

平成23年度総会学会・特別講演

伸びる子どもの睡眠学

滋賀医科大学睡眠学講座
宮崎 総一郎

I はじめに

ヒトはなぜ眠るのか。答えは、「ヒトは眠るよう
にできている」からである。では眠りの役割は何か。
疲れたから眠るといった消極的な役割であろうか。

生物の生命維持にとって一番重要なものは、栄養
であることは明らかである。栄養を得るためには、
労働（活動）が必要である。労働により疲労した脳
や、身体を回復、修復し、明日により良く活動する
ための準備時間が睡眠の役割といえる。

現代は24時間社会となり、夜と昼の区別がつかな
くなり、騒音、超過勤務や交代勤務などにより睡眠
時間を十分にとれない、睡眠をとろうとしても眠れ
ないといった睡眠障害に悩まされる場合が多い。5
年ごとに実施されているNHKの国民生活調査によ
ると、1960年には約70%の人は夜10時に眠って
いたのが2010年には24%に激減、睡眠時間は60分少

なくなっている（図1）。睡眠不足は健康を損ない、
生活習慣病を引き起こすなど心身への影響が大き
い。交代勤務者には、不眠症に加えて、うつ病や心
臓病の有病率が高い。また、前立腺がん、乳がんの
発生率の高いことも知られている。

2002年の日本学術会議で、新しい研究領域とし
て「睡眠学」が提唱され、国家の重点研究課題とし
て取り上げられた。このような背景から「よい眠り
で、日本を元気に」するために2004年、わが国初の
睡眠学講座が、多数の個人や企業からの寄附講座と
して滋賀医科大学に開設された。本講座では、睡眠
の役割やメカニズムを説き明かす「睡眠科学」、睡眠
に関する病気を予防・治療する「睡眠医学」、睡眠が
関係する社会問題を解決する「睡眠社会学」の教育・
研究に取り組んでいる（図2）。

（睡眠学講座ホームページ <http://www.sasjp.net/>）

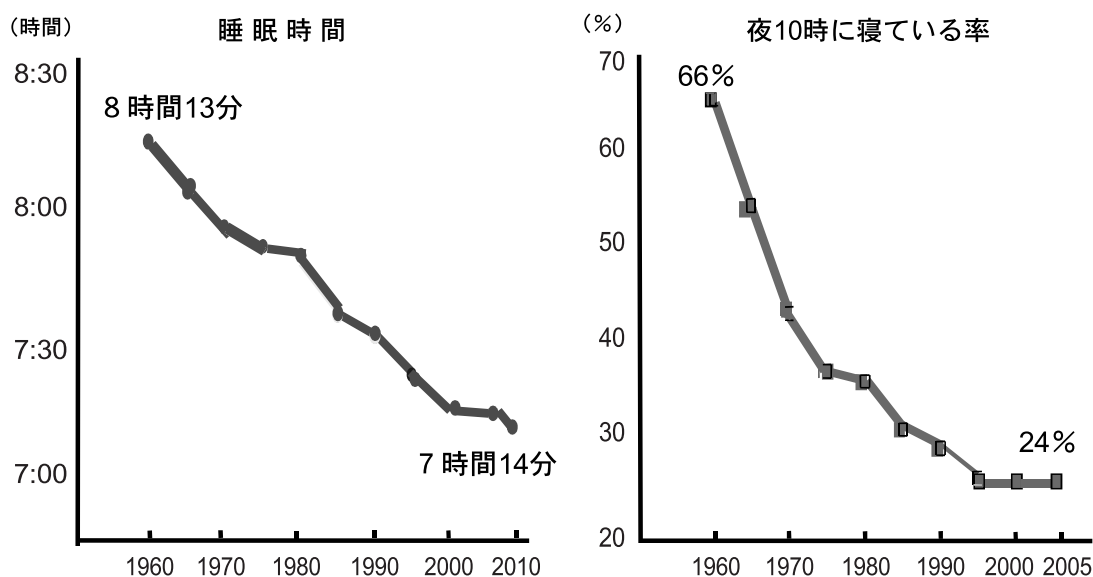


図1 日本人の睡眠時間の短縮化と夜型化
(NHK国民生活調査 2010)

II 睡眠の役割

ヒトの脳の重さは成人男性で1400グラムである。その脳は、1000億個もの「ニューロン」と呼ばれる神経細胞で構成されている。ニューロンの「樹状突起」や「軸索」では電気的な信号が伝えられる。ニューロン同士をつなぐ「シナプス」では、「神経伝達物質」を介して信号が伝えられる。シナプスの数は100兆にも上ると見積もられている。たとえば、銀河系には1000億個以上の星が輝いているが、それらの星同士が互いに通信回線であつてつながっている様子と同じ情報構造がわれわれの脳内に存在しているのである。脳は宇宙をしのぐ壮大なフロンティアであるといえる。

高度に集積された大脳はエネルギーを大量に消費する。図3は器官別の重量とエネルギー消費量の割合を示したもので、それぞれの数字は身体全体に占める割合を示す。脳は、身体各所からの情報を集中的に処理し、信号を出して全身を制御するため、わずかに2%の重さの脳が、エネルギーの18%も消費するのである。

脳は、非常に繊細で脆弱な臓器であり、機能低下しやすく連続運転に弱い。全身の司令塔であるべき大脳が損傷すると、正常な精神活動や身体動作ができなくなり、生存が危うくなる。そこで、大脳を休息させるだけでなく、修復・回復させるための機能が睡眠なのである。身体疲労は、眠らなくても安静にするだけで回復できるが、脳は、睡眠をとることでは修復・回復できないのである。

睡眠とは「脳による脳のための管理技術」であり、休息するだけでなく、積極的に「脳を創り、育て、より良く活動させる」機能がある（井上昌次郎、2006）。睡眠は、胎児期や小児期の脳を創り、育てる。成人でも、睡眠中に、記憶が整理、固定される。十分な睡眠により、大脳の情報処理能力は回復し、翌日の活動に備えるのである。

睡眠とは「脳による脳のための管理技術」であり、休息するだけでなく、積極的に「脳を創り、育て、より良く活動させる」機能がある（井上昌次郎、2006）。睡眠は、胎児期や小児期の脳を創り、育てる。成人でも、睡眠中に、記憶が整理、固定される。十分な睡眠により、大脳の情報処理能力は回復し、翌日の活動に備えるのである。

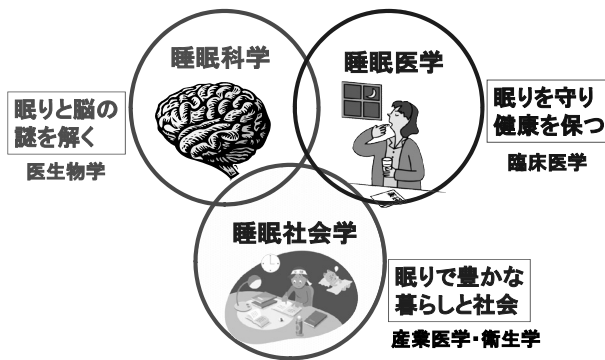


図2 睡眠学

III 睡眠は脳を創り、育てる

新生児が眠っているときに、まぶたの下で眼球がキョロキョロと動いたり、まぶたをパチパチと上下するとともに、にっこりと天使の様な笑顔（新生児微笑）を認めることがある。さらに手を伸ばしたり、ものを握ろうとする様子も見られる。新生児は、出生後すぐから、泣いて母親の関心を誘い、哺乳をうけたり、様々な新体験を記憶することが必要であ

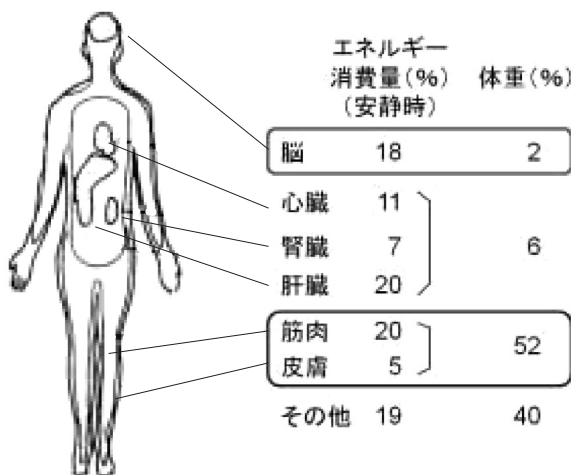


図3 安静時における器官別のエネルギー消費量 63kg 男性 (Aschoff J & Wever R, 1958)

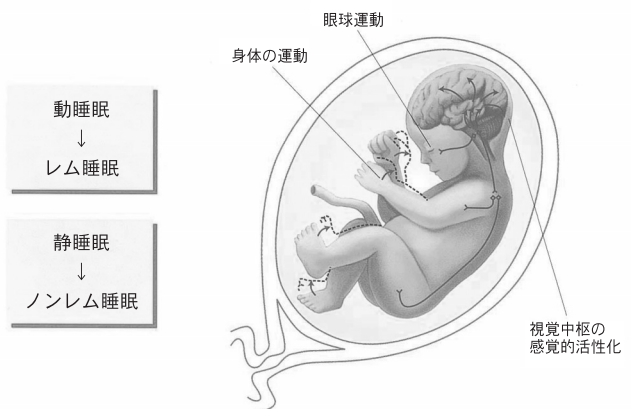


図4 胎児の眠りは神経回路を創る

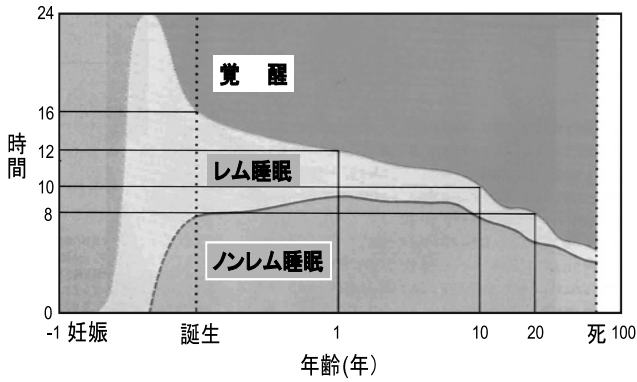


図 5 年齢による睡眠時間とレム睡眠・ノンレム睡眠・覚醒の割合の推移

	人数	うまく描けた			うまく描けなかった				
3 歳児	19 名	2 名				17 名			
4 歳児	21 名	16 名				5 名			
5 歳児	23 名	23 名				0 名			

図 6 保育園児の年齢別、図形模写能力 (静岡県での調査)

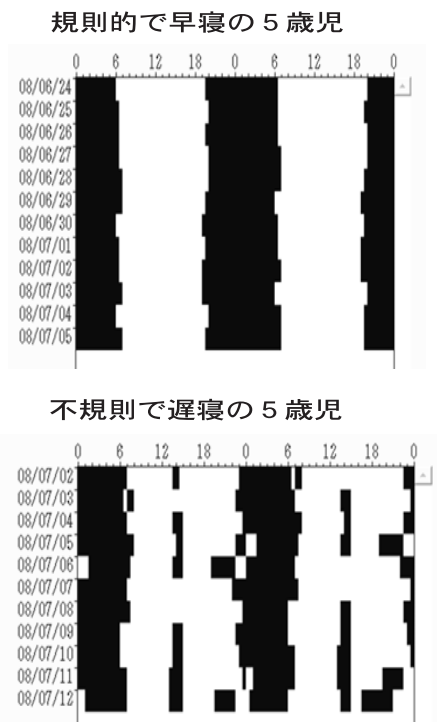
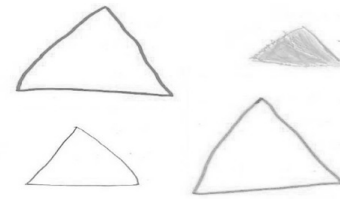


図 7 5 歳児の生活リズム例と三角形模写 (和洋女子大学、鈴木みゆき先生)

睡眠の規則正しい 5 歳児の三角形模写
うまく描けなかった子どもは 23/188 (12%)



睡眠の悪い 5 歳児の三角形模写
うまく描けなかった子どもは 15/34 (44%)



る。このような動作ができるように、神経回路を出生前に創るのがレム睡眠の役割と考えられている。

脳ができてまず現れるのが「レム睡眠」である。この睡眠は胎児や乳幼児では「動睡眠」と呼ばれる。なぜなら、この眠りの状態では中枢神経系や筋肉系を始動させる信号が出され、胎児が盛んに動くからである (図 4)。レム睡眠は、脳の機能を発達させ、意識を覚醒の状態に導くと考えられている。脳を大きく成熟させる役割をレム睡眠が担っている。完成した脳では、覚醒中に疲労した脳を休

息させ、修復する機能が睡眠の重要な役割となるが、まだ発育段階にある脳では逆に脳を覚醒させることが睡眠の役割となる。これは、睡眠の「脳を創る、育てる」役割といえる。

脳幹の中で、自発的に神経細胞が活動して、レム睡眠を発生させるシステムができる。これと連動して、各種の神経回路のいわば敷設工事が行われる。レム睡眠のスイッチを入れる神経細胞が活動して、出生後に働くことになる一連の神経細胞に対して信号を送り、それらが活動するように刺激する。その

結果、神経細胞のつながった回路に情報が通りやすくなり、最終的には運動動作を制御する神経回路が形成される。

生まれたばかりの人間は未熟である。とりわけ大脳は成熟するまで、十数年を要する。脳内の神経回路づくりは乳幼児期にも継続される。新生児が良く眠ること、レム睡眠が多いこと(図5)、レム睡眠の割合が発育とともに劇的に減っていくのはこのような理由による。

静岡のある幼稚園で、3歳から5歳までの園児に、図6のように、/、×、△を描いてもらった。3才児では、/は描けるものの、×や△はその大半で描けない。5歳児になると全員が、正しく模写出来ていた。△を描けるのは平均的な5歳児の知能発達段階と考えられる。和洋女子大学の鈴木みゆき氏が、東京の保育園児226名を対象にした睡眠の規則性と脳機能の発達についての調査結果は興味深いものである。図7のように、規則正しく早寝・早起きをしている5歳児188名と、遅寝、遅起き、長時間の昼寝をしている子34名に三角形を描かせた研究では、睡眠リズムの乱れている子どもの44%が三角形を正しく認知できず描けなかったのである。適切な睡眠・覚醒リズムが脳機能の発達に重要であることが推測される。

レム睡眠が「浅い眠り」ともされるのは、大脳を活性化して、覚醒を促す役割を担っているからであ

る。胎児脳を覚醒へと導く原動力こそレム睡眠であり、この側面は、成人になってからも機能を縮小してはいるものの、重要な役割がある。大脳が休息状態から自動的に目覚められるのは、レム睡眠が一定間隔で作動しているからである。

IV 睡眠の構造と機能

高等動物の睡眠は大きくレム睡眠とノンレム睡眠に分かれる。レム睡眠期には瞼の下で、眼球が「キョロキョロ」と動く特徴がある。レム睡眠の名称はこの急速眼球運動(Rapid Eye Movement: REM)の様子から名づけられている。それに対してノンレム睡眠は、レムでない睡眠(Non-REM)という意味である。

成人ではノンレム睡眠とレム睡眠とが約1.5時間を1単位とする時間的な構造をつくっている。そのなかに基本的にはノンレム睡眠とレム睡眠とがこの順に1対となっている(図8)。

睡眠初期には深いノンレム睡眠が多く、睡眠後半には、浅い睡眠とレム睡眠が多くなる。ノンレム睡眠は意識水準を下げるだけでなく、体温・血圧・脈拍・呼吸数などの低下とも連動して、全身を休息モードに維持する。睡眠中には、記憶の固定、再生、消去といった脳の高次機能や身体を修復し、あすの活動に備えるためのホルモン分泌が行われている。

レム睡眠期には大脳が活性化し、しばしば夢をみ

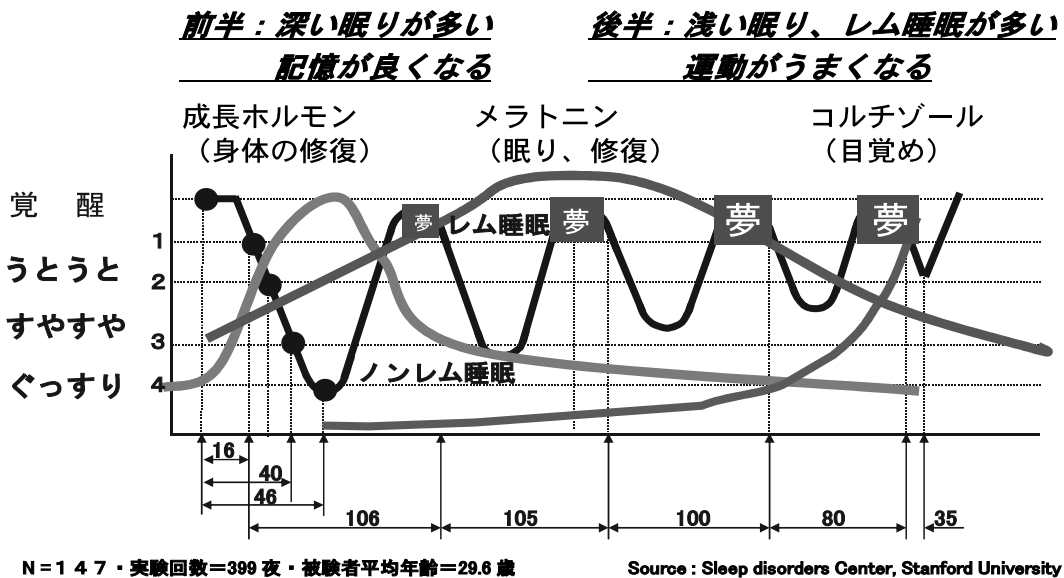


図8 眠りの構造と機能

る。また、体温や心肺機能を微調整する機能が不備なので、明け方に近づきレム睡眠が増えるにしたがって、ノンレム睡眠中に低下してしまった体温が上昇してくる。血圧や呼吸の乱れも生じる。こうして、全身が覚醒モードへ移行する。さらに、レム睡眠時に大脳皮質は覚醒準備状態にあり、しかも外部から脳への入力が届きにくくなっているため、情報を再編成するのに有用であるとも考えられている。

睡眠中には、身体は休息しているだけでなく、明日に備えて各種ホルモンを分泌し、体内環境を整備している。

・成長ホルモン

成長ホルモンは脳下垂体から分泌される。成長ホルモンの分泌は、「睡眠に依存」しており、寝入りばなの深いノンレム睡眠期に集中して分泌される。成長期の子どもの成長に、成人では組織の損傷を修復することで、疲労回復に役立つ。「寝る子は育つ」ということわざは、こうした事実裏付けられている。

・メラトニン

メラトニンは、体内時計の働きで朝の光を浴びてから14～16時間後に血中濃度が増大し始め、眠りの準備をもたらす。メラトニンは「明暗に依存」して分泌される。眠る前に、明るい照明環境にいと、その分泌は抑制され、寝つきを悪くする原因となる。

・コルチゾール

コルチゾールは副腎から分泌されるホルモンで、代謝促進作用を有し、ストレスに応じて分泌量が増大する。コルチゾールは、「時刻に依存」して分泌される。起床前に最大値を示すことから、覚醒に備えて体温や血糖値を上げ体内環境を整える働きがあると考えられている。

V 睡眠と記憶、学力

睡眠の役割として、身体や脳の疲労を回復させる恒常性維持機能のみならず、記憶との関連性についても重要であることが、近年明らかにされて来ている。

記憶には、電話をかけるときの番号など、少しの時間だけ覚えておけばよい短期記憶と、知識や経験など長時間にわたって保たれ続ける長期記憶がある。長期記憶は、宣言的記憶と手続き記憶に分かれている。宣言的記憶とは、さまざまな事実についての記憶であり、言葉で表すことができるものである。これに対して、運動技能や習慣などに関する記憶が手続き記憶である。これら長期記憶の統合と定着に睡眠が大きな役割を果たしているという報告が、数多くされている。

手続き記憶に関する研究で代表的なものを紹介する。図9のように、テストの参加者はできるだけ速く、正確にきめられた順序（1-4-2-3-1）でキーをたたき課題を行い、その後覚醒期間あるいは睡眠期間をおいた。覚醒期間をおいた場合は、成績（正しく打てた回数）に向上は見られなかったが、睡眠期間をおいた場合は、成績が飛躍的に向上していた。このような技能向上は、練習量とは相関していないことから、睡眠による技能向上は、独立した過程であると考えられている。

英単語の記憶など宣言的記憶に関しても睡眠は関係している。図10は、睡眠と記憶の関係を調べたもので、前半の実験では、24対の単語を夜の10時15分から11時まで学習、記憶が60%に達した時点で学習をやめ、3時間睡眠をとったグループと睡眠をとらないグループの、記憶再生の改善率をみたものであ

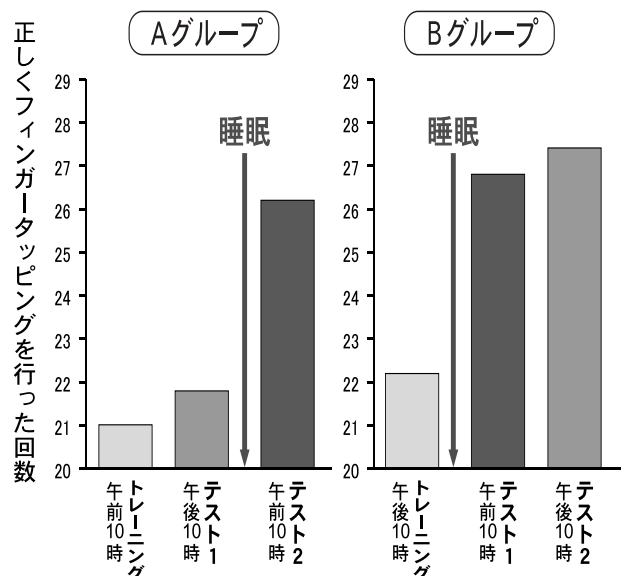


図9 眠りで技能が向上 (Walker et al, 2002を改変)

る。その結果、前半の3時間の睡眠をとったグループの方が、眠らないで起きていたグループに比し、明らかに記憶再生が良いことがわかった。ただし、睡眠後半の時間帯では、差がなかったことにより、単語の記憶では、特に前半の時間帯の睡眠で記憶が向上することがわかる。

プロゴルファーの石川遼選手は子どもの頃から父親と一緒に早朝と夕方に練習をしており、高校生のときには、朝5時起床、夜は8時に就寝していたとのことである。つまり夜の練習後に十分な睡眠をとることで、トレーニングや技術向上と眠りの関係において理想的な習慣を持っていたといえる。

睡眠時間の長さは学習成績にも関係する。小学生

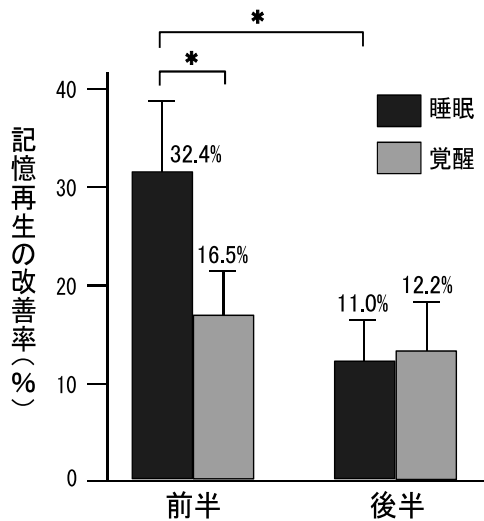


図10 眠りで記憶が向上 (Plihal & Born, 1997)

前半群：22：15～23：00に学習し、成績が基準（60%）に達したら23：00消灯、3時間後に覚醒、テスト。

後半群：23：00消灯、3時間睡眠後起床、15分後に学習し、基準に達したら消灯、3時間睡眠後に覚醒、再テスト。

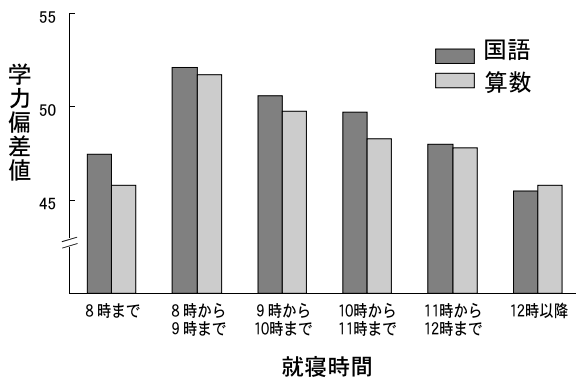


図11 就寝時間と学力偏差値 (山陽小野田市教育委員会調べ、2006)

の就寝時刻と学力偏差値の関わりを見ると、図11のように、午後8時以降9時までに就寝する子どもたちの偏差値が最も高く、就寝時刻が遅くなるにつれて低下している。また、午後8時までに就寝している場合も偏差値が低い。適切な睡眠時間をとることが肝要である。

VI 睡眠のメカニズム

睡眠のメカニズムを理解するうえで、日々の経験が役立つ。人それぞれに就寝時刻と起床時刻は、ほぼ決まっています。通常は夜間に睡眠をとる。これは、睡眠が体内時計の支配を受けて、いつ眠るのかのタイミングを決めている調節機構である。さらに、仕事や娯楽で夜更かしをして睡眠時間が短くなると、翌日は日中から眠く、夜の睡眠時間も長くなり、深い睡眠の割合が増える。逆に、昼寝をとりすぎると、その夜はなかなか眠くならない。これらの事実は、私たちが常に一定量の睡眠を確保しようとする調節系、すなわち恒常性維持機構を備えていることを意味する。つまり、私たちの睡眠は体内時計と恒常性維持の2種類のシステム（図12）で調節されている。これら体内時計機構と恒常性維持機構の2つが、状況に応じて相互に関連しながら、睡眠の質・量およびタイミングを制御している。

1 体内時計機構

ヒトの生体リズムは多くの動物と同じように体内時計によって調節され、約25時間の周期（概日リズム）で活動と休息のリズム信号を出しているが、24時間周期で変化する外部環境とは約1時間のずれを生じている。このずれを調節する重要な役割を果たしているのが“光”で、光信号が目から入り、生体時計としての役割を果たす視交叉上核へ伝達されてこのずれをリセットし、昼間の明環境と夜の暗環境が正常な睡眠・覚醒リズムを作り出している。

通常、起床直後に太陽光が目から入ると、体内時計に時刻の情報として伝達され、朝の時報に体内時計を合わせる（図13）。こうして体内時計によってリセットされた時刻から12～13時間は代謝が高められ、血圧、脈拍が高めに保持され、覚醒して活動するのに適した状態になる。これが朝の光を浴びて

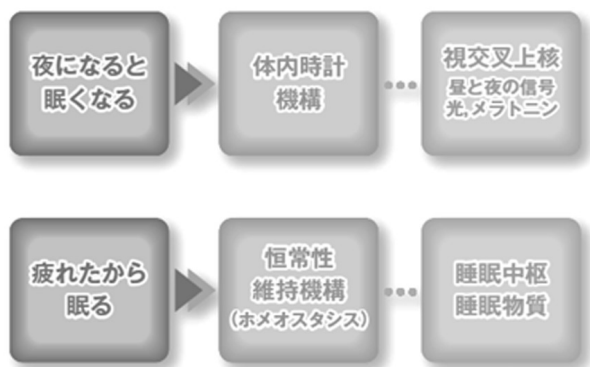


図12 睡眠のメカニズム 1

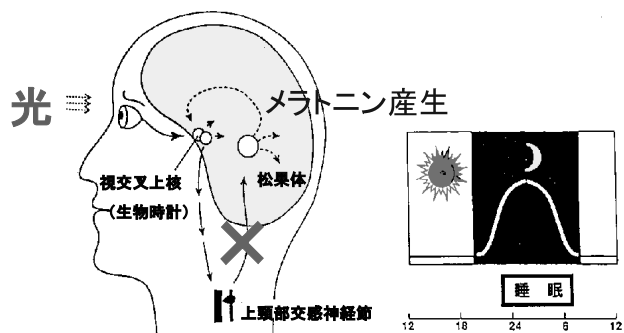


図13 眠りのメカニズム 2

から14~16時間くらい経過して暗くなると、松果体からメラトニンの分泌が始まり、手足の末端からの放熱が盛んになる。こうした放熱により身体の内臓や脳の温度が低下してくると、1~2時間のうちに自然な眠気が出現する。つまり、太陽光に対する生体時計のリセット機能により、朝起床して太陽光を最初に浴びた時刻に応じて、夜に眠気が出現し自然に眠くなる時刻が決定される。朝の起床時に十分な太陽光を浴びずに、暗い部屋で昼過ぎまで眠っていると、こうした概日リズムのリセットが適切に行われず、その日の入眠時刻が遅くなる。一方、夕方から夜の時間帯に強い光を浴びると、昼の時間が延長することになり、休息への準備が遅れ、結果的に入眠時刻が遅れることになる。

2 恒常性維持機構

・アデノシンの作用

アデノシンは脳内投与により睡眠を誘発し、その濃度は大脳皮質と前脳基底部において断眠時間に依存して上昇し、その後の睡眠中に減少するので、従来から内因性睡眠物質の1つであると考えられてきた。中枢神経系には4種類のアデノシン受容体 (A_1 , A_{2A} , A_{2B} , A_3) が存在する。このなかで A_1 受容体と A_{2A} 受容体が睡眠調節に関係すると考えられている。

・プロスタグランジン (PG) D_2 - アデノシン A_{2A} 受容体 - ヒスタミン

覚醒が長く続くと、 PGD_2 が蓄積する。蓄積した PGD_2 はアデノシンの増加を誘発し、アデノシン A_{2A} 受容体を活性化する。視床下部の前部に存在する

GABA神経群は後部に存在するヒスタミン神経群に投射しており、抑制的に働いているが、アデノシン A_{2A} 受容体の活性化は、このGABA神経群の働きを大きくし、結果、ヒスタミン神経の活動を低下させる。ヒスタミン神経は、皮質などの神経の活動を高める働きをもっており、その活動低下はノンレム睡眠を引き起こす。カフェインは、アデノシン受容体を阻害する働きをもっており、図14のルートを途中で阻害することがカフェインの覚醒作用であると考えられる。

ヒスタミン神経系は結節乳頭核 (TMN) を起始核とし、脳内のさまざまな部位に幅広く投射し、 $H1$ 受容体を介してコリン系やドパミン系などのさまざまな覚醒系を刺激することにより覚醒の維持に関与している。風邪薬や抗アレルギー薬として使用される抗ヒスタミン薬 ($H1$ 受容体拮抗薬) のなかで、脳内移行性の高い薬物を服用すると眠くなることから、脳内ヒスタミンが覚醒に関与することは昔から知られていた。

VII 良い眠りのために - 睡眠衛生

睡眠衛生とは、良質な睡眠のために生活習慣、睡眠環境を整えることである。

睡眠衛生指導の実際について以下に概説する。

・睡眠衛生の基本は、規則正しく睡眠をとり、朝は光で、体内時計をリセットすることである。睡眠・覚醒リズムは約25時間周期であるが、それを同調させるために、光や食事、運動、社会的活動などの同調因子がある。これらが睡眠・覚醒リズムのみならず、内分泌リズム、自律神経をコントロールしている。

したがって、夜遅くまで高照度の環境でいると、生体リズムの夜型化や不規則化を生じ、眠ろうとしても眠れない不眠状態となり、身体の不調をきたす。

・部屋の明かりを暗くすることは、メラトニン分泌を妨げないようにするためであり、精神的な鎮静化をはかるためである。以前は、2500ルクス以上の高照度の光でないとメラトニン分泌抑制はされないとされていたが、近年の研究では300ルクス以下の低照度でも長時間にわたると抑制されることが判ってきた。特に蛍光灯に多く含まれる青い波長が選択

的にメラトニンの分泌抑制作用が強いので、夜間は赤色の白熱電球が、睡眠には良いとされる。

・深夜のテレビ視聴、パソコンや携帯操作は脳を活性化して、入眠障害、中途覚醒の原因となるので、夜21時以降は控えることが大切である。

・アルコールは、確かに入眠促進作用があるが、睡眠後半には睡眠段階が浅くなり、中途覚醒、早朝覚醒をもたらす。さらに利尿作用もままって中途覚醒を増やす。日本では眠れないときの対処として、睡

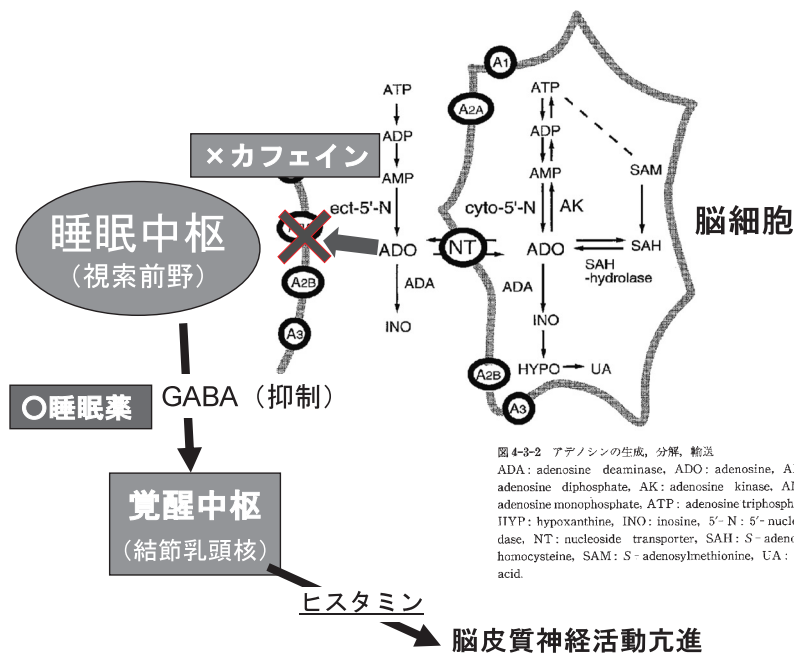


図14 疲れるとアデノシン蓄積、睡眠が誘発（佐藤伸介、2009を改変）

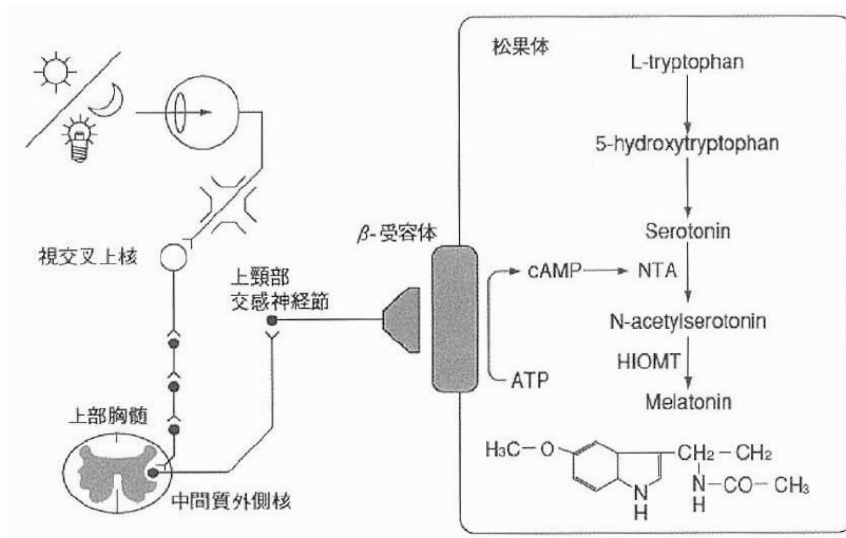


図15 メラトニン分泌と光による制御（大川匡子、2001）

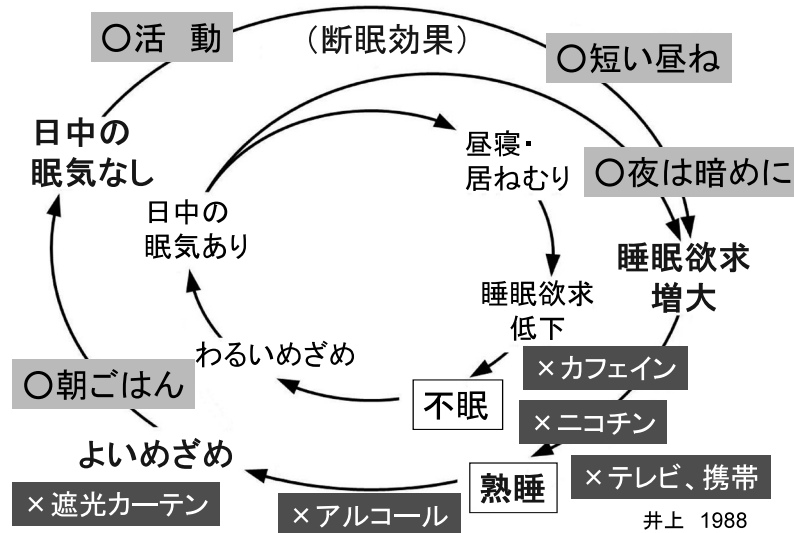


図16 眠りの良い循環と悪い循環 (井上昌次郎、1988より改変)

眠薬より安全とのことで飲酒の傾向が強いが、これは間違った認識である。

・朝食は、身体のリズムを整えるだけでなく、セロトニンやメラトニン分泌にとって重要である。図15に示すように、朝食で摂取した必須アミノ酸のトリプトファンは、昼間はセロトニンまで合成され人を活動的にする。夜になり光がなくなると、松果体で、セロトニンから最終的にメラトニンが合成され、睡眠に導く。

・図16に、睡眠衛生について井上昌次郎先生 (1988) が提案された「眠りの良い循環と悪い循環」を筆者が追加・改編したものを提示する。

目覚めが悪いと、日中に眠気があるため、ついうたた寝してしまう。そうすると「疲れたから眠る」という睡眠欲求が低下するために夜間の睡眠の質が低下することになる。

昼間の眠気を我慢して、居眠りを少なくし、メラトニンの分泌に支障がないように、夜は暗めの環境で過ごし、覚醒反応をきたすカフェインやニコチン、テレビや携帯の視聴を控えると、入眠がスムーズになる。アルコールは中途覚醒や早朝覚醒の原因となるので控え、眠れないときには、睡眠薬の服用を考慮する。朝は、光刺激で目覚め、体内時計がリセットされるので、遮光カーテンを10センチ程度開けておくことが、良い目覚めにつながる。脳の中枢

時計は光でリセットし、消化管を含めた末梢の体内時計は朝食でリセットして、脳と身体の時計を同期させることが重要である。

VIII おわりに

子どもの生活10年調査 (博報堂、2007) では、児童生徒がもっとも増やしたい時間は、10年前は「友達と過ごすこと」が第一位であったが、現在は「睡眠時間」がトップである。今や子どもから大人まで、満足に眠れていないのが現状となっている。睡眠不足は仕事や勉強の能率を低下させるだけでなく、労働災害や交通事故リスクを高める。さらに、不眠は肥満や生活習慣病と深く関係していることもわかってきた。

睡眠は、大脳の進化とともに発達してきた。睡眠は、疲れた脳を休めるだけでなく、子どもでは「脳を創る」、「脳を育てる」、成人でも「脳を守る」、「脳を修復する」という大切な役割を演じている。睡眠は明日により良い活動できるように、大脳や身体をメンテナンスする素晴らしい生理機構なのである。

人は、人生の3分の1を眠って過ごす。「寝る子は育つ」、「一晩寝かせる」と昔からいわれてきたように、眠りには様々な効用がある。全国民がぐっすり眠ると、日本が元気になる。眠ればよいだけなのだから、今夜から実行されることをお勧めする。早く眠れば電力を節約でき、社会貢献のみでなく、自身も健康になるのである。

参考資料

- 1) 井上昌次郎：眠りを科学する. 朝倉書店, 東京, 2006
- 2) 井上昌次郎：眠る秘訣. 朝日新書, 東京, 2009
- 3) Hobson JA : Sleep. Freeman, New York, 1989 [J・アラン・ホブソン (井上昌次郎, 河野栄子 訳)：眠りと夢. 東京化学同人, 東京, 1991]
- 4) 宮崎総一郎、他：睡眠学入門ハンドブック. 日本睡眠教育機構, 大津, 2011
- 5) 宮崎総一郎：脳に効く睡眠学. 角川SSC, 東京, 2010
- 6) 宮崎総一郎、井上雄一 (編著)：睡眠教室 夜の病気たち. 新興医学出版社, 東京, 2011
- 7) 宮崎総一郎, 千葉伸太郎, 中田誠一 編：小児の睡眠呼吸障害マニュアル. 全日本病院出版会, 東京, 2012