の研究にはコンピュータ解析が試みられている (桑原啓郎ら (1999), 大井 進ら (1999))。今回、その研究を進めるにあたり、まず視察判定とコンピュータ判定の比較を行った。その結果、コンピュータによる判定結果と視察による判定結果の両者を比較した結果、全体的によく一致していると考えられ、ことに REM 睡眠については、91.7-94.5% という一致率が得られた。Stage 3, 4 については 73.7-90.0% と一致率はやや低かったが、これは REM 睡眠の判定が急速眼球運動 (REM) の有無という質的な判定基準によって行われているのに対して、Stage 3, 4 は  $\delta$  波の振幅の大きさという量的な判定基準を使っていることから起きたことと考えられる。しかし、今回の結果はコンピュータだけによる成績で比較を行ったので、この点の問題は考えなくてもよいと思われる。

3. 運動の実施法について

今回、被験者が実施した運動は 10km 走であり、その走行速度は、およそ 200-210m/分であった。また、これ

は各被検者に 400m のラップタイムを指示しながら行ったものである。走行速度は終始一定に保ち走行したものであると言える。これをシェファードによる走スピードと体重当たりエネルギー量の関係に当てはめ、体重当たりの酸素摂取量を算出すると、被検者 A は体重 1kg あたりおよそ 46ml、被検者 B は同様に体重 1kg あたり 45ml であった (宮下充正ら (編) (1996))。すなわち、日常的な運動にあてはめて考えると、「ジョギング」と「競走的なランニング」の中間の『快調なランニング』に相当することになる (宮下充正ら (編) (1996))。また、翌朝起床時の心拍数が、被検者 A では 48-52 拍/分、被検者 B では 60 拍/分と大きな変動がないことから、今回の運動が翌朝に疲労を残さない程度の運動であり、被検者にとって日常行われている適度な運動であったと考えられる。

#### 4. 運動の睡眠への影響について

運動による睡眠への影響については最近も続けられている (吉田弘法ら, (1977). ; 吉田弘法ら (1998). ; 水野 康ら (1997). 井口義信ら (1989). ; 小林敏孝ら (1996). ; 石川 徹ら (1996). 水野 康ら (1996)). 今回、睡眠に対する運動の影響を検討するため、運動期前、運動期、運動期後の睡眠ポリグラフの記録を行い、比較検討した。その結果、被検者 A, B ともに Stage 3, 4 ではあまり違いは見られなかった。Stage 3, 4 では徐波睡眠とも呼ばれ、成長ホルモンが分泌される時期と考えられている (大熊輝雄 (1977))。これまでの先行研究によると、運動によってこの徐波睡眠が増加するという報告もあるが (Shapiro C.M.ら (1975), Shapiro, C.M.ら (1981)), 運動によって変化しないという報告もあるという (Horne, J.A.ら (1975))。今回の研究では運動による徐波睡眠の変化は明らかではなかった。この徐波睡眠については疲労の回復に関係したものであろうという報告もある (Shapiro C.M.ら (1975))。それに関連して、今回の運動期間中において、運動実施の翌朝に心拍数の変化がみられなかったということは、疲労が翌日まで続くような運動ではないことを意味しているとも考えられるのであるが (佐藤 捷 (1994))、そのことは今回の研究で徐波睡眠には変化が現れなかったことと合致した結果と考えられる。

睡眠時間が全体的に減少することについては、日誌からも検討したが、この期間中に居眠りが多くなっているということはない。また、起床時刻は大学生活のために比較的一定であったのに対して、就床時刻が遅くなっていることが考えられるが、そのことについての理由は特になかったようである。

REM 睡眠については、従来、夢を見ることと関係があると考えられている (大熊輝雄 (1977))。これまでの先

行研究では、運動により REM 睡眠が減少したり、なんらかの影響を与えることが報告されている (Shapiro C.M.ら (1975), 小林敏孝ら (1996))。今回の研究でも、運動期、運動期後と REM 睡眠が減少することが観察された。しかも、興味あることは、REM 睡眠の減少が、運動の直後ばかりでなく、運動の数日後においても減少が続いていたことである。徐波睡眠への影響について、Shapiro C.M.ら (1981) の研究で 92km 走後の影響が、2-3 日後にも持続していたことを報告しており、このことから運動の影響が数日間持続することは十分考えられる。

今回、夢と関係した REM 睡眠の減少という結果が得られたが、このような結果は精神的なストレス解消を反映した現象ではないかとも考えられる。ここでの研究結果はトライアスロン選手の場合ということになるが、運動やスポーツなどが日常の睡眠状態の向上に寄与することが示されたと考える。今後、さらに検討を行うことで、一般人の場合においての、ストレス解消のための適度な運動を睡眠ポリグラフの面から検討することが出来るのではないかと考えている。

#### 文 献

- 1) Broughton, R., Fleming, J. and Fleetham, J. (1996): Homeassessment of sleep disorders by portable monitoring, *Journal of Clinical Neurophysiology*, 13: p 272-284.
- 2) 福田紀子, 香坂雅子, 和田雅司 他 (1989): 携帯型脳波記録装置による終夜睡眠脳波野検討 (4), 日本睡眠学会第 14 回学術集会抄録集, p 102.
- 3) Horne, J.A., Poter, J.M. (1975): Exercise and human sleep. *Nature* 256: p 573-575.
- 4) 堀田秀樹, 前川喜平, 内田恵美 (1990): 小型携帯用脳波計による周期性傾眠症の検討. 日本睡眠学会第 15 回学術集会抄録集, p 100.
- 5) 一條貞雄, 高橋系一 (1998): 脳波判読に関する 101 章, 医学書院, p.
- 6) 井口義信, 小林敏孝, 山本卓二 (1989): 覚醒中の活動に依存した徐波の出現分布の変動. 日本睡眠学会第 14 回学術集会抄録集, p 100.
- 7) 石川 徹, 橋本知子, 小林敏孝 (1996): 日中の活動と徐波睡眠の関係. 日本睡眠学会第 21 回学術集会抄録集, p164.
- 8) 小林敏孝, 石川 徹, 井口義信 (1996): 昼間の精神身体活動が REM 睡眠の出現過程に与える影響. 日本睡眠学会第 21 回学術集会抄録集, p 166.
- 9) 桑原啓郎 (1999): パーソナルコンピュータを使った睡眠自動解析システム開発の試み, 臨床脳波 41: p75-81.

- 10) 水野 康, 浅野勝巳 (1996) : 早朝運動の午前中の睡眠構築に及ぼす影響. 日本睡眠学会第 21 回学術集会抄録集, p165.
- 11) 宮下充正, 武藤芳照, 白山正人, 平野裕一 (1996) : フィットネスQ&A, 南江堂, p 158.
- 12) 水野 康, 浅野勝巳, 岡本一枝 (1997) : 深夜の運動がその後の短時間反復睡眠時における睡眠構築に及ぼす影響. 日本睡眠学会第 22 回学術集会抄録集, p 163.
- 13) 大井 進, 熊谷公明, 末永和栄 他 (1999) : てんかん性棘徐波変動解析のための終夜睡眠ポリグラム自動処理システム, 臨床脳波 41: p 69-74.
- 14) 大熊輝雄 (1977) : 睡眠の臨床, 医学書院.
- 15) Rechtschaffen A, Kales A (eds) (1986) A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects. Public Health Service, US Government Printing Office : Washington, DC.
- 16) Rechtschaffen A, Kales A ほか編: 清野茂博訳 (1971) 睡眠脳波アトラス. 医歯薬出版.
- 17) 佐藤 健監訳 (1994) : トレーニングの生理学. 廣川書店, p 93.
- 18) Shapiro, C.M., Bortz,R., Mitchell,D.(1981): Slow-wave sleep: a recovery period after exercise, Science 214: p 1253-1254.
- 19) Shapiro C.M., Griesel, R.D., Barter, P.R. et al (1975) : Sleep patterns after graded exercise. Journal of Applied Physiology 39: p 187-190.
- 20) 吉田弘法, 橋本知子, 石川 徹 他 (1977) : 運動のタイミングが睡眠に及ぼす影響について. 日本睡眠学会第 22 回学術集会抄録集, p 164.
- 21) 吉田弘法, 石川 徹, 荒川一成 他 (1998) : 運動のタイミングが夜間睡眠に及ぼす影響 (第 2 報). 日本睡眠学会第 23 回学術集会抄録集, p 206.