

## 障害の順応の方法としての代償 — 様々な疾患に対する治療概念としての代償学 —

吉村洋輔<sup>\*1</sup> 伊勢真樹<sup>\*2</sup>

### 要 約

代償運動については現在までに、様々な報告がなされている。しかしそれらの定義は曖昧であり、複雑なものが多い。そこで我々は、代償運動を力源別に定義・分類し、下肢切断、デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症、筋萎縮性側索硬化症、片麻痺、脳性麻痺、頸髄損傷、胸腰髄損傷における代償運動とそのメカニズムを諸家の報告からまとめた。障害により機能の回復が絶たれた場合、その順応の過程で動作、機器、環境による代償を行うことが重要である。障害への順応を行う創造的な手段を機能的で効率的に獲得させるための治療学として重要な代償学 (compensatology) について概説した。

### はじめに

身体的に何らかの障害を有する者へのリハビリテーションでは障害の機能回復も大切であり、中でも残存機能 (residual function) の開発が重要となってくる。回復の見込みが困難と予想される障害者に失われた機能にばかりに目を向けさせるのではなく、残存機能を最大限に発揮させて可能な限り人間として独立性を獲得し障害と共生させることこそ真のリハビリテーションの目的といえる。その上で残存機能の拡充には、代償運動 (Compensatory movement) の獲得が日常生活動作 (activities of daily living: ADL) 能力の向上に重要である。

「代償 (compensation)」という言葉には、「他のものを利用、転用して欠けていることを補う」という意味があり<sup>1)</sup>、機能の代償といえば消極的なイメージを伴う。しかし、リハビリテーション医学や理学療法学、作業療法学は対象者が身体的、心理的かつ社会的にも変更を余儀なくされた状況の中で「最適な順応 (adaptation)」を行う過程を積極的に支援するものである。したがって代償とは残された機能により可能な限り正常な機能に近づくための代替のものではなく、「新しい状況の中で積極的に活用し“最適な順応”を行うための創造的な機能」といえる<sup>2)</sup> (図1)。つまり代償をこれまでのように消極的なイ

メージで捉えるのではなく、環境や機器、装具も含めた手段により、障害前とはまったく違った機能を創造していくものと捉えることが重要である。

障害への順応としての代償を考えると、心理的順応、社会的順応、そして身体的順応がそれぞれ機能的にリンクされ障害への順応を進める過程が必要である<sup>2)</sup> (図2)。障害の受容、機器使用や環境変化の受容、再設定された生活目標の受容は心理的順応であり、生活環境整備、補装具など機器の獲得、生活・職業技術の獲得、地域の役割自覚と活動などは社会的順応である。この中で、生活環境整備をすることは環境による代償を得ることになる。同様に補装具など機器の獲得によって機器による代償を生活能力の向上に役立てることになる。身体的順応には健康の安定や残存機能の拡充、障害に適した運動技能の獲得が重要であり、これには残存機能による代償と代償運動による代償に分類することができる<sup>3)</sup>。

本稿では、代償について定義・分類し、諸家の報告から下肢切断、デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症、筋萎縮性側索硬化症、片麻痺、脳性麻痺、頸髄損傷、胸腰髄損傷における治療概念としての代償学についてまとめる。代償運動が積極的なものとなるよう定義し、その概念をまとめることが本論文の目的である。

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 リハビリテーション学専攻

\*2 川崎医療福祉大学 医療技術学部 リハビリテーション学科

(連絡先) 吉村洋輔 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: ptyo@go7.enjoy.ne.jp

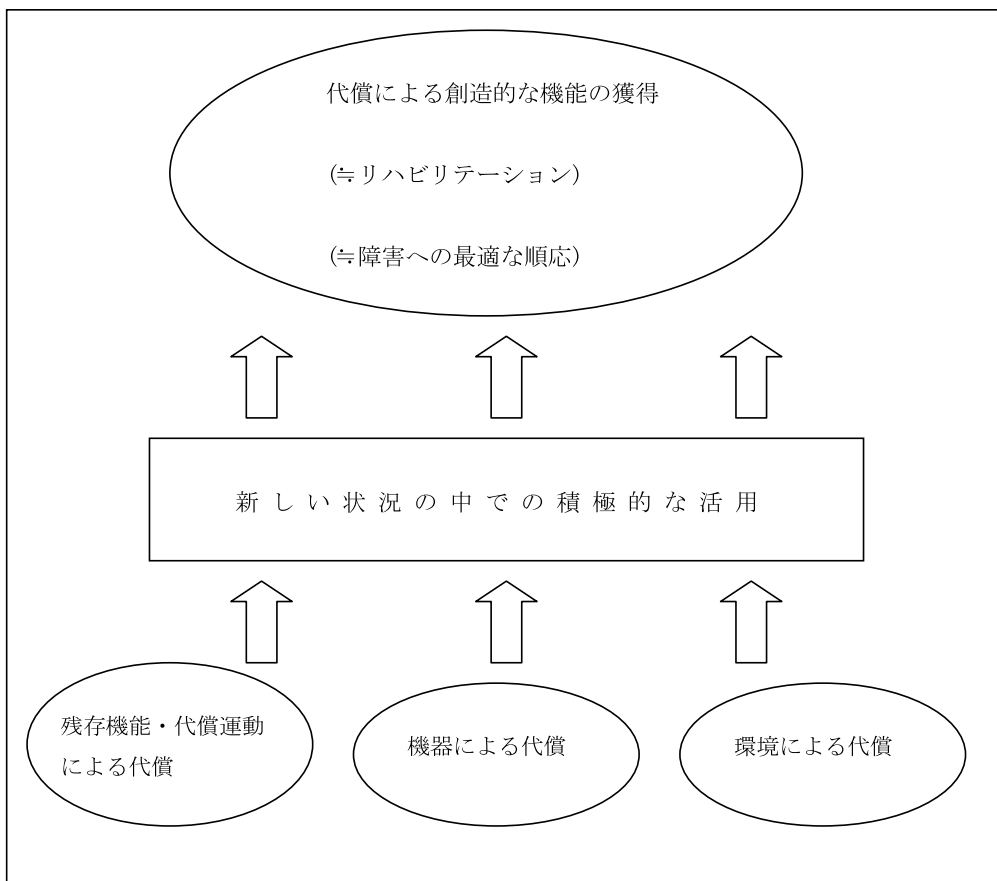


図1 代償による創造的な機能の獲得 (文献2より一部改変)

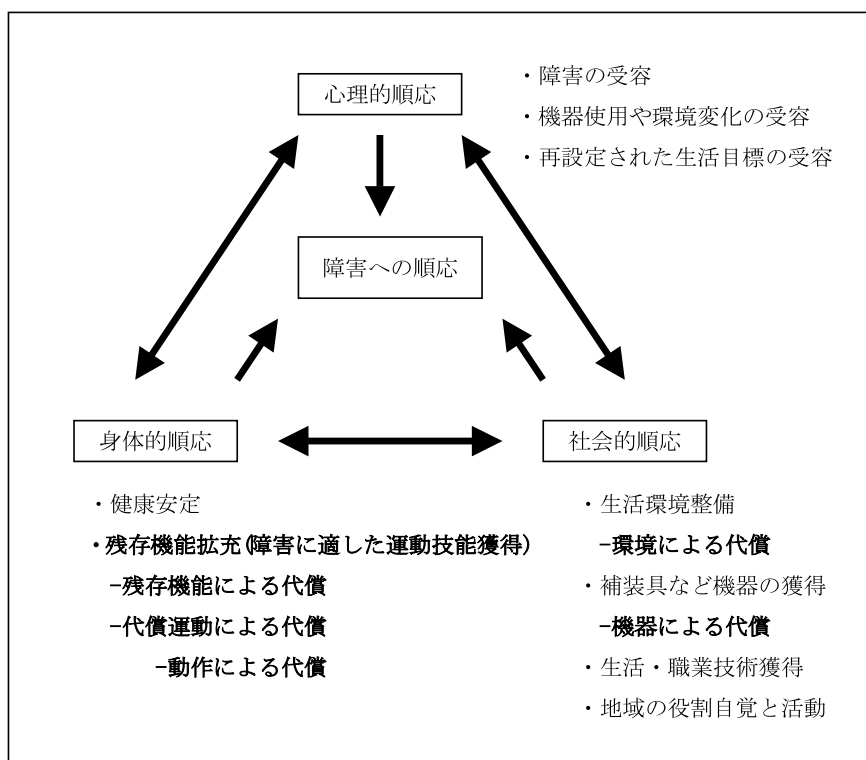


図2 障害への順応としての代償 (文献2より一部改変)

## 代償運動の定義

代償を考える時、その場面は運動 ( movement )、動作 ( motion )、行為 ( action ) に区分される。中村<sup>6)</sup>は、“運動は姿勢 ( 体位と構え ) が時間的に連続して変化したもので、身体軸と重力の関係 ( 体位 : position )、身体の動きの方向、身体の各部分の相対的な位置関係 ( 構え : attitude ) の変化として記述される。動作は、運動によって具体的に行われる仕事 ( work )、課題 ( task ) との関係で行動を分析するときの単位となる。行動 ( behavior ) を、それが示す社会文化的意味や意図との関連でとらえるときには、行為が単位となる”としている。つまり、運動は身体各部分の空間的位置の変化であり、運動によって達成された結果や運動の向けられた目標で定められるのが動作や行為であるとしているが、上田<sup>1)</sup>は代償運動を、通常、ある運動を行う筋が働かないときに、他の筋がそれに代わってほぼ同じ働きをすることと定義している。

Wynn-Parry<sup>4)</sup>は代償運動を大きく trick action と trick movement の二つのタイプに分けている。実際は麻痺があるのに一つの筋が働いていると検者を考えさせだますものと、はっきりした麻痺により消失した機能をよりよく代用しているものの二つである。Wynn-Parryは代償運動を二つに分類した後、生理学的にはこの二つの間に理論上の差異はないとしているが、代償運動を分類することは専門化しつつあるリハビリテーションや理学療法学の構築と実践に重要である。宮本<sup>5)</sup>は代償運動を代償運動 ( trick action ) と代償動作 ( substitution ) に分類している。代償運動とは、末梢神経麻痺などによってある筋が麻痺した場合に、他の筋が作用を代行する現象であり、代償動作とは、動作や行為における代行であるとしている。また、代償動作は運動形態が外見的に正常な場合 ( 外見的には使われている筋活動などの動作の力源の判別が困難で健常者の行う動作と差異を認めずに行われる場合 ) と異常な場合 ( 外見上からも健常者の行い方との違いを容易に判別できる場合 ) とがあるが、目的は達成される点に特徴があるとしている。竹内<sup>2)</sup>は、代償運動とは生体が運動機能の不全を代償しようとして本来のメカニズムとは異なった方法で行われる運動であるとし、四肢の屈伸などの要素としての運動だけでなく、寝返る、歩くなどの一連の動作の代償も代償運動としている。

つまり、代償運動とは、障害によりある運動の主動筋の回復が不能か困難な場合に、補助動筋・共同筋による力源と重力や筋・腱などの他の力源を活用

することにより行われる障害前とほぼ同じ目的を遂行したり、外見上障害前とほぼ同じに見える運動と定義でき得る。

## 代償運動の分類

Wynn-Parry<sup>4)</sup>は代償運動について、実際は麻痺があるのに一つの筋 ( 群 ) が働いていると検者を考えさせる運動を「trick action」、はっきりした麻痺により消失した機能をよりよく代用している運動を「trick movement」と定義した上で、その代償運動が起こる ( 代償できる ) 要因別に、①好都合な位置にある筋の直接の代償、②副次的停止、③腱の作用、④反発現象、⑤変則神経支配、⑥重力の六つのタイプに分類している。これは筋力評価時の代償運動として広く引用されており、代表的な代償運動を分類する上での概念として位置づけられている ( 表 1 )。

表 1 代償運動の種類 ( 文献27より )

- |                    |
|--------------------|
| ①好都合な位置にある筋肉の直接の代償 |
| ②副次的停止             |
| ③腱の作用              |
| ④反発現象              |
| ⑤変則神経支配            |
| ⑥重力                |

代償運動に関する前出の竹内<sup>2)</sup>、Wynn-Parry<sup>4)</sup>、宮本<sup>5)</sup>の報告を含む過去の報告から、著者は力源の視点から代償運動を分類することが重要であり、より臨床に即した分類法でもあると考える。つまり、代償運動は補助動筋・共同筋による力源で行われる補助運動 ( supplementary movements ) と、重力や筋・腱の張力などの他の力源にて行われるごまかし運動 ( trick movements ) とに分類することができる ( 表 2 )。さらにごまかし運動には、重力として、拮抗筋の作用で重力に抗する方向へ持ち上げられた後に起こる鉛直方向への動きがあり、筋・腱の張力として、腱固定効果や反跳運動がある。また肢位や体位の変化としての中枢側の動きがあり、中枢側の動きにより末梢側が鉛直へ留まるか移動する動きや末梢側が固定された場合に中枢側の動きに伴って生じる動きを力源とするものがある。例えば片麻痺患者が机上に置かれた物品に向かって手をリーチする場合、肘屈筋群の痙性による筋緊張がさほど高くない症例では、前腕の重みによって徐々に肘を伸展させていくことが見られるが、これは重力を利用した代償であり、また手関節掌屈で手指を伸展させ、手関節背屈で手指を屈曲することにより、つまみ動作

表2 力源で分けた代償運動に関する諸家の報告

力源	Highet W.G. 1942	Parry C.B.W. 1970	Seddon H. 1972	Sunderland S. 1994	津山. 2001	吉村,伊勢. 2006
筋収縮	Supplemtnary movements	Direct Subsitution  神経支配の破格 副付着依存	Supplementary movements 神経支配, 筋付着 の破格 (見誤りやすい 筋運動) 補助的作用	神経支配  筋付着の 破格 副付着依 存	代償動作  Supplementary movements 副付着依存	補助運動  Supplementary movements
重力 張力	True trick movements	腱作用  反跳運動 重力	Trick movements ごまかし運動	Trick action  腱作用 反跳運動	  腱作用 反跳運動	ごまかし運動  Trick movements

これまでの代償運動に関する諸家の報告はその定義・分類が明確ではないが、上表ではそれらを力源で分類している。なお、表中の用語で日本語への変換が困難なものに関しては、英語のままとした。

を遂行する場合などは腱の作用に当たるといえる。また、肘屈筋が麻痺した症例では、前腕部を机上に置き、体幹のしゃがみこみ動作により、肘屈曲を行う場面が見られるが、これは末梢側が固定された場合に中枢側の動きに伴って生じる動きである。

#### 代償運動の実際

様々な疾病が原因で障害を持つ人では、その残存機能は単に健全な機能が残された部位としてではなく、それらを拡充し失った機能を代償することが求められる。実際に ADL 動作を遂行する際によく代償運動が観察される。下肢切断跛行、デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症、筋萎縮性側索硬化症、片麻痺、脳性麻痺、頸髄損傷、胸腰髄損傷における代償運動を補助運動とごまかし運動に分ける方法にしたがって、以下に各疾患の「代償運動」を説明する。

##### 1. 下肢切断における代償運動

下腿切断者が義足歩行を行う時、立脚期には義足へ十分な荷重を行うために義足側への体幹の側屈が見られることがあるが<sup>7-9)</sup>、これは重力によるごまかし運動であり、大腿切断よりは少ない<sup>10)</sup>。大腿四頭筋の筋力低下がある場合は反張膝、腰椎の前弯をみることがあるが、これらは重心を膝軸より前方に置いて膝折れを防ぐごまかし運動である。遊脚期には義足のトウクリアランスを円滑に行うため股外転、過度の膝屈曲、過度の股屈曲を認めることがある(図3)。これらのごまかし運動が見られる場合には、トウクリアランスに配慮が必要な場合がある。

大腿切断では、異常歩行は下腿切断より頻度が多

くなる。立脚期には義足膝継手の安定化のため腰椎の前弯を認める。股関節の屈曲拘縮がある場合には顕著になる。遊脚期にはトウクリアランスのため外転歩行、ぶん回し歩行、健側の伸び上がり、過度の股関節屈曲などのごまかし運動がみられる。義足の膝関節の動きをコントロールする歩行訓練が不十分な例でよくみられる。そのため歩行訓練では、まず膝関節の制御訓練を行い、場合によっては上記の代償運動を用いることも必要となる。

##### 2. デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症における代償運動

デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症の立位時に見られる腰椎前弯と尖足は、膝伸展筋力の低下を補う補助運動とごまかし運動による代償機構と言われている<sup>13)</sup>。つまり、膝伸展筋力低下のため膝を屈曲位で保持することが不能であるため、膝を伸展位で保持し安定化をはかると同時に、体幹を前傾して重心を前方に移動することで代償し、尖足・腰椎前弯によりバランスを向上させている。この際に比較的好く残存する足底屈筋は、補助運動の力源であり、尖足の保持、体重の支持、さらに歩行時の前進駆動力として重要な役割を果たす。また、膝伸展筋力低下を膝の過伸展位(ロッキング)で、代償する場面も観察される。

歩行の特徴は、尖足、広い支持基底面、膝関節の伸展位保持、腰椎前弯、左右への大きな重心移動、上半身の捻転による遊脚肢の前方への振り出し、立脚期の延長と遊脚期の短縮、振り子様の上肢の振りである<sup>13)</sup>。遊脚肢の振り出し・接地に際し、股関節

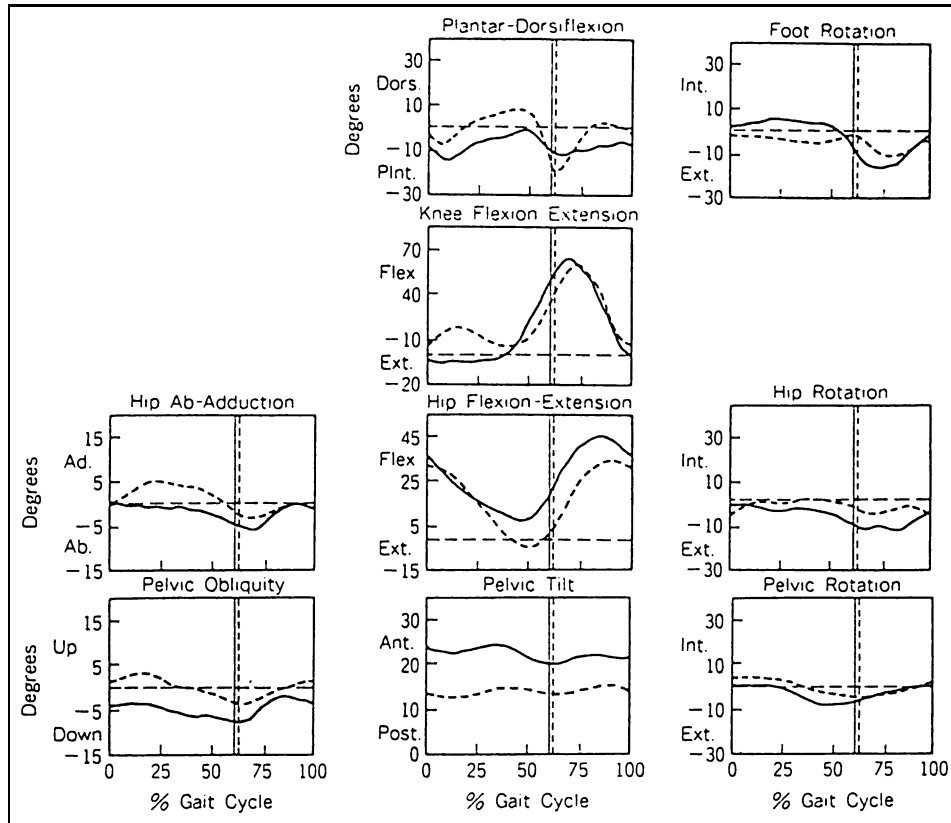


図3 下腿切断者 (SACH 足) の歩行時の関節角度変化 (文献10より)  
 実線: 切断者, 破線: 健常者

が内旋傾向を示すが、これは筋力が比較的残存する腸腰筋により股関節を内旋位に保ち、上半身を支持しようとする代償と言われ<sup>15)</sup>、これは補助動筋・共同筋による補助運動である。

動作筋電気図学的には、①大腿四頭筋と大殿筋の弱い持続的収縮が認められる (各々の筋力低下とその代償機転)、②立脚期に下腿三頭筋の筋活動が増加する (股関節伸筋群弱化的代償、前方への推進力)、③著名な腹直筋や傍脊柱起立筋の活動を認める (腰帯筋筋力低下の代償、体幹の捻転による前方への推進力) などの特徴がみられる。

以上は、デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症の特異な筋動力学的機構の破綻を補い、筋力が残存した? 幹筋、股・膝屈曲筋、足底屈筋を巧みに活用した補助運動やごまかし運動による代償機構といえる。立位・歩行用の装具は、このような病態メカニクスの考察から、膝伸展筋力の補助とアライメントの保持を念頭に用いられる。

### 3. 筋萎縮性側索硬化症における代償運動

筋萎縮性側索硬化症 (amyotrophic lateral sclerosis: ALS) は成人で発病し、急速な転帰をとる場合が多い。運動系だけが選択的に侵され、深部腱反射の亢進や四肢とりわけ両下肢の痙縮・痙性歩行に

始まる上位ニューロン型の例、四肢の筋萎縮・筋力低下が主たる症状である下位ニューロン型の例、それに舌の萎縮・麻痺性構音障害・嚥下障害に始まる球麻痺型の例などに分けられるが、多くは急速に進行し、上記の様々な症状がでそろう。リハビリテーションを行う上では、補助運動やごまかし運動を用いて障害に対応した代償的なアプローチを行っていくことが最善の方法である<sup>19,20)</sup>。

上肢の進行性の筋力低下で発症する例では、しばしば一側性に手内筋の筋萎縮や筋力低下をみる。上位運動ニューロン障害優位の例では拇指と他指との対立が失われても指屈筋の痙縮を利用して、補助運動として弱いながら側方つまみ lateral prehension が可能な場合がある<sup>21)</sup>。やがて近位筋の筋萎縮・筋力低下も進み、肩の挙上・上肢の屈曲外転が困難となる。遠位部の残存機能を日常生活活動に有効に使用するために上肢の支持装具であるBFO (MAS) やスプリングバランサーなどを患者に適合させ、食事動作の自立性を高める。

失われたり、困難な機能を補助運動やごまかし運動のようにそれに代わる機能で代償することを機能的代償というが、この視点からみると肘伸展に際し肩関節外転・外旋で幾分か代償したり、前腕回外に

回外筋だけでなく上腕二頭筋も補助運動として使っていることはよくみられる<sup>23)</sup>。立ち上がり動作や歩行動作については，両上肢の力でテーブルに手をつき，膝をロックさせて立ち上がり，テーブルや壁に両手をついて腰椎を前弯させ，骨盤を引き上げながら下肢を振り出してごまかし運動を用いることで，辛うじて歩行する動作が観察される。骨盤を外側に傾斜，引き上げること (lateral tilt) によって，振り出し側の骨盤寛骨臼を外側回旋させる代償運動を用いてわずかな筋力で下肢を振り出している。歩行動作時に振り出しに困難が認められる場合には，これらの代償運動も念頭に訓練プログラムをすすめるべきである。

#### 4. 片麻痺患者における代償運動

片麻痺患者が動作を遂行するためには，運動麻痺に伴う筋力低下や筋緊張異常，内受容器からのフィードバックの減少といった条件のもとで，様々な補助運動やごまかし運動を用いる。非麻痺側は，麻痺側の運動性の低下を補い，あるいは麻痺側に代わって動作を行う。例えば，上肢に重度な機能障害を有する片麻痺患者の場合，ほとんどすべての上肢動作が，非麻痺側上肢によって代償的に行われる<sup>25)</sup>。また，麻痺側と非麻痺側がそれぞれ別の速度で運動すれば，体幹はねじれ，姿勢を保持することが困難となる。そのような状況下でも，目的とする動作を安定した姿勢で達成するために，中枢神経系は常に麻痺側の運動速度に合わせて非麻痺側の運動速度を調節するなど，その動作遂行のために必要な運動を適応している<sup>26)</sup>。

しかし，麻痺の回復過程において，共同運動のなかだけで動作を行う習慣がつくと，特に両者の接合部である体幹に，不必要な代償運動を用いた異常運動パターンが完成し，その動作におけるエネルギー効率は低下する。また，重力に抗して動こうとしたとき，体幹の選択的活動によってなされる近位部の固定が不十分であることを代償しようとして，遠位部の痙性は増強することが多い。

脳卒中片麻痺患者が運動コントロールを再学習していく過程では，誤った運動パターンに対して，不必要な筋活動を取り除いていくことが重要である<sup>27)</sup> (表3)。ある動作を遂行することが可能であっても，それを努力して行っている場合には，修正を必要とする場合が多い。片麻痺患者のリハビリテーションは，麻痺側の分離した運動を促通し，その回復の程度に応じて中枢神経系がその動作に対して行う順応の最適化を促し，再構築していくことになる。つまり，片麻痺患者がある動作を再構築する際，麻痺側の回復の程度に応じて使えるものは使う，使えない

ものは使えるもので代償するというように，その状況に順応する過程があり，その順応過程を回復の程度や環境に応じて最適なものにするための機構が中枢神経系の働きによって行われている。

表3 脳卒中片麻痺患者の運動学習に必要なプロセス (文献27より)

- |                |
|----------------|
| ① 不必要な筋活動の除去   |
| ② フィードバック      |
| ③ 練習           |
| ④ 姿勢調節と運動の相互関係 |

脳卒中片麻痺患者が運動コントロールを再学習していく過程では，誤った運動パターンに対して，不必要な筋活動を取り除いていくことが重要である。そのために必要なプロセスとして，① 不必要な筋活動の除去，② フィードバック，③ 練習，④ 姿勢調節と運動の相互関係が重要である。

Diener<sup>28)</sup> は，皮質あるいは内包に病巣をもつ慢性期の片麻痺患者のつま先立ち動作における姿勢調節を運動学的に解析し，健常者と比較することによって，非麻痺側下肢の機能について考察している。健常者がつま先立ちをする際には，主動筋となる下腿三頭筋が活動する前に，その作用効率をよくするために，前脛骨筋が予備的に活動し，身体の重心 (center of mass; COM) を前方へ移動させる。さらに，膝関節，股関節を伸展位に保持するための筋活動が下腿三頭筋の筋活動に先行してみられる。健常者においては，この股関節部の前方移動と上方移動の開始時間との間には有意な相関が認められ，身体を前方へ傾ける速度に依存して動作が達成されることを示している。一方，片麻痺患者では，姿勢調節のための予備的筋活動が，麻痺側だけでなく非麻痺側においても障害され，股関節部の前方移動と上方移動の時間的關係は，麻痺側においてではなく，むしろ非麻痺側において失われていることを示した。これらの所見は，つま先立ちをするための運動が麻痺側によって規定され，非麻痺側が麻痺側の機能的な要求を補助運動やごまかし運動によって代償していることを示している (図4)。

麻痺側上肢の挙上する動作においては，肩甲上腕関節で外転，屈曲運動の不十分さを，肩甲帯の過度な挙上と体幹の側屈によって代償する。非麻痺側には，連合運動による肩甲帯挙上が認められる。麻痺側にて動作を行う場合には，非麻痺側の肩甲や上肢をある肢位に固定していることが多く，そのために両上肢動作は困難となる<sup>29)</sup>。

立ち上がり時には，それに必要な両下肢，体幹筋の対称的な筋収縮が得られず，非麻痺側下肢を中心

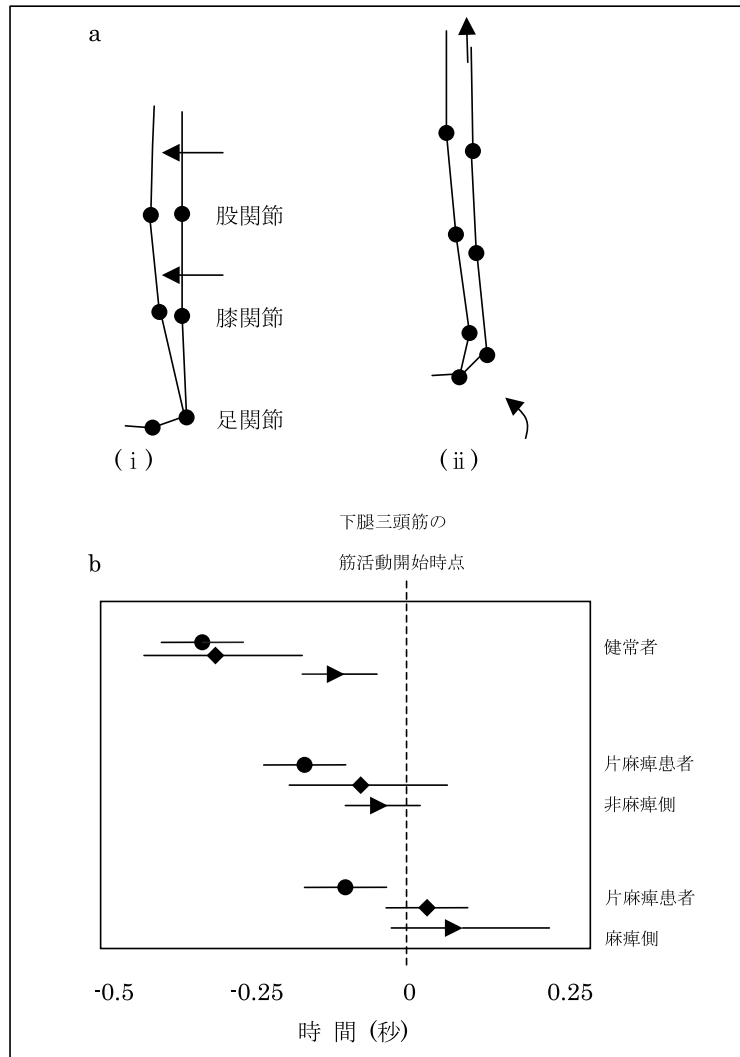


図4 つま先立ち動作における姿勢調節(文献28より)

a . 健常者のつま先立ち動作

i ) まず, 前脛骨筋の筋活動により身体を前方へ移動させる(股関節部の水平移動)

ii ) 下腿三頭筋の筋活動により身体が持ち上げられる(股関節部の垂直移動)

b . 下腿三頭筋の筋活動に対する予備的筋活動の相対的潜時

: 前脛骨筋, : 大腿四頭筋, : 大腿二頭筋

に体幹を回旋させたり, 非麻痺側上肢で肘台を押し上げて身体を押し上げるなどのごまかし運動を用いることがある。

歩行のような動的な場面においては, 麻痺側立脚期に麻痺側へ COM を移動させることはさらに困難となり, 非麻痺側下肢を素早く踏み出すことによって, 麻痺側下肢の支持性の低下を代償する。また, 非麻痺側肩甲帯の挙上, 肩関節外転あるいは肩甲帯の下制位での固定により, バランスをとる動作がみられる場合もある(図5)。麻痺側遊脚期については, 立脚期に股関節を十分に伸展できず, 慣性を利用して麻痺側下肢を振り出すことができないために, 支持脚側への骨盤の大きな外側移動, 必要以上の後傾, 体幹側屈などの代償を伴う。麻痺側下肢を振り

出す際の膝関節の屈曲角度の減少と尖足は, 伸び上がりやぶん回しの原因となる。

### 5 . 脳性麻痺における代償運動

上肢に痙性麻痺が存在すると, 特に屈筋群にトーヌスの亢進が出現してくる。前腕部では手指の屈筋群, 前腕の回内筋(主として円回内筋)にそれが著明に出現する。そのため前腕の回外制限が発生し, 回内外中間位以上に回外運動が困難となる。さらに回内筋のトーヌスが高く, また肘関節の屈筋群(主として上腕二頭筋)のトーヌスも高くなると, 橈骨頭が脱臼するまでに達する。このようになると, 回外運動はさらに制限されてくる。これらを代償するのは肩関節の外旋運動である。肩関節の外旋に寄与する筋群は, 棘下筋, 三角筋後部線維であり, 中枢

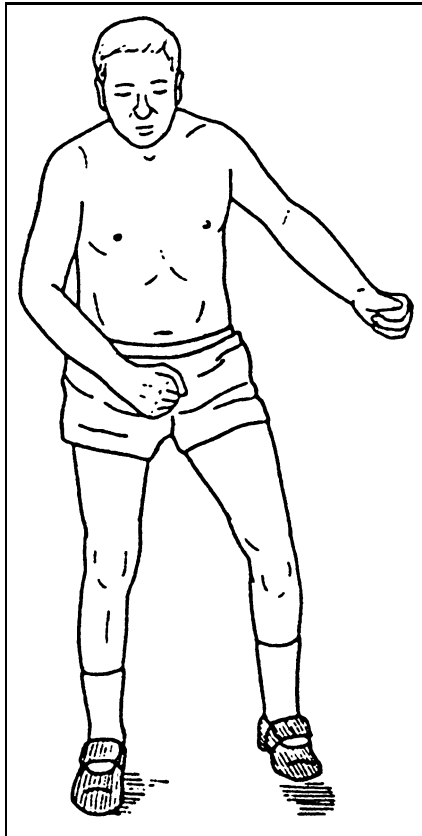


図5 右片麻痺患者の麻痺側立脚期（文献26より）

側の動きによって末梢側の移動を起こすごまかし運動である。

歩行時における遊脚側の骨盤挙上困難を Trendelenburg 歩行または上半身を左右に振って遊脚肢の挙上を図るなど、補助運動やごまかし運動によって股関節外転筋の作用不十分を代償している。中殿筋の活動が不十分な場合や内転筋群の痙縮が高度で立脚側の股関節外転運動、すなわち骨盤挙上が十分にできない場合に、遊脚側の骨盤の下降が出現する。これが Trendelenburg 現象である。

また、遊脚側骨盤を挙上させるために、中殿筋を使用せず、上半身を支持側に振って、遊脚側骨盤を挙上させることもある。そのため歩行時上半身は垂直位を維持することなく、左右に激しく振れ、動揺性歩行となる<sup>32)</sup>。

立位の平衡反応が不十分な場合の代償としては、健常者は後方傾斜時踵部、前方傾斜時趾先部で体重負荷しバランスをとる。

#### 6. 頸髄損傷における代償運動

関節運動は主動筋、補助動筋、拮抗筋、固定筋により成り立っている。したがって特定の主動筋筋力低下があっても、多くの場合補助動筋による補助運動で機能障害が代償される。しかし頸髄損傷においては、主動筋と補助動筋が同時に麻痺していること

が多く、代償運動は限定されている。それでも症例をよく観察すると、残存した筋力をうまく使い、動かないはずの関節運動を行っているのがわかる。

C5 損傷者が自助具で食事をするとき、肩を外転し重力作用で前腕回内をごまかし運動で行う。そして肘を屈曲し口へ到達させる。90° 回内のままでは適切に口に運べないので肩を軽度回転させ、それに伴うやはり重力作用で軽度回外することにより前腕30°程度回内位とし食事動作が可能となる<sup>34)</sup>。肩のごまかし運動で前腕の代償を行っているわけである<sup>4)</sup>。

C6 レベル損傷で両下肢完全麻痺においては移動、移乗に上肢によるプッシュアップ運動を日常的に用いている。頸髄損傷においても C7, C8, T1 レベルでは肘伸展力が強いのでプッシュアップは可能であるが、C6 レベルにおいては上腕三頭筋はゼロか弱いので補助運動やごまかし運動により肘伸展を行っている。すなわち床やマット上で肘を伸展した状態でロックしプッシュアップ運動を行うのである。肘ロックは、肩関節を外転、外旋し前腕回外位で手掌部を床面におき、逆の肩内転、内旋、前腕回内位の方向に力を入れることで行う(図6)。したがって大胸筋、肩甲周囲筋が重要である。この肘ロックの状態では僧帽筋や前鋸筋などで肩甲骨を上下に動かすとプッシュアップが可能となる。頸損用プッシュアップ台を用いると臀部を挙上できる。床の上でこのプッシュアップ動作を繰り返すことにより移動が可能となる。

#### 7. 胸腰髄損傷における代償運動

完全型の胸腰髄損傷の場合、いくつかの補助運動やごまかし運動による代償運動が認められる。

寝返り動作は胸腰髄損傷の場合、上肢を使って上半身の回転運動を利用する形で行うことになる<sup>37)</sup>(図7)。麻痺レベルが上位ほど上肢でベッド柵や敷き布団をつかむなどをして上半身の回転運動を大きく強く行うことが必要となる。

起坐動作は体幹筋や下肢筋が十分に働かないので、それに代わって上肢を使っての起坐動作となる。脊柱ならびに脊柱を構成する椎体では多くの靭帯が支持作用の補助を行っている<sup>38)</sup>。麻痺レベルが上位ほど体幹筋に代わってこれら靭帯の支持作用によるごまかし運動が重要な働きを行っている。坐位バランスは、靭帯の支持を利用して脊柱は後彎位をとり、坐面は骨盤後傾位で両坐骨と尾骨の3点支持で行うようになることが多いが、これもごまかし運動の一つである。

Push up では、麻痺している体幹筋に代わって、広背筋(時に僧帽筋も関与して)が体幹筋に影響を与えて、臀部の後ろ上方への引き上げを可能としている<sup>37)</sup>。



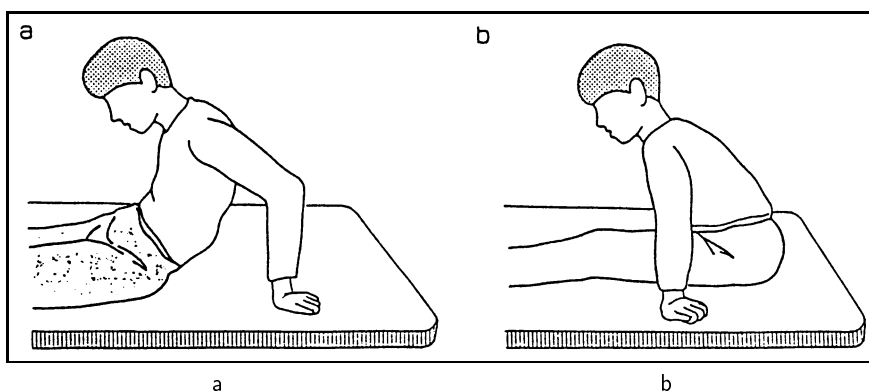


図6 肘ロック(文献34より)  
 aの状態から肩を屈曲させると、肘が伸展しbの状態となる。このとき肩は外転、外旋し、前腕は回外位となるが、肘ロックを保持するには肩の内転、内旋力にする前腕回内方向への力が必要である。

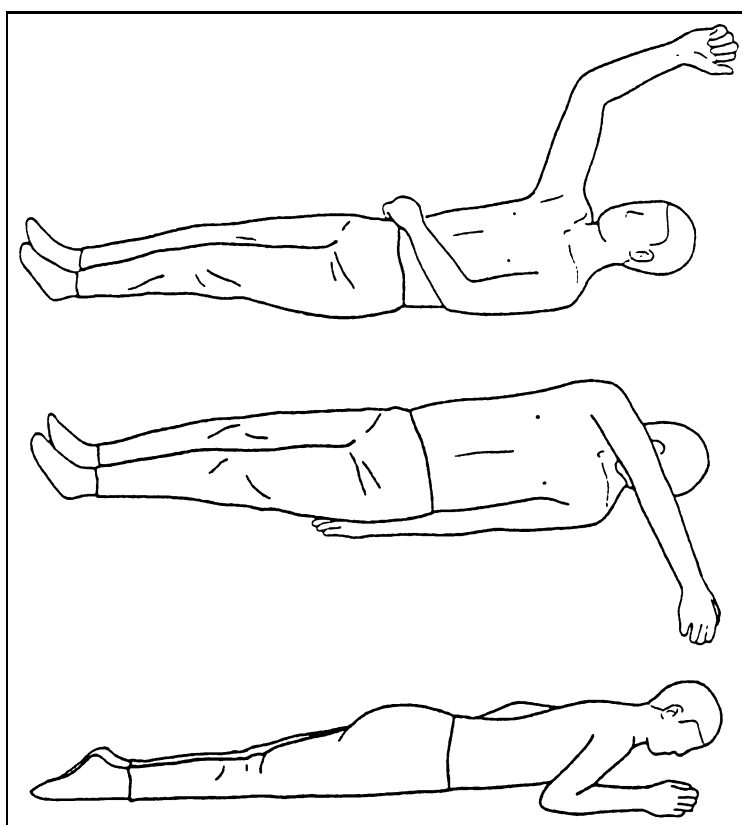


図7 上半身の回転運動を利用する寝返り動作(文献36より)

起立や立位保持のとき、骨盤帯なし長下肢装具のみにて股関節の支持を可能とし、起立や立位保持が可能となりうる姿勢がある。それは腹部を前方に突出させた姿勢で重心を後方へ移動させること、股関節を最大伸展位として股関節前面のY靭帯を緊張させて股関節の安定性を得る(いわゆるC-posture)こと、そして同時に腰椎下部での可動域制限を利用してバランスをとること、以上のことで可能となる<sup>39)</sup>。

### まとめ

代償運動を定義・分類し、下肢切断、デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症、筋萎縮性側索硬化症、片麻痺、脳性麻痺、頸髄損傷、胸腰髄損傷における代償運動とそのメカニズムを諸家の報告からまとめた。疾患による特異性は見られるが、同じ機能障害には同様の代償運動を用いている(表4)。したがって、疾患

表 4 各疾患の機能障害と代償運動

		下肢切断	筋ジストロフィー	筋萎縮性側索硬化症	片麻痺	脳性麻痺	頸髄損傷	胸腰髄損傷
上肢	機能障害	肩屈曲・外転, 肘伸展低下						
	代償運動	体幹前屈・側屈, 肩外転				前腕回外制限	前腕回内・回外低下	
体幹	障害							体幹筋力低下
	代償運動							上肢筋
下肢	機能障害	大腿四頭筋筋力低下			脚の振り出し低下		脚の振り出し低下	
	代償運動	大殿筋筋力低下			前脛骨筋筋力低下		股外転低下	股伸展不可
	機能障害	腰椎前弯, 骨盤前傾・傾斜, 股・膝過伸展			体幹側屈, 骨盤挙上			
	代償運動	体幹側屈, 骨盤挙上			腰椎前弯, 骨盤前傾・傾斜, 股・膝過伸展			股伸展位保持
	機能障害	股・膝屈曲			体幹側屈			
	代償運動							

表 4 は下肢切断, 筋ジストロフィー, 筋萎縮性側索硬化症, 片麻痺, 脳性麻痺, 頸髄損傷, 胸腰髄損傷の機能障害と代償運動の関係について身体部位別(上肢, 体幹, 下肢)にまとめている。例えば, 下肢切断患者の下肢には, 一般的に, 大腿四頭筋の筋力低下や脚の振り出しが低下するなどの障害が生じるが, それらに対して腰椎前弯, 骨盤前傾・傾斜, 体幹の側屈, 骨盤挙上によって動作を代償している。

による特異性をも考慮した機能障害の共通性に着目した効果的で, 効率的な代償運動の開発と獲得の方法論を研究することが重要と考える。残存機能を代償運動・動作として開発していく手段には, 従来の方法と違った新しい方法の学習, 福祉用具を使った代償などがあり, 健常者とは全く異なった運動・動作の獲得の結果と考えてよいものであろう。以上より, 代償運動・動作の獲得の手段の研究は理学療法学の重要な一分野を形成し得る。障害への順応の過程で機能の回復が絶

たれた場合に動作, 機器, 環境による代償により障害への順応を行う創造的な手段を機能的で効率的に獲得させるための治療学として代償学( compensatology )を確立することが重要である。すなわち, 障害の順応としての代償運動・動作を運動学的解析の方法を用いて科学的に解明し, 残存機能が機能的かつ効率的に使用され得る代償運動・動作の開発と機器, 環境の整備を理学療法学の一つの治療学として実際の臨床場面に役立てることが必要である。

#### 文 献

- 1) 上田敏, 大川弥生: リハビリテーション医学大辞典, 医歯薬出版, 東京, 371-372, 1986.
- 2) 竹内孝仁, 細田多穂, 高橋輝雄, 五味敏昭: 体表解剖と代償運動, 医歯薬出版, 東京, 2001.
- 3) 生田宗博, 山村彰子: 作業療法における代償的アプローチ. 総合リハ, 26(4), 335-342, 1998.
- 4) Wynn-Parry CBW: Vicarious motion (trick movements). *Therapeutic Exercise*, 4th ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 179-191, 1984.
- 5) 宮本省三: 代償運動と代償動作. PT ジャーナル, 35(12), 918-919, 2001.
- 6) 中村隆一, 斎藤宏: 基礎運動学, 第5版, 医歯薬出版, 東京, 2001.
- 7) 高橋輝雄, 加藤宗規: 見直そう代償運動. 理学療法, 19(5), 581-586, 2002.
- 8) 長尾竜郎, 吉村理: 下肢切断者の ADL. 日常生活活動(動作)—評価と訓練の実際, 第3版, 医歯薬出版, 東京, 239-245, 1992.

- 9) Kumar VN: Normal locomotion and prosthetic gait deviation. *Rehabilitation Management of Amputees*, Williams & Wilkins, Baltimore, 237-254, 1982.
- 10) 水落和也: 代償運動とそのメカニズム(10) — 下肢切断における代償運動. *臨床リハ*, 8(8), 760-766, 1999.
- 11) 吉村洋輔, 伊勢眞樹: 屍体における大腿切断肢の解剖学的所見. *川崎医療福祉学会誌*, 15(2), 607-608, 2006.
- 12) 大野洋一, 神戸晃男, 濱田美希, 坪川操, 山口昌夫: 長期安静により患側に著明な廃用性筋萎縮をきたした片側大腿切断患者の一例. *石川県理学療法学雑誌*, 4(1), 13, 2004.
- 13) 野島元雄: 進行性筋ジストロフィー症の歩行. *理学療法と作業療法*, 2(5), 24-31, 1968.
- 14) 里宇明元, 浅野賢: デュシェンヌ型筋ジストロフィー症状(DMD)の在宅リハビリテーション. *総合リハ*, 23(7), 569-579, 1995.
- 15) 里宇明元: 代償運動とそのメカニズム(8) — デュシェンヌ型進行性筋ジストロフィー症における代償運動. *臨床リハ*, 8(6), 536-544, 1999.
- 16) 福井俊哉: 筋ジストロフィー症の歩行. *神経内科*, 17, 438-444, 1982.
- 17) James WV and Orr JF: Upper limb weakness in children with Duchenne muscular dystrophy—a neglected problem. *Prosthet Orthot Int*, 8, 11-13, 1984.
- 18) 木村美子, 吉本奈美, 舌間秀雄, 長尾洋子, 大峯三郎, 蜂須賀研二: 筋疾患による機能障害と代償運動. *理学療法*, 19(5), 604-608, 2002.
- 19) Danuta W: Amyotrophic lateral sclerosis: A comprehensive rehabilitation approach. *Arch Phys Med Rehabil*, 64, 304-307, 1987.
- 20) 別府宏: 筋萎縮性側索硬化症. *CURRENT THERAPY*, 5(3), 428-431, 1987.
- 21) Brunnstrom S: *Clinical Kinesiology*, 2nd ed, F A Davis Company, 1966.
- 22) 山口明, 日野創, 西尾真一: 代償運動とそのメカニズム(11) — 筋萎縮性側索硬化症における代償運動. *臨床リハ*, 8(9), 880-885, 1999.
- 23) Mackay RP: Course and prognosis in amyotrophic lateral sclerosis. *Arch Neurol*, 8, 117, 1963.
- 24) 日野貞子: 筋萎縮性側索硬化症—経過と予後. *Clin Neurosci*, 4(11), 52-54, 1986.
- 25) Nakayama H: Comprehensive in recovery of upper extremity function after stroke: the Copenhagen study. *Arch Phys Med Rehabil*, 75, 852-857, 1994.
- 26) 長谷公隆: 代償運動とそのメカニズム(12) — 片麻痺患者における代償運動. *臨床リハ*, 8(10), 984-989, 1999.
- 27) Carr JH and Shepherd RB (横山巖監訳): *脳卒中の運動訓練プログラム*, 第2版, 医学書院, 東京, 1991.
- 28) Diener H-C: The coordination of posture and voluntary movement in patients with hemiparesis. *J neurol*, 240, 161-167, 1993.
- 29) Davies PM (富田昌夫監訳): *Right in the middle*, シュプリンガー・ファラーク東京, 東京, 1991.
- 30) 深町秀彦: 脳血管障害による機能障害と代償運動. *理学療法*, 19(5), 609-616, 2002.
- 31) 今川忠男, 榎道彦: 脳性まひ児が示す機能障害と適応行動としての代償運動. *理学療法*, 19(5), 587-592, 2002.
- 32) 中島雅之輔: 代償運動とそのメカニズム(14) — 脳性麻痺における代償運動. *臨床リハ*, 8(12), 1202-1205, 1999.
- 33) Yosuke Yoshimura and Masaki Ise: Analysis of the push-up movement based on action potentials of upper extremity muscles and ground reaction force between the palms and a force plate. *Kawasaki Journal of Medical Welfare*, 11(1), 1-7, 2005.
- 34) 植田尊善: 代償運動とそのメカニズム(16) — 頸髄損傷における代償運動. *臨床リハ*, 9(2), 184-187, 2000.
- 35) 戸渡富民宏, 植田尊善, 椎田達: 頸髄損傷における機能障害と代償運動. *理学療法*, 19(5), 617-622, 2002.
- 36) 谷津隆男: 代償運動とそのメカニズム(13) — 胸腰髄損傷における代償運動. *臨床リハ*, 8(11), 1090-1095, 1999.
- 37) 神奈川リハビリテーション病院: 脊髄損傷マニュアル. *リハビリテーションマニュアル*, 第2版, 114-144, 医学書院, 東京, 1996.
- 38) 井出睦, 緒方甫: 脊髄損傷と体幹機能障害. *総合リハ*, 21(5), 381-386, 1993.
- 39) 吉村理: 対麻痺の下肢装具—対麻痺の歩行訓練に対して. *総合リハ*, 11(11), 881-887, 1983.
- 40) Latash M and Nicholas J: Motor control research in rehabilitation medicine. *Disability and Rehabil*, 18, 293-299, 1996.

**Compensation for the Way to Adapt to Impairments and Disabilities.  
— Compensatology for Clinical Rehabilitation  
for Some Impairments and Disabilities —**

Yosuke YOSHIMURA and Masaki ISE

(Accepted Dec. 4, 2006)

Key words : residual function, compensatory movement, supplementary movement,  
trick movement, compensation

**Abstract**

Compensatory movements have been reported by many researchers so far. However, their definitions are too complicated to understand. Therefore we classified them to the supplementary movements and the trick movements, according to the source of force. We summarized it and these mechanisms in lower limb amputees, duchenne muscular dystrophy, amyotrophic lateral sclerosis, hemiplegia, cerebral palsy, cervical cord injury and thoracic or lumbar spinal cord injuries.

Compensatology is an original and effective medical rehabilitation to adapt to some impairments and disabilities. Compensatology helps us to do medical treatment for patients.

Correspondence to : Yosuke YOSHIMURA    Doctoral Program in Rehabilitation, Graduate School of Health  
Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-Mail: [ptyo@go7.enjoy.ne.jp](mailto:ptyo@go7.enjoy.ne.jp)  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.16, No.2, 2006 209–220)