

総 説

筋緊張障害に対する理学療法評価と治療の再考

Reconsideration of Physical Therapy Evaluation and Treatment for Disorder of Muscle Tone

岸本 眞¹⁾ 小森 武隆¹⁾ 藤野 文崇¹⁾

要約：筋緊張概念の定義と歴史の変遷について総括した。また筋緊張の3つの特性を通じて客観的に評価する際の困難性について述べた。更に筋緊張と姿勢運動調節機構との関係ならびに異常筋緊張の分類と原因について概観し、それらを基にして筋緊張障害に対する理学療法評価と治療の現状について述べ、筋緊張障害に対する現象学的治療効果判定の必要性を述べた。

Key Words：筋緊張、理学療法、評価と治療、再考

1 はじめに

理学療法士養成過程における臨床実習指導において、運動障害の一要因としての筋緊張の障害に対する評価に重きを置く傾向が強くなってきていると思われる。この傾向は、運動麻痺としての筋緊張障害を持つ脳卒中片麻痺患者や脳性麻痺児などの中枢神経障害の評価に留まらず、人工関節置換術後の整形外科的疾患の患者の動作分析や理学療法の際にも同様に見られる。

このことは臨床指導において、理学療法プログラムの立案のためには筋力低下、関節可動域制限、神経系の運動麻痺などの障害因子が、直接、間接を問わず筋緊張に何らかの問題を生じさせているという観点からの動作分析と評価が

求められてきている結果であると言えよう。

しかしその一方で、筋緊張障害を理学療法の対象とする場合、筋緊張の姿勢運動制御論的意義とその障害特性を理解しないまま対症療法的に実施されている感を強くしている。

そこでこの論文では、身体運動における筋緊張の果たす役割について、その概念を再確認した上で筋緊張障害に対する理学療法評価と運動指導実施上の意義について再考することとする。

2 筋緊張概念の総括

2.1 筋緊張の定義

筋緊張は、筋の緊張の程度や質をあらわす臨床的な用語であり、優れて運動課題依存的であり、背臥位での筋トーンスの状態が恒常的に分布するのではなく、肢位の変更や運動企画により大幅に変動し、筋を触知したときの硬度、関節を授動したときの抵抗感などに反映されるた

Makoto Kishimoto
大阪河崎リハビリテーション大学
リハビリテーション学部 理学療法学専攻
E-mail : kishimotom@kawasakigakuen.ac.jp
1)リハビリテーション学部 理学療法学専攻

め、視診、触診、他動運動など、多角的に検査することが求められている¹⁾。

このように筋緊張の定義や検査手段は、生理学的にも解剖学的にも、また運動学的にも多義にわたるため、当然のことながら臨床にて観察される筋緊張の病的状態を評価する際にも、筋緊張障害のどんな要素をどのように問題視するかについて、その評価過程に混乱が見られるのが実情であると考えられる。

これらの実情はあるものの、理学療法評価においては生理的な筋緊張の特性は、以下の項目に大別されて定義され、障害評価の対象要素として用いられている²⁾。

- ①安静時の不随意的な緊張や筋の持続的な弱い筋収縮。
- ②他動的な筋伸張時に抵抗を指す物理的な弾性。

またこの筋緊張は、以下の状態において変化することを念頭に置いて評価される³⁾。

- ①休止時筋緊張
- ②姿勢、体位性緊張
- ③運動時筋緊張

2.2 筋緊張概念の変遷

筋が有する緊張状態である「筋緊張」の記述は、歴史的には1900年代初頭にSherringtonらの当時の神経学に立脚した伸張反射論の立場からSchaltenbrandが、姿勢 (posture) と運動 (motility) の関係において述べている時代に遡る。その中では、筋の持つ粘性 (viscosity) も筋緊張のひとつの機能として姿勢や動作に寄与していることが述べられている⁴⁾。その後、筋緊張は、脊髄の反射機構より高位の脳が司る姿勢制御機構との関係において、その意義が考察されるようになってくる。

すなわち筋緊張の役割とは、貝柱 (shell muscles) が貝殻を閉じて開けられなくする機能 (Sperr locking function) や重力下での

姿勢保持のための恒久的な緊張保持 (posture、Haltung) に働く一方で、脊椎動物の脊椎間の筋が運動性 (motility) を実現させるような二つの機能的側面が指摘された。Schaltenbrandは、筋緊張は動作や姿勢の背景に関与すると述べた上で、筋の持つ二つの機能 (短縮と固定: shortening and locking) に、三つの役割 (運動: movement, 姿勢平衡: balancing of posture, 運動停止: braking movement) を持たせている。

内骨格と横紋筋をもつ生物の運動協調性調節機構の根本矛盾を提言したBernsteinも同様に筋緊張の役割は、生理学者がとりあえず「緊張性収縮」と名付けた平滑筋に似た横紋筋の機能方式で、微妙な力の制御を行うなめらかでゆっくりとした収縮様式であるとした上で、それはすべての背景の背景である協調運動の基礎 (動的平衡としての姿勢) において働く体肢の筋の緊張である「背景収縮」と定義し、筋緊張と姿勢との密接な関連を指摘した⁵⁾。

Ingramは、筋緊張と姿勢は別々の生理学的現象ではなく、姿勢の維持は筋緊張の役目であり、同時に筋緊張は姿勢の変化によって大きく影響を受け、それらは相互にそれらを生み出す神経活動背景要素として密接に関係していて、それらの機能は一方を抜きにして説明することはむずかしいと述べている⁶⁾。

一方で姿勢制御機構としての平衡反応は、Weiszが記述しているように、支持面への全身性の代償的な適合機構のことであり、これには十分な支持のための筋緊張もその要素として必要であると述べている⁷⁾。

2.3 筋緊張の特性

2.3.1 硬度

筋は収縮することしかできず、自発的に伸びることはできない。また収縮の際にも生理学的に「全か無かの法則」に従うため徐々に収縮することはできない。しかし視診や触診などを通

じて巨視的には、筋は少し低緊張状態であったり何かの際に通常より過剰緊張状態になったりすることが認められる。理学療法士の運動障害の分析の際に求められるこれらの臨床的現象の理解は、筋名単位での筋収縮や筋緊張の程度の変化を全か無かでは説明できず、同一筋でも支配筋線維レベルへの運動単位の動員の程度の総和として理解することが求められる。すなわち筋収縮や筋緊張程度の強弱自体は、アナログ的であり、その程度だけからどこまでが正常範囲で、どこから病的（異常）であるかの基準を設ける根拠は少ない。このことを踏まえて先の筋緊張の定義である筋の持続的な弱い筋収縮や低緊張／過剰緊張の機序を理解しておく必要がある。

2.3.2 粘弾性

身体運動における柔らかさやしなやかさの基盤である生体の粘弾性は、主に筋組織組成と筋緊張が担っていると考えられている。筋緊張は、筋腱複合体の力学的機能としての収縮要素と弾性要素に分けて議論されており、弾性要素は直列弾性要素と並列弾性要素に分けられ、これに粘性要素を加えてモデル化されている。しかしこのモデルは、安達⁸⁾らが指摘するように、解剖学的に筋腱複合体を収縮要素と弾性要素に分離したのではなく、あくまで筋腱複合体の機能を表すための現象論的モデルであることを念頭に置いておかねばならないと注意を促している。

粘弾性要素を姿勢制御機構の観点からみると、もし筋緊張だけに依存して物理的に姿勢や運動を制御しようとする、筋のもつ粘弾性特性がかえって関節運動に常に大きな動揺を生じさせてしまうことになる。このことは「ベルンシュタイン問題」（冗長自由度問題）⁹⁾として既知のことである。我々は、運動をする際には、運動直前の中枢神経系の運動調節機構（構

えによる筋緊張調節）を用いて、運動の冗長自由度に事前にわざと制限を加えることで、逆説的に姿勢の安定や協調運動を成り立たせている。この現象は、協調運動を獲得する際に見られるfreezing¹⁰⁾や運動発達の初期に見られるGeneral movements¹¹⁾、U字現象¹²⁾に見ることができる。すなわち筋緊張が平常より高い状態である状況には必然性があることもあり、常に問題視すべき状態とは限らない。

2.3.3 筋力との関係

中枢神経系障害である脳卒中片麻痺患者や脳性麻痺児の筋緊張の異常亢進状態である痙縮伸展パターンによる下肢の支持性は、一見体重支持に耐えるだけの筋力を示すように見えるが、正常相反神経支配機構に基づいた動作筋・拮抗筋間の高筋緊張による支持と共に求められる低筋緊張によって実現できる可動性に乏しいために姿勢調節には関与できない。

一方、片麻痺患者や脳性麻痺児にみられる過剰高／低筋緊張が姿勢・運動障害の要因であることは自明のこととされているが、Ohataによれば脳性麻痺児の運動機能、日常生活機能の障害程度は、筋緊張との関係よりも筋厚との相関が高いとされている^{13,14)}ことから、触診・視診上での低筋緊張状態が動作障害の主たる要因となるわけではないことがある。

2.3.4 筋緊張と姿勢運動調節機構との関係

姿勢制御は外乱に対する姿勢維持のための姿勢反射と、四肢の随意運動の背後で調節される姿勢調節に分けられ、随意運動に先行する姿勢調節はanticipatory postural adjustmentとよばれ、随意運動によって姿勢の乱れが生じることがあらかじめ予測できる状況では、フィードバック機構による姿勢反射がはたらく以前にフィードフォワード的に姿勢調節がなされる。また随意運動に平行した姿勢調節をpostural

setとよび、大脳連合野、大脳基底核、新小脳によって運動指令が準備されると同時に、最適な姿勢が選択される¹⁵⁻¹⁸⁾。

以上のことから、anticipatory postural adjustmentやpostural setの概念には、その背景に姿勢を保つために働く準備状態としての筋緊張が重要な役割を果たしていると言える。またこれらの概念を理解することによってはじめて、我々が日常的に使っている「姿勢」や「構え」という機能的表現の意味を理解することができる。

以上のように筋緊張は、組織学的（物理学的）な筋の硬度や粘弾性が姿勢や運動に果たす力学的機能（ハードウェア）に加えて、神経学的（制御工学的）な姿勢・運動調節機構の準備状態としての構えの機能（ソフトウェア）も併せ持っていると言える。

Brooksは著書の中で、運動調節は単一筋のコントロールレベルでは説明できず、多くの動作の要素の選択とそれらのタイミング調節に深く関係しているとしている¹⁹⁾。また運動調節は、動作直前からすでに大脳皮質レベルにて準備されており、特に速い運動の際には遂行した動作からの結果や動作中の感覚系情報のフィードバックでは間に合わないために、事前にプログラム化された、微調整を必要としないフィードフォワード系の運動指令を用いて行われるとしている。筋緊張は、まさにこのフィードフォワード系運動調節機構が作動している状態を示していると言える²⁰⁻²²⁾。

Evertsはサルの実験を通じて、これらの随意運動調節を司る大脳皮質の錐体路ニューロン（一次運動野）の役割は、関節の位置の偏位を調節するよりも、むしろ筋活動パターン（力の調節）に相関していると結論²³⁾し、以降これが定説となっていた。

しかし筧²⁴⁾は、Georgopoulosらが1次運動野のニューロンは、集団として外部座標系で運

動の方向を調節（位置の制御）しているというEvertsらの「力の制御」に反論する結論²⁵⁾を出していることから、EvertsとGeorgopoulosの結論を比較しつつ、運動の位置の制御（キネマティクス）と力の制御（ダイナミクス）は同じ筋肉座標系の上で制御されていると述べ、一つの解釈として、脳が作る運動指令は、個々の筋肉の機械的な張力の方向を全て考慮して最適化しているのではなく、方向の自由度に関して拘束条件を課して自由度を下げ、その代わりに活動の強さ（ゲイン）の自由度を調節するという部分的な最適化で個々の状況に対応しているという可能性を指摘している。このことはBernsteinが指摘した運動冗長性問題に対するひとつの答えと言え、理学療法士が運動調節機構に果たす筋緊張の役割を理解し、治療的ストラテジー（戦略）やタクティクス（戦術）を構築する上での重要なエビデンスになり得ると言える。

3 異常筋緊張の分類と原因

筋緊張の異常には、異常に亢進した筋緊張亢進（hypertonia）と低下（hypotonia）があり、亢進はさらに痙縮（spasticity）と強剛（固縮、強直：rigidity）に分けられる。痙縮は相動性筋伸張反射（phasic stretch reflex）が、強剛は緊張性伸長反射（tonic stretch reflex）が、各々病的亢進した状態と定義されているが、その病態は神経学的にも組織学的にも多岐にわたることが知られている²⁶⁾。（Fig. 1）

筋緊張の亢進とは、筋の粘弾性の硬化や伸張反射の易興奮性のために、伸張に対して著しい抵抗を示す状態で、中枢神経系の機能異常による原因に加えて痛みに伴う筋のスパズム、防御的収縮、バランス障害などに伴う過度な緊張などがみられる²⁶⁻²⁸⁾。

筋緊張の生理学的状態や物理学的特性が障害

- ①動的 γ 運動ニューロン活動の亢進
- ② α 運動ニューロン活動の亢進
- ③脊髄反射回路シナプス前抑制の低下
- ④脊髄反射回路における相反性 I a 抑制の低下
- ⑤脊髄反射回路における I b 抑制の低下
- ⑥レンショー細胞の活動異常による反回抑制異常
- ⑦抑制性背側網様体脊髄路の入力の減少
- ⑧興奮性背側網様体脊髄路および前庭脊髄路の入力の増大
- ⑨筋・腱線維、筋膜の短縮や結合組織化などの構造的変化
- ⑩type II 線維の萎縮と type I 線維の肥大などの筋線維組成の変化

Fig.1 痙縮の病態生理 (吉尾)²⁶⁾

されたときにみられる徴候は、①異常亢進状態としての痙縮、強剛、②異常低緊張、③筋緊張の動揺（失調や不随意運動などの背景となる筋緊張の動揺性）に分類され、錐体路障害によって生じる異常亢進状態（過剰筋緊張）である痙縮については、以下の病理学的状況などがあると指摘されているが、これらの中には局所的な機序に留まるものもあり、臨床的には痙縮や異常運動パターンは、連合反応や陽性支持反応などの緊張性反射活動そのものとして受けとめ、全身的な問題として捉える必要のあることが多方面から指摘されている²⁹⁻³²⁾。

すなわち、異常筋緊張の評価は筋を個別に評価するのではなく、緊張性反射活動を背景とした異常運動パターン（筋群によって構成される粗大運動パターン）や、片麻痺の体幹（背部過緊張／腹部低緊張）のように中枢性の麻痺によってではなく、正常姿勢調節機構の過剰代償適応の結果として生じる正常緊張域の高緊張／低緊張も含まれることに対する認識がないと、筋緊張障害に対する誤った評価をする危険性がある。

4 筋緊張の評価と課題

筋緊張の障害は、疾患固有の性質を示す「振れ」(flapability)、「伸び」(extensibility)、「固さ」(consistency)の程度指標により個々の筋単位で評価される。

以下の検査方法³³⁻³⁷⁾などが定量的な筋緊張の検査方法として臨床において用いられている。

- Ashworthスケールとその変法 (MAS)
- 振り子テスト (懸振性検査)
- 伸展性検査
- 頭部落下検査 (硬直時)
- 筋硬度計 (軟部組織硬度計)

しかし、安静時 (静止時筋緊張) や動作時 (動的筋緊張) における視診、触診による筋の弾性感や硬度の判定や、他動運動を行った際の運動抵抗感 (被動性検査)、筋の伸展性や形態上の変化などの操作によって得られる情報が、対象者の本来的な障害構造に則った理学療法の治療指針として有効に用いられる対象であるかどうかは明確にされていない。

普及しているアシュワース・スケール (ア

シュワース・スケール変法：MAS) も上位運動ニューロンの障害を持つ患者のすべての関節における運動の範囲や速度などにおいて同一基準を用いて判定することに課題があるし³⁸⁾、その徒手操作に依存する抵抗感の基準自体の普遍性や再現性に対する問題も指摘されている³⁹⁾。

また、これらの検査の多くは個々の筋単位で評価されるため、筋緊張本来の神経支配、運動単位などで構成される共同筋群の運動パターンでの評価とはならない。また当然のことながら単一筋内の運動単位ごとの筋緊張も評価できない。更に触診による検査においても、触診判別が容易な表層筋だけの検査に留まり、評価困難な複数筋の集合体である脊柱起立筋をはじめ、梨状筋などの骨盤深部外旋筋や肩関節回旋筋などは、筋緊張としては姿勢や動作に大きな役割と担うのにも関わらず、筋単体でさえ評価できないことになる。

5 筋緊張障害に対する理学療法評価と治療の再考

5.1 筋緊張理解に基づく理学療法の現状

Bernsteinは、当時の生理学者の言葉を引用して、筋緊張を「緊張性収縮」や「背景収縮」と呼び、平滑筋に似た横紋筋のこの機能方式に「筋の緊張（トーン）」という表現を使って、運動のための基本的な下準備的役割を充てた⁴⁰⁾。この筋緊張の役割は、横紋筋の弱点である、乱暴に収縮し、収縮の持続時間がきわめて短く、収縮の強さを制御することができないという神経筋機構の興奮-収縮連関特有の滑らかさの乏しいFlip-FlopやON-OFF制御などの階段状の変化を解決するためにあるとしている機能的解釈は的を射ている。

この機能を持った筋緊張の障害を、中枢神経系の姿勢運動調節機能障害のひとつとして表れた姿勢運動機能障害の表象化と捉えるならば、

治療の対象は個々の筋緊張自体の異常状態ではなく、その異常な筋緊張状態（自由度の低い運動パターン、病的に高い/低い緊張状態）を起こさせている中枢神経系の姿勢運動調節機能障害自体であることが理解できる。

この筋緊張の障害特性に対する理学療法のあり方として大橋は、他動的でなく本人自身の中枢神経系が運動指令の出し方を変えなければならないとし、痙縮を含め筋緊張の異常な状態はひとつの筋に現れるのではなく、姿勢・運動の中で筋群の組み合わせとして現れてくること、運動を制御することは一つの筋に指令を与えるのではなく、目的運動のための直接的な筋群の組み合わせから、構え、全身の姿勢を随意的、自動的に作らねばならないと述べている⁴¹⁾。同様にScherzerも、中枢神経系損傷によって起こるのは、筋肉の麻痺ではなく、運動の喪失であるということである。さらに、新しい運動の巧緻性が学習されるのは、運動パターンの学習によってであり、個々の筋を活性化し、モザイク状に寄せ集めて学習されるものではないと述べている⁴²⁾。

これらの筋緊張/姿勢筋緊張障害の理解に基づいた理学療法手段にはdefact global standardとして、ボバース概念に基づく姿勢緊張調整パターン（TIPs: tone influencing patterns）⁴³⁻⁴⁵⁾やKlein-Vogelbachの提唱するFunctional Kineticsに基づくcounter weight / activity / movement) など⁴⁶⁻⁴⁸⁾が、概念としては広く普及しているが、特に中枢神経系障害患者の実際の臨床現場においては、未だ異常筋緊張を筋自体や表層筋単体の現象として捉えたり、徴候としての高/低筋緊張自体の改善策のみに迷走している感があることを否めない。

5.2 筋緊張障害に対する現象学的治療効果

筋緊張障害に対する理学療法では、結果的に筋緊張状態自体の改善策は求められはするが、

理学療法が求められる治療成果は本来、対象者の主観的な「動きの努力性」の軽減にある。すなわち病理学的状態の筋自体が示す物質的な粘弾性抵抗の高さや過剰緊張状態を改善できたとしても、対象である主体者の「動かしやすくなった」「動きが軽くなった」などの運動感覚の主観的変化が伴わなければ治療効果ではないと言える^{49, 50)}。

運動感覚障害である深部感覚障害に対する検査対象は、理学療法士養成教育に用いられるテキストには、主として「運動覚 (sense of movement)」と「位置覚 (position sense)」が記載されているが、その他の運動感覚として「筋の力の感覚 (sense of muscular force)」、 「努力感 (sense of effort)」、 「重さの感覚 (sense of heaviness)」⁵¹⁾ なども含まれることについては、理学療法士養成教育機関でも臨床においても強調されていない感がある。特に努力感 (sense of effort) は筋神経系にたいする意志の支配や命令の感覚であるが、今日の神経生理学でも、努力の感覚はその存在が認められていないようである⁵¹⁾。

理学療法の評価時においても、これらの運動感覚の障害のうちの位置覚と運動覚の障害のみしか評価していないことが多い。その理由に、筋の力の感覚や努力感、重さの感覚についての障害度測定が患者自身の主観に依存しており、客観的に定量化しにくいというのがその理由だと思われる。しかし岩村は、Mach (1886) が自ら脳卒中になり運動麻痺が起こると努力感が増したことの体験を紹介し、運動麻痺による運動障害の本質的特性を主観的な症状である努力感によって記述することの意義を主張している⁵²⁾。

これらの種々の運動の主観的感覚のことを Bastias は “kinesthesia”、Sherrington は “proprioception” (固有感覚、自己受容感覚) と呼んだ。しかし筋緊張調節機構の基である筋

紡錘の活動が意識にのぼるか否かは未だ明確にされていない⁵¹⁾。

筋緊張が姿勢や関節運動の動きを調節し、その状況を感じとして中枢に刻々とフィードバックしているのなら、低筋緊張であれば「運動感覚」(運動の感じ) が感じられにくく、逆に高筋緊張であれば感じやすくなるはずであるが、実際には筋緊張の高低と動きの感じやすさは必ずしも比例しない。

以上のことから直接筋緊張状態の高低に対して理学療法を施術することによって得られる患者側にとっての効果判定は、単なる物理的な筋の硬度や粘弾性に対する変化よりも、結果として得られる運動の努力感の軽減や「軽く動ける」といった主観的效果に基づいていることを理学療法上の第一義的な効果基準に置くべきではなかろうか。

治療効果の根拠として客観的に数値化できる Evidence Based Physical Therapy が求められる現在の理学療法界において、筋緊張を治療対象とした際に求められる成果は、数値化できる筋硬度や神経筋活動、普遍性・再現性の不確実な触診・視診による改善度だけではなく、対象者の主観に依存した sense of effort や sense of heaviness の改善結果、「腕が軽くなった」「楽に動けるようになった」「立つことが怖くなくなった」などの動作の意味論的視点にも求められるべきであると考えられる。

「重さのない」と日常は感じている身体 (身体知)⁵³⁾ が、障害を持ったために「重くて扱にくい物体」へと変貌した身体を持たれた対象者への、運動指導を専門職とする理学療法士にとって、筋緊張障害に対する理学療法は、現象学的領域での身体知の持ち主である主体に対する主観的治療効果への回帰が求められていると考える。

6 結語

- (1) 筋緊張障害の評価は本来、神経病理学的評価であって、筋組織病理学的評価ではないと考える。
- (2) 筋緊張の異常は、姿勢・運動調節機構によって実現されるべき運動協調性が障害された結果の徴候であり、運動パフォーマンスの改善に伴って高/低筋緊張も改善するか否かを評価の対象として扱うことが重要であり、それ自体を主たる理学療法の治療対象とするのではないと考える。
- (3) 筋緊張障害を評価する者は、筋緊張という窓を通じて、中枢神経系の姿勢・運動調節機構の多様性を覗き見ている⁵⁴⁾。
- (4) 筋緊張障害に対する理学療法の効果は、基本的には対象者の主観による現象学的領域での「私の身体の動きやすさ」の改善によって判定されるべき⁵⁵⁻⁵⁷⁾ のものであると考える。

参考文献

- 1) 奈良勲編 “図解理学療法 検査・測定ガイド” 文光堂, 東京, 2006, p.296-297.
- 2) 西澤正豊 “考える理学療法 評価から治療手技の選択 [中枢神経疾患編]”, 文光堂, 2004, p.28.
- 3) 松澤正 “理学療法評価法 改訂第3版”, 金原出版, 1997, 東京, p.149.
- 4) Shaltenbrand G MUSCLE TONE IN MAN. Archives of Surgery, 1929 ; 18 : 1874-1885.
- 5) Bernstein NA, “On Dexterity and Its Development” (Latash ML, Turvey MT, editor), Lawrence Erlbaum Assoc Inc, Mahwah, 1996. [工藤和俊訳, 佐々木正人監訳 “デクステリティ 巧みさとその発達”, 金子書房, 2003, 東京, p.132-136.]
- 6) Ingram TTS MUSCLE TONE AND POSTURE IN INFANCY. Development of Child Life and Health. Univ. of Edinburgh, 1959 ; 1(5) : 6-15.
- 7) Weisz S STUDIES IN EQUILIBRIUM REACTION. J.Nerouvous and Mental Diease. 1938 ; 88 : 150-162.
- 8) 水野一乗; 安達栄治郎; 中里浩一 他 “腱のマトリクス生物学 構造, 機能, およびその変化”, 体育の科学 2000, 50 : 2, 165-173.
- 9) Bernstein NA, “On Dexterity and Its Development” (Latash ML, Turvey MT, editor), Lawrence Erlbaum Assoc Inc, Mahwah, 1996. [工藤和俊訳, 佐々木正人監訳 “デクステリティ 巧みさとその発達” 金子書房, 2003, 東京, p.39-43.]
- 10) 多賀巖太郎 生得性のダイナミクスと発達過程における変化. 物性研究 1998, 71(2) : 178-180.
- 11) Prechtl HFR General movement assessment as a method of developmental neurology : new paradigms and their consequences. Developmental Medicine and Child Neurology 2001 ; 43 : 836-842.
- 12) 多賀巖太郎 身体性の発達のダイナミクス. 物性研究 1997, 68(5) : 522-529.
- 13) Ohata K, Tsuboyama T, Haruta T, et al. : Relation between muscle thickness, spasticity, and activity limitations in children and adolescents with cerebral palsy. Developmental Medicine & Child Neurology, 2008 ; 50 : 152-156.
- 14) 大畑光司 脳性麻痺児に対する理学療法技術の再考. 理学療法学 2010, 37(4) : 326-329.
- 15) Nashner LM Adapting reflexes controlling human posture. Exp Brain Res. 1976 ; 26 : 59-72.
- 16) Eldred E, Granit R, Merton PA SUPRASPINAL CONTROL OF THE MUSCLE SPINDLES

- AND ITS SIGNIFICANCE. *J.Physiol.* 1953 ; 122 : 498-523.
- 17) Eccles RM, Lundberg A SUPRASPINAL CONTROL OF INTERNEURONES MEDIATING SPINAL REFLEXES. *J.physiol.* 1959 ; 147 : 565-584.
- 18) 道免和久 “運動制御”, 現代リハビリテーション医学, 金原出版, 東京, 2004, p.41-46.
- 19) Brooks VB THE NEURAL BASIS OF MOTOR CONTROL. Oxford Univ.Press, New York, 1986 ; p.1-17.
- 20) Nagasaki H, Aoki F, Nakamura R Premotor and motor reaction time as a function of force output. *Perceptual and Motor Skills* 1983 ; 57 : 859-867.
- 21) Shumway-Cook A, Woollacott MH (Author) “Motor Control”, Williams & Wilkins, Baltimore, 1995 ; p.3-21.
- 22) 塚原進 “運動の解析 人の動作におけるフィードバックとフィードフォワード”, 生体の運動機構とその制御 (真島英信, 他編), 杏林書院, 東京, 1974 ; p.231-251.
- 23) Everts EV Relation of Pyramidal Tract Activity to Force Exerted During Voluntary Movement. *J.Neurophysiol.* 1968 ; 31 : 14-27.
- 24) Kakei S, Hoffmand DS, Strickc PL Sensorimotor transformations in cortical motor areas. *Neuroscience Research.* 2003 ; 46 : 1-10.
- 25) Georgopoulos AP The motor cortex and the coding of force. *Science*, 1992 ; 256(19) : 1695-1962.
- 26) 吉尾雅春 “筋の緊張もとは神経の興奮”, 理学療法のとらえかたClinical Reasoning (奈良勲編) 文光堂, 東京, 2001, p.169-176.
- 27) 西澤正豊 “考える理学療法 評価から治療手技の選択 [中枢神経疾患編]” 丸山仁司他編) 文光堂, 2004, p.28.
- 28) 吉元洋一 “課題別・理学療法技術ガイド” (嶋田智明編) 文光堂, 2008, p.22-23.
- 29) 富田昌夫, 佐藤房郎, 宇野潤他 片麻痺の体幹機能. *PTジャーナル* 1991, 25(2) : 88-91.
- 30) 大橋知行 成人中枢疾患とファシリテーション-ボバース概念を中心に. *PTジャーナル* 2002, 36(8) : 572-578.
- 31) 藤原俊之, 岡島康友, 木村彰男 体幹機能障害. *総合リハ* 2001, 29(12) : 1089-1094.
- 32) 岸本眞 成人片麻痺の体幹の問題と治療. *理学療法* 1986, 3(3) : 195-201
- 33) 平岡浩一 “筋トームス” 図解理学療法 検査・測定ガイド第2版 (奈良勲, 他編) 文光堂, 東京, 2009, p.301-315.
- 34) 中澤住夫 “姿勢筋緊張” 図解理学療法 検査・測定ガイド第2版 (奈良勲, 他編) 文光堂, 東京, 2009, p.308-315.
- 35) 塩田琴美 “筋緊張検査” 理学療法学 ゴールドマスターテキスト1 理学療法評価学 (柳沢健編), *MEDICAL VIEW*, 東京, 2010, p.132-139.
- 36) 鈴木俊明 筋緊張の評価と治療. *理学療法学* 2006, 30(4) : 180-186.
- 37) 高梨晃 2種類の軟部組織硬度計における再現性, 信頼性の検討, *理学療法科学* 2008, 23(2) : 297-300.
- 38) 鈴木俊明, 才藤栄一, 谷万喜子他 脳血管障害片麻痺患者の痙縮の病態生理とその評価, *ボバースジャーナル* 2003 ; 26(1) : 61-64.
- 39) Damiano DL, Quinlivan JM, Owen BF, et al. : What does the Ashworth scale really measure and are instrumented measures more valid and precise? *Developmental Medicine & Child Neurology* 2002 ; 44 : 112-118.
- 40) Bernstein NA, “On Dexterity and Its Development” (Latash ML, Turvey MT, editor), Lawrence Erlbaum Assoc Inc, Mahwah, 1996. [工藤和俊訳, 佐々木正人監訳 “デクステリティ 巧みさとその発達” 金子書房, 2003, 東京, p.135-136.]

- 42) Scherzer AL, Tscharnuter I EarlyDiagnosis and Therapy in Cerebral Palcy. Marcel Dekker, Inc., New York, 1982, [今川忠男訳 “脳性まひ児の早期治療”, 医学書院, 東京, 1988, p.157-158.]
- 43) 紀伊克昌 ボバース概念治療の変遷. 理学療法学 2005, 32(8) : 500-503.
- 44) 鈴木恒彦 脳損傷による姿勢・運動制御機構の破綻と収束 脳性麻痺と成人片麻痺(脳卒中)から学ぶ. ボバースジャーナル 2009, 32(2) : 113-140.
- 45) Graham JV, Eustace C, Brock K, et al. : The Bobath Concept in Contemporary Clinical Practice, Top Stroke Rehabil, 2009, 16(1) : 57-68.
- 46) Klein-Vogelbach S, Mohr G, Spirgi-Gantert I FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics : Die Grundlagen. Springer Medizin, Verlag Heideberg, 2007. [野澤絵奈訳 “クラインフォーゲルバッハのリハビリテーション 機能的運動療法 基礎編”, シュプリンガー・ジャパン, 東京, 2009]
- 47) 富田昌夫 クラインフォーゲルバッハの運動学. 理学療法学 1994, 21(8) : 571-575.
- 48) 富田昌夫 脳卒中患者に対する急性期理学療法の可能性. 理学療法学 2006, 33(8) : 423-428.
- 49) 吉尾雅春他(司会), 曾根政富他(講師) 中枢神経障害理学療法 of 理論的構築—理学療法学の近未来に向けて—, 理学療法学 2005, 32(1) : 11-14.
- 50) Scholz JP, Kubo M Implications of research on motor redundancy for rehabilitation of neurological patients. 理学療法学 2008, 35(8) : 357-365.
- 51) 岩村吉晃 “タッチ 神経心理学コレクション” 医学書院, 東京, 2001, p.32-41.
- 52) 長崎浩 “からだの自由と不自由 身体運動学の展望” 中公新書, 東京, 1997, p.19-35.
- 53) 金子明友 “身体知の形成(下)” 明和出版, 東京, 2005.
- 54) ボバース法講習会 講義資料, 1977.
- 55) 岸本眞 運動障害者の運動発生に対する指導実践の立場から. 第23回日本スポーツ運動学会大会 シンポジウム講演, 2010.
- 56) 岸本眞 運動失調を呈する障害児に対する発生運動学的立場からの運動指導の試み. 第21回日本スポーツ運動学会大会 発表演題, 2008.
- 57) 岸本眞 障害児の動感指導における発生論的分析, 大阪教育大学大学院 修士論文, 2007.