

# 本邦の睡眠関連問題と その予防・改善に資する運動の可能性

東京理科大学 教養教育研究院 葛飾キャンパス教養部 講師 守田 優子 もりた ゆうこ

## ■ はじめに

「睡眠学 (somnology)」という言葉を知ったことがあるでしょうか。2002年に日本学術会議から新しい研究領域として提唱された学問体系です。それまで睡眠研究は、脳神経科学、生物学、臨床医学、心理学、さらには工学、社会学など、多岐にわたる分野で行われてきましたが、その異分野間の交流を深め、情報やアイデアを交換しながら統合することが研究の発展に繋がること、また近年の社会的な問題を解決していくためには、社会の理解を広く得ながら広汎な睡眠研究を推進することが必須であり、そのためには各領域を統合した新しい学問分野の創設が必要であったことなどが背景にありました。睡眠学には、睡眠の役割やメカニズムを研究する「睡眠科学」、睡眠医療を中心に眠りと健康を保つ「睡眠医学」、睡眠障害による経済的損失や、睡眠障害が学校・職場における学業成績および生産性に与える影響などを扱う「睡眠心理・社会学」という3つの柱から成り立っています。

誰しもが必ず行う行動であり、しかし、多忙な現代人にとっては蔑ろにしがちな「睡眠」について、今回いただいた執筆の機会に、皆様と一緒に再考したいと思います。

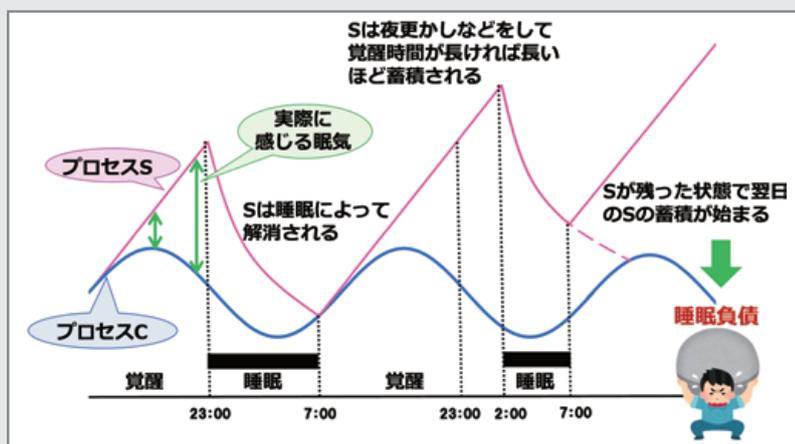
本稿では、睡眠覚醒のしくみや睡眠の種類、役割、

質といった睡眠の基礎を述べてから、本邦に多い睡眠問題の研究を紹介し、その予防や改善に資する運動の可能性について言及します。

## ■ 睡眠が起こる仕組み〜ツープロセス・モデル〜

地球の自転による光環境の変化に適応するために、体温やホルモン分泌など、人の多くの生理機能は24時間のリズム(概日リズム)を持っています。概日リズムは、脳の視交叉上核を司令塔に持つ体内時計によって制御され、睡眠と覚醒の現れ方も概日リズムの影響下にあります(睡眠-覚醒リズム)。体内時計は、ほぼ正確に24時間のリズムを刻んでおり、主に覚醒系に影響し、適切な時間帯に覚醒をもたらすことに関わっています。一方、眠気や睡眠深度は、睡眠前の覚醒時間の長さや活動内容、心身の疲労度などにも関連しており、これらを説明する概念として睡眠圧(sleep pressure)または、スタンフォード睡眠研究所のWilliam Dementによって提唱された睡眠負債(sleep debt)という言葉があります。徹夜などして覚醒時間が長くなると、睡眠負債が蓄積し、入眠しやすくなり長く深く眠れるという睡眠の恒常性を示す概念として使用されます。

1982年にAlexander A Borbélyは、このように睡眠と覚醒は体内時計からのシグナルと睡眠恒常性のバランスによって決定するという「ツープロセス・モデル」を提唱しました【図1】。このモデルは古典的な概念ですが、2016年に再評価され、現在も睡眠研究における主要な概念的枠組みとして機能しています。しかしながら、情動やモチベーションが覚醒度に影響することなども報告され、ツープロセス・モデルだけでは説明ができない事象も多くあります。また、睡眠負債の正体は、脳脊髄液中に存在するアデノシンやプロスタグランジンD2といった睡眠を誘発する物質(睡眠物質)の蓄積だと言われてきましたが、十分な実証はされておらず、その実態は



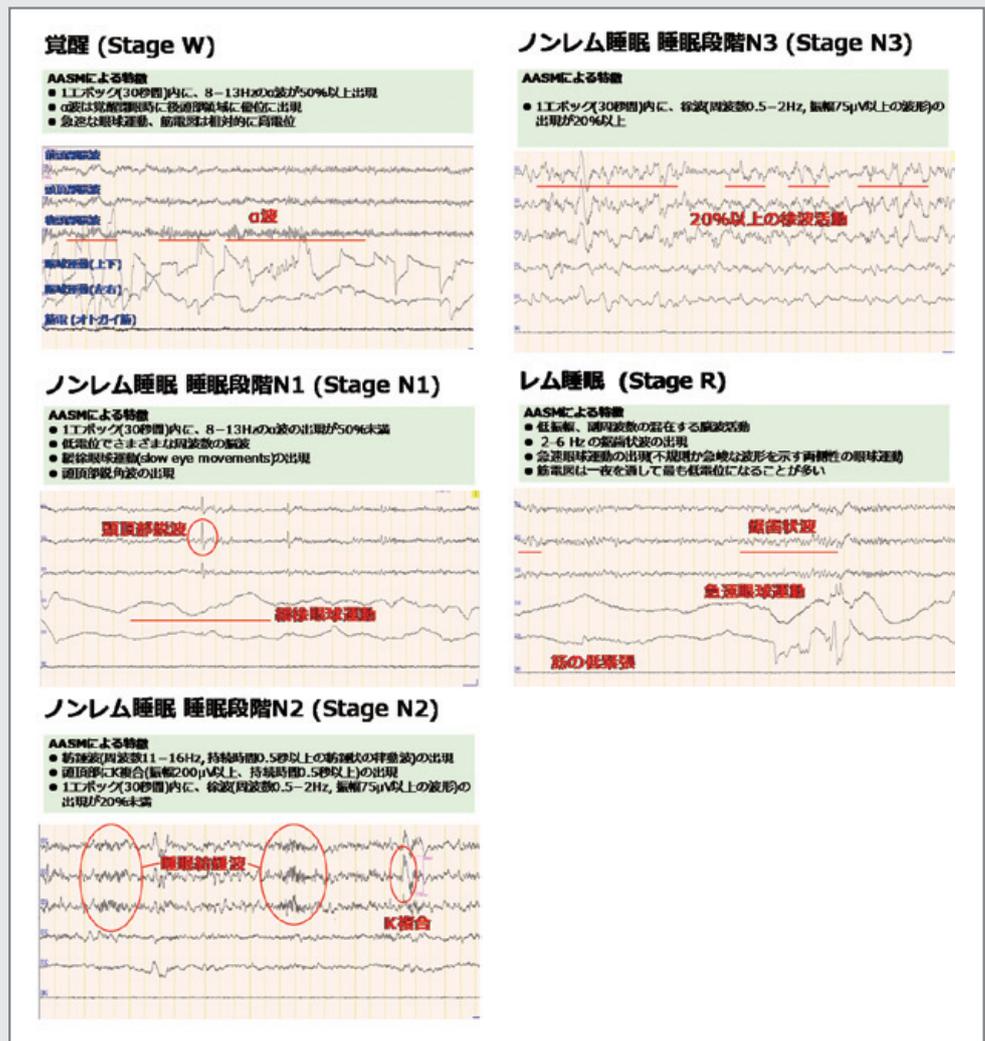
【図1】Borbelyのツープロセスモデル  
睡眠恒常性による睡眠圧(プロセスS)と概日リズムによる覚醒シグナル(プロセスC)の2つの要因の相対関係で睡眠と覚醒が決定する。

未だ完全には解明できていません。さらに、睡眠の深さについても脳全体ではなく覚醒時に多く使用した箇所ほど深い眠りがみられる（ローカスリーブ）という局所的な睡眠制御機構も存在することが分かっています。近年では、睡眠負債の正体は覚醒時の大脳皮質における錐体細胞へのシナプス強度の上昇だとする説が有力です。

## ■ 睡眠の種類と睡眠ステージ

睡眠にはレム睡眠（rapid eye movement sleep）とノンレム睡眠（non-rapid eye movement sleep）という2種類あるということはご周知の通りです。1953年に近代睡眠研究の創始者である Eugene Aserinsky と Nathaniel Kleitman によって、眠っているにもかかわらず顔の下で素早い眼球運動が観察されました。レム睡眠とは球速眼球運動を伴う睡眠という意味です。レム睡眠の発見と同時に、Aserinskyらは、球速眼球運動と夢見体験の関連を報告しています。一方、ノンレム睡眠はレム睡眠ではない睡眠という意味です。ノンレム睡眠は、眠りの深さの指標である徐波という脳波の出現量によって、さらにステージN1からN3に分類されます。徐波の量が多いステージN3は徐波睡眠または深睡眠と呼び、その出現が少ないステージN1およびN2は浅睡眠と呼びます。眠りの深さに関して、レム睡眠が浅く、ノンレム睡眠が深いと言われがちですが、そもそも2つの睡眠は質の異なる睡眠であり、比較すること自体が間違っています。眠りの深度についてはノンレム睡眠に限った話となります。

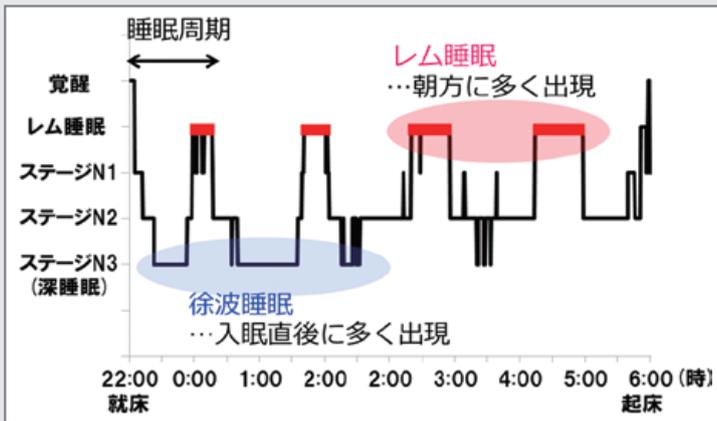
このような睡眠ステージについては、終夜睡眠ポリグラフ検査（PSG）という脳波、眼球運動、心電図、



【図2】各睡眠段階の特徴とポリグラム

筋電図、呼吸、いびき、動脈血酸素飽和度などを一晩にわたって測定する検査を実施することで評価が可能です。PSGの標準的な睡眠ステージ判定には1968年に Rechtschaffen と Kales (R&K) によって標準化された基準が用いられていましたが、米国睡眠医学会 (American Academy of Sleep Medicine; AASM) により2007年に作成されたAASMによる睡眠および随伴イベントの判定法が最近では広く用いられ、2012年および2016年にその改訂版が発表されています。AASMのガイドラインに基づく各睡眠段階の特徴およびポリグラムを【図2】に示します(脳波、眼電図、筋電図のみ)。

人の一晩の睡眠は、通常ノンレム睡眠のステージN1から始まり、N2、N3と深くなっていき、続いてレム睡眠が始まります。これを睡眠周期と呼び、一晩の睡眠ではこの周期が4-5回繰り返されます。睡眠周期の長さは60-120分程度ですが、徐波睡眠とレム睡眠の出現の特徴によって、各睡眠周期の睡眠構成



【図3】若年成人の一晩の睡眠経過図  
人の睡眠はノンレム-レムという睡眠周期を持ち一晩で4-5周期繰り返される。徐波睡眠は入眠直後に多く出現し、レム睡眠は朝方に出現する概日リズムを持つ。

は異なります。ノンレム睡眠の徐波睡眠は入眠後すぐ  
に出現するという特徴があり、レム睡眠は朝方に出現  
するという概日リズムを持つことから、睡眠第1周  
期、第2周期では、徐波睡眠を多く含み、睡眠第4、  
5周期では徐波睡眠はほとんど含まず、ノンレムの  
N1やN2、そしてレム睡眠を多く含みます【図3】。

### ■ 睡眠中の生理機能と睡眠の役割

レム睡眠、ノンレム睡眠中は、脳や体の活動、そし  
てそれぞれの睡眠が持つ役割も異なります。例えば、  
ノンレム睡眠中は脳活動、骨格筋活動ともに休息状態  
になりますが、レム睡眠中は【図2】の脳波からも分  
かるように覚醒時と同等の脳活動が見られ、その一方  
で、骨格筋活動は消失するという特異的な状態にな  
ります（レム睡眠はこのことから逆説睡眠とも呼ばれ  
ます）。また自律神経機能についても、ノンレム睡眠  
中は副交感神経が優位であり、体温や血圧、心拍数  
などは低下するのに対し、レム睡眠中は副交感神経、  
交感神経の働きは不規則です。

役割については、睡眠は「脳の脳による管理技術」  
と呼ばれるように、単に脳の休息だけでなく、「脳を  
創り、育て、より良く活動させる」機能を有します。  
ノンレム睡眠、特に徐波睡眠中には成長ホルモンの  
分泌やタンパク同化、免疫増強が促進されるなど、脳  
や体のリカバリーが行われ、レム睡眠中は記憶・情  
報処理や情動機能の調整など、精神のリカバリーが  
行われると考えられています。しかし、全ての機能を  
どちらかが完全に担っているというわけではなく、  
例えば記憶の固定化に関しては、ノンレム睡眠ス  
テージN2や徐波睡眠中にも行われることが明らか  
になっています。

睡眠の質について、正式な定義はありません。  
研究によって、徐波睡眠の量、睡眠効率（睡眠  
時間/全就床時間×100%）、中途覚醒時間を使  
用していますが、徐波睡眠に加えてレム睡眠も  
心身の機能を正常に維持するためには必要不可  
欠です。ここでは、レム、ノンレム両睡眠が適  
切量とれている睡眠を質の高い睡眠と定義した  
いと思います。そのためには、まず十分な睡眠  
時間（量）をとることが一つ重要です。適切な  
睡眠時間については、アメリカ国立睡眠財団が  
年齢ごとに推奨睡眠時間を報告しており、一  
般成人は7-9時間が推奨されています【図4】。  
また、前述の通り徐波睡眠とレム睡眠は出現  
に特徴があります。夜更かしをして、深夜2時  
や3時頃に眠りにつくと、入眠直後に出現する  
徐波睡眠と朝方に出現するレム睡眠が拮抗し、  
結果的に睡眠の質は悪化します。そのため、質  
の高い睡眠を得るためには、適切な時間帯に  
眠るということがもう一つ重要です。22時  
から2時は成長ホルモンが分泌されるため  
睡眠のゴールデンタイムと呼ばれることがあ  
りますが、成長ホルモンは徐波睡眠に依存す  
る傾向が強く、時間帯に関係なく寝ること  
で分泌されるため22時から2時にこだわる  
必要はありません。しかし、徐波睡眠とレ  
ム睡眠のバランスを良くとり、かつ睡眠時  
間も十分にとるためには22時前後には就床  
する必要があります。

### ■ 睡眠問題から生じる二次障害

社会環境や生活スタイルを含めた様々な事象に起因  
し、適切な睡眠習慣を維持できないと、睡眠不足やリ  
ズム問題が生じます。それ自体に大きな問題はないと  
感じる人も多いかもしれませんが、慢性化すると、不  
眠症や睡眠-覚醒リズム障害、睡眠時無呼吸症候群と  
いった睡眠障害に繋がる可能性もあります。また、ホ  
ルモンバランスや自律神経機能の乱れ、エネルギー代  
謝の低下、糖代謝異常などが生じることも明らかにな  
っており、そこから肥満、高血圧、脂質異常症、糖尿  
病等、生活習慣病のリスクが増加するとされています。  
さらに、うつ病や認知症など、精神疾患の発症リス  
クも増加します。日常生活においては、過度の眠気や注  
意・集中力の欠如からヒューマンエラーが増加しま  
す。1979年のスリーマイル島原子力発電所事故（ア  
メリカ）、1986年のスペースシャトルチャレンジャー  
号爆発事故（アメリカ）、同年のチェルノブイリ原子力  
発

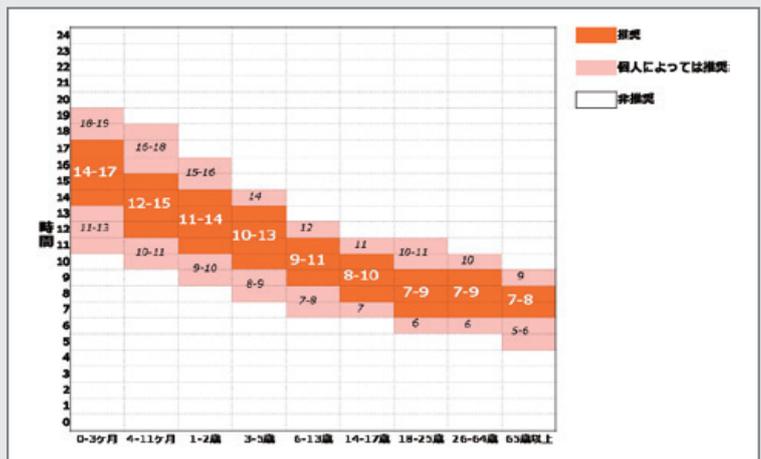
電所事故（旧ソ連）、1989年のエクソン・バルディーズ号座礁・原油流事故（アメリカ）などの重大事故も、作業員の睡眠不足によるヒューマンエラーが関与していると言われていいます。これらの事故を受けてアメリカでは、睡眠を重要視しないと、結果的に経済的損失が多大であるとして（当時の調査では総額460億ドル）、1993年に「Wake up America!」というキャンペーンで睡眠の問題を国家的な問題として提訴し、国民に睡眠と睡眠障害の重要性を広く周知しました。その結果、アメリカでは睡眠関連障害や睡眠時無呼吸症候群などを取り扱う睡眠センターが全土で約3000設置されました。現在、睡眠問題による経済損失がGDP比で最も深刻なのは日本だと報告されており（GDP比2.92%）、アメリカシンクタンクの推計では、その損失は年間1380億ドル（約15兆円）に相当すると言われていいます。2021年に経済協力開発機構が発表したデータでは、日本人の平均睡眠時間は7時間22分と加盟30カ国の中で最下位でした。30カ国の平均睡眠時間8時間29分に比して1時間以上少ない結果でした。子ども（9-18歳）を対象とした調査でも、日本人の平日の睡眠時間はヨーロッパ諸国に比して1-2時間少ないと報告されています。これらを鑑みても、日本人は、睡眠に関する問題や不満を抱える者の割合が世界に比して多いと考えられています。

次項からは、本邦に多い睡眠問題とその研究を紹介していきます。

## ■ 本邦に多い睡眠問題とその研究

### ～子ども・若年者の睡眠不足とリズム問題～

日本を含めたアジア圏の若年者は欧米諸国に比して、夜間の睡眠時間が短いことが報告されています。慢性的な寝不足状態により日中機能や気分が低下する病状は、「睡眠不足症候群（insufficient sleep syndrome: ISS）」としてその疾患概念が確立され、2014年に発行された睡眠障害国際分類第3版において過眠症カテゴリーに記載されました。ISSは、①平日（仕事や学校のある日）の睡眠時間がその年代の平均的な睡眠時間に比して短いこと、②平日の睡眠時間の不足を補うような休日の長時間睡眠があること、③日中に過度の眠気があることと定義づけられています。2015年に本邦の若年者の睡眠調査を行ったところ、11%の



【図4】アメリカの国立睡眠財団による年齢別推奨睡眠時間

者がISSであり、ISSとして疑われる者も含めると22%という結果が出ました。また、ISSおよび疑ISSの者は適切な睡眠時間の者に比して、抑うつ気分と精神的健康度が低いことが示され、さらにISSのリスク要因としては、大学生であることが示されました。その原因としては、夜間のアルバイト、スマホや動画視聴、ゲーム、飲み会といった娯楽の影響が挙げられています。大学生となり、高校生までの生活に比して時間的、経済的に余裕が生まれることや、生物学的にも思春期から20代前半は概日リズムの夜型傾向が強くなるため注意が必要です。

また、小・中・高校生も、睡眠不足者は多いと言われています。2022年にShintoらが報告した、全国の小学4年生から高校3年生までの9,270人（各学年、男女それぞれ515名）を対象に実施した「子どもの生活リズムと健康・学習習慣に関する調査」によると、睡眠不足は学年が上がるごとに右肩上がりに増加、特に中学校から顕著であることが明らかになりました。現代の小・中・高校生は、夜遅くまで塾や習いに費やす時間が増加している一方で、ゲームやスマホ使用などスクリーンタイムの時間も増加しています。つまり、学業に追われながら、趣味や娯楽の時間は睡眠時間を削って確保していることが考えられます。また、性差に着目した分析の結果、全学年を通じて男子に比して、女子の方が深刻な睡眠不足であることが示されました。特に女子高校生においては、睡眠不足が起床時間の早さに起因していることもあり、朝の身支度に時間がかかることなどが考察されています。

次に、子ども・若年者のリズム問題について触れていきたいと思います。睡眠不足の原因と重なりますが、現代の子ども・若年者の就床起床時刻は年々遅くなっており、これを睡眠相の後退（リズムの後退、夜型化）

と言います。睡眠相の後退は、睡眠不足とは独立して、肥満や抑うつなど、様々な健康問題と関連します。特に、女性の睡眠相の後退やリズムが後退することに対する脆弱性は、男性に比して高いという結果が多く報告されています。抑うつリスク要因になり得る睡眠関連問題について男女別に調べた研究では、男性においては日中の過度の眠気、不眠の症状の一つである入眠困難を有することが抑うつと関連していましたが、女性はその2つに加えて、睡眠相後退が大きく関連していました。

また、夜更かしや不規則な生活により、体内時計と社会的な時間との間にずれが生じると、同一タイムゾーンにしながら時差障害 (jet lag) に似た不調をきたすことがあります。これを社会的時差ぼけ (social Jetlag) といい、Roenneberg らが 2006 年に提唱した概念です。時差障害が、タイムゾーンの急速な移動によって生じるのに対し、社会的時差ぼけは、仕事や学校など社会的要請に強く規定される平日の睡眠時間と内因的概日リズム位相を反映した休日の睡眠との時間差に起因して生じます。土日が休日の人は、たった2日間の生活リズムのずれですが、水曜日まで引きずってしまうという報告もあります。社会的時差ぼけが健康に与える影響については、肥満のリスク要因であることが一貫して報告されています。それに加えて、日中機能や学業成績への影響が報告されています。Doi ら (2015) の本邦の 4-6 歳の幼稚園・保育園児を対象にした研究では、朝型の子どもに比して夜型の子どもは社会的時差ボケが大きく、多動や仲間関係など行動上の問題が多いことが報告されています。小・中学生においても、社会的時差ぼけが大きくなるほど認知検査結果が悪化すること、大学生においても社会的時差ぼけと試験成績に負の相関があることが示されています。前述の Sinto ら (2022) の報告によると、睡眠不足だけでなく社会的時差ぼけの大きさについても、男子に比して女子の方が大きいことが明らかになっています。女性の平日の睡眠不足の深刻さが、休日の長時間睡眠を生じさせ、その結果社会的時差ぼけに繋がっていると考えられます。また、概日リズムの長さそのものも男性に比して、女性は短いことが知られており、そのことが女性における睡眠相やリズムの後退に対する脆弱性の高さに繋がっていることが推測されます。

## ■ 本邦に多い睡眠問題とその研究 ～高齢者の不眠症～

入眠困難、睡眠維持困難 (中途覚醒、早朝覚醒) に特徴づけられる不眠症は、本邦の成人の5人に1人、高齢者では3人に1人が有症していると言われており、厚生労働省からも国民病と位置付けられています。高齢者における不眠と睡眠不足は、意欲低下や不安・抑うつ状態、さらには、認知症の発生リスクを高めるなど高齢者の生活機能を損なう原因となります。また、生活習慣病リスクを増加させ、高齢者の QOL (quality of life) の低下、ひいては生命予後の悪化とも関連すると指摘されていることから、超高齢化社会である我が国において、高齢者の不眠の予防と改善は彼らの心身の健康を維持するうえで極めて重要です。現在、不眠症の治療においては、薬物療法および非薬物療法としては認知行動療法 (cognitive behavioral therapy for insomnia: CBT-I) が第一選択肢として一般的です。しかし、薬物療法においては日中の眠気やふらつきといった副作用や長期使用かつ高用量になりやすいなどの問題点があります。また CBT-I においては一連のテクニックを持つ人材の確保や財務コストなど、実用上の検討がまだ必要な事項もあり、ある程度限られた利用状況となっています。高齢者における不眠の原因は、加齢による脳の生理学的変化に加えて、日中の身体活動量や就労状況、家族構成といった生活環境ないしは生活習慣が大きく関与すると考えられています。特に、退職後の高齢者は社会的な時間規制が弱く、余暇時間も多くなるため、日中の生活が睡眠習慣に及ぼす影響の個人差がより大きくなる可能性があります。これまで、高齢者の日中の活動量と不眠との関連が示されており、適切な運動習慣が不眠を予防すると指摘されています。厚生労働省策定の「健康づくりのための睡眠指針 2014～睡眠 12 箇条～」においても日中の適度な運動が推奨されており、運動は不眠症の新しい非薬物療法として、安全、安価、簡単に利用できる手法として確立が推進されています。

具体的にどのような研究が行われているか以下に紹介していきます。不眠を有する中高齢者を対象に、数ヵ月にわたる長期間の運動実施の効果を検討した研究では、ステージ N1 の減少および、ステージ N2 の増加と中途覚醒時間の減少が認められました。また主観的な睡眠感として、寝つきが良くなるという報告もあります。また、運動強度や種類については、多くの研究で中等度の有酸素運動の効果が報告されています。

一方、筋力トレーニングについては、検討が不十分であり、効果の確証はありません。最近、不眠症ではなくサルコペニアを有する高齢者を対象とした研究で、12週間の筋力トレーニングの結果、徐波睡眠（ステージN3）の割合が増加したという報告がされたことから、不眠症に対しても筋力トレーニングの効果は期待できると推測されます。また、単回の運動であっても、午前中の中等度有酸素運動の実施が、不眠高齢者の睡眠持続性を高める、特に入眠困難の症状を有する者に対して効果的であると報告されています。不眠症状によって、概日リズムが異なるという報告もあることから、運動実施のタイミングなど症状別の検討も行われていくべきです。

## ■ 睡眠問題の改善及び予防に資する運動の可能性

これまで言及してきた睡眠問題に加えて、睡眠時無呼吸症候群も本邦の成人男性に多い障害です。その最たる原因は肥満であることから、これら睡眠問題・障害の多くは、生活習慣に起因していると考えられます。本来、睡眠は、睡眠-覚醒リズムという概日リズムの一側面であり、睡眠を考える際には日中の行動を考慮する必要があります。つまり、睡眠に何か問題がある場合は、日中の行動に問題がある場合が多いということです。子どもの外遊び時間の減少や、成人においても一日の歩数の減少、改善されない運動習慣保持者の割合などを鑑みても、我々の睡眠に対する運動や身体活動の低下についての影響は軽視できません。不眠症に対する運動療法については触れましたが、若年者の問題である睡眠相後退や社会的時差ぼけについても運動の効果が期待されます。これらリズムの問題は、社会的な時間と体内時計がずれていることで不調が起きることが問題であり、この状態は内的脱同調と呼ばれます。人の概日リズムは元来24時間より少し長いのですが、同調因子と呼ばれる日常生活の様々な刺激をうけることで24時間に調整されます。特に、光と食事は強力な同調因子であると言われており、朝の高照度光照射（太陽光、人工照明ともに有効）や朝食摂取は、概日リズムを整えるうえでは欠かせません。運動は、単独では同調因子とはなり得ませんが、高照度光照射下での運動実施は光同調を促進させ、より強い同調を示すことが報告されています。つまり、午前中に光を浴びながら運動することで、リズムの改善が期待できます。また、入眠や睡眠の持続性に関係するメラトニンの分泌量は、運動をすることで増加すると言われて



【図5】睡眠不足と身体活動量低下がもたらす悪循環

います。特に午前中の運動は、午後の運動に比して20%程度分泌量が増加すると言われています。メラトニンの前駆物質であるセロトニンも運動によって分泌が促されることが分かっており、セロトニンの分泌量が増加すると、メラトニンの分泌量も増加し、睡眠の質が向上することも明らかです。さらに、ツープロセス・モデルのプロセスSを鑑みると、日中の身体活動量の増加で睡眠圧が増大することが推測されます。プロセスSが高まれば、入眠や睡眠時間の延長効果などが望めるでしょう。最後に、運動の効果として最も期待すべきことは、運動習慣を持つことで筋量が増加し、体組成が変わることです。当然のことながらその過程で脂肪燃焼され、肥満が解消されると、睡眠時無呼吸などの症状軽減にも繋がります。睡眠問題と筋量は、一見するとあまり関係ないように思うかもしれませんが、【図5】に示すように、悪循環を生じさせている可能性があります。近年、横断研究レベルでは、筋量と質問紙による主観的睡眠の質が関連することが報告されました（筋量が少ないと睡眠の質が低い）。また一般的に筋量や運動量が多いとされるアスリート達は、一般人に比して睡眠の問題は少なく、必要とされる睡眠時間も長いとされています。今後、介入研究などでより詳細に筋量との関連を明らかにする必要があるでしょう。

## ■ おわりに

本稿では、睡眠学のほんの一部について紹介しました。ご自身の生活や働き方に合った睡眠習慣形成の参考となれば嬉しい限りです。睡眠学は多岐にわたる分野で、直接的な生命の危機を扱うことは少ないですが、基礎的な事象について未解明であることも多く、やりがいのある研究分野だと思います。本稿によって、睡眠学に少しでも興味を持っていただくと幸いです。