

就床前運動が夜間睡眠に及ぼす影響

The Effects of Pre-Sleep Exercise on Sleep

白 川 和 希 小 田 史 郎
Kazuki SHIRAKAWA Shiro ODA

I. はじめに

わが国では多くの人が睡眠障害を抱えており、早急な対策が必要とされている¹⁾。こうした睡眠障害の広がる一方、運動などのように生活習慣を見直すことからこれを改善しようとする生活処方がクローズアップされている。多くの疫学調査によって運動習慣のある者は普段から良好な睡眠を得ていること²⁾、また睡眠ポリグラフによる検討によっても運動習慣がない者の睡眠では入眠が遅く、深い睡眠が少ないこと³⁾が報告されている。以上の報告から、運動を日常生活に取り入れることによって、良い睡眠習慣が得られるのではないかと考えられる。しかし、これまで運動をしてきてこなかった者に運動をどのように行わせると良好な睡眠を得ることができるのかについては明らかになっていない。身体運動が夜間睡眠に及ぼす影響を検討した研究は数多く存在するが、運動習慣のある者となない者では運動が夜間睡眠に及ぼす影響が異なることが報告されている^{4,5)}。本研究では運動習慣のない者にどのような方法で運動をさせると睡眠改善に効果的であるかについての基礎資料を得ることを目的としているが、運動習慣のある者に良いとされる方法が必ずしも運動習慣のない者に有効かどうかは明らかでない。

以上のことから、本研究では、運動習慣のない者の睡眠を改善させるための運動方法を検討するための基礎資料を得るという目的のもと、就床前から睡眠までの体温変動や心臓自律神経系活動動態、回復過程に注目しながら運動が睡眠に及ぼす影響を検討することとした。具体的には、運動習慣のない男子大学生を対象に就床前に中等度強度の運動と高強度の運動という異なる強度の運動を行わせた場合と、就床1時間前の運動と就床3時間前の運動という異なるタイミングで運動を行わせた場合の、夜間睡眠に及ぼす影響の違いについて検討した。

II. 運動強度の違いが夜間睡眠に及ぼす影響

1. 目 的

高強度運動日では、就床前から睡眠にかけて、交感神経系や心拍数、体温が高く、副交感神経系が低い状態が維持される。こうした興奮によって非運動日に比べて睡眠が悪化するのではないかと考えられる。一方、中等度強度運動日は、交感神経系、副交感神経系、心拍数は高強度ほど変動がなく、体温も十分回復するため、睡眠に悪影響を及ぼさないと考えられる。以上

のことから、本研究では、運動強度の違い（高強度と中等度強度）に注目し、就床1時間前の40分間の運動実施が夜間睡眠に及ぼす影響について検討した。

2. 方 法

1) 被 験 者

被験者は部活動などの定期的な運動を実施しておらず、睡眠にやや不満を持つ男子大学生13名（8名；2005年2～3月，5名；2006年8～9月）であった。被験者は、睡眠薬を服用しておらず、医学的問題を抱えていない者から選抜した。被験者には事前に実験内容を十分に説明し、実験参加についての同意を文書で得た。被験者の平均年齢（±SD）は19.8歳（±0.9），平均身長は171.0cm（±4.1），平均体重は64.7kg（±8.6）であった。身長と体重から算出したBody Mass Index（BMI：=体重，kg/身長²，m）は22.1（±2.4）であった。

2) 実験条件および実験プロトコル

本実験は、1日の練習日と3日間の実験日の計4日間で構成した。第1日目は練習日とし、実験の流れを理解し、運動実施と睡眠ポリグラフの電極を装着して寝ることに慣れるための日と位置づけた。実験日は、①非運動日（運動を実施しない対照日）、②中等度強度運動日（中等度強度の運動を実施する日）、③高強度運動日（高強度の運動を実施する日）の3日間で構成した。実験日の第2日目～第4日目にかけて①～③を順不同に被験者に割り当てた。運動は、就床時刻の1時間前に終わるように40分間のトレッドミル走を実施した。運動の時間配分は、前後の5分間をウォームアップとクールダウンとして、30分間をメインエクササイズとした。メインエクササイズの運動強度は、事前に運動負荷試験を行い、心拍予備率（%HRR：Heart Rate Reserve）より求め、中等度強度運動日は60%HRR，高強度運動日は80%HRRと設定した。

被験者には実験日の1週間前から、実験日と同じ時刻に就床し、起床する生活を行わせた。被験者には睡眠日誌を渡し、就床時刻と起床時刻を記入させた。併せて、安静時心拍数を推定するために、HRモニター（S810i，POLAR社）を装着し、24時間記録を行った。

本実験は、北海道江別市にあるウィークリーマンションの一室（2005年）、浅井学園大学北方圏生涯スポーツ研究センター内の一室（2006年）において実施した。実験中は携帯電話の使用、テレビの視聴を禁止するなど、社会の情報から隔離した。また室内へ差し込む太陽の光もカーテンで遮断し、外部からの情報・刺激を暴露しないようにした。実験は、ほぼ一定の室温に保たれた状態で行った。第1日目の練習日には、実験生活に関する確認や部屋の使用方法などの説明を行い、体温（以下、直腸温）やR-R間隔を測定するロガーを装着し、安静を開始した。その後、22時00分までに軽強度の運動を数10分間行い、ポリグラフ電極を装着し、23時00分に就床した。被験者は、朝7時00分の起床直後に睡眠感に関する質問紙に記入した。その後、測定電極を外し、15分間程度のシャワー浴を行った。食事は1日3食とし、朝食は7時20

分から8時30分、昼食は12時00分から13時00分、夕食は17時00分から18時20分の間で摂ることとした。被験者は、日中の生活活動は、読書などの軽作業をして過ごし、18時30分より座位安静（読書等の禁止）を開始した。非運動日には座椅子でそのまま安静を続けた。運動日に被験者は、21時20分から22時00分の40分間の運動を実施した。運動終了後、睡眠ポリグラフの電極を装着し、再び安静を続けた後、23時00分に就床・消灯した。睡眠時間は、23時00分就床から翌朝7時00分起床までの8時間とした。実験日には昼寝、アルコールの摂取、過度の運動、薬物服用を禁止した。実験期間中のすべての活動を活動記録票に記入させた。

3) 測定項目および解析方法

実験の目的に照らし、ピッツバーグ睡眠質問票日本語版²⁹⁾を用いて日常の睡眠状況を評価し、被験者を選抜した。本実験では、睡眠ポリグラフ、OSA睡眠調査票、直腸温、R-R間隔による心拍数の指標とされるHRと交感神経系の指標とされるHF、副交感神経系の指標とされるLF/HFの測定を行った。

睡眠ポリグラフ法を用いて夜間睡眠の客観的評価を行った。睡眠ポリグラフ法は、脳波と眼球運動、筋電図の生理測定により、睡眠の段階を判定する方法である。睡眠ポリグラフについては、解析用プログラム（Sleep Sign Version 2, Kissei Comtec社）と視察判定により、20秒ごとの睡眠段階を判定し、睡眠変量を求めた。

OSA（Oguri, Shirakawa and Azumi）睡眠調査用紙²⁹⁾は、昨夜の主観的な睡眠感を測定した。被験者は、31の質問項目を6段階評価を行った。OSA睡眠調査票の解析はマニュアルに従い、「ねむ気の因子」、「睡眠維持の因子」、「気がかりの因子」、「統合的睡眠の因子」、「寝つきの因子」の5因子に分類して行った。

直腸温の測定には、携帯用体温ロガー（LT8A, Gram社）を用いて、連続記録した。直腸温の記録は10秒間隔で行い、1分毎の中央値を求めて解析した。これらの値から、就床時体温、睡眠中の1時間毎の平均値を求めた。

R-R間隔の測定には、携帯用R-R間隔ロガー（アクティブトレーサー AC301A, GMS社）を用いて、連続記録した。R-R間隔の記録は1分間隔で行い、5分間の中央値を解析した。求めたR-R間隔より、心拍数の指標であるHR、交感神経系の指標であるLF/HF、副交感神経系の指標であるHFパワー値を求めた。これらの値から、就床時の値、睡眠中の1時間毎の平均値を求めた。

統計処理は睡眠ポリグラフのすべての変量、OSA睡眠調査票の各因子の得点、直腸温と安静時から就床時までのHR、LF/HF、HFの各変量は、Bonferroniの補正を用いたt検定を用いて比較した。また睡眠中の直腸温とHR、LF/HF、HFパワー値は、1時間の平均値にして繰り返しのある二元配置分散分析（Repeated-measures ANOVA, 時間×条件）を用いて比較した。有意水準はいずれも危険率5%未満とした。

表 1 非運動日と中等度強度運動日、高強度運動日間の睡眠ポリグラフの睡眠変量の比較

	unit	非運動日		中等度強度運動日		高強度運動日		非 vs 中	非 vs 高	中 vs 高
		Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM			
TIB	min	479.7	0.2	478.8	0.7	479.0	0.5	ns	ns	ns
SPT	min	459.6	3.7	453.2	4.2	444.2	7.3	ns	ns	ns
TST	min	440.3	3.6	433.8	4.3	423.4	7.3	ns	*	ns
SE	%	91.8	0.7	90.6	0.9	88.4	1.5	ns	*	ns
SOL	min	19.9	3.6	24.7	4.2	34.7	7.0	ns	ns	ns
WASO	min	19.3	1.1	19.4	1.5	20.9	1.5	ns	ns	ns
REM	min	106.2	6.9	106.2	6.7	89.8	6.7	ns	*	*
Stage 1	min	23.3	3.1	24.8	3.2	26.3	3.6	ns	ns	ns
Stage 2	min	267.1	5.9	261.8	8.1	263.3	7.2	ns	ns	ns
Stage 3	min	32.5	3.3	30.7	2.2	32.2	2.9	ns	ns	ns
Stage 4	min	11.2	3.4	10.2	3.6	11.7	3.7	ns	ns	ns
SWS	min	43.7	5.7	40.9	5.2	43.9	5.1	ns	ns	ns
RL	min	65.0	3.7	73.8	7.2	73.4	5.2	ns	ns	ns

(n=13, * p<0.05 by paired t-test with Bonferroni correction, TIB; time in bed, SPT; sleep period time, TST; total sleep time, SE; Sleep efficiency (TST/TIB) SOL; sleep onset latency, WASO; wake time after sleep onset, SWS; slow wave sleep, RL; REM latency.)

3. 結 果

睡眠ポリグラフの睡眠変量の非運動日と中等度強度運動日、高強度運動日間の比較を表 1 に示した。各睡眠 Stage, SWS では、3 群間に有意差は認められなかった。しかし、REM 睡眠出現時間では非運動日と中等度強度運動日に比べ、高強度運動日が有意に低いことが認められた。睡眠効率を示す SE においては、非運動日に比べ、高強度運動日が有意に減少していることが認められた。さらに、総睡眠時間を示す TST においても、非運動日に比べ、高強度運動日が有意に低いことが認められた。

OSA 睡眠調査票の因子の 3 群間の比較を図 1 に示した。条件間の比較では、「気がかりの因子」において、非運動日に比べて高強度運動日の得点が有意に低かった。しかし、他の 4 つの因子「ねむ気の因子」、「睡眠維持の因子」、「統合的睡眠の因子」、「寝つきの因子」については 3 群間に有意差は認められなかった。

就床時と睡眠中における直腸温と心拍数、交感神経、副交感神経の 3 群間の比較を表 2 に示した。就床時の直腸温においては、非運動日に比べ、中等度強度運動日と橋強度運動日が有意に高く、中等度強度運動日に比べ、高強度運動日が有意に高いことが認められた。睡眠中の直腸温においては、非運動日と中等度強度運動日に比べ、高強度運動日が有意に高いことが認められた。就床時の HR は、非運動日に比べ、中等度強度運動日と高強度運動日が有意に高く、中等度強度運動日に比べても、高強度運動日が有意に高いことが認められた。睡眠中の心拍数においては就床時と同様の有意関係があったが、交互作用を示した。

就床時の LF/HF において、3 群間に有意差は認められなかった。睡眠中の LF/HF においては、非運動日に比べ高強度運動日が有意に高いことが認められた。

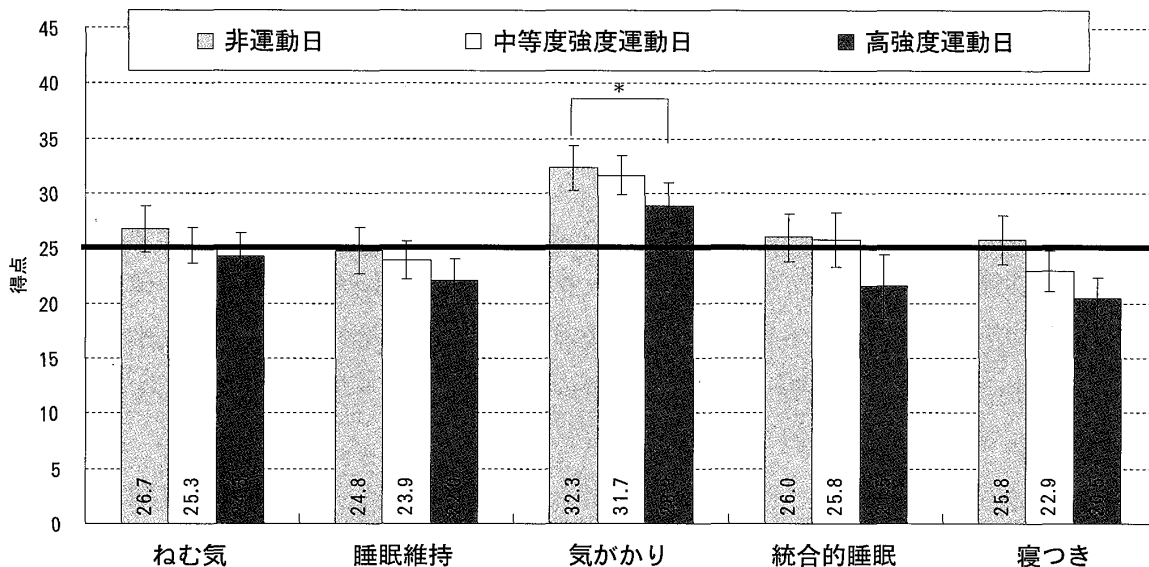


図1 OSA睡眠調査票の各因子に対する非運動日, 中等度強度運動日, 高強度運動日間の比較 (Mean±SEM, n=13, *p<0.05 by paired t-test with Bonferroni correction)

就床時のHFパワー値においては, 非運動日に比べ高強度運動日が有意に低く, 中等度強度運動日に比べても高強度運動日が有意に低いことが認められた。睡眠中のHFパワー値においても, 非運動日に比べ高強度運動日が有意に低く, 中等度強度運動日に比べても高強度運動日が有意に低いことが認められた。

4. 考 察

就床1時間前に異なる強度で運動を実施した本研究では, 睡眠ポリグラフにおいて, 対照日である非運動日に比べて高強度運動日が総睡眠時間, 睡眠効率で有意に悪化したことが認められた。また, 翌朝の睡眠感についてのOSA睡眠調査票における睡眠感の主観的評価では, 非運動日に比べて高強度運動日の「気がかりの因子」が有意に悪化した。

表2 就床時, 睡眠中における直腸温と心臓自律神経活動の非運動日, 中等度強度運動日, 高強度運動日間の比較

		unit	非運動日		中等度強度運動日		高強度運動日		非vs中	非vs高	中vs高
			Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM			
直腸温	就床時	°C	36.87	0.08	37.14	0.07	37.29	0.08	*	*	*
	睡眠中	°C	36.41	0.03	36.45	0.03	36.52	0.03	ns	**	**
心拍数 HR	就床時	拍	56.5	1.8	65.8	2.1	78.4	1.8	*	*	*
	睡眠中	拍	50.8	0.5	53.4	0.5	57.0	0.6	**※1	**※1	**※1
交感神経 LF/HF	就床時		3.48	0.55	3.69	0.78	3.88	0.74	ns	ns	ns
	睡眠中		1.70	0.07	1.98	0.11	2.18	0.13	ns	**	ns
副交感神経 HF	就床時	msec ²	780	203	598	132	236	67	ns	*	*
	睡眠中	msec ²	1008	64	1021	61	778	50	ns	**	**

(n=13, *p<0.05 by paired t-test with Bonferroni correction, **p<0.05 by Repeated-measure ANOVA, ※1 interaction.)

以上の高強度運動日に総睡眠時間、睡眠効率が悪化した原因について考察を進める。第1に、就床時と睡眠中の直腸温において、高強度運動日が他の2条件よりも有意に高い値を示したことが総睡眠時間と睡眠効率に悪影響を及ぼした要因と考えられる。Edinger¹²⁾らは運動中の体温上昇度が大きい人ほど睡眠障害を引き起こすことを報告しており、先行研究を支持する結果といえる。また就床時において高強度運動日の心拍数が他の2条件よりも高い値を示した。最後に、副交感神経系の指標とされるHFパワー値においても、就床時と睡眠中の値において高強度運動日が他の2条件よりも有意に低い値を示していた。以上のことから、高強度の運動は自律神経系を中心とした心拍数や体温の回復過程を遅らせ、こうした生理的興奮の持続が睡眠時間や熟眠感（睡眠効率）を悪化させたと考えられる。

一方、中等度強度運動日は、睡眠中に悪影響を及ぼさなかった。就床前から睡眠時にかけての生理応答をみてみると、就床時の直腸温と心拍数において非運動日より高かったが、高強度運動日より低かった。さらに、就床時の副交感神経系においては高強度運動日より高く、非運動日と比べると有意差は認められなかった。加えて、睡眠中の直腸温と副交感神経系が非運動日との差がなかった。このようなことから、就床1時間前における中等度強度の運動は過度の興奮を引き起こさないために、夜間の睡眠に悪影響を及ぼさなかったのではないかと考えられる。また、強度に関係なく就床1時間前における運動は、夜間の睡眠を改善する働きは少ないと考えられた。

以上をまとめると、就床前から就床時にかけての体温変動や自律神経系活動動態が睡眠の良し悪し、特に睡眠効率や総睡眠時間に強く影響することが示唆された。運動習慣のない者に体温、心拍数、副交感神経系の指標を用いることは、運動が睡眠に及ぼす影響を検討するための手がかりになることと考えられる。

Ⅲ. 運動のタイミングの違いが睡眠に及ぼす影響

1. 目的

前述の実験においては、就床1時間前の中等度強度運動による睡眠改善効果は認められなかった。いくつかのパラメータで就床時に身体の興奮が持続していたことから、もう少し早い時間帯で同様の運動を行えば、改善に働くことが考えられる。そこで、本実験では、運動を実施するタイミングの違いに注目し、就床1時間前、就床3時間前に終了する40分間の運動実施が夜間睡眠に及ぼす影響について検討した。

仮説として、就床3時間前運動日には、就床時までには交感神経系と心拍数、体温は低下し、副交感神経系が亢進し、これによって睡眠が改善するのではないかと考えられる。

2. 方 法

1) 被 験 者

被験者は部活動などの定期的な運動を実施しておらず、睡眠にやや不満を持つ男子大学生12名（7名；2005年，5名；2006年）であった。被験者は，睡眠薬を服用しておらず，医学的問題を抱えていない者から選択した。被験者には事前に実験内容を十分に説明し，実験参加についての同意を文書で得た。被験者の平均年齢（ \pm SD）は19.7歳（ \pm 0.9），平均身長は170.3cm（ \pm 3.4），平均体重は64.1kg（ \pm 8.7）であった。身長と体重から算出したBody Mass Index（BMI：=体重，kg/身長²，m）は22.1（ \pm 2.5）であった。

2) 実験方法および実験プロトコル

本実験は，1日の練習日と3日間の実験日の計4日間で構成した。第1日目は練習日とし，実験の流れを理解し，運動実施と睡眠ポリグラフの電極を装着して寝ることに慣れるための日と位置づけた。実験日は，①非運動日（運動を実施しない対照日），②就床1時間前運動日（就床1時間前までに運動を終えるように運動を実施する日），③就床3時間前運動日（就床3時間前までに運動を終えるように運動を実施する日）の3日間で構成した。第2日目～第4日目見かけて①～③を順不同に被験者に割り当てた。運動は，40分間のトレッドミル走を実施した。運動の時間配分は，前後の5分間をウォームアップとクールダウンとして，30分間をメインエクササイズとした。メインエクササイズの運動強度は，就床1時間前運動日と就床3時間前運動日とも60%HRRと設定した。

実験日の19時20分から22時00分以外の時間帯は，前述の実験と同様であるため割愛する。就床1時間前運動日には，21時20分から22時00分，就床3時間前運動日は19時20分から20時00分に40分間の運動を実施した。非運動日には座椅子でそのまま安静を続けた。運動終了後，睡眠ポリグラフの電極を装着し，再び安静を続けた。23時に00分に就床・消灯し，翌朝7時に起床した。

3) 測定項目および解析方法

本実験で用いた測定項目は，前述の実験と同様である。

本実験で用いた統計手法は，前述の実験と同様である。ただし，非運動日，就床1時間前運動日，就床3時間前運動日の3条件で比較した。

表 3 非運動日と就床1時間前運動日、就床3時間前運動日間の睡眠ポリグラフの睡眠変量の比較

	unit	非運動日		就床1時間前 運動日		就床3時間前 運動日		非 vs 1	非 vs 3	1 vs 3
		Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM			
TIB	min	479.7	0.3	478.7	0.8	478.8	0.8	ns	ns	ns
SPT	min	458.5	3.8	451.5	4.2	461.9	3.9	ns	ns	*
TST	min	439.5	3.8	432.2	4.4	442.3	3.2	ns	ns	ns
SE	%	91.6	0.8	90.3	0.9	92.4	0.6	ns	ns	ns
SOL	min	20.9	3.8	26.2	4.3	17.0	3.6	ns	ns	ns
WASO	min	18.9	1.1	19.3	1.7	19.5	1.5	ns	ns	ns
REM	min	103.2	6.7	101.4	5.0	99.7	5.2	ns	ns	ns
Stage 1	min	24.8	2.9	26.4	3.0	24.3	2.0	ns	ns	ns
Stage 2	min	270.7	5.2	266.2	7.5	269.5	6.3	ns	ns	ns
Stage 3	min	30.9	3.1	29.9	2.2	35.1	4.0	ns	ns	ns
Stage 4	min	10.0	3.4	8.3	3.3	13.8	4.5	ns	ns	*
SWS	min	41.0	5.4	38.2	4.9	48.8	6.2	ns	ns	ns
RL	min	65.4	4.0	74.0	7.8	69.1	4.2	ns	ns	ns

(n=12, *p<0.05 by paired t-test with Bonferroni correction, TIB; time in bed, SPT; sleep period time, TST; total sleep time, SE; Sleep efficiency (TST/TIB) SOL; sleep onset latency, WASO; wake time after sleep onset, SWS; slow wave sleep, RL; REM latency.)

3. 結 果

睡眠ポリグラフの睡眠変量の非運動日就床1時間前運動日、就床3時間前運動日間の比較を表3に示した。睡眠期間を示すSPTにおいて、就床1時間前運動日に比べ就床3時間前運動日が有意に高いことが認められた。また、Stage4においても同様に、就床1時間前運動日に比べ就床3時間前運動日が有意に高いことが認められた。

OSA睡眠調査票の因子の3群間の比較を図2に示した。5つの因子（「ねむ気の因子」、「睡眠維持の因子」、「気がかりの因子」、「統合的睡眠の因子」、「寝つきの因子」）のすべてにおいて3群間に有意差は認められなかった。

就床時と睡眠中における直腸温と心拍数、交感神経、副交感神経の3群間の比較を表4に示した。就床時の直腸温において、非運動日に比べ、就床1時間前運動日が有意に高かった。睡眠中の直腸温においては、数名のサンプルが欠損しているため解析を行わなかった。

就床時の心拍数においては、非運動日と就床3時間前運動日に比べ就床1時間前運動日が有意に高いことが認められた。睡眠中の心拍数においても就床時の心拍数と同様に、非運動日と就床3時間前運動日に比べ就床1時間前運動日が有意に高いことが認められた。

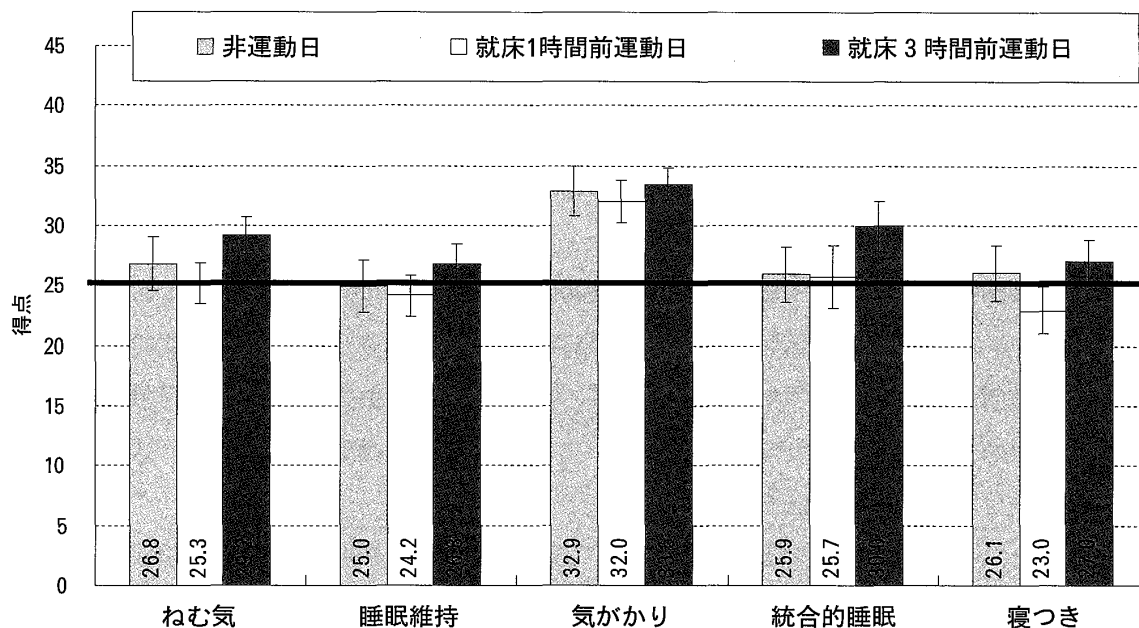


図2 OSA睡眠調査票の各因子に対する非運動日，就床1時間前運動日，就床3時間前運動日間の比較 (Mean±SEM, n=12.)

就床時のLF/HFにおいては，3群間に有意差は認められなかった。睡眠中のLF/HFにおいては，就床1時間前運動日に比べて就床3時間前運動日が有意に低いことが認められた。

就床時のHFパワー値においては，3群間に有意差は認められなかった。また睡眠中のHFパワー値においても3群間に有意差は認められなかった。

表4 就床時，睡眠中における直腸温と心臓自律神経活動の非運動日，就床1時間前運動日，就床3時間前運動日間の比較

		unit	非運動日		就床1時間前運動日		就床3時間前運動日		非 vs 1	非 vs 3	1 vs 3
			Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM			
直腸温	就床時	°C	36.90	0.09	37.15	0.08	36.90	0.08	*	ns	ns
	睡眠中	°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
心拍数 HR	就床時	拍	57.1	1.9	66.2	2.3	59.8	1.8	*	ns	*
	睡眠中	拍	50.9	0.5	53.6	0.5	51.6	0.4	**	ns	**
交感神経 LF/HF	就床時		3.64	0.57	3.38	0.78	2.63	0.34	ns	ns	ns
	睡眠中		1.73	0.07	2.04	0.11	1.62	0.07	ns	ns	**
副交感神経 HF	就床時	msec ²	802	219	630	139	684	105	ns	ns	ns
	睡眠中	msec ²	1028	68	1014	66	1102	89	ns	ns	ns

(n=12, *p<0.05 by paired t-test with Bonferroni correction, **p<0.05 by Repeated-measure ANOVA.)

4. 考 察

中等度強度の運動を実施した本実験では、睡眠ポリグラフの睡眠変量において、就床1時間前に比べて就床3時間前に運動を実施した方が睡眠期間と最も深い睡眠を示す Stage 4 の増加が認められた。この結果、Yoshida ら¹⁵⁾ が報告した就床2時間30分前の中等度強度運動が徐波睡眠を改善するという報告に一致している。

就床1時間前運動日に比べて就床3時間前運動日で総睡眠時間と Stage 4 が増加した要因として、第1に、本実験では就床時ならびに睡眠中の心拍数において就床1時間前運動日に比べて就床3時間前運動日が有意に低い値を示していた。これら心拍数を調節する交感神経系においても、睡眠中では就床1時間前運動日に比べて就床3時間前運動日の値が低い結果が認められた。この差は就床時にも傾向を示した。

以上のことから、就床1時間前の運動に比べて就床3時間前に運動を行うと睡眠ポリグラフに良い結果が現れた原因として、就床3時間前運動日の方が十分な回復がなされ、身体の興奮がおさまっていたことが考えられる。直腸温、心拍数、副交感神経においては、就床1時間前の運動を行うことによって運動後の急激な変化があった。しかし、運動による変動が就床時まで回復できずに、就床してしまったことが就床3時間前運動日に比べて悪かった原因と考えられる。就床前の体温の急激な低下が睡眠を改善するという Krauchi ら^{19,20)} の報告とは一致しないが就床直前で普段と変わらない水準まで回復できるかが睡眠を改善する手段として最も良い方法ではないかと考えられる。

IV. 総 括

本研究では、運動習慣のない者を対象に、就床前の運動強度の違いと運動実施のタイミングの違いがその日の夜間睡眠にどのような影響を及ぼすかについて検討を行った。

その結果、運動強度の違いによる夜間睡眠への影響をみた実験では、睡眠ポリグラフによる睡眠の評価では、非運動日に比べて高強度運動日で有意な睡眠障害が認められた。さらに、主観的な睡眠の評価では、高強度運動日において非運動日に比べて有意な悪化が認められた（気がかりの因子）。こうした睡眠障害が中等度強度運動日には認められなかったことから就床1時間前の運動実施は就床時においても高体温を持続させ、その度合いは運動強度に依存することが考えられた。中等度強度の場合には生理的興奮は睡眠に悪影響を及ぼさない一方、高強度の場合には睡眠時間の延長を阻害する可能性が高いことが示唆された。

中等度強度運動を実施するタイミングを変えて実施し、睡眠にどのような影響を及ぼすのかについて検討を行った実験では、睡眠ポリグラフにおいて非運動日に比べた2群において有意差は認められなかったが、就床1時間前運動日に比べて就床3時間前運動日が睡眠時間の延長や深い睡眠の良好な影響を及ぼしたことが明らかとなった。また、OSA 睡眠調査票では3群間に有意差は認められなかったことから、就床1時間前の運動が睡眠にあまり影響しないこ

とが明らかになった。以上の結果は、Yoshidaら¹⁵⁾が報告した、就床前の運動が徐波睡眠の増加させる報告と一致していた。これらの報告がどのようなメカニズムで引き起こされたかについて明らかにする必要がある。

以上のように本実験では2つの実験を行ったが就床前から就床時、就床時から睡眠中にかけての体温変動や心臓自律神経系活動動態が睡眠に大きく影響を及ぼしていることが示唆された。また、高心拍数や高体温を促進しているのは副交感神経などの自律神経系活動であることが示唆された。

付 記

本研究は、文部科学省学術フロンティア推進事業北方圏生涯スポーツ研究センター（平成16年～20年度）のプロジェクト研究として行なわれた。

参 考 文 献

- 1) 白川修一郎. 石郷岡純. 石束嘉和. 井上雄一. 浦田重治郎. 太田龍朗. 香坂雅子. 杉田義郎. 中沢洋一. 野沢胤美. 菱川泰夫. 古田寿一. 大川匡子. 大川. 全国総合病院外来における睡眠障害と睡眠習慣の実態調査. 厚生省精神・神経疾患研究委託費 睡眠障害の診断・治療および疫学に関する研究 平成7年度研究報告書, 平成7年度, 7-23
- 2) Vuori, I. Urponen, H. Hasan, J. Partinen, M. Epidemiology of exercise effects on sleep. *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, 1988, 574: 3 - 7
- 3) Montgomery, I. Trinder, J. Paxton, S. Fraser, G. Aerobic fitness and exercise: effects on the sleep of younger and older adults. *Australian Journal of Psychology*, 1987, 39: 259-272
- 4) Youngstedt, S. D. O'Connor, P. J. Dishman, R. K. The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep*, 1997, 20: 203-214
- 5) Trinder, J. Bruck, D. Paxton, S. J. Montgomery, I. Bowling, A. Physical fitness, exercise, age and human sleep. *Australian Journal of Psychology*, 1982, 2: 131-138
- 6) Shapiro, C. M. Bortz, R. Mitchell, D. Bartel, P. Jooste, P. Slow-wave sleep: a recovery period after exercise. *Science*, 1981, 214: 1253-1254
- 7) Torsvall, L. Akerstedt, T. Lindbeck, G. Effects on sleep stages and EEG power density of different degrees of exercise in fit subjects. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1984, 57: 347-353
- 8) Mizuno, K. Asano, K. Okamoto, K. Effect of night exercise on the following partially deprived sleep. *Psychiatry Clin. Neurosci.*, 1998, 52: 137-138
- 9) Horne, J. A. Porter, J. M. Exercise and human sleep. *Nature*, 1975, 256: 573-575

- 10) Griffin, S. J. Trinder, J. Physical fitness, exercise, and human sleep. *Psychophysiology*, 1978, 15: 447-450
- 11) Buguet, A. Roussel, B. Angus, R. Sabiston, B. Radomski, M. Human sleep and adrenal individual reactions to exercise. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1980, 49: 515-523
- 12) Edinger, J. D. Morey, M. C. Sullivan, R. J. Higginbotham, M. B. Marsh, G. R. Dailey, D. S. McCall, W. V. Aerobic fitness, acute exercise and sleep in older men. *Sleep*, 1993, 16: 351-359
- 13) Driver, H. S. Meintjes, A. F. Rogers, G. G. Shapiro, C. M. Submaximal exercise effects on sleep patterns in young women before and after an aerobic training programme. *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, 1988, 574: 8-13
- 14) 小林敏孝. 快適な睡眠のための行動プログラムの開発. 日常生活における快適な睡眠の確保に関する総合研究 (第 I 期 平成 8 年~10 年度) 研究報告書. 科学技術庁研究開発局. 2000, 270-282
- 15) Yoshida, H. Ishikawa, T. Shiraishi, F. Kobayashi, T. Effects of the timing of exercise on the night sleep. *Psychiatry Clin. Neurosci.*, 1998, 52: 139-140
- 16) Driver, H. S. Taylor, S. R. Exercise and sleep. *Sleep Med Rev*, 2000, 4: 387-402
- 17) Hauri, P. Effects of evening activity on early night sleep. *Psychophysiology*, 1968, 4: 266-277
- 18) Walker, J. M. Floyd, T. C. Fein, G. Cavness, C. Lualhati, R. Feinburg, I. Effects of exercise on sleep. *J. Appl. Physiol.*, 1978, 44: 945-951
- 19) Krauchi, K. Cajochen, C. Werth, E. Wirz-Justice, A. Functional link between distal vasodilation and sleep-onset latency?. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2000, 278: R741-R748
- 20) Krauchi, K. Cajochen, C. Wirz-Justice, A. A relationship between heat loss and sleepiness: effects of postural change and melatonin administration. *J. Appl. Physiol.*, 1997, 83: 134-139
- 21) Hauri, P. The influence of evening activity on the onset of sleep. *Psychophysiology*, 1969, 5: 426-430
- 22) 土井由利子, 箕輪眞澄, 内山真, 他. ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成. *精神科治療学*. 1998, 13: 755-763
- 23) 小栗貢, 白川修一郎, 安住一雄. OSA 睡眠調査票の開発. *精神医学*. 1985, 27: 791-799