

睡眠に対する運動の効果 —睡眠時の自律神経バランスに注目して—

県立広島大学 福場良之
(共同研究者) 同 遠藤(山岡)雅子

Effects of Aerobic Exercise in Early Evening on the Following Nocturnal Sleep

by

Yoshiyuki Fukuba, Masako Yamaoka Endo
*Department of Exercise Science and Physiology,
School of Health Sciences,
Prefectural University of Hiroshima*

ABSTRACT

It is not well established as to whether the nocturnal sleep would be affected by the preceding exercise in daytime. While the exercise is known to elicit acutely a reduction in blood pressure (BP) for approximately 1-2 hours (i.e. post-exercise hypotension: PEH) even in healthy subjects, it is still unclear as to whether the PEH would be lasting for more duration. We, therefore, determined the effect of aerobic exercise in early evening on the quality/quantity of sleep and its hemodynamic response in the following night. Ten healthy young male subjects (age: 18-25 yr) participated in two protocols either with or without cycle ergometer exercise (60 min at 50% HR reserve) in early evening. The ambulatory monitoring of BP/HR and physical activity by accelerometer were performed from the late afternoon (i.e. 30 min before exercise) to the noon of next day. In addition, the watch-typed device for identifying the stage of sleep based on the heart rate variability analysis was equipped during the bedtime. There were no substantial differences in the sleep indices between with and without a

preceding exercise. The mean value of BP during nocturnal sleep showed a tendency to be lowered by the preceding exercise ($P=0.08$). The aerobic exercise in early evening has no acute effect to the sleep itself, but some residual effect to the hemodynamic response during sleep, i.e. the prolonged PEH.

要 旨

本研究の目的は、夕方に実施した有酸素性運動が、その夜の睡眠の量と質、ならびに運動後約24時間における血圧を中心とした循環機能に及ぼす影響について検討することであった。被験者は10名の健常若齢男性で、運動あり（運動条件）・なし（対照条件）の2条件をランダムに行った。1日目の16時に実験を開始して、2日目の12時に終了するプロトコールであった。運動条件では、実験室で仰臥位30分の安静後、脚自転車エルゴメータで有酸素性運動（運動強度：約50%HRR）を60分間行い、再び仰臥位で60分間の安静回復を保った。その後は自宅での睡眠を含めて通常の日常生活を行うよう指示した。2日目の実験終了時までホルタ心電・血圧計と簡易身体活動・睡眠時間同定装置を、加えて、入床から起床までの就床期間は心拍RR間隔変動解析に基づく睡眠ステージ推定装置を、それぞれ装着した。対照条件は、運動条件の運動に相当する期間を安静におきかえたものとした。簡易身体活動・睡眠時間同定装置から、総睡眠時間（＝睡眠時間－中途覚醒時間）、入眠潜時といった睡眠の量に関する、睡眠ステージ推定装置から、睡眠中のレム睡眠、ノンレム睡眠（浅い・深い）といった睡眠の質に関するパラメータを、それぞれ推定した。また両条件とも、各被験者では同一の曜日に行い、1日目の昼食と夕食、2日目の朝食は統一したものを提供した。睡眠の量と質に関するパラメータにおいては、両条件の間で、有意な違いが認められなかった。平均血圧に対

する運動の急性効果として、運動前の値に対して、運動後45-60分目で有意な低下が生じ、PEHが確認された。睡眠中の平均血圧を検討すると、運動条件では対照条件に比較して、有意に低くなる傾向が認められた。しかし翌日の午前中の値には有意差がなかった。夕方に行う有酸素性運動による血圧低下は、運動終了直後の一過性で急性なものだけでなく、その夜の睡眠中といった亜急性期にも引き起こされる可能性が示唆された。一方、睡眠の量ならびに質に関するパラメータには、運動実施の有無による違いは、基本的に認められなかった。

緒 言

日本人の2-3割は睡眠不足を抱えているといわれる¹⁾。快眠法のひとつに定期的な運動があげられ、運動をした夜は「よく眠ることができる」と一般に考えられている。疫学研究によれば、定期的な運動が睡眠に正の効果をもたらすとされる結果が多い^{2,3)}が、実際に運動を行った日の夜の睡眠への急性効果について、必ずしも明らかになっているというわけではない³⁾。睡眠に対する運動の急性効果に関する介入実験として日本人を対象とした研究は、筆者らが知る限り、2つの研究グループが行ってきた程度である^{3,4,5,6)}。このような研究では、脳波測定などの終夜睡眠ポリグラフィ(PSG: Poly-Somno-Graphy)に基づいて睡眠の質を評価するため、日常とは極端に違う条件、すなわち実験室での睡眠を被験者に課すことによる影響(「第一夜効果」)があるのではないかという問題点が指摘されている^{8,9)}。

睡眠は大きくREM (Rapid-Eye Movement) 睡眠と non-REM 睡眠に大別され、non-REM 睡眠はさらに4つの睡眠段階 (stage) に分けられ、特に stage-3, 4 は深い睡眠 (徐波睡眠, SWS: Slow Wave Sleep) と呼ばれる¹⁰⁾。このREM 睡眠と SWS の出現の比率、すなわち睡眠の「質」が、睡眠時間という量的内容と同等かそれ以上に重要と考えられる。REM 睡眠と SWS では自律神経バランスがほぼ正反対になることが知られている。すなわち、REM 睡眠時には交感神経が、SWS では副交感神経が優位となる¹⁰⁾。近年、睡眠中でも簡便に測定できる心拍RR 間隔を記録し、その変動の周波数解析に基づく自律神経バランス評価によって睡眠の質を判定する手法が提案された^{11, 12, 13)}。その方法に基づく睡眠ステージ判定は、従来の脳波による判定法との間で使用に問題のない一致性を示している^{12, 13)}。そこで本研究では、この新たな方法を、自宅での通常の睡眠中に適用し、特に睡眠の質に関する定量的評価を試みることにした。

一方、運動による循環系への急性の効果のひとつとして、運動終了後1-2時間程度の期間、血圧が低下する作用 (PEH: Post Exercise Hypotension) がよく知られており、高血圧運動療法の基礎の一つを与えている (例えば Hamer の総説¹⁴⁾ を参照)。しかしこの急性効果が、いかに慢性効果として定着していくのかに関しては必ずしもはっきりしていない。いいかえると、運動後の半日~1日、特に睡眠時における亜急性効果については興味もたれる。

従って、本研究の目的は、夕方に実施する有酸素性運動が、自宅でのほぼ普段通りに行った睡眠の量と質、ならびに睡眠時を含んだ運動後約1日間における血圧を中心とした循環機能に及ぼす影響について検討することであった。

1. 研究方法

1.1 被検者

被験者は当初、健康な若い一般男性12名 (18~25歳) をリクルートした。まず、被験者にホルタ心電・血圧計を装着して眠ることに慣れてもらうため、本実験の運動なし条件であると称したプロトコール (いわゆる「ダミー」条件) を行った。その結果、同装置の装着によって通常の睡眠が障害されたと訴えた被験者2名を、この時点で排除し、結果として残った10名を、以下に述べる本実験の被験者とした。彼らの年齢、身長、体重の範囲は、それぞれ19-25歳、165-181cm、51.7-69.5kgであった。特に高い運動習慣・トレーニング歴といった身体活動性を有した被検者はいなかった。すべての被検者に実験の目的、方法および危険性について十分な説明を行った。彼らは実験を途中で辞退できることを周知され理解した上で、実験に参加することに承諾し同意書に署名した。なお、実験計画は事前に倫理委員会の承認をえた。

1.2 実験プロトコール

本実験での運動の負荷強度を設定するために、本実験の1週間前に、被検者は電磁ブレーキ式の脚自転車エルゴメータ (232C-XL, コンビ製) を用いて、5分毎に負荷を漸増する3段階のステップ運動負荷試験を行った。各強度の運動時における定常状態の心拍数 (HR) と運動強度の関係から予備心拍数 (HRR: HR Reserve) を推定し、本実験での運動強度である50%HRR相当の負荷を決定した。

1日目の16時に実験を開始し、翌日12時に終了するプロトコールを、以下の2条件で行った。なお、両プロトコールとも各被験者では同一の曜日に行い、1日目の昼食 (約630kcal) と夕食 (約900もしくは1100kcal; 被験者によって選択)、2

日目の朝食（約 500kcal）は統一したものを提供した。

運動条件は、仰臥位 30 分の安静後、脚自転車エルゴメータで、有酸素性運動（運動強度：約 50%HRR）を 60 分間行い、再び仰臥位で 60 分間の安静を保った。その後は自宅での睡眠を含めて通常の日常生活を行うよう指示した。一方、対照条件は、運動条件の運動に相当する期間を座位安静におきかえたものとした。なお、両条件はランダムな順序で実施した。

1.3 測定項目

プロトコル中、ホルタ心電・血圧計（RAC-3502, 日本光電）で、血圧と心拍数の計測（夜間 0:00～9:00 の間は 60 分毎、それ以外の時間帯は 15 分毎）を、非利き腕の手首に装着した簡易身体活動・睡眠時間同定装置（AW-16, ActiWatch）で、睡眠の量に関する測定を、それぞれ行った。加えて、被験者には、入床時、睡眠ステージ判定用脈波記録装置（NEM-T1, 東芝）として、非利き腕の中指に光電脈波センサ、ならびに手首に時計型の記録計を装着するよう指

示し、睡眠中の心拍動（脈波拍動）を RR 間隔で測定した。

睡眠中のホルタ心電・血圧計による測定において、実際には、被験者の状態によって計測できないことが生じる。夜間 1 時間毎に設定した測定時刻で、初回の血圧測定が不可能だった場合には、被験者の睡眠への過度の刺激となることを防ぐために、再測定は 1 回までと制限した。結果として、睡眠中の血圧測定ができなかったことによるデータ欠損の割合は約 23% であった。

簡易身体活動・睡眠時間同定装置は、プロトコル終了後に、添付ソフト（ActiWare ver 5.04）により解析し、睡眠研究で一般に用いられる時間（量）的なパラメータである、総睡眠時間（＝睡眠時間－中途覚醒時間）、睡眠効率（＝睡眠時間／総就床時間）、入眠潜時を算出した⁸⁾。睡眠ステージ判定用脈波記録装置内のデータは、オフラインで添付ソフト（ねむリズム ver 1.0）によって解析し、REM 睡眠、浅い睡眠、深い睡眠（SWS）の 3 段階に同定した（その解析結果の一例を図 1 に示す）。解析の詳細は文献^{12, 13)}にゆずるが、その概略を手短かに述べると、データク

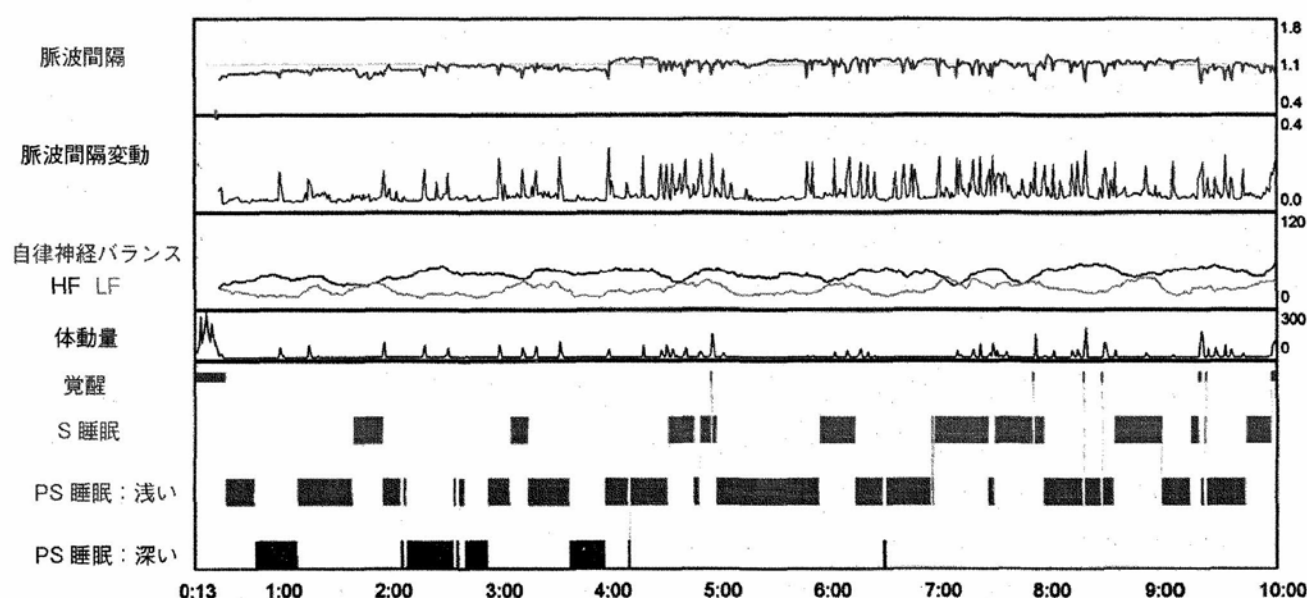


図1 睡眠ステージ判定用脈波記録装置を用いて計測した睡眠ステージ同定の結果の一例

S 睡眠：REM 睡眠、PS 睡眠・浅い：non-REM 睡眠（ステージ 1・2）、PS 睡眠・深い：non-REM 睡眠（ステージ 3・4）に相当。

リーニングの後、脈波を微分処理した後に求められたその間隔変動 (RR 間隔と一致) を 1 分ごとに周波数解析することで高周波 (HF) ならびに低周波成分 (LF) のパワーを算出し、そのバランスから REM 睡眠と non-REM 睡眠に区分する。さらに睡眠ポリグラフィによる外的基準に一致させるように事前に提案された統計的な手順を用いて、non-REM 睡眠をステージ 1・2 相当の浅い睡眠と 3・4 相当の深い睡眠 (SWS) に分ける。結果として、REM 睡眠、浅い・深い睡眠の 3 段階が 1 分ごとに同定される。

また、就寝前と起床直後に眠気の主観的評価として、「今、どのくらい眠いですか?」と「今、どのくらい目覚めていますか?」という質問項目用紙を用意し、10 cm の VAS (Visual Analogue Scale) で答えるよう、被験者に依頼した。あわせて被験者には行動記録用紙も渡し、それのできるだけ正確に、活動や就寝などを記録するよう依頼した。

1. 4 統計処理

各測定項目の結果は平均値と標準偏差で示した。睡眠に関する測定項目における 2 条件 (運動あり・なし) 間の比較には、対応のある t 検定を用いた。血圧と心拍数については、PEH を確かめるために、運動終了直後 1 時間、実験室で安静にした際の測定結果を 15 分ごとにまとめた。その際の両者における経時変化の有意性の検定は、繰り返しのある一元配置の分散分析によって行い、有意差が認められたパラメータについては、Dunnett の方法によって事後検定を行った。一方、その後の翌日正午までの経時変化は、夕食後から就寝前の夜間、就寝中、翌日の起床後から実験室に再訪する午前中という、大きく 3 つの時間帯に分け、その間の測定値を平均して結果をまとめた。これらは運動の有無による条件と時間帯の条件による二元配置の分散分析を

行い、有意差が認められた場合、事後検定を行った。統計的有意水準はその都度、P 値で示した。

2. 結果

2. 1 睡眠パラメータについて

睡眠の量的側面について、運動条件と対照条件の結果をまとめたものが表 1 である。総睡眠時間は、運動条件: 438 ± 76 分、対照条件: 457 ± 64 分で、両条件間に有意差は認められなかった。それ以外のパラメータ、中途覚醒時間、睡眠効率、入眠潜時などのいずれにおいても、両条件間で有意な差異はなかった (表 1)。

睡眠の質的側面として、REM 睡眠に相当する睡眠時間と non-REM のステージ 1・2 相当の浅い睡眠、ならびにステージ 3・4 相当の深い睡眠 (SWS) の時間について表 1 に示した。いずれの

表 1 運動条件と対照条件における睡眠の量と質に関するパラメータの結果

	運動条件	対照条件
睡眠の量に関するパラメータ		
総睡眠時間 (分)	437.9 (76.1)	456.6 (64.4)
中途覚醒時間 (分)	54.9 (31.4)	50.0 (19.4)
睡眠効率 (%)	85.3 (6.3)	87.4 (2.5)
入眠潜時 (分)	6.3 (6.5)	6.3 (4.5)
睡眠の質に関するパラメータ		
REM 睡眠時間 (分)	123.2 (41.9)	129.2 (31.7)
深い睡眠時間 (分)	56.8 (15.5)	48.6 (33.3)
浅い睡眠時間 (分)	281.0 (96.4)	317.8 (47.5)

数値は平均値 (標準偏差) で表示

パラメータにおいても、両条件間に有意差は認められなかった。そのほかにもいくつかパラメータは算出されたが、その中で唯一両条件間での違いが示唆されたパラメータは睡眠周期であった (P=0.08)。これは、睡眠中に数回繰り返される、non-REM 睡眠とそれに続く REM 睡眠を 1 つの睡眠単位として捉えた睡眠の周期性の平均時間

をさし、対照条件の 90 ± 20 分に比較して、運動条件では 102 ± 22 分と長くなる傾向が認められた。また、睡眠の主観的評価に関する両質問項目共に、就寝前、起床直後いずれの時点においても、両条件間で有意な違いはなかった。

2.2 心拍数・血圧について

運動終了直後の60分間の心拍数と平均血圧の時間推移を、同時刻の対照条件と比較して示したものが図2である。心拍数は、運動前安静時には両条件間で違いはなかったが、運動終了後60分の間は、運動条件が一貫して高い水準であった。また運動終了直後15分目では、運動条件において有意に高い値であった（運動条件： 70 ± 8 ，対照条件： 57 ± 6 bpm； $P < 0.05$ ）。平均血圧は、運動前安静時には両条件間で違いはなかった。運動終了後1時間の時間推移は、運動条件において、運動前の値に比して、45分目ならびに60分目まで有意に低い値を示し、従来からいわれる PEH を

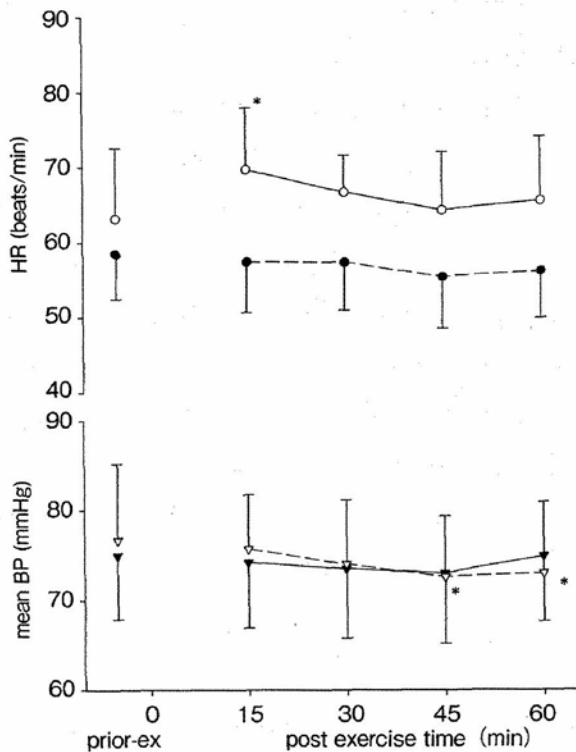


図2 運動終了直後1時間の心拍数 (HR) と平均血圧 (mean BP) の経時変化。黒が対照条件、白が運動条件を示す。

*; 運動前の値との有意差 ($P < 0.05$)

確認した (運動前： 77 ± 8 ，運動後45分： 73 ± 7 ，運動後60分： 73 ± 8 mmHg；共に $P < 0.05$)。

運動が循環系パラメータへ及ぼす亜急性効果をみるために、被験者が実験室を去って自宅で夕食をとった後に就寝するまで、就寝中、翌日に起床後から実験室を再訪する正午まで、の3つの期間にわけて、心拍数、収縮期血圧、平均血圧、および拡張期血圧を平均し、まとめたものが図3である。すべてのパラメータは、両条件共に夜間就寝中に低下した。また、運動あり・なしの両条件間で有意差が認められたのは、収縮期血圧と平均血圧で、就寝中の値は、運動条件のほうが低い値を示す傾向にあった (収縮期血圧、

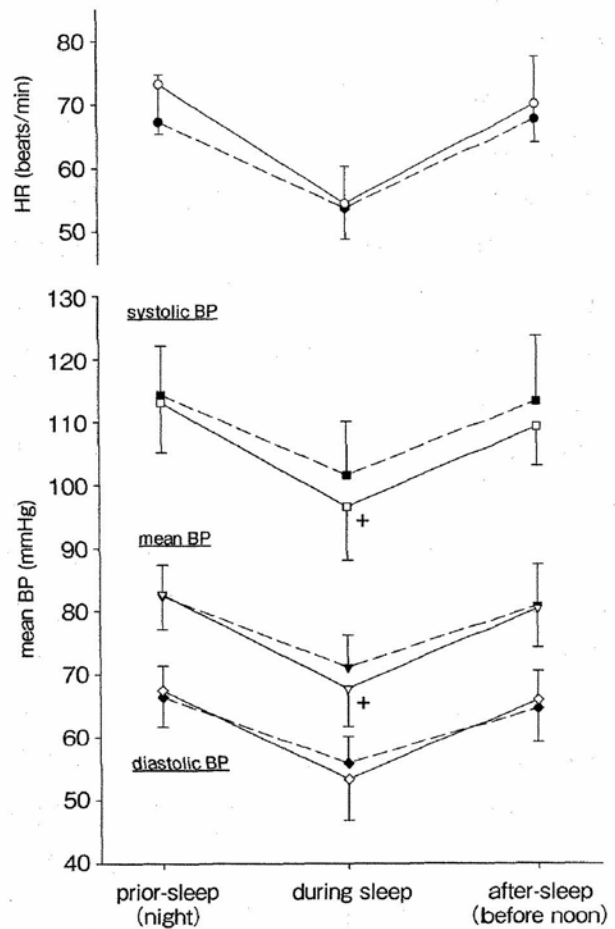


図3 運動終了後約1日間の心拍数 (HR) と血圧 (BP; 収縮期血圧, 平均血圧, 拡張期血圧) の変化。時間帯は3つに区分し、横軸は左から、夕食後から入床までの夜の期間、夜間就床中の期間、翌日起床後から実験室を再訪するまでの午前中の期間を示す。黒が対照条件、白が運動条件を示す。

+; 対照条件と運動条件の間の有意差 (収縮期血圧： $P = 0.07$ ，平均血圧： $P = 0.08$)

対照条件：102±9，運動条件：97±8；P=0.07，平均血圧，対照条件：72±5，運動条件：68±6 mmHg；P=0.08）。

3. 考 察

本研究の結果をまとめると以下である。睡眠の量ならびに質に関するパラメータには，運動実施の有無による違いは，基本的に認められなかった。一方，運動による急性の血圧低下現象（PEH）は，運動終了後，比較的短時間で一旦はほぼ消滅したが，その夜の睡眠中に再び，出現する可能性が認められた。このことから，夕方に行う有酸素性運動は血圧に対して，急性期の一過性の降圧効果だけでなく，亜急性期，とくにその夜の睡眠中にも影響を及ぼす可能性が示唆された。

運動と睡眠の関連性を検討する目的で，睡眠の量的側面について，日常に運動習慣のある，いわゆる Active な人と，Sedentary な人を比較するという横断的な疫学調査がこれまで行われてきているが，必ずしもはっきりとした関連性が認められているわけではない^{3,9)}。また，睡眠の量と質の両面に対する運動の急性効果についても，すでに多くの報告がなされているが，一致した結果が示されてはいない。それらを包括的にメタ解析した結果によると，総睡眠時間と深い睡眠（SWS）が数分程度ほど増加し，逆に REM 睡眠も同程度わずかに減少するといわれている¹⁵⁾。

日本人を対象とした研究は多くない。Kobayashi たちによれば，5名の男子大学生を対象に昼間の運動は，その夜の最初の REM 睡眠潜時を有意に延長すること⁴⁾，また就寝前の運動は翌朝の寝起きの主観的評価がよくなること⁵⁾を報告している。一方，Oda and Morita による研究⁶⁾では，8名の男子大学生を対象に夕方の50分間の水中運動を行ったところ，その夜の睡眠にはなんら影響を及ぼさなかった。しかし，その後の小田の研究⁷⁾では，運動実施に伴って就寝直

前の副交感神経緊張への移行が不十分で心拍数の高い状態の人ほど，入眠潜時の延長，いわゆる「寝つき」の悪いことが示された。上述のメタ解析の結果も含め，これらの研究においては，PSG による睡眠測定のために，被験者は実験室という人為的な条件で睡眠していたという点を考慮する必要がある。その意味で，本研究の自宅でのほぼ通常な条件下での睡眠という条件設定には，意義があったものと考えている。

夜間睡眠への運動の効果を考える場合，その運動の内容と実施時間帯は大きく影響すると予想される。それらをまとめた成書¹⁶⁾によると，以下のような提唱がなされている。午前中の運動実施は夜間睡眠に影響しない。午後の時間帯に中等度の有酸素性運動を1時間程度実施すると睡眠への正の効果（中途覚醒時間の減少，SWSの増大，REM 睡眠の減少）が期待される。一方，就寝前の2～3時間以内に，特に高強度運動を行うと逆に睡眠は阻害される可能性が高い。そこで本研究では，夕方に1時間の中等度な有酸素性運動を実施することとした。

本研究の結果は，夜間睡眠の量・質共に，その日の夕方の運動によって影響されないことを示した。この結果の要因のひとつとして，天井効果¹⁷⁾があげられる。日常の睡眠がよいヒトを対象にさらに効果が期待される何かを行っても，その改善する幅がほとんどなく，例えば本実験のような運動の効果も現れにくいという説明である。その意味では研究対象者を，何らかの睡眠障害を有する者や高齢者に拡げていく必要性が今後の課題としてあげられる。

運動が睡眠へ正の効果をもたらし機序のひとつに，運動による体温上昇作用が指摘されている¹⁸⁾。本研究でとりあげた運動以外に，夜間睡眠に対する正の効果をもたらす方法として，就寝3～4時間前の入浴が提唱されている¹⁹⁾が，同様な機序によると考えられている。一般に，体温の

概日リズムの中で、体温の急速な低下時に入眠できるので、運動や入浴によって、能動的・受動的に生じる適度な体温上昇が、その後、就寝直前での急速な体温下降を導き、それによって入眠がスムーズに行われ、その後の睡眠も改善されると説明されている。本研究では、舌下温を一般的な体温計により、いくつかの時刻で測定しているが、就寝前でのみ、両条件間で、唯一の統計的有意差が認められた（運動条件： 36.5 ± 0.2 ，対照条件： $36.2 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ， $P < 0.05$ ）。午後8時前後の夕食前の舌下温は、運動条件で 36.4 ± 0.3 ，対照条件で $36.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$ であったので、対照条件では 0.2°C の低下が入眠直前に起こっていたのに対して、運動条件ではまだ夕食前の値とほぼ同等であったことになる。このように、運動条件で運動による体温上昇の残存効果が推測されるが、本研究結果にどのように関与していたのかは、残念ながら、現時点ではっきりしない。

運動終了後、1～2時間程度の期間、血圧が運動前に比較して、一過性に低下したまま推移する、急性の降圧現象がよく知られており、運動後低血圧（PEH: Post Exercise Hypotension）と呼ばれる²⁰⁾。一方、定期的な運動による慢性的な効果としての降圧作用は、本態性高血圧患者への運動療法としてすでによく認識されている。しかし、その間の推移、すなわち運動2～3時間後から1～2日後にかけての亜急性効果については、必ずしも明らかではない¹⁴⁾。脳卒中や心血管系イベントの発症に関する時間生物学的知見として、近年、一日の中で特に早朝にそれらのリスクが増大すること、またそれは睡眠時血圧と関連性があることが知られるようになってきている²¹⁾。そのような観点から、本実験プロトコルのような夕方に運動した夜の睡眠中の循環動態、特に血圧には興味もたれる。そこで、本研究では、小型・軽量のホルタ血圧・心電計を装着し、運動日の翌日正午まで、ほぼ1日間

の測定を行った。

運動直後は、約1時間経過したあたりで、血圧の有意な低下がおり、PEHが確認された（図2）。その後、自宅での夕食後から入床までの期間における血圧は、対照条件と同じ水準にあった（図3）。すなわち急性のPEHは一旦消失した。睡眠中のホルタ測定は、覚醒時の場合とくらべ、その時刻での寝姿や腕の状態が任意に設定できないため、また睡眠への影響を最小限にするために再測定は1回までに制限したため、測定不能な場合がかなり生じた。そこで、睡眠中の循環動態を経時的に細かく検討することは断念し、方法で述べたような、睡眠中1時間毎に試みた測定の中で測定できた血圧値すべての平均値を睡眠中の血圧として、運動条件と対照条件で比較した。運動条件では、収縮期血圧と平均血圧が約4～5 mmHg程度の低下傾向を示した（図3）。しかし、翌日の午前中の血圧は、再び両条件間で同等な水準であり、運動の効果は消失していた（図3）。

運動による睡眠時血圧への亜急性の降圧効果が示唆されたので、特定の時刻・時間帯での平均血圧について、いくらか検討を加えてみた。就寝直前に測定された平均血圧は、対照条件： 80 ± 6 ，運動条件： 80 ± 9 mmHgで有意差はなかった。また起床直後すぐに測定された平均血圧も、対照条件： 75 ± 14 ，運動条件： 76 ± 14 mmHgと有意差は認められなかった。睡眠中、起床する前2時間（明け方）における平均血圧は、対照条件： 71 ± 9 ，運動条件： 63 ± 10 mmHgで、運動条件の方がやや低い傾向がみられた（ $P=0.10$ ）。そこで睡眠中の全期間を通して測定された値の中で最も低い平均血圧を取り出して両条件で比較してみると、対照条件が 63 ± 9 mmHgであったのに対し、運動条件では 59 ± 8 mmHgと有意に低い値であった（ $P < 0.05$ ）。

運動後の血圧の推移は、運動終了後1時間あた

りで、いわゆる PEH 現象と呼ばれる降圧効果が認められたが、その後は一旦、消失する。夜間睡眠時には、おそらく明け方の低下などが中心となって再び低下する。しかし翌日の起床後の日中の血圧には影響が及ばないようである。すなわち運動の垂急性効果として、その夜の睡眠中の血圧低下が引き起こされる可能性を、本研究結果は示唆した。夜間の血圧、特に明け方の推移と、起床直後の血圧の上昇程度によって、昼間は同じような血圧の本態性高血圧患者においても、夜間低い dipper (あるいは morning surge) と夜間も高値な non-dipper の存在が指摘され、両者それぞれは脳卒中や心血管イベントへのかかわり方が異なることが明らかになりつつある²²⁾。その意味では、今後、前日の運動がそのような夜間から起床時の血圧を中心した循環動態にどのような影響を与えるかについて、対象者を拡げて、より詳細に検討していく必要性があり、今後の課題である。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に対して助成をいただいた、(財)石本記念デサントスポーツ科学振興財団に篤く御礼を申し上げます。本研究を遂行するにあたり、本研究室の明見しずか氏、三浦康平氏、ならびに山田雅子氏の多大なる貢献によって本研究は実施することができました。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 平成 12 年 保健福祉動向調査の概況 - 心身の健康 -。厚生労働省, 2000 (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/hftyosa/hftyosa00/index.html>)
- 2) O'Connor P.J., Youngstedt S.D., Influence of exercise on human sleep. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, **23**: 105-34(1995)
- 3) Youngstedt S.D., Effects of exercise on sleep. *Clin.*

- Sports Med.*, **24**: 355-65(2005)
- 4) Kobayashi T., Ishikawa T., Arakawa K., Effects of daytime activity upon the timing of REM sleep periods during a night. *Psychiatry Clin. Neurosci.*, **52**: 130-131(1998)
- 5) Yoshida H., Ishikawa T., Shiraishi F., Kobayashi T., Effects of the timing of exercise on the night sleep. *Psychiatry Clin. Neurosci.*, **52**: 139-140(1998)
- 6) Oda S., Moriya K., The effects of recreational underwater exercise in early evening on sleep for physically untrained male subjects. *Psychiatry Clin. Neurosci.*, **55**: 179-181(2001)
- 7) 小田史郎. 運動介入が睡眠に及ぼす影響の大きさと就床時における生理的变化の関係. 北海道大学大学院教育学研究科紀要 **99**: 113-121(2006)
- 8) 堀忠雄編著, 「睡眠心理学」, 北大路書房, 2008)
- 9) Driver S., Taylor S.R., Exercise and sleep, *Sleep Med. Rev.*, **4**: 387-402(2000)
- 10) 日本睡眠学会編, 「睡眠学」, 朝倉書店(2009)
- 11) Suzuki T., Ouchi K., Moriya A., Kameyama K., Takahashi M., Development of a sleep-stage estimation method using heart rate variability and actigraphy measured by wearable sensor, *Sleep Biol. Rhythms*, **5** Suppl.1: A38(2007)
- 12) 森屋, 鈴木, 大内, 亀山. 脈派情報を用いた睡眠状態推定とその応用. ヒューマンインターフェース学会論文誌, **10**: 207-214(2008)
- 13) Suzuki T., Ouchi K., Kameyama K., Takahashi M., Development of a sleep monitoring system with wearable vital sensor for home use. *Biodevices 2009 (Int. Conf. Biomed Electr. Devices)*, pp.326-331(2009)
- 14) Hamer M., The anti-hypertensive effects of exercise: integrating acute and chronic mechanisms. *Sports Med.*, **36**: 109-16(2006)
- 15) Youngstedt S.D., O'Connor P.J., Dishman R.K., The effects of acute exercise on sleep: A quantitative synthesis. *Sleep*, **20**: 203-214(1997,)
- 16) 水野, 白川, 「睡眠と運動・スポーツ」, 浅野, 田中編著, 健康スポーツ科学, pp.243-254, 文光堂(2007)
- 17) Youngstedt S.D., Ceiling and floor effects in sleep research. *Sleep Med. Rev.*, **7**: 351-365(2003)
- 18) Horne J.A., Staff LHE., Exercise and sleep: body-heating effects. *Sleep*, **6**: 36-46(1983)
- 19) Bunnell D.E., Agnew J.A., Horvath S.M., Jopson L., Wills M., Passive body heating and sleep: influence

- of proximity to sleep. *Sleep*, 11: 210-219(1988)
- 20) Halliwill J.R., Mechanisms and clinical implications of post-exercise hypotension in humans. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 29: 65-70(2001)
- 21) 萩原俊男. 高血圧・糖尿病, pp.26-27, メディカルレビュー社(2004)
- 22) 今井潤. 携帯型自動血圧計による自由行動下血圧測定, 循環器科, 46 Suppl.1: 124-131(1999)