

《 総 説 》

不動・廃用症候群*1

園田 茂*2

Immobilization and Disuse Syndrome*1

Shigeru SONODA*2

Abstract : Understanding the societal and personal impact of immobilization or disuse syndrome is important in Japan with its large elderly population. The indication of disuse syndrome for rehabilitation was narrowed and the fee for disuse syndrome was set at a low level. Muscle strength decreases at a rate of 2-3% per day in 40% of the people. Also, the muscle fractional synthetic rate decreased with 10 days rest. Other functional or morphological changes also occur in the neuromuscular junction and the muscle internal structure. Additionally, we must consider the contribution of muscle to the limitation of joint angle after immobilization. Both elasticity and viscosity increase. Cardiac wall thickness and cardiorespiratory fitness decrease during immobilization. Gravitational dependent lung disease or deep vein thrombosis may occur. The brain is also affected by immobilization, leading to condition of learned non-use. The best solution for immobilization is to be active ; however, we must have a detailed knowledge of the pathophysiology of a patient's disease in order increase their activity level. In an acute hospital setting, prevention of immobilization is crucial. The system used in Japan, whereby therapists are assigned full-time in the ward was introduced in April 2014. Furthermore, even though 20-35% of maximal strength training is effective in atrophied muscles, it is ineffective in trained muscles. Another sticking point is that there is no evidence-based recommendation for range of motion exercise. However, rehabilitation intervention in respirator patients improves their ADL. Prophylaxis of deep vein thrombosis is also very important. And learned non-use of the brain may be diminished by the skillful application of vibrations that makes patients feel that their hand is moving even when it is not. Finally, the mechanism of hibernation may be the key to improving our rehabilitation against immobilization in the future. (**Jpn J Rehabil Med** 2015 ; 52 : 265-271)

Key words : 不動 (immobilization), 廃用症候群 (disuse syndrome), 筋力低下 (muscle weakness), 拘縮 (contracture), 深部静脈血栓症 (deep vein thrombosis)

はじめに

高齢者比率が高いわが国では、疾病や加齢に関連した不動の影響を受けやすい。さらに、日本では人口当たりの医師や看護師数は必ずしも少なくないものの、諸外国に較べ病床数が桁違いに多い(図1)¹⁾ ことが手薄な医療・介護状態の誘因となり、過剰な安静が生

じやすいと論じられることもある。

施策的には2014(平成26)年4月の診療報酬改定での廃用症候群のリハビリテーション(以下、リハ)料が引き下げられ、該当条件も狭まったことにより、廃用症候群へのリハが行いにくい状況になってきている。しかし、国は入院医療の機能分化・強化と連携、在宅医療の充実を掲げており²⁾、急性期の集中加療の

2015年2月2日受稿

*1 本稿は第51回日本リハビリテーション医学会学術集会教育講演(2014年6月6日,名古屋)をまとめたものである。

*2 藤田保健衛生大学七栗サナトリウム/〒514-1295 三重県津市大鳥町424-1

Fujita Health University Nanakuri Sanatorium

E-mail: doctor.sonoda@nifty.ne.jp

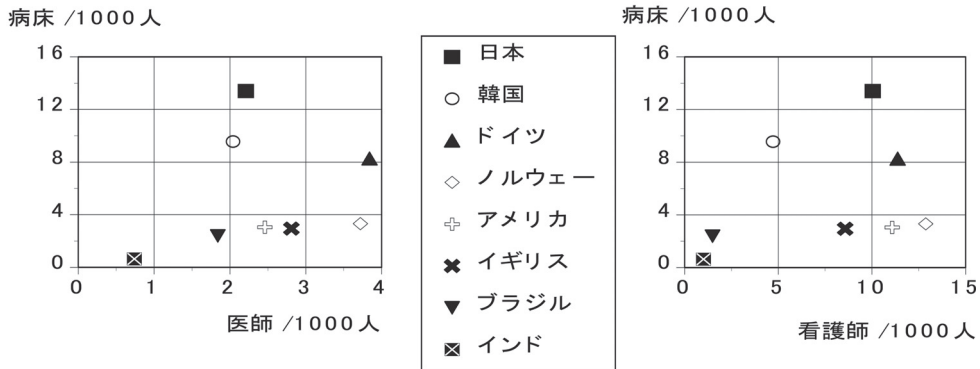


図1 医師数・看護師数・病床数の国際比較

OCED（経済協力開発機構）の2011年の統計（文献1）から散布図を作成した。人口に比して病床数が多いことがわかる。

表1 不動・廃用の区分

不動・廃用に到る時間	主な原因	予防	治療のポイント	診療報酬の廃用
緩徐	不活発	生活様式	拘縮の不可逆性などに配慮	該当せず
急激	肺炎など安静を指示される症状	何のための安静かの吟味	どのくらい速く治療開始できるか	廃用症候群として

間や在宅生活中の不動・廃用を防ぐ、または起こってしまった場合には改善を図ることがリハ関係者の使命であろう。今、改めて不動・廃用症候群を再考したい。網羅的または系統的な既存論文の概観は困難であり、結果的にシステマティックレビューとはなっていないことを予め申し述べる。

これまでの不動・廃用症候群の流れ

安静をどう捉えるべきか。1862年にJohn Hiltonや英国外科医はベッド上安静が最良の生理学的アプローチと提唱しており、1940年代になるとDeitrickなどがその悪影響を主張したとされている³⁾。その後、Hirschbergがdisuse syndromeを、長期臥床により心身の活動性が低下したことによって生じる、精神を含めた全身の部位に起きる二次的障害の総称として用いた⁴⁾。

廃用症候群を研究者達がどのように捉えてきたかに関し、大久保は、属性（共通の原因、全身の機関・組織のdeconditioning、脱調節/複数徴候、互いに関連/二次的/器官・組織が退行/有病者に限らず/可逆性）、直結選考要因（不動・不活動状態/不動・不活動期間）、

用いられた帰結（生命/生活の質(QOL)/寝たきり/日常生活活動(ADL)/意思や思考/基礎疾患・合併症/計画されたケア）などを挙げている⁵⁾。多様な検討がされているわけである。

今回の題名が廃用症候群ではなく、不動・廃用症候群であるのは、長期間動かさないことによる影響のみならず、短期間の不動においても生体には影響が及ぶことを念頭に置いているからである。その面では上記のような視点で分けるよりは、2つに区分してしまうほうが臨床での理解・活用に役立つと考えられる（表1）。すなわち、不動・廃用に到る時間が緩徐であるものと、急激なものである。前者は不活発な生活が徐々に引き起こす病態であり、後者は短期間の安静・不動によっても起こりうる病態である。診療報酬上の廃用症候群は、ある起点からのADLレベルの大きな低下で定義されるため、後者のみが対象となる。

不動・廃用症候群の病態

不動・廃用により引き起こされる病態は、筋力低下、関節拘縮、骨粗鬆症、尿路結石、起立性低血圧、心拍数増加、褥瘡、求心神經過敏、持久力低下、肺

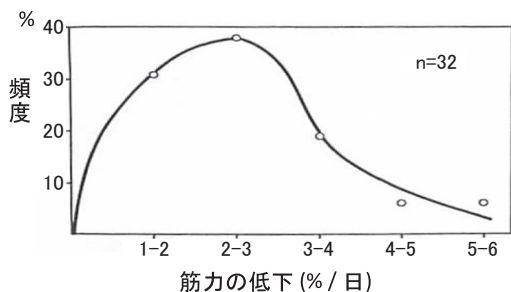


図2 筋力低下程度の頻度分布

文献6の図9を引用、和訳した。安静による筋力低下の程度には、個人差がある。

うっ血、腸管蠕動亢進、認知力低下など多岐に渡る。

1. 筋力低下

筋力低下に関しては、安静の程度、厳格さにより筋力減少の程度は違って来る。意識障害の場合には全く筋収縮は起こらないが、意図的な安静であれば、ある程度の筋収縮が行われるからである。Müllerらのギプス固定による一連の研究によると、同じ安静条件でも筋力の減少率にはばらつきがあり、1日に2～3%の減少を来すのが4割、1～2%の減少を来すのが3割、3～4%の減少を来すのが2割である⁶⁾。そこに筋力低下を防ぐために最大筋力の20%の筋収縮を1秒間行えば、7割の被検者で1日あたり0～1%の筋力低下に留まるが、残りの被検者では1～3%の減少を来す。

不動の筋への影響に関し、平均67歳の被検者の10日間の安静により、筋蛋白合成率が0.077から0.051と約20%減少していることが報告されている⁷⁾。筋の機能、形態の変化としては、神経筋接合部でのアセチルコリン放出量減少、神経筋接合部やアセチルコリン受容体の形態変化、ジヒドロピリジン受容体(DHPR)のmRNAや蛋白量増加、筋小胞体の機能変化、筋細胞内のカルシウムイオン濃度の増加、アクチンのtroponin CやミオシンのH鎖、L鎖などの速筋型への移行、フィラメント間の位置関係の乱れなどが生じる^{8,9)}。廃用性萎縮は抗重力筋に起こりやすく、遅筋(type 1)線維に多く見られ、遅筋線維の速筋化もみられる^{8,10)}。

2. 関節拘縮

関節拘縮に関しては、固定実験による関節の病理学的検討や、関節外の要素の関与が検討されている。佃によれば、これまで固定実験を行ってきたEvans,

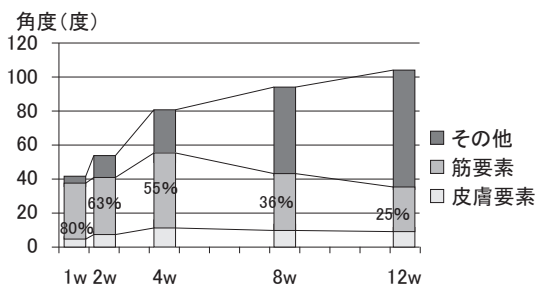


図3 関節可動域制限への皮膚・筋・その他の要素の関与

文献12の表4の数値から作図した。同論文の図4の描き直しでもある。固定してからの期間が短い間は筋要素の関与が大きく、その後、比率・絶対値ともその他(主には関節構成体)の関与が大きくなることが明確である。

Hall, Thaxterらの病理記載は必ずしも一致しないとのことで、佃らのラットの膝での研究結果としては2週くらいまでに関節包の厚さが減少し、疎性結合織から密性結合織に変化し、弾性線維が減少、滑膜表層と脂肪織の萎縮と線維増生が起こり、関節軟骨表面には線維組織が見られる¹¹⁾。長期固定では脂肪性滑膜が減少し、関節包・滑膜に密な線維増生が進行し、関節軟骨表面には膜様の肉芽ができ滑膜との癒着や線維性強直が見られる¹¹⁾。

関節可動域に関与するのは関節構成体のみではない。岡本・沖田らはラットの足関節ギプス固定の系で皮膚、筋(腓腹筋・ヒラメ筋)を順に切除して可動域を測定することにより、関節可動域への筋要素の関与を検討している(図3)¹²⁾。図3からは、固定から4週までは筋要素が可動域制限の半分以上を占めるが、それ以降にはその他(主には関節構成体)の要素が可動域制限の主体となっていることがわかる。固定後早期の鍵を握る筋についての検討も進められており、上記と同じ系では筋長の短縮は固定後1週間で約10%、その後はあまり短縮しないと報告されている¹³⁾。不動により筋長以外に筋の物理学的特性、すなわち粘弾性も変化する。沖田らは、粘性(速度依存性)も弾性(変位依存性)も不動により増すことを示しており、筋内膜のコラーゲンの変化、筋フィラメントの配列の乱れ等の可能性を示唆している¹⁴⁾。速度依存性の筋緊張亢進といえば、Lanceの痙縮の定義¹⁵⁾とも重なってくる。不動・廃用により他動運動に対する抵抗感(トルク)は増してくるが、これには神経性要素の痙縮のみならず、上記粘弾性(非反射性筋緊張亢進また

は内在的筋緊張亢進とも呼ばれる¹⁶⁾の関与を考えなければならぬ。

3. 骨密度減少

骨密度に関しては、20週ほどの臥床安静により30～50%の骨密度減少を来した研究で、荷重・運動の再開により臥床期間と同程度の20週程で骨密度が元に戻ったことが示されている¹⁷⁾。骨形成と骨吸収とのバランスにより状況が変化する。

4. 心肺機能低下

心肺機能にも影響が出る。磁気共鳴画像(MRI)を用いて測定した左室心筋重量に関しては、6度のhead down tiltを用いた研究¹⁸⁾、水平臥床の研究¹⁹⁾などで、週あたり1.3～2.5%の減少が起こると報告されている。このような心臓自体の変化、さらには末梢での酸素のやりとりを含め、最大酸素摂取量で表した体力は、臥床安静で1日当たり約0.9%低下することが知られている²⁰⁾。

臥床の肺への影響としては、臥床により腹部臓器が横隔膜を押し上げることと、下側肺領域が鬱血、肺胞圧迫、分泌物貯留を招き、下側(荷重側)肺障害((gravitational) dependent lung disease/consolidation)^{21,22)}

を招きやすいことが挙げられる。下側に貯留した分泌物が排出されなければ、細菌増殖の温床となり、沈下性肺炎(hypostatic pneumonia)²²⁾に到る。仮想的な計算だが、1時間で2倍に増えるメチシリン感受性ブドウ球菌は、ドレナージされなければ1個が12時間で4000個に、36時間後には700億に爆発的に増えることになる。

5. 血液系のリスク

血液系では、深部静脈血栓症(DVT)、静脈血栓塞栓症(VTE)、肺血栓塞栓症(PTE)などのリスクが臥床・安静により高まる。VTEの発症パターンとしては、長期臥床後の初回歩行時が多いとされている²³⁾。静脈灌流の要素である筋ポンプが臥床していると機能しにくいこと、また、血漿量減少による粘稠性亢進などがリスクの高まる理由として挙げられる。致死性PTEの剖検での血栓存在率が最も高いのはヒラメ筋静脈で、90%以上とされている²⁴⁾。他の静脈では伴走動脈拍動、静脈弁などの仕組みがあるのだが、ヒラメ筋静脈に限っては灌流機序がほぼ筋ポンプのみであることがその原因であろう^{23,24)}。

凝固系に関しては、長距離飛行やバス旅行では凝固系が亢進しているという報告²⁵⁾はあるものの、60日

の6度 head-down tilt を行った2nd Berlin BedRest Studyでは、凝固系は亢進していなかった²⁶⁾。不動と臥床では異なった反応が起こるのかもしれない。

6. 脳の活動低下

手足の不使用は、脳の変化も引き起こす。Constraint-induced movement therapyの有効性の根拠として持ち出される学習性不使用(learned non-use)²⁷⁾の概念である。慢性疼痛患者では、痛みを避ける行動により学習性不使用が生じ、不使用により脳の体部位再現が狭小化され、結果的に疼痛抑制の皮質機能が低下して痛みが慢性化するという機序が考えられている^{28,29)}。このメカニズムは疼痛に限らず、不動・廃用症候群の諸症状に対する脳の変化を表している可能性もある。

褥瘡、腸管運動等、他にも触れるべき病態は存在するが、本稿では割愛する。

不動・廃用症候群への対応

不動・廃用症候群への対応は、安静にしないことである。それはそうなののだが、何げなく安静にしているのが根拠のない常識であったりすると、話が難しくなる。安静にしている病状が悪化する場合にトラブルは起こりにくいが、動かしたら病状が悪化したとなるとクレームになる可能性もある。そこで、病態に応じて「何のために」安静にしているのか、掘り下げておく必要がある。骨折後であれば骨折部にずれの力が加わらないようにすることが安静理由であろうし、心筋梗塞後であれば、四肢の運動により心拍量が増大して虚血心筋がさらに相対的な虚血に陥らないようにするためであろう。このように考えていけば、心筋梗塞後にベッド上での排便を勧めて、ブリッジ動作をするためにかえって心臓への負担を増すという笑えない話は起こり難いであろう。

1. リハ専門職の配置

急性期のリハにおいては緊急の医療処置が優先されることが多く、そのなかでリハに求められているのが不動対応と誤嚥対策である。それも当然リハが必要である脳卒中片麻痺や脊髄損傷対麻痺などよりも、肺炎等内科的疾患、がん患者などの安静状態が数的には多いであろう。これらの患者へのスムーズなアプローチが望まれていた。そこに診療報酬の2014年度改定で、急性期病棟におけるリハ専門職の配置に対する評価が新設された²⁾。

表2 訓練により筋力が増加するか低下するか

筋の状況	訓練に用いる筋力 (最大筋力の何%か)		
	<20%	20~35%	>35%
集中訓練後	↓	↓	↑
普通	↓	~	↑
筋萎縮状態	↓	↑	↑

文献 31 の 218 頁の表を和訳した。

藤田保健衛生大学病院ではそれに先立ち内科病棟に専従療法士 2 名を配置した前後の比較検討を行っていた³⁰⁾。専従配置することでカンファレンス等のコミュニケーションが増し、各種の迅速な対応が可能となった。結果として個別リハビリが増え、リハビリ開始までの期間が短縮し、自宅復帰率が増し、Functional Independence Measure (FIM) 効率も高くなった³⁰⁾。

2. 筋力増強

筋力低下後の筋力増強に関しては、Müller らの研究によれば、最大収縮を 1 日 1 回行うことで、最大筋力の 75% までは、週 12% 程度の増加率で筋力は増していく⁶⁾。1~2 週の安静で 80% まで落ちた筋力を 6 週ほどで戻すイメージである⁶⁾。筋力維持を図る場合には、その筋の状態が集中訓練期間後なのか、萎縮状態なのかにより、同じ負荷量でも筋力が増強するか否かが変わってくる。最大筋力の 20~35% のトレーニングでは、集中訓練期間後の筋では、筋力低下を来してしまうが、筋萎縮状態の筋なら筋力増強していくと考えることができる³¹⁾。筋蛋白の合成という側面から、抵抗運動と分岐鎖アミノ酸等の栄養摂取との併用の内容検討も進んできている³²⁾。

基礎疾患により、筋力増強方法を変えていくのは、不動・廃用のリハビリに限らない。変形性関節症であれば、関節軟骨を磨耗させないよう、等尺性の運動を主体とするし、心不全など心負担を避けるべき病態であれば、等張性の運動を主体とする。インスリンを用いていれば、運動と血糖との関係に留意し、特に網膜症があれば、血糖の変動をなるべく少なくなるように運動を工夫する。

3. 関節可動域訓練

関節可動域訓練に関しては、研究面からは適切な訓練方法が明確にされていない。片側の坐骨神経切除で足関節を固定したラットを使った可動域訓練の検討では、ストレッチ訓練を 30 秒、10 回行った場合には可

動域が健側より小さくなったが、60 秒、5 回だと左右の有意差が無かったとの結果であった³³⁾。ある程度の時間の長さのストレッチが要るとの結果であろう。しかし Cochrane review ではストレッチは無効³⁴⁾との結論であった。

関節可動域訓練はランダム化研究が 2 件しか見いだせていなかった³⁵⁾。そのうちの 1 件では四肢麻痺の足関節可動域訓練を、片足は 10 分を 1 日 2 回、週 5 回、6 カ月行い、対側は可動域訓練をしなかった場合に、訓練肢が 2 度、非訓練肢がマイナス 2 度との違いであった³⁶⁾。筋緊張の状況等で可動域訓練の効果、必要性は変わってくると思われるので、比較研究を重ねるなら開始時に患者状況の層別化をしておく必要がある。

臨床的には、膝関節、股関節が屈曲拘縮になっていると、その角度が大きいほど、立位で体重を支えるために必要な膝関節、股関節の伸展モーメントが大きくなり、それだけ膝関節伸筋、股関節伸筋の筋力が強くなければ立ってられないことになる。これが、筋力低下を来すことはやむを得ない場合でも、膝関節と股関節の可動域だけは保つべきであるという主張の論拠である。

4. 呼吸リハビリ

呼吸系の不動・廃用対策は、いわゆる呼吸リハビリ³⁷⁾と重なる部分が多い。呼吸筋力等に焦点を当てるよりは、下肢筋力・持久力増強、排痰・体位ドレナージに力をいれることになる。それが、不動の筋肉、肺に及ぼす影響への適切な対応となる。さらに集中治療室 (ICU) で人工呼吸器を用いている患者に理学療法や作業療法の介入をすると、通常管理の患者に比べ、14 週以降で自立患者の割合が有意に高くなる³⁸⁾、人工呼吸器管理において肺炎率が臥位群では 34%、半座位群では 8% と座位のメリットが認められる、などの報告もあり³⁹⁾、積極的な介入が望まれる。

5. 予防

VTE 予防としては、前述のようにヒラメ筋静脈の血流うっ滞改善を図るために筋ポンプを働かせることが非常に大切なので、可及的早期に足関節背屈のストレッチ、可能なら歩行を行うと良い²³⁾。

がんのリハビリにおいては、脳が侵されるなど、がんそのもののダメージへの対応、治療薬や手術そのものによる影響への対応、そして不動・廃用症候群への対応が必要である。不動・廃用症候群への対応は、骨折リ

スク、生命予後などに留意しながらであるが、基本的な対策を行うことになる。

肢を動かしてはいけない場合にも脳の活動低下（学習性不使用）を食い止めるために、振動刺激の工夫もなされている。手関節を5日間固定した系で、手に3カ所から振動刺激を加えることにより手が動いたような感触を与えることで、一次運動野を含んだ運動関連領域の活動が高まったことが報告されている⁴⁰⁾。

6. 廃用と鑑別されるべき状態

廃用と鑑別されるべき状態としては、腓骨神経麻痺がある。意識障害で臥床中に下肢が外旋していると、腓骨小頭とベッドとの間に腓骨神経が挟まれ、不可逆的または可逆的な腓骨神経麻痺を生じる。この状態を廃用と称してリハ依頼されることがある。もうひとつ、ICU acquired weakness という病態が提唱されており⁴¹⁾、その診断基準として、(a) 重症疾患発症後に起こった筋力低下、(b) 筋力低下は四肢近位遠位にあり、対称性、弛緩性、脳神経は冒されない、(c) Medical Research Council (MRC) 合計点 (6筋(左右で12筋)の和<48、つまり徒手筋力テスト (MMT) 平均<4) または人工呼吸器管理、(d) 基礎となる重症疾患による筋力低下ではない、が挙げられている。リハ側からすると、廃用症候群と区別できないような印象もある。

7. メカニズムの解明

不動・廃用へのこれまでと違った側面からのアプローチとして、冬眠の仕組みの解明⁴²⁾がある。冬眠中の筋萎縮はごくわずかであり、なぜわずかの筋萎縮で済むのかが明確になれば、その機序を不動・廃用防止に応用することができると考えられる。ジューサンセンジリスの実験では、メカニズム探索の鍵となるかもしれない物質 (peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator 1- α) も見いだされてきている^{42,43)}。この分野の今後の発展に期待したい。

おわりに

以上、不動・廃用症候群の病態理解と対応策立案に役立つであろう基本的文献とトピックスを抽出して総説とした。

この分野の更なる探究の入口となれば幸いである。

文 献

1) Global note : Available from URL : <http://www.global>

[note.jp/](http://www.global-note.jp/) (2014年6月1日引用)

- 2) 厚生労働省：平成26年度診療報酬改定の概要. Available from URL : <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12400000-Hokenkyoku/0000039892.pdf> (2015年1月31日引用)
- 3) Halar EM, Bell KR : Contracture and other deleterious effects of immobility. *in* Rehabilitation Medicine (ed by DeLisa JA). JB Lippincott, Pennsylvania, 1988 ; pp 448-462
- 4) Hirschberg GG (ed) : Rehabilitation - A manual for the care of the disabled and elderly. JB Lippincott, Pennsylvania, 1964
- 5) 大久保暢子：廃用症候群の概念分析—脳神経外科看護の視点からの考察. Available from URL : <http://www.kango-net.jp/pdf/haiyo.pdf> (2015年1月31日引用)
- 6) Müller EA : Influence of training and of inactivity on muscle strength. Arch Phys Med Rehabil 1970 ; 51 : 449-462
- 7) Kortebein P, Ferrando A, Lombeida J, Wolfe R, Evans WJ : Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults. JAMA 2007 ; 297 : 1772-1774
- 8) 後藤勝正, 川崎健介, 藤田和彦：萎縮に伴う筋収縮機能の変容—興奮収縮連関にかかわる蛋白質の発現とその制御. 医学のあゆみ 2000 ; 193 : 604-608
- 9) Brooks NE, Myburgh K : Skeletal muscle wasting with disuse atrophy is multi-dimensional : the response and interaction of myonuclei, satellite cells and signaling pathways. Front Physiol 2014 ; 5 : DOI : 10.3389/fphys.2014.00099
- 10) 町田修一：加齢性筋肉減弱症 (サルコペニア) 発症の分子機構の解明とその治療・予防法の開発. Jpn J Rehabil Med 2007 ; 44 : 144-149
- 11) 佃 正博：関節構成体による拘縮の病理と病態. 拘縮の予防と治療. 第2版 (奈良 勲, 浜村明德 編). 医学書院, 東京, 2008 ; pp 23-37
- 12) 岡本真須美, 沖田 実, 加須屋茜, 中野治郎, 鍛塚幸子, 西田まどか, 友利幸之介, 吉村俊朗：不動期間の延長に伴うラット足関節可動域の制限因子の変化：軟部組織 (皮膚・筋) と関節構成体由来の制限因子について. 理学療法学 2004 ; 31 : 36-42
- 13) 沖田 実, 吉村俊朗, 中野治郎, 佐伯 彩：拘縮の病態とストレッチング. 理学療法探究 2000 ; 3 : 29-36
- 14) 沖田 実：関節可動域制限の病態生理. 理学療法 2003 ; 20 : 603-611
- 15) Lance JW : Symposium synopsis, *in* Spasticity : Disordered Motor Control (ed by Feldman RG, Young RR, Koella WP). Yearbook Medical Publishers, Chicago, 1980
- 16) Trompetto C, Marinelli L, Mori L, Pelosin E, Currà A, Molfetta L, Abbruzzese G : Pathophysiology of spasticity : implications for neurorehabilitation. BioMed Res Int 2014 ; DOI : 10.1155/2014/354906
- 17) Donaldson CL, Hulley SB, Vogel JM, Hattner RS, Bayers JH, McMillan DE : Effect of prolonged bed rest on bone mineral. Metabolism 1970 ; 19 : 1071-1084
- 18) Dorfman TA, Levine BD, Tillery T, Peshock RM, Hastings JL, Schneider SM, Macias BR, Biolo G, Hargens AR :

- Cardiac atrophy in women following bed rest. *J Appl Physiol* 2007 ; 103 : 8-16
- 19) Perhonen MA, Franco F, Lane LD, Buckley JC, Blomqvist CG, Zerwekh JE, Peshock RM, Weatherall PT, Levine BD. Cardiac atrophy after bed rest and spaceflight. *J Appl Physiol* 2001 ; 91 : 645-653
- 20) Convertino VA : Cardiovascular consequences of bed rest : effect on maximal oxygen uptake. *Med Sci Sports Exerc* 1997 ; 29 : 191-196
- 21) Greene R : Adult respiratory distress syndrome : acute alveolar damage. *Radiology* 1987 ; 163 : 57-66
- 22) Teasell R, Dittmer DK : Complications of immobilization and bed rest. Part 2 : other complications. *Can Fam Physician* 1993 ; 39 : 1440-1446
- 23) 呂 彩子 : 病態. 周術期深部静脈血栓/肺血栓塞栓症 (瀬尾憲正, 古家 仁 編). 克誠堂出版, 東京, 2013
- 24) Kageyama N, Ro A, Tanifuji T, Fukunaga T : Significance of the soleal vein and its drainage veins in cases of massive pulmonary thromboembolism. *Ann Vasc Dis* 2008 ; 1 : 35-39
- 25) Schobersberger W, Fries D, Mittermayr M, Innerhofer P, Sumann G, Schobersberger B, Klingler A, Stöllnberger V, Fischbach U, Gunga HC : Changes of biochemical markers and functional tests for clot formation during long-haul flights. *Thromb Res* 2002 ; 108 : 19-24
- 26) Haider T, Gunga HC, Matteucci-Gotho R, Sottara E, Griesmacher A, Belavý DL, Felsenberg D, Werner A, Schobersberger W : Effects of long-term head-down-tilt bed rest and different training regimes on the coagulation system of healthy men. *Physiol Rep* 2013 ; 1 : DOI : 10.1002/phy2.135
- 27) Taub E, Uswatte G, Pidikiti R : Constraint-Induced Movement Therapy : a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation – a clinical review. *J Rehabil Res Dev* 1999 ; 36 : 237-251
- 28) Punt TD, Cooper L, Hey M, Johnson MI : Neglect-like symptoms in complex regional pain syndrome : learned nonuse by another name ? *Pain* 2013 ; 154 : 200-203
- 29) 森岡 周, 大住倫弘, 信迫悟志, 平川善之, 今井亮太, 大松聡子 : 運動と脳機能. *Pract Pain Manag* 2013 ; 4 : 106-110
- 30) 尾関 恩, 加賀谷齊, 柴田齊子, 早川美和子, 加藤正樹, 平野明日香, 藤村健太, 伊在井みどり, 鈴木美保, 青柳陽一郎, 才藤栄一 : 急性期病棟における療法士病棟専従の効果. *Jpn J Rehabil Med* 2014 ; 51 (Suppl) : S 321
- 31) Müller EA : Training muscle strength. *Ergonomics* 1959 ; 2 : 216-222
- 32) Mallinson JE, Murton AJ : Mechanisms responsible for disuse muscle atrophy : potential role of protein provision and exercise as countermeasures. *Nutrition* 2013 ; 29 : 22-28
- 33) 上村沙世, 吉本陽二, 峯松 亮 : 除神経不動モデルラットにおける関節拘縮予防に必要な関節可動域運動の検討. *奈良理学療法学会* 2011 ; 4 : 37-38
- 34) Katalinic OM : Stretch for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane* 2010 ; Issue 9, CD007455
- 35) Prabhu RKR : Passive movements for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane* 2013 ; Issue 12, CD009331
- 36) Harvey LA, Herbert RD, Glinsky J, Moseley AM, Bowden J : Effects of 6 months of regular passive movements on ankle joint mobility in people with spinal cord injury : a randomized controlled trial. *Spinal Cord* 2009 ; 47 : 62-66
- 37) 塩谷隆信, 佐竹将宏, 川越厚良, 菅原慶勇, 高橋仁美 : 包括的呼吸リハビリテーション—現状と将来展望—. *総合リハビリテーション* 2013 ; 41 : 107-119
- 38) Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL, Spears L, Miller M, Franczyk M, Deprieto D, Schmidt GA, Bowman A, Barr R, McCallister KE, Hall JB, Kress JP : Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients : a randomised controlled trial. *Lancet* 2009 ; 373 (9678) : 1874-1882
- 39) Drakulovic MB, Torres A, Bauer TT, Nicolas JM, Nogué S, Ferrer M : Supine body position as a risk factor for nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients : a randomised trial. *Lancet* 1999 ; 354 (9193) : 1851-1858
- 40) Roll R, Kavounoudias A, Albert F, Legré R, Gay A, Fabre B, Roll JP : Illusory movements prevent cortical disruption caused by immobilization. *Neuroimage* 2012 ; 62 : 510-519
- 41) Stevens RD, Marshall SA, Cornblath DR, Hoke A, Needham DM, de Jonghe B, Ali NA, Sharshar T : A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med* 2009 ; S 299-308
- 42) Bodine SC : Hibernation : the search for treatments to prevent disuse-induced skeletal muscle atrophy. *Exp Neurol* 2013 ; 248 : 129-135
- 43) Xu R, Andres-Mateos E, Mejias R, MacDonald EM, Leinwand LA, Merriman DK, Fink RH, Cohn RD : Hibernating squirrel muscle activates the endurance exercise pathway despite prolonged immobilization. *Exp Neurol* 2013 ; 247 : 392-401