

大阪保健医療大学

紀 要

第 3 号

2020

大阪保健医療大学紀要

第3号 (2020)

目 次

事例報告

- STS 動作が困難な慢性期頭部外傷患者の神経機能解剖学的分析に基づく理学療法の検討
..... 1
市田 修一、石倉 隆

事例報告

- 注意負荷量の漸増が背外側前頭前野の情報処理力に及ぼす影響
—配分を中心とする注意障害による立位困難例の経験から— 12
津村 宜秀、岩田 篤、石倉 隆

事例報告

- 小脳室頂核が情動・感情の調節に及ぼす機能的役割と神経基盤に関する文献的考察
—小脳出血後 CCAS を呈した症例を通して— 20
岩田 篤、津村 宜秀、石倉 隆

学術論文

- 上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩回旋筋力測定法の開発 26
竹田 敦、境 隆弘

学術論文

- ニューラルネットワークを用いた脳卒中 ADL 予後予測と治療選択
—予後評価チャート（トイレ動作）のシミュレーションによる検討— 33
林 真太郎、岩田 篤、石倉 隆

STS 動作が困難な慢性期頭部外傷患者の神経機能解剖学的分析 に基づく理学療法の検討

市田 修一(履正社医療スポーツ専門学校) 石倉 隆(大阪保健医療大学大学院)

Examination of physical therapy based on neurofunctional anatomical analysis of chronic head injury patients with STS motion difficulty.

Shuichi ICHIDA (Riseisha college of medicine and sport),
Takashi ISHIKURA (Graduate School of Osaka Health Science University)

(2019 年 7 月 10 日 受付, 2020 年 3 月 6 日 受理)

Summary

In the case of chronic head injury, we examined physical therapy based on neurofunctional anatomical analysis for improving STS motion. The main causes of STS dysfunction were imbalance of trunk muscle tone and joint exercise of right lower extremity extensor. These causes are due to activation of the cerebral cortex, overactivation of cortex pontine reticulospinal tract, resulting in strong inhibition of inhibition by inhibitory interneurons, and no excitation of muscle spindle core fibers, cortical it was due to an increase in skin reflex caused by spinal tract injury. By utilizing the sense of balance by the vestibular nerve and the recovery of the trunk muscle, the muscle tone imbalance of the trunk muscle was improved, the STS motion was devised, and the STS motion itself was improved by repeating the motion. Attention to trunk function and introduction of the neurofunctional anatomical viewpoint, examination of STS motion method according to the case by alternative means, and devising were considered to be important for STS motion improvement.

キーワード : 慢性期頭部外傷、STS 動作、体幹機能、皮膚反射、神経機能解剖学的分析

Keywords : chronic head injury , STS motion, trunk function, skin reflex , neurofunctional anatomical analysis

1. はじめに

STS 動作 (sit-to-stand motion ; 立ち上がり動作) について、水野¹⁾は、「座面から足部までの大きな BOS (base of support ; 支持基底面) を両足部で構成される小さな BOS へと変化させ、COG (center of gravity ; 身体重心) を前上方に移動させ座位から立位となる」動作であると述べている。STS 動作は、日常生活内で頻繁に行う基本動作の一つであることから、理学療法上重要な治療対象となる。また、STS 動作は移乗・移動に至る動作であることから、安全に実施することにより生活行動の拡大につながる²⁾。換言すると、何らかの理由で STS 動作が阻害されると、移乗や歩行等の動作につながらなくなり ADL (activities of daily living ; 日常生活活動) の狭小化を招き、また離床の遅れから生活行動が制限されてしまうため、廃用症候群に陥る場合やそれが進行してしまう可能性がある。

このように、ADL 実施上重要で生活行動の拡大につながる STS 動作であるが、今回、STS 動作に困難をきたし、ADL に影響を及ぼしている慢性期頭部外傷者に対して、実際に行われている STS 動作の臨床イベント¹⁾における特徴、STS 動作が困難な原因、問題点を明らかにした上で、脳画像から神経機能解剖学的に分析を行うことで残存脳機能に着目し、その残存脳機能を活用した理学療法の検討と STS 動作方法の工夫を行うことで STS 動作が改善した症例を経験した。

脳損傷者の STS 動作を改善するためには、STS 動作を阻害している動作上の諸因子に対して科学的根拠をもつ

てアプローチすることが重要であると考え。科学的根拠を持ったアプローチを行うためには、臨床実践において脳画像等から対象者の脳機能、特に残存脳機能を把握することで、残存脳機能を活かしたアプローチ方法の検討をしていくことが可能となるため、動作上の諸因子がどのような臨床症状と関連しているのか、その臨床症状がどのようなメカニズムによって発現しているのかを明確にしなければならない。今回、脳損傷者の STS 動作を改善するために、残存脳機能を活かしたアプローチ方法を検討するとともに、対象者に応じた STS 動作方法を検討することが重要であると思われる知見を本症例から得ることができた。

なお、本研究は大阪保健医療大学研究倫理委員会の承認（承認番号 1502）を得て、対象者本人に書面を用いて研究の趣旨を説明し同意を得たうえで実施した。

2. 症例紹介

症例は 40 歳代、女性。乗用車運転中に他の乗用車と衝突し頭部外傷。救急搬送時の GCS（Glasgow Coma Scale；グラスゴー昏睡尺度）は E1.V2.M4 であった。診断名は頭部外傷による脳幹周囲の SAH（subarachnoid hemorrhage；くも膜下出血）と左被殻の脳挫傷、DAI（diffuse axonal injury；びまん性軸索損傷）であり、保存的加療を行った。受傷から約 1 か月後に左被殻の脳挫傷周囲の浮腫が消退するとともに開眼、従命可能となり転院したが、本格的にリハビリテーションが行われないまま、さらに転院となった。転院先にてリハビリテーションを実施するうえで、足関節背屈可動域獲得による足底接地が必要となり、両内反尖足変形を改善するため受傷 8 か月後に右足関節形成術、受傷 10 か月後に左足関節形成術が施行された。受傷 2 年 5 か月後自宅退院、2 年 8 か月後に訪問リハビリテーションが開始となった。受傷 7 年 8 か月後の頭部 CT（computed tomography；コンピューター断層撮影法）では左被殻に低吸収域、側脳室前角周囲に低吸収域、DAI による低吸収域、大脳脚にワラー変性を認めた（図 1）。

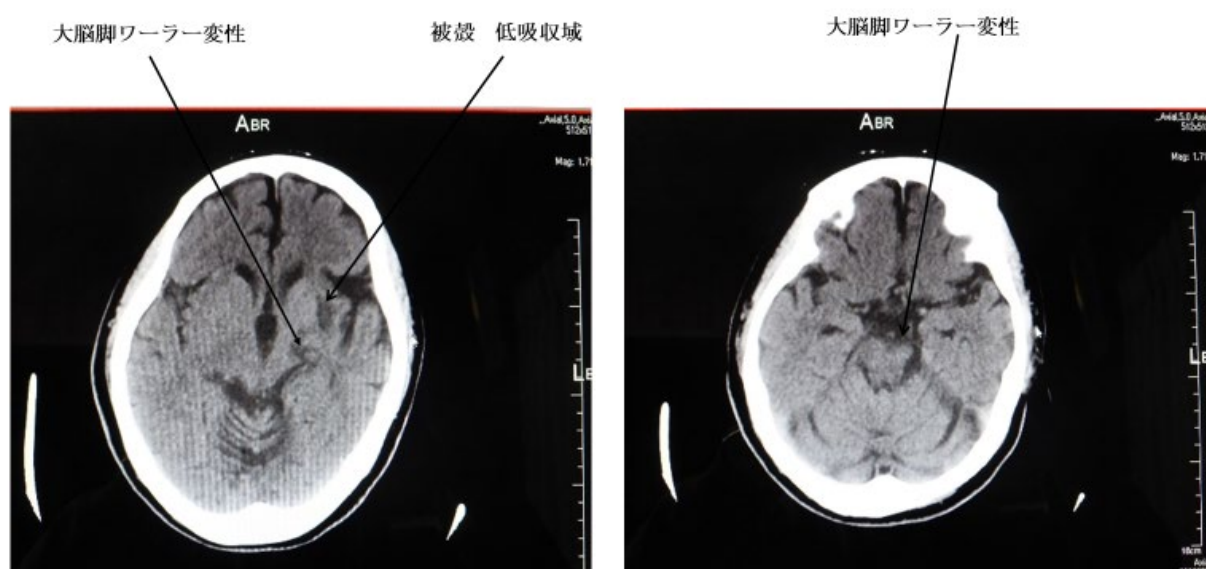
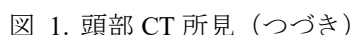


図 1. 頭部 CT 所見



3.1 理学的所見

・ **Berg Balance Scale (BBS)** : 4/56 点で、座位保持が 3、移乗が 1 であった。その他の項目は 0 で、転倒予防のための介助が必要もしくは動作が困難な状態であった。座位保持は監視下で保持が可能であるが、立ち直り反応では、左右に外乱を加えると頸部、体幹の立ち直り反応がみられるものの、左側から右側への立ち直りのほうが右側から左側への立ち直りより行いやすい状態であった。移乗動作では、椅子からの STS 動作に中等度介助、移乗時の回

転時に全面的な介助が必要であった。

・ Functional Independence Measure (FIM) : 59/126 点で、トイレやベッドへの移乗は最大介助、移動は車いす使用にて全介助であった。

3.2 STS 動作観察

正常 STS 動作でのクリニカルイベント¹⁾には、1.座位時の機能的準備姿勢、2.重心の前方移動メカニズム、3.下部体幹の運動伝達、4.離殿メカニズム、5.重心の上方移動メカニズム の5つがあるとされている。

座位時の機能的準備姿勢では、左上肢で手すりを把持、右下肢は軽度伸展傾向、股関節外転位で、重心は左側に偏倚しており左坐骨結節を中心として荷重していた。この姿勢をとる理由は、立ち直り反応で左側から右側への立ち直りは行いやすいが、逆に右側から左側へ立ち直りが行いにくいいため、右への転倒を防止するために重心をやや左に偏倚させ、体幹を左傾斜させることで立ち直り反応を誘発し、バランスを保っているためであると思われる。また、座位アライメントは、骨盤の前後傾はほぼ正中位を保っているが、体幹は軽度左傾斜、軽度右側屈位により両坐骨結節への荷重と骨盤と脊柱が一塊となった脊柱のニュートラルアライメント²⁾を呈していない状態であった。重心の前方移動メカニズムでは、左下肢は手前に引くことは可能であるが、右下肢は麻痺が重度であり手前に引けなかった。STS 動作を指示すると体幹の前傾をわずかにしか行わず、そのため前方への重心移動がほとんど行えていなかった。体幹前傾がわずかにしか行えない原因は、左右体幹の筋緊張のアンバランスにより、重心の前方移動時に動的安定性が低下しているためであると考えた。下部体幹の運動伝達では、体幹前傾をほとんど認めず、また骨盤前傾もほとんど行えていないため¹³⁾、下部体幹への運動伝達が行えていなかった。骨盤前傾がほとんど行えない原因は、STS 動作時通常股関節屈曲角度は 112° 程度必要⁴⁾であるが、関節可動域測定では右側が 90° 、左側が 100° で制限があるためであると思われる。重心移動時の体幹前傾角度は 30° 、股関節屈曲角度は 80° であった。離殿メカニズムでは、本来重心移動は両前足部まで行われるが、本症例では体幹前傾が不十分であるため、足圧中心点は支持基底面内に残存していると考えられた。そして、左上肢で手すりを引っ張り、左側下肢を中心として離殿を行っていた。離殿メカニズムや重心の上方移動メカニズムでは、右側下肢は伸筋共同運動が出現し重心は後方へ移動、膝関節伸筋収縮時に股関節伸筋が優位に活動し、また右側踵部で床を押してしまうため体幹は右回旋しバランスを崩すため、介助がなければ後方へ転倒してしまう状態であった（図 2）。



座位時の機能的準備姿勢
正面



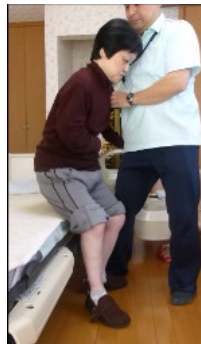
座位時の機能的準備姿勢
側面



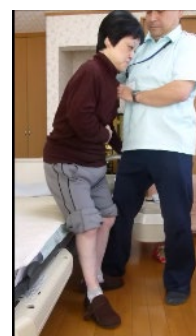
重心の前方移動メカニズム



下部体幹の運動伝達



離殿メカニズム



重心の上方移動メカニズム

図 2. STS 動作における各クリニカルイベント

4. STS 動作の阻害因子とその神経機能解剖学的分析

本症例の STS 動作の問題点として、左側への体幹立ち直りの乏しさを認めるため座位姿勢において重心を左側に偏倚させ、体幹は軽度右側屈位、つまり体幹を左傾斜させ立ち直り反応を誘発することにより座位を安定させていること、重心の前方移動時には、動的安定性が低下していること、下部体幹の運動伝達時には十分に骨盤前傾が得られないこと¹³⁾、離殿時や重心上方移動時には、右下肢が伸展し重心が後方へ移動してしまうことであり、この原因は、1.右側体幹に比べ左側体幹の軽度筋緊張低下による左右体幹の筋緊張のアンバランス、2.両股関節屈曲の関節可動域制限、3.右下肢の伸筋共同運動であると考えられた。これらの現象を神経機能解剖学的に分析する。

本症例の体幹筋緊張は右側体幹に比べ左側体幹の軽度筋緊張低下を呈している。本症例の理学的所見において腱反射の亢進や随意運動障害を認め、また CT 画像の分析から DAI や大脳脚ワーラー変性を認めることから、皮質脊髓路の傷害が疑われた。皮質脊髓路傷害は麻痺側の随意運動の低下や深部反射の亢進などに影響する⁵⁶⁾が、姿勢保持時の不随意的筋緊張には影響を与えない。CT 画像で被殻の脳挫傷を認め、被殻は姿勢保持時などの不随意的筋緊張コントロールを担うため、左側体幹の軽度筋緊張低下の原因は被殻傷害であると考えた。

本症例は左被殻の脳挫傷により、被殻部に正常な細胞と死滅した細胞が存在する状態であると思われる。黒質緻密層は正常であり、ドパミン分泌は正常であると思われる。ドパミン分泌量が正常であれば、死滅した細胞分のドパミン量は相対的に過剰になるため、直接路はさらに興奮し、間接路はより抑制される。その結果、大脳皮質が活性化し皮質橋網様体脊髄路も興奮するが、抑制性介在ニューロンにより強い興奮抑制が起こり、筋紡錘核鎖線維が興奮しなくなり筋緊張は低下する。橋網様体脊髄路は同側の体幹筋を支配する⁵⁾ため、左側体幹筋の筋緊張は低下し、右側体幹筋は右皮質橋網様体脊髄路の支配を受けるため筋緊張は正常となる（図 3）。そのため、左右体幹筋の筋緊張にアンバランスを認め、右側から左側への体幹立ち直りの乏しさを認めたのではないかと考える。

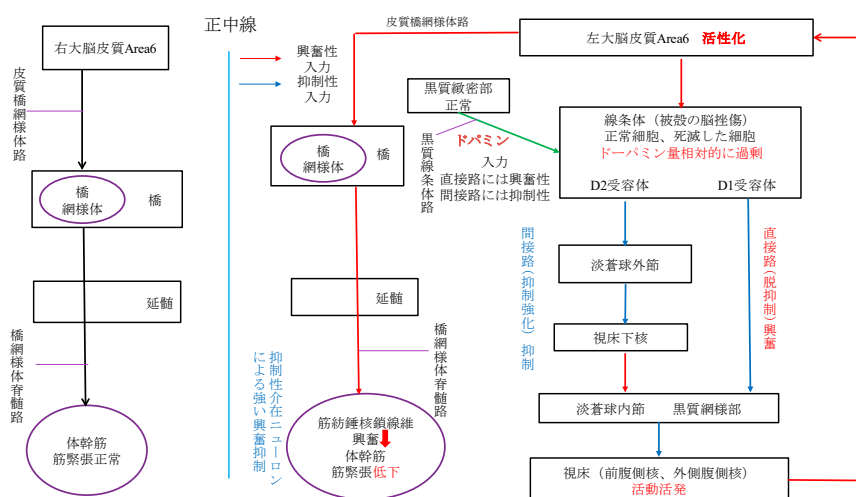


図 3. 左側体幹の軽度筋緊張低下による左右体幹の筋緊張のアンバランスに対する神経機能解剖学的分析

股関節屈曲可動域について、右 90°、左 100°と制限を認め、また股関節周囲筋の筋緊張は、左側は正常、右側は左側に比べ低下している。股関節屈曲を他動で行うと右側下肢は触れるだけで下肢の伸筋共同運動が出現する。これは、皮膚反射の亢進であると考えられる。皮膚反射は識別性触覚で誘発され、皮膚表面への刺激は大脳皮質に伝わって皮膚感覚が生まれ、同時に運動神経に伝わって反射が起こされる⁷⁾（図 4）。通常は、感覚神経から運動神経への電位は核袋線維へ伝達されるが、筋紡錘核袋線維の閾値を超えるだけの刺激とならないために反応は起きないが、本症例は皮質脊髓路傷害があり、筋紡錘核袋線維の閾値が低下しているため Ia が発射されてしまい、結果的に連合細胞で結合している伸筋群すべての α 運動ニューロンが発火して共同運動となるためであると考えられる⁸⁾。他動運動時に右大殿筋の短縮を感じるが、これは受傷後長期間ベッドや介護などで皮膚接触が続けられたため、皮膚接触による伸筋共同運動出現で右大殿筋が収縮していると考えられる。これらのことから右股関節可動域制限は、皮質脊髓路傷害に起因する皮膚反射亢進により生じているものと考えられる。沖田⁹⁾は、臨床場面で理学療法士が治療対象としている関節可動域制限について、「多くは、関節周囲軟部組織の器質的変化である拘縮に筋収縮の影響が加味された結果と捉えるのが妥当と考えられるため、治療戦略の第一段階では筋収縮の影響を取り除く必要がある」と述べている。しかし、今後日常生活内で皮膚に触覚を与えないようにすることは不可能であり、本症

例の場合常に皮膚反射が誘発されてしまい、右大殿筋の筋収縮が強く引き起こされてしまうため筋収縮の影響を取り除くことができず、右股関節可動域制限は改善が見込めないと考える。一方、左股関節周囲の筋緊張は正常であり伸筋共同運動を認めないため、改善の可能性があると考えられる。通常股関節屈曲参考角度は 125° 、STS 動作に必要な股関節屈曲角度は 112° ⁴⁾とされていることを考慮すると、股関節可動域制限は STS 動作時の骨盤前傾に影響していると考えられる³⁾。

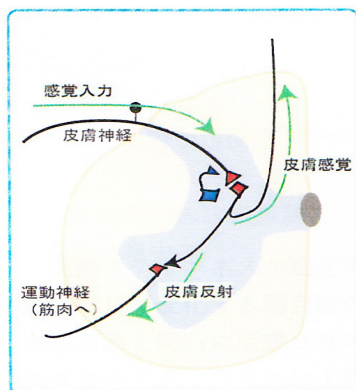


図 4. 脊髓の断面図⁷⁾（文献 7 を改変）

STS 動作時に右側下肢は伸筋共同運動が出現するため重心は後方へ移動、膝関節伸筋収縮時に股関節伸筋が優位に活動し、また右側踵部で床を押してしまうことで体幹が右回旋する。これにより、バランスを崩し後方へ転倒してしまう傾向にある。

この現象は、「求心性線維は脊髓の固有装置内の多数の介在ニューロンとシナプス結合している（介在ニューロン、連合ニューロン、交連ニューロン）。これらの細胞の幾つかのもの、特に連合細胞はいわゆる固有束内で多数の髄節レベルで上行性あるいは下行性の線維を出している。多くのシナプス結合を経た後に、興奮性のインパルスが脊髓運動細胞に伝えられ、これからの遠心性線維が神経根、末梢神経を介して、筋へと伝えられ筋収縮を引き起こす¹⁰⁾」ためであると考えられる。共同運動のメカニズムは、固有束内において多数の髄節レベルで線維が連絡している各筋群が同時に働こうとするものである。皮質脊髓路の傷害では筋紡錘の閾値が低下するため、わずかな刺激で Ia 線維が発射し、結果的に連合細胞で結合している屈筋群あるいは伸筋群すべての α 運動ニューロンが発火して共同運動となる⁸⁾。

本症例の場合、運動野深部白質に DAI による低吸収域、大脳脚にワーラー変性を認める。右下肢は、触れる等のわずかな刺激で伸筋共同運動が出現する。これは、皮質脊髓路が傷害され右側の筋紡錘の閾値が低下しているためであると考え（図 5）。

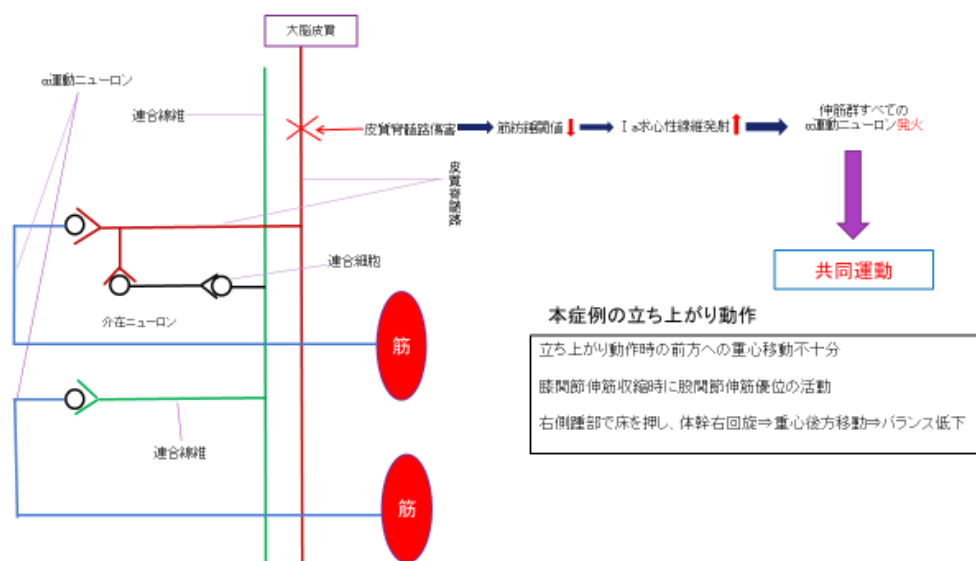


図 5. 右側下肢伸筋共同運動による重心後方移動に対する神経機能解剖学的分析

5. STS 動作の阻害因子に対する理学療法の検討

本症例は左側体幹の軽度筋緊張低下により、左右体幹の筋緊張のアンバランスが生じ STS 動作のクリニカルイベント¹¹⁾に影響している。この原因は、被殻の脳挫傷により、結果的に大脳皮質が活性化し皮質橋網様体脊髄路も興奮するが、抑制性介在ニューロンにより強い興奮抑制が起こり、筋紡錘核鎖線維が興奮しなくなったためであると考えられた。これを改善する理学療法として、橋網様体脊髄路は、対側の小脳室頂核とも連絡している¹¹⁾ことから、残存脳機能を活かし前庭神経による平衡感覚を使用することで、反射的に体幹筋を収縮させることが可能なのではないかと考えた。つまり、前庭器—前庭神経核—右側片葉小節葉—小脳虫部のプルキンエ細胞—右側室頂核—交叉性室頂核網様体線維—左脳橋網様体脊髄路の経路¹²⁾を賦活することで左側体幹の軽度筋緊張低下が改善し、左右体幹の筋緊張のアンバランスが改善するのではないかと考える（図 6）。両上肢を組んでの体幹前傾運動や回旋運動により、姿勢変化に対して立ち直り反応、平衡反応等の姿勢反射により抗重力姿勢コントロールを行い、また、体幹筋の立ち直りを利用した理学療法では、リーチ動作を集中して行う。リーチ動作は Kyongsim Jung¹³⁾によると、ウエイトシフトトレーニングにより、体幹コントロール、固有感覚、バランス向上につなげることが可能としており、また伊藤ら¹⁴⁾によるとリーチ方向と反対側の体幹が収縮するとしている。つまり、リーチ動作により、無意識下で座位バランスを保持しようとする体幹活動が誘発され、左右体幹のアンバランスを改善し姿勢改善と動的座位バランスが向上する¹⁵⁾¹⁶⁾（図 7）。

これらの平衡反応や立ち直り反応により皮質網様体脊髄路による姿勢変化に対するコントロールが調整でき、無意識下での体幹筋の収縮が行えるようになり、左右体幹筋のアンバランスが改善し STS 動作時の座位から立位への姿勢セットが行いやすくなる¹⁷⁾と考えられる。

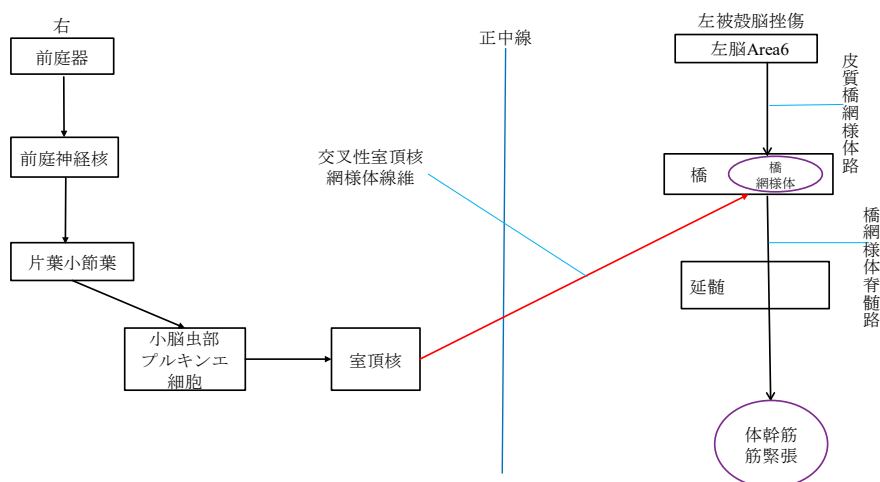


図 6. 左側体幹の軽度筋緊張低下による左右体幹の筋緊張アンバランスを改善するための前庭神経による平衡感覚を利用した理学療法



体幹前傾、左右体幹回旋

リーチ動作

図 7. 理学療法の実際

下肢の伸筋共同運動については、皮質脊髄路傷害に起因する皮膚反射の亢進によるものであると考えられる。そのため、右大殿筋の短縮が起こっていると思われる。日常生活の中で皮膚に触覚を与えないようにすることは不可能であり、常に皮膚反射を誘発してしまうため右股関節の屈曲可動域は改善しないものと考えられる。しかし福屋¹⁸⁾は、「在宅成人中枢神経障害者について、寝返り、起き上がり、座位、腰かけ座位からの STS、立位、歩行、臥位での移動、座位での移動、畳からの立ち座り、しゃがみ立ちといった日常の生活姿勢や動作の遂行は、関節可動域制限予防に何らかの影響を与えている」と述べており、本症例においては、日常生活の中で長時間のベッド上臥床等の不動の時間は少なく、ベッド上座位や車いす座位での活動、トイレへの移動や週 3 回のディサービスの利用等の活動がみられ、その中で寝返り、起き上がり、座位、腰かけ座位からの STS、立位動作を行っているため右股関節可動域は維持できるものとする。左股関節屈曲可動域は、左膝屈曲時に軽度筋緊張亢進を認めるものの、左股関節周囲筋の筋緊張は正常で伸筋共同運動を認めず容易に他動運動が可能である。そのため、関節可動域練習とストレッチを行うことで改善する可能性があると考えられる。具体的には、動かすスピードに注意しながら、スタティック・ストレッチを 1 回あたり 20 秒から 30 秒、10 回実施し関節可動域練習を行う¹⁹⁾（図 8）。



図 8. スタティック・ストレッチ、関節可動域練習

また、皮質脊髄路傷害の影響で右下肢伸筋共同運動が出現しているため、離殿メカニズムや重心の上方移動メカニズムにおける重心が後方へ移動する現象の改善は困難であると思われる。そのため STS 動作で、右側下肢を可能な限り活動させず伸筋共同運動を防止するために、右下肢はやや外転位、左下肢を手前に引き体幹の前傾を十分に行った後、左前足部を中心に重心移動を行い、足圧中心点を支持基底面内の前方に移動させながら、左下肢を中心とした STS 動作をゆっくり行うように工夫した（図 9）。



図 9. 右側下肢伸筋共同運動による重心後方移動に対する STS 動作の工夫

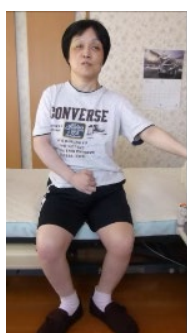
本症例の STS 動作阻害因子は、左側体幹の軽度筋緊張低下による左右体幹の筋緊張のアンバランス、両股関節屈曲の関節可動域制限、右下肢の伸筋共同運動であると考えられた。その中で、理学療法実施により、左側体幹の軽度筋緊張低下による左右体幹の筋緊張のアンバランスと左股関節屈曲可動域は改善すると考えられた。右股関節屈曲可動域、右下肢伸筋共同運動は改善しないものの、左側体幹の軽度筋緊張低下による左右体幹の筋緊張のアンバランスと左股関節屈曲可動域の改善により、座位姿勢や両坐骨結節への荷重と骨盤と脊柱が一塊となった脊柱のニュートラルアライメント²⁾が得られ、重心の前方移動時の体幹の動的安定性、骨盤前傾が行えるようになることで下部体幹への運動伝達が可能となり、また STS 動作を骨盤・体幹前傾にて重心を前方へ移動し、右下肢伸筋共同運動が出現しないように、右側下肢を外転し左下肢中心にして行うことで、本症例の STS 動作は可能になると考えた。

6. 結果

体幹筋緊張改善の理学療法を7か月間、計28回実施した結果、左側体幹の軽度筋緊張低下、左への体幹立ち直りの乏しさに改善がみられ、左右体幹の筋緊張のアンバランスが減少した。そのため、体幹の軽度左傾斜はほぼ改善、体幹の軽度右側屈位も消失し、両坐骨結節に荷重できるようになり、両坐骨結節への荷重と骨盤と脊柱が一塊となった脊柱のニュートラルアライメント¹⁹⁾を呈するようになった。

左股関節周囲筋に対するスタティック・ストレッチ¹⁹⁾を3か月間、計13回実施した結果、股関節屈曲の関節可動域は、右90°で変化しないものの左110°と改善、STS動作の前方への重心移動時の左股関節屈曲角度は110°と改善した。

体幹筋緊張と左股関節可動域に対する理学療法と併行して、動作方法を工夫し左下肢を中心としたSTS動作を7か月間、計28回実施した。重心の前方移動では体幹前傾が行え、左前足部への体重移動が行えるようになった。その際の体幹前傾角度は45°であった。足圧中心点は支持基底面内の前方に移動し、体幹の動的安定性向上に伴い動作の安定性が向上した。また離殿時、重心の上方移動時に見られていた右肩甲帯から骨盤の後方への回旋は改善し、右下肢伸筋共同運動も減少した。そのため、重心の後方移動に伴う右後方へのバランス不良は改善した（図10）。



座位時の機能的準備姿勢正面



座位時の機能的準備姿勢側面



重心の前方移動メカニズム



下部体幹の運動伝達



離殿メカニズム



重心の上方移動メカニズム

図 10. 理学療法実施後のSTS動作における各クリニカルイベント

7. 考察

医療機関での理学療法実施後、自宅退院しその後訪問リハビリテーションを利用される対象者は多い。近年、医療保険の改定や介護保険の理念である在宅重視という観点から、入院期間が短縮され回復過程にある対象者が在宅生活を送っている場合が見られる。このような対象者は、病院での生活と異なる在宅での生活活動場面において環境不応状態を引き起こすとされている²⁰⁾。日常生活で心身機能が十分に獲得できていない状態、住環境の調整等や介護者への介助指導等がなされない物的環境や人的環境が不足した状態で、在宅復帰すると結果的に介護者の過剰介助を引き起こし、廃用症候群進行や閉じこもり等障害が重度化すると考えられる²⁰⁾。

その中で、STS動作は生活行動の拡大につなげることができる基本動作の一つであり、移乗や歩行等の移動動作につながる動作である。この動作が改善することにより離床が遅れ寝たきりとなったり、廃用症候群が出現、進行したりする状況は防止することができるとともにADLの狭小化を防ぐことが可能と考える。つまり、日常生活場

面において STS 動作を獲得していくことは、障害の重度化を防ぎ、今後の対象者の心身機能や ADL に多大な影響を与えるため非常に重要である。

今回、頭部外傷により STS 動作困難な症例を経験した。リハビリテーションにおいては、獲得したい目的を阻害している動作上の因子に対して科学的根拠をもってアプローチすることが重要であると考えられる。そのためには、その阻害因子がどのような臨床症状と関連しているのかを明確にすることが必要である。本症例においては、STS 動作におけるクリニカルイベントの異常をまず観察し、その中で座位時の脊柱のニュートラルアライメントの異常、重心前方移動時の動的安定性低下や体幹前傾・骨盤前傾の不十分さ、下部体幹への運動伝達が行えていないという特徴を捉えた。野澤ら²¹⁾は、STS 動作を「重心を立位まで上昇させるという力学的要求が大きい動作であり、重心の移動には体幹の動きが重要となってくる」と述べており、さらに STS 動作の重要なポイントは、「体幹屈曲を骨盤の前傾からしっかりと行い、いかに下肢の活動につなげていくかという点であると考えられる」と述べている。本症例における STS 動作の特徴は、まさにこの体幹機能障害にあると考えられた。そこで、この体幹機能異常がどのようなメカニズムによって発現しているのかを脳画像等から神経機能解剖学的に分析した結果、皮質橋網様体脊髄路の機能異常であることが明らかとなった。慢性期頭部外傷者の被殻損傷に起因する皮質橋網様体脊髄路の機能異常であることから、脳傷害部位を改善させることは難しいと考え、体幹機能障害を改善するためには、残存脳機能を活かしたアプローチができないか検討した。その結果、本症例において小脳には特に傷害が見られないため、前庭神経による平衡感覚や体幹筋の立ち直りを使用した理学療法を見出し、体幹機能を改善させることができた。治療の結果、体幹機能障害改善により STS 動作におけるクリニカルイベントの異常が改善したことから、STS 動作には体幹機能が重要であるという知見を再認識することができた。それとともに、神経機能解剖学的分析から残存脳機能を把握し、それを活かした理学療法の検討の重要性が示された。

さらに、離殿時や重心の上方移動時に右側下肢伸筋共同運動が出現していた。これは、神経機能解剖学的分析により皮質脊髄路傷害に起因するものと考えられ、脳傷害部位を改善させることは難しいため改善が見込めないと考えられた。そのため、症例の STS 動作の特徴を捉えたうえで対象者の残存能力を活かした STS 動作方法を検討し実施した結果、STS 動作を獲得することができた。

本症例を通して、STS 動作を困難にしている要素を整理し、その神経メカニズムを明らかにして STS 動作障害を引き起こしていると思われる原因追究を図ることが重要であると考えられた。本症例の体幹機能障害がなぜ生じているのかは神経機能解剖学的分析なくしては判明しなかったと思われ、脳損傷者の STS 動作困難な根本的な問題には神経機能解剖学的分析が必要であることも示された。さらには、神経機能解剖学的分析を加えることにより、脳損傷部位を明らかにするとともに、残存脳機能を把握することで、改善可能な要素と改善できない要素を明らかにすることができ、アプローチすべき機能障害が科学的に明確になり、具体的なアプローチが検討できると考える。

本症例を通して得られた体幹機能への着目と神経機能解剖学的視点の導入、代替手段による症例に応じた STS 動作方法の検討、工夫は、STS 動作改善のためのカギになるものと期待できる。

文 献

- 1) 水野智明：立ち上がり動作のシーケンスとクリニカルイベント．山岸茂則（編）臨床実践 動きのとらえかた 何をみるのか その思考と試行，第1版，pp134-142，2015．
- 2) 横井和美 伊丹君和 森敏・他：安全な立ち上がり動作のアセスメント項目に関する文献検討（第1報）－最新の国内文献から－．滋賀県立大学人間看護学研究 12：65-76，2014．
- 3) Hitoshi Asai, Hiroyuki Tsuchiyama, Tomoyuki Hatakeyama, et al. : Relationship between the ability to perform the sit to-stand movement and the maximum pelvic anteversion and retroversion angles in patients with stroke. J. Phys. Ther. Sci. 27 : 985-988, 2015.
- 4) 阿部俊彦：関節可動域．内山靖(編)：理学療法評価学第2版，pp77，医学書院，2007．
- 5) 寺島俊雄：神経解剖学講義ノート，第1版，pp156-161，金芳堂，2014．
- 6) A.R.Crossman D.Neary：神経解剖カラーテキスト第2版，pp24，pp85-87，医学書院，2008．
- 7) 関和彦：脊髄反射とその下行路制御．Clinical Neuroscience 31：903-906，2013．
- 8) 鈴木俊明 谷万喜子 鍋田理恵・他：正常動作の神経機構．関西理学 2：1-9，2002．
- 9) 沖田実：関節可動域制限の発生メカニズムとその治療戦略．理学療法学 41：523-530，2014．
- 10) Mathias Bahr, Michael Frotscher：体性知覚系の末梢での構成要素と末梢での規制回路．花山順哉（訳）：神経

局所診断，第 6 版，P28，文光堂，2016.

- 11) 寺島俊雄：神経解剖学講義ノート，第 1 版，pp103-104，金芳堂，2014.
- 12) A.R.Crossman D.Neary：神経解剖カラーテキスト第 2 版，pp128-129，医学書院，2008.
- 13) Kyoungsim Jung, Young Kim, Yijung Chung, et al. : Weight-Shift Training Improves Trunk Control, Proprioception, and Balance in Patients with Chronic Hemiparetic Stroke. *Tohoku J. Exp. Med.* 232 : 195-199, 2014.
- 14) 伊藤良太 佐藤武士：脳卒中片麻痺患者の座位側方リーチ距離と体幹側屈筋力および股関節伸展筋力との関係. <http://www.japanpt.or.jp/conference/jpta50/abstracts/pdf>（閲覧日平成 28 年 8 月 24 日）
- 15) Seo-Hyun Jeon, Suk-Min Lee, Jung-Hyun Kim : Therapeutic effects of reaching with forward bending of trunk on postural stability, dynamic balance, and gait in individuals with chronic hemiparetic stroke. *J. Phys. Ther.Sci.*27:2447-2451, 2015.
- 16) S.Karthikbabu, Bhamini K.Rao, N.Manikandan, et al. : Role of Trunk Rehabilitation on Trunk Control, Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: A Pre-Post Design. *Neuroscience & Medicine* 2 : 61-67, 2011.
- 17) 古澤正道：ボバースアプローチ—神経発達学的治療—. 丸山仁司（編）：系統理学療法学神経障害系理学療法学第 1 版，pp207-208，医歯薬出版，2012.
- 18) 福屋靖子：成人中枢神経障害者の在宅における生活動作と関節拘縮の関係について. *理学療法学* 21 : 90-93, 1994.
- 19) 鈴木重行：理学療法のグローバル・スタンダード - ストレッチングの科学的検証 -. *理学療法学* 40 : 503-507, 2013.
- 20) 吉良健司：訪問理学療法における専門性とアプローチの実際. *理学療法学* 32 : 155-158, 2005.
- 21) 野澤涼 山本澄子：椅子からの立ち上がりにおける若年者と高齢者の体幹と下肢の動きの関係. *理学療法科学* 27 : 31-35, 2012.

著者連絡先：市田修一 〒532-0024 大阪府大阪市淀川区十三本町 3 丁目 4 番 21 号 履正社医療スポーツ専門学校
email: ichida@riseisha.ac.jp

注意負荷量の漸増が背外側前頭前野の情報処理力に及ぼす影響

-配分を中心とする注意障害による立位困難例の経験から-

津村 宜秀 (大阪保健医療大学) 岩田 篤 (大阪保健医療大学大学院)

石倉 隆 (大阪保健医療大学大学院)

Effect of gradual increase in attentional load on information processing ability of dorsolateral prefrontal cortex.

-From experience of standing difficulty caused by attention disorder emphasizing divided-

Yoshihide TSUMURA (Osaka Health Science University)

Atsushi IWATA (Graduate School of Osaka Health Science University)

Takashi ISHIKURA (Graduate School of Osaka Health Science University)

(2019 年 11 月 21 日 受付, 2020 年 3 月 16 日 受理)

要旨

陳旧性脳梗塞による体幹筋の筋緊張低下と配分性注意障害によって、二重課題となる上肢課題施行時の立位保持中に過度な体幹前傾を認める症例を担当した。配分性注意機能に重要な背外側前頭前野 (DLPFC) は、過剰な注意負荷によって活動が低下するため、起立台を用いて注意負荷量の調整を行った立位練習を実施したところ、配分性注意機能の向上や立位保持能力の改善が得られた。注意負荷量を調整することによって立位練習中に適度な DLPFC の活動が得られるようになり、DLPFC の血流増加が残存神経細胞の活性化を引き起こしたと考えられた。また、その活性化によって配分性注意機能の改善に伴う二重課題環境下での過度な体幹前傾が改善したものと考えられた。

Summary

I was in charge of a case where we observed decreased muscle tone of the trunk muscle caused by old cerebral infarction and excessive tilt of body trunk while maintaining standing position during the upper limb task, which is a dual task, due to and divided attention disorder. Since the activity of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), which is important for the divided attention function, was reduced by a large amount of attentional load, a standing exercise was performed by adjusting the amount of attention load using a stand. Through adjustment of the attention load, moderate DLPFC activity was obtained during standing exercise, and the increase in blood flow of DLPFC was considered to be caused by the activation of residual neurons. Moreover, activation was considered to have improved the excessive forward-leaning of the trunk in the dual-task environment, accompanying the improvement of the divided attention functions.

キーワード : 配分性注意障害, 背外側前頭前野, 注意負荷量, 陳旧性脳梗塞

Keywords : divided attention disorder, dorsolateral prefrontal cortex, attentional load, old cerebral infarction

1. 序論

注意機能は持続性や選択性、転換性、配分性の4つのコンポーネントに分かれており、その中でも配分性注意機能は2つのものに同時に注意を向ける機能として二重課題を遂行するために重要な機能である¹⁾。日常生活場面の多くは二重課題環境下であり²⁾、配分性注意機能は日常生活を営むうえで重要な機能になる。今回、二重課題下での立位で過度な体幹前傾を認め前方に転倒してしまう陳旧性脳梗塞症例を担当した。本症例は体幹筋の筋緊張低下を認めることから、立位を保持するために体幹の不安定性にも注意を向ける必要があるが、二重課題下での立位ではそれに注意を向けることができず、立位保持が困難になるという特徴がみられた。このことから配分性注意障害に着目し、同時遂行課題の注意負荷量の調整が必要と考え、起立台でのバンドによる補助を用いることで立位における注意負荷量をコントロールしながら立位練習を実施したところ、立位保持能力の改善が得られた。そこで、過度な体幹前傾や配分性注意障害に関する脳機能解剖学的分析と治療方法及び効果に関する考察を含め報告する。尚、本事例報告はヘルシンキ宣言を遵守し、対象者には口頭で症例報告の目的を十分に説明し、本人の自由意志による同意を取得して実施した。

2. 症例と問題点

80歳代男性。右利き。1年前より立位関連動作、歩行動作に不安定性を認め、介助が必要な状態であった。この度、自宅にて前側方へ転倒し、右鎖骨骨折にて手術及びリハビリテーション目的で入院となった。治療歴はないものの、頭部CT (Computed Tomography) にて両側の被殻や左前頭葉皮質下に陳旧性脳梗塞を認めた (図1)。手術翌日より理学療法開始となったが、当初より立位姿勢での体幹前傾を認めるうえに体幹前傾に対する本人の自覚が乏しいこともあり、セラピストによる口頭指示がなければ転倒してしまうほどであった。ICDSC (Intensive Care Delirium Screening Checklist)³⁾は1点 (診断基準3点以上⁴⁾) であり、せん妄は生じていなかった。腹直筋や内・外腹斜筋、脊柱起立筋のMMT (Manual Muscle Testing) は4であったものの立位姿勢にて同筋の筋緊張の低下を認めたため、これらの体幹筋の活動性を高める目的で体幹筋の筋力増強運動及び立位練習を14日間実施した。その結果、腹直筋や内・外腹斜筋、脊柱起立筋の筋力に若干の改善を認めるも、体幹筋の筋緊張に改善を認めず、立位不安定性に大きな変化を認めなかった。

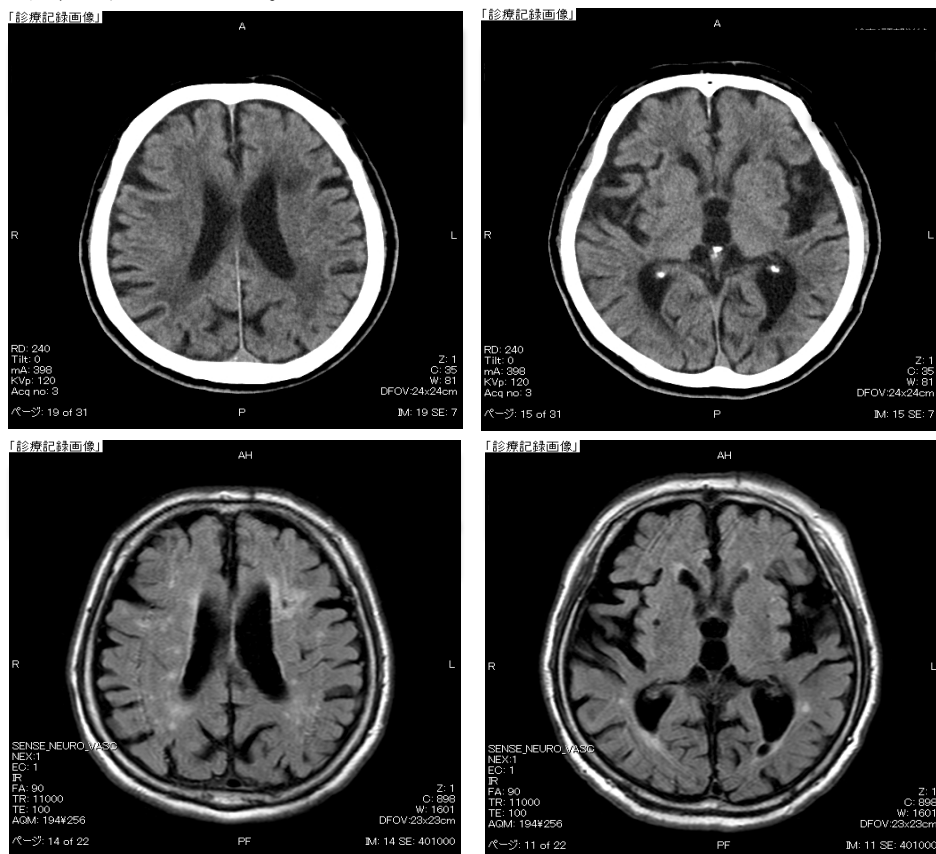


図1: 入院時の頭部CT (上段) と頭部MRI FLAIR (下段)

治療開始 14 日目時点での理学療法評価では、MMSE (Mini Mental State Examination) は 27/30 で認知機能に大きな問題はなかった。立位姿勢に関与する大殿筋、ハムストリングス、下腿三頭筋の MMT は 4 レベル以上であり、ROM (Range Of Motion) は著明な制限を認めなかった。BRS (Brunnstrom Recovery Stage) は上肢・手指・下肢ともに VI であり、深部腱反射は正常で病的反射は出現しなかった。感覚障害及び運動失調は認めず、両側の体幹筋に筋緊張の低下を認め、特に右体幹部で著明であった。また、立ち直り反応の減弱を認めた。起立台上で膝関節及び骨盤帯をベルトにて固定し、抗重力筋である下腿三頭筋が平地と同様の筋活動を示すとされる起立台 80°⁹⁾にて、左手で前方ハンドルを把持し、右手でアクリルコーン 10 個を左から右に移動させ、再度左に戻すという上肢課題を付加した立位保持を行った。アクリルコーン課題を始める前後の約 40 秒間の静止立位時間では体幹前傾を認めなかったが、アクリルコーン課題開始後に体幹は徐々に前傾し、ベッドに対して最大 60° まで前傾した (図 2)。尚、体幹の傾斜角度はベッド面と仙骨と頭頂を結ぶ線でなす角度で測定した。付加課題であるアクリルコーンの移動には 72 秒を要した。体幹前後傾に対する主観的身体垂直や主観的徒手の垂直に問題となる所見を認めなかった。TMT (Trail Making Test) は part A を 70 秒で完遂したが、part B は数字とカタカナの切り替えが困難なため実施困難であった。TMT の part A は選択性注意機能、part B は配分性及び転換性注意機能を反映する⁹⁾と報告されており、part A では次に向かうべき数字を理解しているものの、なかなか適切な目標を探すことができない場面が目立ち、part B は実施困難な状況が見られたことから選択性及び配分性、転換性注意障害が疑われた。かな拾いテストでは有意味文を用いて実施し、母音到達数 11 個のうち正答数は 5 個 (正答率 45%) であり、課題後の内容に関する聴取では一部不正解を認めるなど、内容の理解と母音の検索のどちらかの課題にしか注意が向けられず、配分性及び転換性注意障害が疑われた。トランプを用いて、指示された数字かマークのどちらかに合わせてカードを重ねるという WCST (Wisconsin Card Sorting Test) に類似したオリジナル課題 (図 3) では、指示による切り替えが困難なためエラーが顕著に認められたため、転換性注意障害が疑われた。

本症例は体幹筋の筋緊張低下、立ち直り反応の減弱を認めるものの四肢及び体幹の筋力に問題はないため、立位姿勢をとることは可能であった。しかし、二重課題環境下では過度な体幹前傾を認め、それに対する本人の自覚が乏しいために口頭指示がなくては転倒してしまうという特徴があった。そのため、食事以外の ADL (Activities of daily living) には介助を要す状態であった。以上より、本症例の動作上の問題点は、二重課題下で体幹が過度に前傾することである。

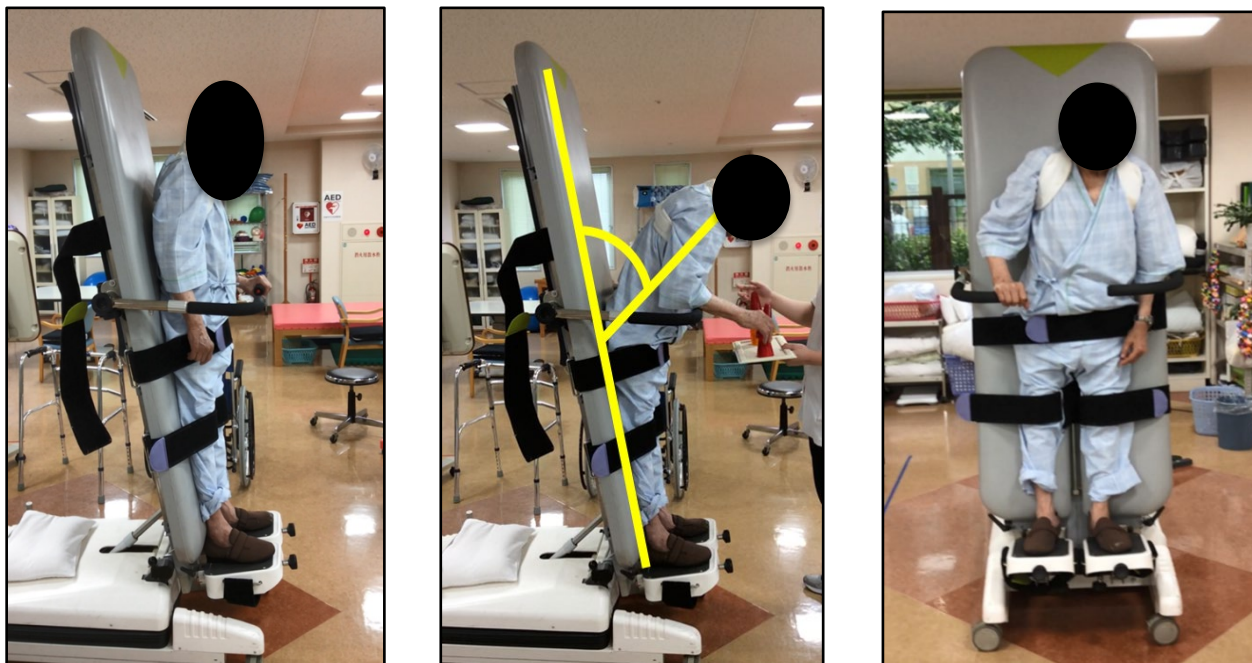


図 2 : 介入 14 日目の体幹前傾角度

開始肢位 (左図) 最大前傾状態 (中図) Tilt table 上の姿勢前額面 (右図)
二重課題遂行中は最大で 60° の体幹前傾を認めるが本人の自覚は乏しい。



図 3：トランプカード課題

最初は同じマーク同士のトランプを重ねるが、数回反復後に同じ数字同士のトランプを重ねるように指示を変更する。本症例はこの切り替えが出来ない。

3. 小考

3.1 立位保持での過度な体幹前傾に関する原因分析

筋緊張が低下している場合、無意識下での自動的な筋活動が得られ難いため、立位姿勢を保持する場面などでは意識的に筋を収縮する必要がある。意識的に制御する場合は常に筋収縮に注意を向けるため、多くの注意容量が要求される。本症例は配分性注意障害を認めるため注意容量が低下し、体幹筋の筋緊張低下による意識的制御を行うにも多くの注意容量が要求されると考える。そこに他の課題が加わることで注意容量は限界を超え、体幹を意識的に保持することが困難になったのではないかと考える。以上より、本症例が呈している体幹筋の筋緊張低下と配分性注意障害のメカニズムについて脳機能解剖学的分析を行う。

3.2 体幹筋の筋緊張低下に関する脳機能解剖学的分析

大脳基底核は大脳皮質や視床、脳幹網様体との線維連絡を持ち、運動や認知機能の制御を担っている⁷⁾。この大脳皮質と大脳基底核の線維連絡を大脳皮質-大脳基底核ループと言い、運動ループや眼球運動ループなどが存在する。市田ら⁸⁾は、被殻出血患者は大脳皮質-大脳基底核ループの直接路の興奮が増強し、間接路の抑制が増強するため視床への抑制信号が減弱し、結果として大脳皮質の活動が活性化することで、同側の体幹筋の筋緊張が低下すると報告している。体幹の筋緊張に関与する運動ループは、被殻及び淡蒼球上方を通過し⁹⁾、視床を介して大脳皮質 6 野に到達後、6 野から同側の橋網様体を通り同側の脊髄前角に下降する皮質橋網様体脊髄路を活動させることによって体幹筋の筋緊張を抑制させる作用を持つ¹⁰⁾。そのため、一侧の大脳皮質-大脳基底核ループの障害によって同側の体幹筋に影響を与えることが考えられる。本症例の FLAIR を確認すると、両側被殻に陳旧性の梗塞巣を認めるため、両側性に体幹筋の筋緊張低下が生じたと考えられる。また、右被殻の梗塞巣が左に比べて大きいことから、同側である右体幹筋の筋緊張が左に比べ優位に低下したものと考えられる。運動関連の大脳皮質-線条体回路は並列・分散処理され⁹⁾、中枢神経系の器質的変化は機能的再生が困難¹¹⁾であると考えられるため、両側体幹の筋緊張低下は改善しないものと考えられる。

3.3 配分性注意障害に関する脳機能解剖学的分析

注意機能は 4 つのコンポーネントを有しているが、中でも配分性注意は 2 つの課題を同時に遂行する二重課題遂行時に用いられる機能である。D'Esposito ら¹²⁾は視覚及び聴覚課題を同時に遂行する場合、それぞれを単独に実施する場合と比較して前頭前皮質の活動が増加し、中でも背外側前頭前野 (Dorsolateral Prefrontal Cortex, 以下、DLPFC) において特異的な活動増加を示したと報告している。また、Watanabe ら¹³⁾はニホンザルに注意及び記憶課題を学習させた後、それらを二重課題として同時に遂行した際のニューロン活動を計測し、背外側前頭前野の活動増加を認めている。さらに、二重課題は限りあるニューロンを 2 つの課題に必要なニューロン集団が競い合うために、各課題の作業成績が低下すると述べている。つまり、DLPFC のニューロン数が配分性の注意機能

に関係しており、そのニューロン数が減少すること、もしくは課題にかかる注意量の増加のどちらが生じてても各課題の作業成績が低下すると考えられる。

本症例の頭部 CT 及び FLAIR には左前頭葉皮質下に陳旧性の梗塞巣及び虚血像を認める。この梗塞巣は、前頭葉皮質下梗塞によって背外側前頭前野の機能低下が生じ、配分性及び転換性注意障害を呈した先行例と類似している¹⁴⁾。また、被殻及び前頭葉皮質下梗塞によって背外側前頭前野の血流低下が生じる¹⁵⁾と報告されていることから、本症例は左前頭葉皮質下の梗塞及び虚血によって左 DLPFC の活動が低下したものと考ええる。DLPFC は配分性注意機能に関与するが、DLPFC の損傷によって選択性注意障害や転換性注意障害にも影響を及ぼす¹⁶⁾¹⁷⁾と報告されている。本症例は TMT-A 検査時に選択性注意障害、トランプ課題で転換性注意障害を認めていることから、前頭葉皮質下梗塞によって左 DLPFC の機能低下が生じ、配分性及び選択性、転換性注意障害が生じていると考えられる。

4. 介入

介入 16 日目以降のプログラムを図 4 に示す。本症例は配分性注意障害を呈しており、立位保持にかかる注意負荷量を調整する必要があったため、起立台を用いた立位練習を開始した。起立台を用いた立位練習は 1 日 10 分 2 セット行い、角度は 80° から 5° 刻みで 90° まで漸増させた。漸増の基準は、各角度で自ら体幹の前傾に気付き修正する動作が見られた時点とした。90° での立位姿勢が安定した段階で骨盤帯のバンドを外すなど、負荷量の調整を行った。付加する課題としては、アクリルコーン 10 個を左から右に移動させ、再度左に戻すという単純な課題から実際の更衣動作に見立てた複雑な課題へと難易度を漸増させた。起立台上での立位保持が安定した段階で、平地での実際の ADL 練習へと移行した。

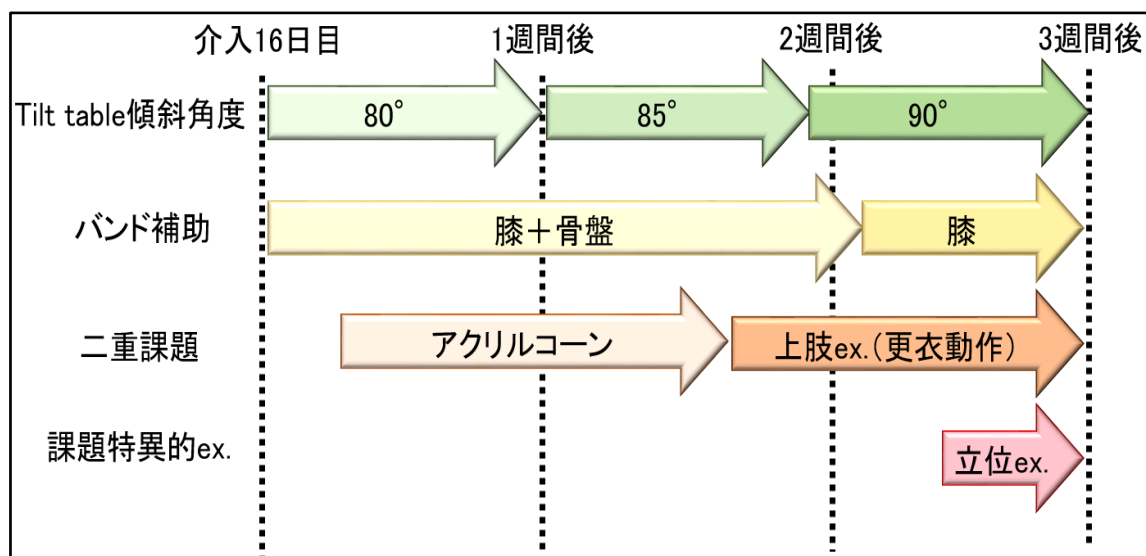


図 4：理学療法介入スケジュール

5. 治療効果

介入 3 週間後では、起立台 90° の立位保持にて骨盤帯ベルトの補助がない状況でも体幹前傾角度が 30° と改善を認め、アクリルコーンの移動も 54 秒に短縮するなど立位保持とアクリルコーン課題の両課題に改善を認めた (図 5)。この時点で、平地での立位保持が可能となり、基本動作及びトイレ動作は修正自立まで改善を認めた。TMT part A は 32 秒で遂行することが可能となり、目標探索時間が短縮された。part B は一度エラーを認めたものの 1 分 5 秒で遂行可能となった。かな拾いも到達数 15 のうち正答数 8 (正答率 53%) で内容理解が良好となった。トランプを用いたオリジナル課題で認めた保続に変化を認めなかった。以上より、選択性及び配分性注意障害の改善が確認できた。

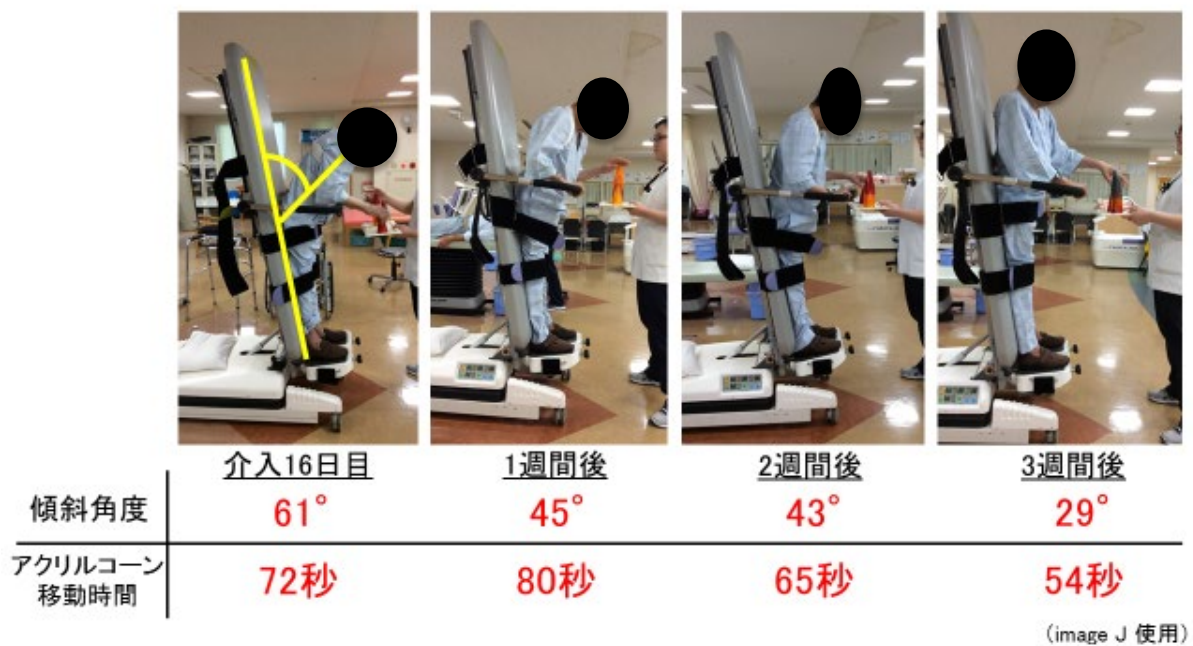


図 5：体幹最大前傾角度の 1 週間毎の推移

6. 考察

両側被殻梗塞による両側体幹筋の筋緊張低下(右優位)と左前頭葉皮質下梗塞による配分性注意障害によって二重課題環境下での立位保持が困難な症例に対し、起立台を用いて注意負荷量の調整を行った立位練習を行うことで立位保持能力の改善を認めた。特に主要問題点と考えられていた配分性注意障害に関しては TMT やかな拾いテストの結果より介入前後で改善を認めた。注意障害に対する治療法として、APT (Attention Process Training) や MAPT (Modified Attention Process Training)¹⁸⁾、CMDT (cognitive-motor dual task training)¹⁹⁾などが効果を認めているが、これらの治療は障害されている注意機能の各コンポーネントを機能させることで、関係する脳領域を賦活させることを目的としている。つまり、配分性の注意機能であれば DLPFC の神経活動を誘発することが必要となる。しかし、長澤ら²⁰⁾は、健常成人に対し負荷量の異なる二重課題を課し、負荷量の増大に伴い DLPFC の血流が増加する傾向を認めたものの、高負荷の二重課題では本来増加するはずの DLPFC の血流が減少、換言すれば DLPFC の活動が低下したことを報告している。つまり配分性注意障害の改善を図るために二重課題を実施する場合には、その注意負荷量が過剰にならないよう注意する必要があるということになる。本症例は立位保持において、筋緊張低下に伴い意識的に筋を収縮させる必要があるが、これに意識を向けることにより、立位保持中の二重課題が過剰な注意負荷量となっていた。そのため、立位保持自体の注意負荷量を起立台で調整し、簡単な付加課題から実施することで処理可能な二重課題環境を提供した。このような負荷量調整によって立位練習中に適度な DLPFC の活動が得られ、DLPFC における再組織化を促進したと考える。さらに、注意容量の増加によって配分性注意機能の改善に伴う二重課題環境下での過度な体幹前傾が改善したものと考える。TMT やかな拾いテストは配分性注意機能のみではなく選択性注意機能を反映するものでもあり²¹⁾、TMT 測定時に適切な数字を見つけるまでの時間が短縮している行動面からも、この度は選択性注意機能の改善も得られている可能性がある。選択性注意機能も DLPFC が関与しており¹⁷⁾、この度のアクリルコーン課題は注意を配分する要素の他、姿勢保持とアクリルコーン課題の 2 つの課題に対し注意を選択的に向ける要素が含まれているため、選択性注意機能の改善が得られたと考えられる。

また、介入は立位姿勢で行うものを中心に実施したため、頻回に抗重力位を経験することになった。抗重力位では前庭器への刺激が加わり、それが前庭神経核を介して室頂核、網様体へ投射される²²⁾。この小脳網様体路の活動によって、被殻梗塞で過活動状態になっている橋網様体を抑制し、体幹筋の筋緊張を改善させた可能性も考えられる。しかし、この点に関しては体幹筋の筋緊張に対し詳細な客観的評価が実施出来ておらず、その評価方法も含め、今後の課題である。

最後に、今回の介入では、注意負荷量の設定を主観的な見解のもとで行ったことから、課題の注意負荷量が妥当であったかどうかの判断を客観的に示すことができない。Akizuki ら²³⁾はプローブ反応時間と立位バランス課題の成績と唾液αアミラーゼに中等度の正の相関を認めたことを報告し、注意負荷量の評価に唾液αアミラーゼを用いることの有用性を示唆している。今後は課題の注意負荷量を客観的に測定するために、これらの知見を臨床現場でも検討する必要があると考える。

7. 結語

今回、体幹筋の筋緊張低下と配分性注意障害によって、二重課題下での立位保持で体幹の過度な前傾を認めた症例に対し、起立台を用いて負荷量調整を行った立位練習を実施したことで配分性注意障害と体幹の過度な前傾の改善を認めた。配分性注意障害を呈する症例に対しては運動負荷量を調整することと同様に、注意負荷量を調整することも重要であることが分かった。しかし客観的に注意負荷量の評価を行う方法についてエビデンスが不足しており、今後の課題であると考ええる。

文 献

- 1) Johnson JA, Zatorre RJ : Neural substrates for dividing and focusing attention between simultaneous auditory and visual events. *Neuroimage* 31(4) : 1673-1681, 2006.
- 2) 西口周, 山田実, 青山朋樹 : デュアルタスク下の歩行関連動作能力の評価と転倒リスク. *体育の科学* 65(5) : 319-323, 2015.
- 3) Roberts B, Rickard CM, Rajbhandari D, et al. : Multicentre study of delirium in ICU patients using a simple screening tool. *Australian Critical Care* 18(1) : 6-16, 2015.
- 4) 古賀雄二, 村田洋章, 山勢博彰 : 日本語版 ICDSC の妥当性と信頼性の検討. *山口医学* 63(2) : 103-111, 2014.
- 5) 越智亮, 太場岡英利, 森岡周 : Tilt table 傾斜角度増加に伴う荷重量変化と下肢筋活動の関係. *理学療法科学* 20(4) : 293-297, 2005.
- 6) 高岡徹, 尾崎浩子 : Trail Making Test. *Journal of Clinical Rehabilitation* 18(2) : 246-250, 2009.
- 7) Nelson AB, Kreitzer AC : Reassessing models of basal ganglia function and dysfunction. *Annual Review of Neuroscience* 37 : 117-135, 2014.
- 8) 市田修一, 石倉隆 : 在宅脳損傷者の立ち上がり動作障害を神経機能解剖学的に検討して, 理学療法介入方法を考える-右被殻出血により左片麻痺を呈し STS 動作に監視から介助を要した症例-. *大阪保健医療大学紀要* 1 : 15-35, 2018.
- 9) André P, Lili-NH : Functional anatomy of the basal ganglia. I. The cortico-basal ganglia-thalamo-cortical loop. *Brain Research Reviews* 20 : 91-127, 1995.
- 10) 寺島俊雄 : 神経回路 (1) 運動路. カラー図解 神経解剖学講義ノート, pp152-161, 金芳堂, 2011.
- 11) JR. Sanes, TM. Jessell : 損傷を受けた脳の修復. ER.Kandel (編) 金澤一郎, 宮下保司 (監修) : *カンデル神経科学* fifth edition, pp1258-1279, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2018.
- 12) D'Esposito M, Detre JA, Alsop DC, et al. : The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature* 378 : 279-281, 1995.
- 13) Watanabe K, Funahashi S : Neural mechanisms of dual-task interference and cognitive capacity limitation in the prefrontal cortex. *Nature Neuroscience* 17 : 601-611, 2014.
- 14) 狐野一葉, 棚田万里, 草野由紀 : Striatocapsular infarction と陳旧性大脳皮質梗塞との間に線状の白質病変を認めた 1 例. *臨床神経* 49 : 17-21, 2009.
- 15) 長谷川明, 内海裕也 : 皮質下梗塞における遂行機能と前頭前野背外側の脳血流. *東医大誌* 64(1) : 45-53, 2006.
- 16) Tekin S, Cummings JL : Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry: an update. *Journal of Psychosomatic Research* 53 (2) : 647-654, 2002.
- 17) Szczepanski SM, Knight RT : Insights into human behavior from lesions to the prefrontal cortex. *Neuron* 83(5) : 1002-1018, 2014.
- 18) 豊倉穰, 本田哲三, 石田暉・他 : 注意障害に対する Attention process training の紹介とその有用性. *リハビリテ*

ーション医学 29 : 153-158, 19.

- 19) Yokoyama H, Okazaki K, Imai D, et al. : The effect of cognitive-motor dual-task training on cognitive function and plasma amyloid β peptide 42/40 ratio in healthy elderly persons:a randomized controlled trial. BMC Geriatr15 (1) : 1-10, 2015.
- 20) 長澤大志, 荻原啓 : 課題間の注意機能差異および二重課題の過負荷が脳内血行動態と呼吸数, 心拍変動に与える影響. モバイル学会誌 6 (1) : 31-38, 2016.
- 21) 和田勇治, 間川博之, 本田哲三 : 注意障害. Journal of clinical rehabilitation13(5) : 405-412. 2004.
- 22) SG.Lisberger, W.T Thach : 小脳. ER.Kandel (編) 金澤一郎, 宮下保司 (監修) : カンデル神経科学 fifth edition, pp942-962, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2018.
- 23) Akizuki K, Ohashi Y : Salivary α -amylase reflects change in attentional demands during postural control : comparison with probe reaction time. Research quarterly for exercise and sport 85(4) : 502-508, 2014.

著者連絡先 : 津村宜秀 〒530-0043 大阪府大阪市北区天満 1 丁目 9 番 2 7 号 大阪保健医療大学
email: Yoshihide.tsumura@ohsu.ac.jp

©津村宜秀, 岩田篤, 石倉隆

小脳室頂核が情動・感情の調節に及ぼす機能的役割と 神経基盤に関する文献的考察

—小脳出血後 CCAS を呈した症例を通して—

岩田 篤 (大阪保健医療大学大学院) 津村 宜秀 (大阪保健医療大学)

石倉 隆 (大阪保健医療大学大学院)

Literature considerations of the functional role and neural basis of the cerebellar fastigial nucleus in emotional and affective regulation

—Through a case of CCAS after cerebellar hemorrhage—

Atsushi IWATA (Graduate School of Osaka Health Science University)

Yoshihide TSUMURA (Osaka Health Science University)

Takashi ISHIKURA (Graduate School of Osaka Health Science University)

(2019 年 11 月 25 日 受付、2020 年 3 月 16 日 受理)

要旨

今回、小脳出血後に情動・感情障害を呈した症例を通して、小脳傷害と情動・感情障害との関連について文献的考察を行った。その結果、解剖学的線維連絡の存在の証明から、小脳室頂核 (FN) は視床下部室傍核 (PVN) を介して、Yakovlev 回路を含む扁桃体での情動・感情発現を調節している可能性が示唆された。これらの発現の中心的役割を担う扁桃体は、脳の様々な領域と線維連絡を有することから、今回行った FN 以外の扁桃体に対する線維連絡の機能的役割についても明らかにすることで、情動・感情調節に対する統合的な治療戦略の構築が可能になるものと考えられた。

Summary

In this study, we reviewed the literature concerning the relationship between cerebellar injury and emotional and affective disorders through a case of emotional and affective disorders after cerebellar hemorrhage. As a result, the possibility was suggested that the cerebral fastigial nucleus (FN) regulated emotional and affective expression in the amygdala composing the Yakovlev circuit via the paraventricular hypothalamic nucleus (PVN) by the proof of the existence of anatomical fiber communication. Since the amygdala, which plays a central role in these expressions, has fiber communication with various regions of the brain, we thought it would be possible to develop the integrated therapeutic strategy for emotional and affective regulation by clarifying the functional role of fiber communication for amygdala other than FN.

キーワード : 小脳室頂核、視床下部室傍核、扁桃体、情動・感情障害、CCAS

Keywords : fastigial nucleus, paraventricular hypothalamic nucleus, amygdala, emotional and affective disorder, CCAS

1. はじめに

1824 年に Flulan は、小脳切除により運動障害が出現することを動物実験で明らかにした¹⁾。また、ヒトに関する報告は Babinski²⁾ の推尺異常の研究や Holmes³⁾ による運動開始の遅れに関する研究などが知られており、小脳は専ら運動の調節に関与する器官として考えられてきた。

ところが、脳の形態画像や機能画像の解析技術が進歩してきた 1980 年代頃より、小脳が運動機能のほかに、高次の認知機能に関わることや、うつ状態などの情動障害に関与することが示唆され始めた。例えば Kim ら⁴⁾ はペグボードパズルを使用した認知的活動を伴う動作課題によって、また Gao ら⁵⁾ は知覚弁別課題や探索課題などの運動を伴わない課題においても小脳が活性化することを報告し、それらの関係を明らかにした。そして 1998 年、Schmahmann ら⁶⁾ は、小脳病変を有する患者らに言語・認知・記憶および感情の障害が生ずることを臨床経過としてはじめて報告し、それらの症状の一群に対して Cerebellar cognitive affective syndrome (CCAS) という概念を提唱した。この報告以来、小脳と認知機能との関係についてはさらに注目が高まり、以後症例報告が相次いでいる⁷⁻¹¹⁾。その理論的根拠としては、Middleton ら¹²⁾ が報告した小脳歯状核と前頭葉 Brodman (BA) 46 野との解剖学的線維連絡の存在によるところが大きい。

一方、情動・感情障害に関しては、小脳傷害により性格変化や自発性の低下が出現するとの記載はあるものの、その発現機序については明らかにされていない。

そこで、小脳出血後に強い情動・感情障害と認知機能障害を呈した症例を通して、特に不明な点が多い情動・感情機能を中心に、小脳構造および神経連絡などの形態学的視点ならびに機能画像による機能的視点をもとに、小脳傷害における情動・感情障害の発現機序に関する文献的考察を行った。これらが明らかになることで、小脳傷害により生じた情動・感情障害に対するリハビリテーション（リハ）の介入方法または対処法を明らかにする一助となる可能性があると考えられたため報告する。なお、今回の報告にあたっては、症例本人および家族からの同意を得た。

2. 症例紹介

70 歳代女性。右利き。小脳出血後遺症。X 年 Y 月の昼前頃、自宅で倒れているところを家族が発見。Japan Coma Scale (JCS) III-100 の意識障害があり A 病院へ救急搬送された。5cm 大の小脳出血が指摘され、同日開頭血腫除去術、脳室ドレナージ術が施行された。Y+1 月、B 病院へ転院。うつ傾向、易疲労性を認め、リハは進み難い状況であった。Y+8 月、リハの継続目的にて C 病院へ入院の運びとなった。既往歴は、未破裂脳動脈瘤術後 (X-8 年)、うつ障害 (X-6 年)。家族歴に特記事項はなかった。病前は長男家族 (孫 2 人) と同居し、畑仕事をするなど日常生活活動 (Activity of daily Living : ADL) は自立しており、性格は穏やかであった。

C 病院入院時、意識清明。運動機能は、筋骨格系に関しては、関節可動域において軽度の円背を認めたが、その他著明な制限なし。筋力は、股関節周囲筋 (大殿筋、中殿筋) において Manual Muscle Test (MMT) 2 レベル、それ以外は 4 レベルであった。神経学的所見としては、腱反射が四肢ともに亢進、病的反射は Babinski 反射・Hoffman 反射ともに両側陰性であった。筋緊張は右上下肢軽度固縮、左上下肢は低緊張であった。運動失調検査では、左上下肢に企図振戦を認めた。感覚は、表在覚・深部覚ともに異常を認めなかった。

認知機能は Development of the revised version of Hasegawa's Dementia Scale (HDS-R) 17 点、Frontal assessment battery (FAB) 5 点、Tapping Span は forward 4 桁・backward 4 桁、Digit Span は forward 4 桁・backward 0 桁であり、行動観察も併せて判断した結果、遂行機能障害、脱抑制 (基本的欲求を繰り返す言う)、保続、注意の選択・配分・転換の障害などを認めた。また、自身にとって好ましくない場面においても自らその状況を訴えるようなことはなかった。一方で、車椅子乗車中にセラピストが車椅子を壁に近づけた際に危険だと感じたら申告するオリジナルの危険認知課題を行ったところ課題場面では危険認知が可能であった。精神機能面においては、自発的行動や自発話などをほとんど認めず、自発性の低下を認めた。また、笑ったり、怒ったりなどの感情表現がほとんどないほか、発語がある際にも言葉に抑揚がなく、感情の平板化を認めた。

基本動作は、寝返り・起き上がり・端座位までは動作上は自立レベルであり、立ち上がりは、上肢使用にて可能であった。立位保持や歩行は、シルバーカーを使用し概ね近位監視にて可能であったが、方向転換や着座時には注意深く動作を行う様子がみられず介助を要した。Function Independence Measure (FIM) の運動項目は 57/91 点、認知項目は 18/35 点、合計 75/126 点であった。また、Barthel Index (B.I) は、排尿・排便コントロールの項目以外は全て減点であり合計 55 点であった。

3. 着目した問題点

本症例における特徴的な臨床所見は、他者からの誘導があれば行動が開始されるが、自らの意志あるいは欲求で行動を発現させることが極めて少なく、感情の起伏もほとんど認めず、危険を積極的に回避するような行動もみられないことで、多くの ADL に介助を要していることであった。一見これらの症状はパーキンソニズムの無動の極型とも考えられたが、筋緊張の高度な亢進や振戦、純粹無動症で特徴的なすくみ足など、その他の徴候は認めなかったことから、基底核系の障害により出現したものではなく、意志や意欲に関する認知・情動の障害により、活動性が低下していると考えられた。また、既往歴として 6 年前に夫の他界に伴ったうつ障害を有していたが、小脳出血を発症する直前までは自宅で畑仕事なども行いながら自立した生活を送っていたことから、本症例に特徴的な認知・情動障害（感情の平板化）は、今回生じた小脳出血が直接の原因と考えられた。以上より、小脳傷害と情動・感情障害との関係について、文献的考察を踏まえその神経メカニズムを明らかにする。

4. 情動・感情障害に対する神経学的仮説分析

小脳の傷害と情動・感情障害との関係は、小児外科領域から多くの報告がなされており、その大半は腫瘍の摘出後に性格変化や行動異常、あるいは感情の不安定さを認めたとするものである^{13) 14)}。また、その責任病巣は、小脳虫部が指摘されている。本症例においても、CT 所見より、小脳出血後に生じたと思われる小脳虫部の萎縮性変化が確認された（図 1）。

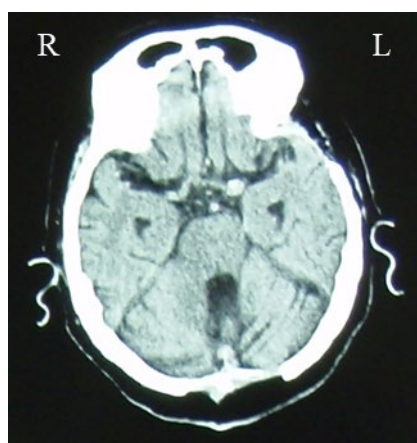


図 1. CT 所見（小脳虫部レベル）

しかし、小脳の構造から小脳自体が情動・感情を直接的に発現させる器官として存在しているとは考え難い。伊藤¹⁵⁾は、小脳はどの領域においても一様の幾何学模様の構造をしていることから、その作動原理はどの領域でも同じであると述べている。つまり、小脳における運動への関わりは、筋に対する直接的な運動命令を出力することではなく、小脳プルキンエ線維に対して、登上線維からの入力により苔状線維からの入力に長期抑圧を受け、シナプス伝達の効率が低下したことで生じる誤差学習をもとにした運動調節が中心的役割と考えられている。よって、情動・感情においても同様の作動原理が働いていると予測され、小脳が情動・感情発現そのものを行っているというよりも、情動・感情発現を行なっている脳領域に対して、それらの機能を調節するという形で寄与している可能性が高い。そこで、情動・感情を直接発現させている脳領域を抽出し、その領域と小脳との関連性を明らかにすべきだと考えた。

情動・感情発現にとって最も重要な役割を果たしている器官は扁桃体である。扁桃体は、大脳皮質や視床を介して、外界や身体内部からの膨大な情報を集め、その刺激が生体にとって有益か有害かの価値判断を行うとされている¹⁶⁾。また、この情動・感情発現には、扁桃体のみならず、扁桃体を中心とした Yakovlev 回路（扁桃体—視床背内側核—前頭葉眼窩底面—側頭極—扁桃体の閉ループ回路を形成）の存在が重要視されている。ところが、文献検索の結果、この Yakovlev 回路を含めた扁桃体と小脳との間には直接的な神経連絡の存在が確認できなかった。つまり、神経連絡が確認できない以上、小脳が直接扁桃体に働きかけているとは考え難く、別ルートでの情動・感情調節の神経基盤が存在するものと考えられた。

さらに検索を進めた結果、扁桃体と視床下部室傍核（Paraventricular hypothalamic nucleus : PVN）との間に双方向

Diagram illustrating the Yakovlev circuit (Yakovlev回路) and its connections to various brain regions:

- 前頭葉眼窩底皮質** (Prefrontal Orbital Cortex) connects to **側頭極** (Entorhinal Cortex).
- 側頭極** connects to **扁桃体** (Amygdala).
- 扁桃体** connects to **視床下部室傍核 (PVN)** (Hypothalamic Paraventricular Nucleus).
- 視床下部室傍核 (PVN)** connects to **視床背内側核 (DM)** (Dorsomedial Nucleus of the Thalamus).
- 視床背内側核 (DM)** connects to **視床** (Thalamus).
- 視床** connects to **大脳皮質** (Cerebral Cortex).
- 大脳皮質** connects to **海馬** (Hippocampus).
- 海馬** connects to **小脳室頂核 (FN)** (Nucleus of the Cerebellar Vermis).
- 小脳室頂核 (FN)** connects to **帯状回** (Cingulate Gyrus).
- 帯状回** connects to **前頭葉眼窩底皮質**.

Modulatory pathways (indicated by red 'X' marks and numbers):

- ③** Modulation of the connection between **扁桃体** and **視床下部室傍核 (PVN)**.
- ④** Modulation of the connection between **視床下部室傍核 (PVN)** and **視床背内側核 (DM)**.
- ③'** Modulation of the connection between **海馬** and **小脳室頂核 (FN)**.

Other connections and inputs:

- ①** Sensory input (感覚入力) to **視床**.
- ②** Connection from **扁桃体** to **視床**.
- ②'** Connection from **視床** to **扁桃体**.
- ⑤** Connection from **扁桃体** to **帯状回**.

情報処理過程を模式図で示す。①はじめに感覚入力が視床に到達する。②その情報が直接あるいは②' 大脳皮質や②' 海馬を経由して扁桃体に到達する。③その後、PVN に情報が伝達され、③' FN からの修飾を経て、④情動反応が発現される。④' 同時に扁桃体へ FN からの修飾を受けた PVN からの情報が送り返され、⑤ヤコブレフ回路を介して感情が調節される。

大阪保健医療大学紀要, Vol.3, (2020)

解と実際の行動との間に解離が生じていた原因ではないかと考えた。

最後に、本症例は認知機能障害に比べて情動・感情障害が重度であった。その原因は病巣に起因する可能性が考えられた。小脳の認知機能障害に対する責任病巣としては歯状核が指摘されている。その根拠は、小脳歯状核からの対側前頭葉（BA46 野）への解剖学的線維連絡の存在である。本症例において、歯状核が傷害されていたのは左側のみであったことから、反対側は機能していたと考えられた（図 3）。一方、小脳虫部は図 1 より、両側性に傷害されている可能性があり、代償機転が作用しなかったことが、本症例において情動・感情障害が認知機能障害よりも重度に生じていた原因と考えられた。

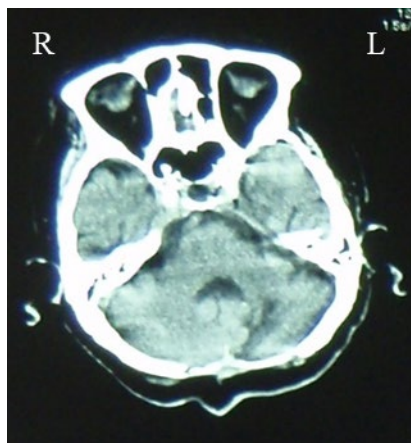


図 3. CT 所見（小脳歯状核レベル）

5. 結語

小脳出血後に情動・感情障害を呈した症例を通し、小脳傷害と情動・感情障害との関係について文献的考察を行った。その結果、解剖学的線維連絡の存在の証明から、FN は PVN を介して Yakovlev 回路を含む扁桃体での情動・感情発現を調節している可能性が示唆された。

脳はネットワークによって機能すると言われている。これは、ネットワークの一部が傷害されることで、損傷領域に関連する損傷領域以外の症状が出現することもあるれば、その他の領域で損傷領域の機能を代償できる可能性があることも意味する。つまり、ネットワークの中の損傷領域および非損傷領域を詳細に分析し、傷害を免れた領域の機能回復に着目することで症状の改善が期待できる可能性がある。今回は FN の情動・感情調節に関する分析のみを行ったが、情動・感情発現の中心的役割を担う扁桃体は脳の様々な領域と線維連絡を有することが明らかにされていることから、扁桃体に対するその他の線維連絡の機能的役割も詳細に分析することで、情動・感情障害に対する統合的な治療戦略の構築が可能になると考えられた。

文 献

- 1) 伊藤正男：運動制御の神経機構．計算と制御 18 (1)：16-21, 1979.
- 2) Babinski J (萬年甫・訳)：神経学の源流 I ババンスキー，第 6 章，東京大学出版会，1992.
- 3) Holmes G: The symptoms of acute cerebellar injuries due to gunshot injuries. Brain 40: 461-535, 1917.
- 4) Kim SG, Ugurbil K, Strick PL: Activation of a cerebellar output nucleus during cognitive processing. Science 265: 949-951, 1994.
- 5) Gao JH, Parsons LM, Bower JM, et al: Cerebellum implicated in sensory acquisition and discrimination rather than motor control. Science 272: 545-547, 1996.
- 6) Schmahmann JD, Sherman JC: The cerebellar cognitive affective syndrome. Brain 121: 561-579, 1998.
- 7) 工藤由里，中野あずさ，佐藤厚・他：小脳出血後，認知，感情，行動障害がリハビリテーションの障害となった一例．リハ医学 42 (7)：463-468, 2005.
- 8) 田中一成，山崎英智，佐藤友治・他：小脳出血により生じた Cerebellar cognitive affective syndrome の一症例．

総合リハ 34 (8) : 793-796, 2006.

- 9) 大沢愛子, 前島伸一郎: 小脳を中心としたテント下病変の高次脳機能. 高次脳機能研究 28 (2) : 192-205, 2008.
- 10) 出口一郎, 荒木信夫, 前島伸一郎・他: 上小脳動脈灌流域の梗塞により Cerebellar cognitive affective syndrome を呈した 1 例. 脳卒中 30 (5) : 749-754, 2008.
- 11) 伊藤俊幸, 菊池由香利, 大沢愛子・他: Cerebellar cognitive affective syndrome と考えられた 1 症例に対するリハビリテーションの経験. OT ジャーナル 30 (5) : 619-625, 2011.
- 12) Middleton FA, Strick PL: Anatomical evidence for cerebellar and basal ganglia involvement in higher cognitive function. Science 266: 458-461, 1994.
- 13) Pollack IF, Polinko PA, Albright AL, et al: Mutism and pseudobulbar symptoms after resection of posterior fossa tumors in children: incidence and pathophysiology. Neurosurgery 37: 885-893, 1995.
- 14) Levisohn L, Cronin GA, Schmahmann JD: Neuropsychological consequences of cerebellar tumor resection in children: cerebellar cognitive affective syndrome in a paediatric population. Brain 123(5): 1041-1050, 2000.
- 15) 伊藤正男: 小脳の構造と高次神経機能. 分子精神医学 7 (1) : 2-8, 2007.
- 16) 小野武年, 西条寿夫: 知・情・意の神経機構. Brain and Nerve 60 (9) : 995-1007, 2008.
- 17) Nieuwenhuys R, Voogd J, Huijzen C (水野昇・訳): 図説中枢神経系 第 2 版, pp292, 医学書院, 1991.
- 18) Katafuchi T, Koizumi K: Fastigial inputs to paraventricular neurosecretory neurons studied by extra- and intracellular recordings in rats. Journal of Physiology 421: 535-551, 1990.
- 19) Zhu JN, Yung WH, Kwok-Chong B, et al: The cerebellar-hypothalamic circuits: potential pathways underlying cerebellar involvement in somatic-visceral integration. Brain Res Rev 52(1): 93-106, 2006.
- 20) Feinstein JS, Adolphs R, Damasio A, et al: The Human Amygdala and the Induction and Experience of Fear. Current Biology 21: 34-38, 2011.

著者連絡先: 岩田篤 〒530-0043 大阪府大阪市北区天満 1 丁目 9 番 27 号 大阪保健医療大学
email: atsushi.iwata@ohsu.ac.jp

©岩田篤、津村宜秀、石倉隆

上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩回旋筋力測定法の開発

竹田 敦 (第一東和会病院) 境 隆弘 (大阪保健医療大学大学院)

Development of shoulder rotation muscle strength measurement method excluding the effect of side to side difference in humeral retroversion angle.

Atsushi TAKEDA (First Towakai Hospital),
Takahiro SAKAI (Graduate School of Osaka Health Science University)

(2019 年 11 月 22 日受付, 2020 年 3 月 9 日受理)

要旨

上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩筋力測定法を考案し、その信頼性について検討した。野球経験者 6 人 12 肩を対象に後捻角度と後捻角度の左右差の影響を除外した肩等尺性筋力を調査した。後捻角度は超音波画像診断装置と電子角度計を用いて計測した。肩筋力は microFET II を用いて肩 90 度外転位における外旋・内旋筋力を 2 組の検者が計測した。肩 90 度外転位における内外旋中間位から後捻角度の値を増減させた肢位で筋力を計測することで、後捻角度の左右差を除外した。考案した筋力測定法の信頼性を級内相関係数 (ICC) により検討した。検者内信頼性 (ICC1.1) は検者 A が外旋 0.78、内旋 0.87、検者 B が外旋 0.70、内旋 0.74 であった。検者間信頼性 (ICC2.1) は外旋 0.87、内旋 0.76 であった。今回考案した肩筋力測定法の信頼性は許容できるものであると考えられた。

キーワード: 野球選手、上腕骨後捻角度、肩筋力

Keywords: baseball player, humeral retroversion, shoulder muscle strength

1. はじめに

投球動作時の肩痛に関わる身体所見として、肩甲骨位置の異常¹⁾、肩後方タイトネス²⁾、肩前方不安定性^{3,4)}、腱板筋力低下^{5,6)}、股関節柔軟性低下⁷⁾などのコンディション不良が関与していると考えられている。肩筋力と投球障害肩の関係について Mihata ら⁵⁾は、腱板構成筋の筋力不均衡により強烈的なインターナルインピンジメントが生じ投球障害肩につながる可能性を述べており、小山ら⁶⁾は投球時肩痛を認める野球選手では肩筋力低下を認める割合が多かったことを述べている。これらのことから、野球選手に対して肩関節筋力を評価することは重要であると考えられる。野球選手に対する肩関節筋力評価は MMT や等尺性筋力測定器で評価されるが、これらの評価方法は投球側と非投球側を左右対称として計測を行い、筋力の左右差を比較する。しかし、投球動作を繰り返す野球選手においては上腕骨後捻角度が投球側と非投球側で異なることが報告されており^{8,9)}、見かけ上は左右対称な肢位で筋力測定をしたとしても、上腕骨後捻角度の左右差により実際の骨の位置関係は投球側と非投球側で異なっていると考えられる。これらのことから、上腕骨後捻角度の左右差を認める野球選手では、左右対称の肢位で肩筋力を評価すると肩軟部組織の緊張が左右で異なるため、計測された筋力測定値に影響を与える可能性が考えられる。しかし現在のところ、上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩筋力測定法は報告されておらず、従来の左右対称な肢位で筋力評価が行われている。よって、上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩筋力測定法の確立が必要であると考えた。本研究の目的は、“野球選手における肩筋力の正確な左右差”の評価法として、上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩筋力測定法を考案し、その信頼性について級内相関係数を用いて検討することである。

2. 方法

2.1 対象と方法

対象は小学生の時に野球経験のある成人男性 6 人 12 肩（年齢 29.8 ± 7.5 歳、野球歴 6.2 ± 1.9 年）とした。投球側は全例右投げであり、肩関節に疼痛や脱臼不安定感などの愁訴は認めなかった。尚、本研究は大阪保健医療大学研究倫理委員会より承認を受け（承認番号：大保大研倫理 1601）、対象者には本研究の主旨を十分に説明し、実験への参加についての同意を得て実施した。

調査項目は上腕骨後捻角度と肩 90 度外転位における等尺性肩外旋・内旋筋力とした。上腕骨後捻角度の計測は Mihata ら⁹⁾や Nakase ら¹⁰⁾の方法に準じ、超音波画像診断装置（東芝メディカルシステムズ株式会社製 Xario 200）と電子角度計（M-D Building Products 社製 SMART TOOL）を用いて計測した。まず対象者を背臥位肩関節 90 度外転位・肘関節 90 度屈曲位・前腕回内外中間位とし、一人の計測者がプローブを上腕骨近位に当て結節間溝を描出した。次にモニター上に描出された大結節と小結節を結ぶ線が床面と平行になるよう、もう一人の計測者が肩関節を回旋させた。モニター上に描出された大結節と小結節を結ぶ線が床面と平行となった肢位で前腕に電子角度計を当て、その際の床面（に平行な直線）と前腕のなす角度（ α ）を上腕骨後捻角度とした（図 1）。この α が大きいほど上腕骨後捻角度が大きいことを表わす。Nakase ら¹⁰⁾はこの計測法の信頼性（ICC）を調査し、検者内信頼性（ICC1.1）が 0.92、検者間信頼性（ICC2.1）は 0.89 であったことを報告している。本研究において上腕骨後捻角度の計測は 2 回ずつ行い、その平均値を採用した。

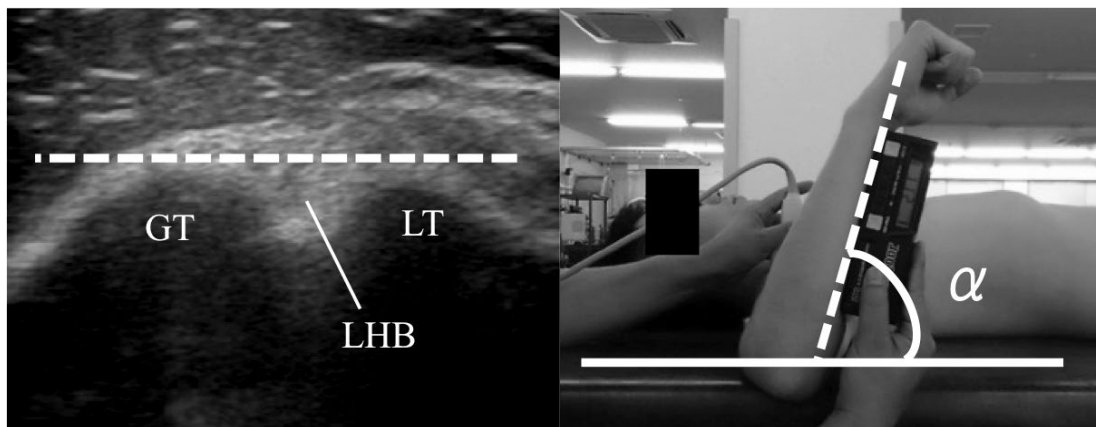


図 1 上腕骨後捻角度の計測方法

左図：モニター上に描出された上腕骨結節間溝。GT（大結節）、LT（小結節）、LHB（上腕二頭筋長頭腱）。

右図：上腕骨後捻角度の計測。モニター上に描出された GT と LT が床面と平行になるように肩関節を回旋させ、その肢位における床面に並行な直線と前腕のなす角度（ α ）を計測した。

肩筋力は等尺性筋力測定器（micro FET II：HOGGAN 社製）を用いて肩 90 度外転位における外旋・内旋等尺性筋力を計測した。上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外するために、角度計（村中医療機器株式会社製）を用いて肩内外旋中間位から上腕骨後捻角度の平均値を 1° 単位で増減させた肢位を計測肢位とした。計測は 2 人 1 組の理学療法士で実施した。対象者を背臥位、肩関節 90 度外転位・内外旋中間位とした後、1 人の理学療法士が肩回旋角度を内外旋中間位から上腕骨後捻角度を増減させた回旋位と設定した。その後、もう 1 人の理学療法士が筋力測定器を前腕の遠位に当て、外旋・内旋等尺性筋力を計測した（図 2）。筋力の計測は 2 回ずつ行い、その平均値を採用した。計測法の信頼性を評価するために 2 組の検者（検者 A と検者 B）が同じ計測を 1 週間以上の間隔を空けて 2 回実施した。

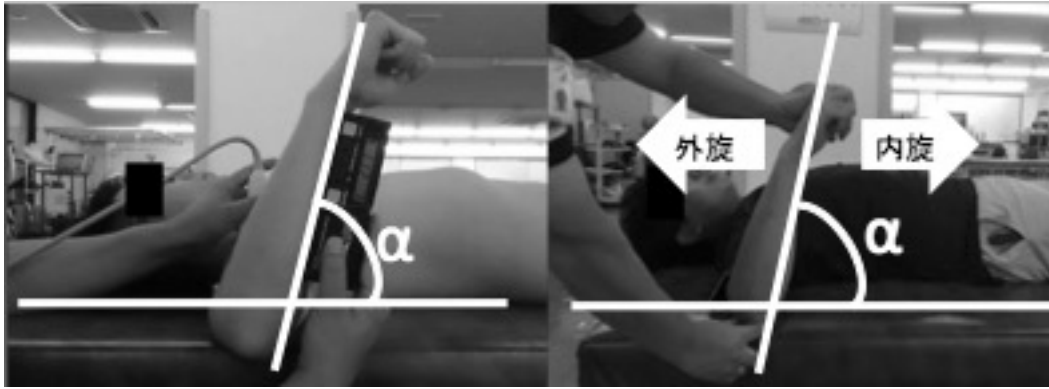


図2 肩 90 度外転位における肩筋力測定肢位

左図：超音波画像診断装置と電子角度計により α （上腕骨後捻角度）を計測した。

右図：肩関節 90 度外転位・内外旋中間位・肘関節 90 度屈曲位・前腕回内外中間位から角度計を用いて α の角度を 1 度単位で増減させた肢位を筋力測定の計測肢位とした。

2.2 統計学的解析方法

上腕骨後捻角度の結果から、対象者の投球側と非投球側の左右差の比較を行った。まず Shapiro-Wilk 検定を用いて投球側と非投球側の計測値が正規分布しているかを検討し、次に F 検定を用いて 2 群が等分散しているかについて検討した。その結果、2 群が正規分布しており、等分散も仮定できる場合は対応のある t 検定を、2 群が正規分布しているが等分散を仮定できない場合には Welch の t 検定を、正規分布も等分散も仮定できない場合には Wilcoxon の符号付順位和検定を用いて投球側と非投球側を比較した。有意水準は危険率 5%未満とした。

上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩筋力測定法の信頼性は級内相関係数（ICC）を用いて検討した。検者内の信頼性（ICC1.1, ICC1.2）は 2 人 1 組の理学療法士が 1 週間以上の間隔を空けて同じ計測を行った結果から算出した。検者間の信頼性（ICC2.1, ICC2.2）は 2 組の検者（検者 A と検者 B）が同じ計測を行った結果から算出した。

3. 結果

3.1 上腕骨後捻角度の左右差

上腕骨後捻角度は投球側が $95.3 \pm 10.6^\circ$ で非投球側が $83.4 \pm 11.5^\circ$ であり投球側が非投球側に比べて有意に大きかった（ $p < 0.05$ ：対応のある t 検定）（図 3）。投球側と非投球側における上腕骨後捻角度の左右差は平均 11.9 度であった。

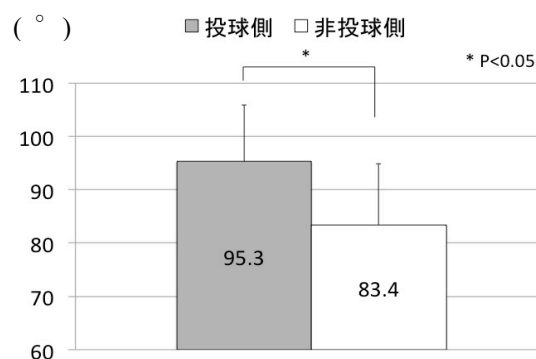


図3 投球側と非投球側における上腕骨後捻角度
（グラフ内の数値は平均値を示す）

3.2 上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肢位における肩外旋・内旋筋力測定値

検者 A における初回計測時の肩筋力測定値は、90 度外転位外旋の投球側が $10.9 \pm 2.0\text{kg}$ 、非投球側が $11.2 \pm 3.0\text{kg}$ 、90 度外転位内旋の投球側が $12.4 \pm 3.5\text{kg}$ 、非投球側が $12.2 \pm 2.8\text{kg}$ であった。検者 A が 1 週間以上の間隔を空けて実施した 2 回目の肩筋力測定値は 90 度外転位外旋の投球側が $10.7 \pm 2.5\text{kg}$ 、非投球側が $10.4 \pm 3.0\text{kg}$ 、90 度外転位内旋の投球側が $11.5 \pm 3.1\text{kg}$ 、非投球側が $11.3 \pm 3.2\text{kg}$ であった（表 1）。

表 1 検者 A における上腕骨後捻角度補正後の肩外旋・内旋筋力値

検者 A		初回		2 回目	
		投球側	非投球側	投球側	非投球側
90 度外転位	外旋	10.9 ± 2.0	11.2 ± 3.0	10.7 ± 2.5	10.4 ± 3.0
	内旋	12.4 ± 3.5	12.2 ± 2.8	11.5 ± 3.1	11.3 ± 3.2

単位：kg、平均値±標準偏差

検者 B における初回計測時の肩筋力測定値は、90 度外転位外旋の投球側が $10.5 \pm 2.1\text{kg}$ 、非投球側が $10.1 \pm 2.4\text{kg}$ 、90 度外転位内旋の投球側が $10.4 \pm 2.7\text{kg}$ 、非投球側が $10.6 \pm 2.2\text{kg}$ であった。検者 B が 1 週間以上の間隔を空けて実施した 2 回目の肩筋力測定値は 90 度外転位外旋の投球側が $9.7 \pm 1.8\text{kg}$ 、非投球側が $9.7 \pm 2.6\text{kg}$ 、90 度外転位内旋の投球側が $9.9 \pm 2.1\text{kg}$ 、非投球側が $10.3 \pm 2.6\text{kg}$ であった（表 2）。

表 2 検者 B における上腕骨後捻角度補正後の肩外旋・内旋筋力値

検者 B		初回		2 回目	
		投球側	非投球側	投球側	非投球側
90 度外転位	外旋	10.5 ± 2.1	10.1 ± 2.4	9.7 ± 1.8	9.7 ± 2.6
	内旋	10.4 ± 2.7	10.6 ± 2.2	9.9 ± 2.1	10.3 ± 2.6

単位：kg、平均値±標準偏差

3.3 上腕骨後捻角度の影響を除外した肩筋力測定法の検者内および検者間信頼性

上腕骨後捻角度の影響を除外した肢位における肩筋力測定法の検者内信頼性（ICC1.1）は検者 A の外転位外旋が 0.78、外転位内旋が 0.87 であり、検者 B の外転位外旋が 0.70、下垂位内旋が 0.74 であった。また、検者間の信頼性（ICC2.1）は外転位外旋が 0.87、外転位内旋が 0.76 であった。

次に ICC（1.1）と ICC（2.1）の結果を基に ICC（1.2）と ICC（2.2）を算出したところ、検者内信頼性（ICC1.2）は検者 A の外転位外旋が 0.88、外転位内旋が 0.93 であり、検者 B の外転位外旋が 0.82、下垂位内旋が 0.85 であった。また、検者間の信頼性（ICC2.2）は外転位外旋が 0.93、外転位内旋が 0.86 であった。

4. 考察

野球選手の肩筋力を定量的に評価するためには、CYBEX などの等速性筋力測定器や Hand-Held Dynamometer（HHD）などの計測機器を用いる必要がある。等速性筋力測定器は機器が高価であり計測場所も限られるため、臨床的には機器が安価であり簡便に肩筋力を定量的に評価できる HHD が用いられることが多い。小室ら¹¹⁾は CYBEX で計測した肩等尺性筋力とマイクロフェットにより計測された肩等尺性筋力の間には高い相関を認めたことを報告している。一方で、内川ら¹²⁾は KIN-COM を用いた肩外旋筋力測定の見直しで、筋力測定器は肩関節の単一筋の筋力測定目的には使用できず、機器を用いて肩関節の筋力評価を行う場合は、計測肢位や計測時の固定などを厳密に規定してもその再現性には疑問が残ると報告している。今回、Micro FET II を用いて徒手的に計測

した本法の検者内信頼性（ICC1.1）は、検者 A の肩 90 度外転位外旋が 0.78、外転位内旋が 0.87 であり、検者 B の肩 90 度外転位外旋が 0.70、外転位内旋が 0.74 であった。また、本法における検者間信頼性（ICC2.1）は肩 90 度外転位外旋が 0.87、外転位内旋が 0.76 であった。桑原ら¹³⁾は ICC 値の評価基準を ICC0.7 以上で“普通”、ICC0.8 以上で“良好”と報告しており、本法における検者内信頼性および検者間信頼性は概ね許容できる結果であると考えられた。

当麻ら¹⁴⁾は Power Track II を用いた徒手的な筋力測定法の信頼性について検討し、検者内信頼性（ICC1.1）は下垂位外旋で 0.64～0.88、下垂位内旋で 0.63～0.87、外転位外旋で 0.40～0.96、外転位内旋で 0.69～0.88 であり、外転位での筋力測定の信頼性が一部低かったと報告している。一方で村井ら¹⁵⁾は固定用ベルトを用いた HHD による肩下垂位と 90 度外転位における外旋・内旋筋力測定の信頼性を調査し、検者内信頼性はいずれも 0.96～0.98、検者間信頼性は 0.85～0.95 であり高い信頼性を認めたと報告している。これらのことから、HHD による肩筋力測定の信頼性を高めるためには、HHD を徒手ではなく固定用ベルトにより固定した方が良好な結果が得られると考えられる。しかし、本法は対象者の上腕骨後捻角度を計測し、得られた値を肩内外旋中間位から増減させて計測肢位を決定しているため、対象者ごとに計測肢位が異なる。そのため、壁面や固定用ベルトにより HHD を固定して計測をすることが難しく、村井ら¹⁵⁾の報告に比べて計測の信頼性が劣っていたと考えられた。しかし、計測時の肩関節外転角度を一定にすること、計測ごとに肩回旋角度を角度計により確認しながら筋力測定を行うことにより、検者内・検者間信頼性ともに概ね許容できる結果となったと考えられた。

小室ら¹¹⁾は固定を行わずに肩筋力を計測する際は、肩甲帯や体幹などによる代償への十分な観察が必要であると述べている。肩甲上腕リズムに代表されるように、上腕骨の動きに肩甲骨の動きが伴うことはよく知られている。そのため、肩の回旋角度を変化させて筋力を測定する本法では、計測肢位を体幹と肩甲骨の動きがベッドにより抑制される背臥位とした。Donatelli ら¹⁶⁾は背臥位における肩筋力測定の信頼性について報告しており、その ICC は外旋で 0.96、内旋で 0.93 と高かったことを報告しており、上肢の肢位を固定することができない本法においても、肩甲帯の代償を抑制した背臥位で測定を行うことにより、計測の信頼性を高めることができたと考えられた。

武田ら¹⁷⁾は 12 歳から 18 歳までの野球選手の上腕骨後捻角度を調査し、13 歳以降で投球側の上腕骨後捻角度が非投球側に比べて大きかったと報告している。中瀬ら¹⁸⁾は 10 歳の少年野球選手 26 名に対して縦断的調査を行い、10 歳の時点で投球側の上腕骨後捻角度は非投球側に比べて大きく、その左右差は 11 歳の時点でもほとんど変化しなかったと報告している。また竹田ら¹⁹⁾は高校野球選手 32 名に対して 1 年間の縦断的調査を行い、投球側・非投球側ともに上腕骨後捻角度に有意な変化を認めなかったと報告している。これらのことから、小学生の時に野球経験のある本研究における対象者の上腕骨後捻角度は、野球選手を対象とした過去の報告と同様に、投球側が非投球側に比べて有意に大きかったと考えられた。

Myers ら²⁰⁾は超音波画像診断装置を用いて計測した上腕骨後捻角度と CT を用いて計測した上腕骨後捻角度の間に強い相関を認めたことを報告し、超音波画像診断装置を用いた上腕骨後捻角度の計測は信頼性のある検査法であると述べている。川井ら²¹⁾は症状のない高校・大学野球選手 31 名の上腕骨後捻角度を超音波画像診断装置により評価しており、投球側と非投球側の左右差は約 11.2 度であったと報告している。また佐々木ら²²⁾は超音波

画像診断装置により計測した高校野球における上腕骨後捻角度の左右差は約 9.5 度であったと報告している。本研究における対象者の上腕骨後捻角度の左右差は約 11.9 度であり、青年期の野球選手を対象とした川井ら²¹⁾、佐々木ら²²⁾の報告とほぼ同程度であった。以上のことから、本研究の対象者から野球選手に対する計測法の信頼性調査を行うことは妥当であると考えられた。

最後に、桑原ら¹³⁾は反復して計測を行い、その平均値を採用することで計測の信頼性を向上させることができると述べている。そのため、本法の ICC1.2 と ICC2.2 を求めたところ検者内信頼性・検者間信頼性とも全ての項目で ICC0.8 以上となり“良好”な信頼性となった。このことから、本法を用いて肩筋力測定を行う場合は、計測回数を 2 回以上に設定しその平均値を採用することで良好な信頼性を得られると考えられた。

以上のことから、投球側と非投球側で上腕骨後捻角度が異なる野球選手に対する“肩筋力の正確な左右差”の評価としての、上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩回旋筋力測定法の信頼性は許容できる結果であることが示唆された。今後は従来の方法で計測された肩筋力と上腕骨後捻角度の影響を除外した方法で計測された肩筋力の比較を行い、筋力がどのように変化するかを検討していきたい。

5. 要約

本研究の目的は上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した肩回旋筋力測定法を考案することである。考案した計測法の信頼性を級内相関係数により検討することで、上腕骨後捻角度に左右差を認める野球選手における“肩筋力の正確な左右差”の評価法としての信頼性を検討した。今回考案した筋力測定法の信頼性は検者内信頼性（ICC1.1）、検者間信頼性（ICC2.1）とも許容できる結果であった。また、計測回数を2回に設定することで検者内信頼性・検者間信頼性いずれも ICC0.8 以上となり良好な信頼性が得られると考えられた。

6. 謝辞

大阪大学医学部附属病院リハビリテーション部の木村佳記先生には多くのご助言とご指導をいただきました。謹んで御礼申し上げます。第一東和会病院リハビリテーション部の高谷耕二先生、中瀬知紘先生、牧野康一先生、上井綾菜先生、今井宏幸先生、十河晃太郎先生には本研究に関わる実験に多大なるご協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Mihata T, Jun BJ, et al: Effect of scapular orientation on shoulder internal impingement in a cadaveric model of the cocking phase of throwing, *J Bone Joint Surg*, 94, 1576-1583, 2012.
- 2) Mihata T, Gates J, et al: Effect of posterior shoulder tightness on internal impingement in a cadaveric model of throwing, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 23, 548-554, 2015.
- 3) Mihata T, Yeon Soo L, et al: Excessive humeral external rotation results in increased shoulder laxity. *Am J Sports Med*. 32, 1278-1285, 2004.
- 4) 三幡 輝久：インターナルインピンジメントに対する水平外転と外旋の影響. 関節外科, 28, 47-51, 2009.
- 5) Mihata T, Gates J, et al: Effect of rotator cuff muscle imbalance on forceful internal impingement and peel-back of the superior labrum: a cadaveric study. *Am J Sports Med*. 37, 2222-2227, 2009.
- 6) 小山太郎, 伊賀崎 央・他: 肩関節における投球時痛の有無と理学所見について. 九・山スポ研究会誌, 23, 181-185, 2011.
- 7) 竹田 敦, 三幡 輝久：理学療法により投球時肩痛が消失した野球選手の身体所見. 九・山スポ研究会誌, 24, 44-49, 2012.
- 8) Crockett H, Lyodon B, et al.: Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*. 30, 20-26, 2002.
- 9) Mihata T, Takeda A, et al.: Isolated glenohumeral range of motion, excluding side-to-side difference in humeral retroversion, in asymptomatic high-school baseball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24, 1911-1917, 2016.
- 10) Nakase C, Mihata T, et al.: Relationship between humeral retroversion and length of baseball career before the age of 16 years. *Am J Sports Med*. 44, 2220-2224, 2016.
- 11) 小室 透, 米田 稔・他: マイクロフェットは肩関節の等尺性筋力評価に有用か? . 肩関節, 21, 347-350, 1997.
- 12) 内川 友義, 筒井 廣明・他: 筋力測定器を用いた肩関節筋力評価の検討. 昭医会誌, 57, 293-297, 1997.
- 13) 桑原 洋一, 斎藤 俊弘・他: 検者内および検者間の Reliability (再現性, 信頼性) の検討 なぜ統計学的有意が得られないのか. 呼と循, 41, 945-952, 1993.
- 14) 当麻 靖子, 山本 泰雄・他: 徒手筋力測定器を用いた肩筋力測定. 北海道理学療法士会誌, 19, 26-29, 2002.
- 15) 村井 健, 綿谷美佐子・他: 座位におけるハンドヘルドダイナモメーターを用いた肩筋力測定法とその再現性. 北海道理学療法士会誌, 25, 37-41, 2008.
- 16) Donatelli R, Todd S, et al.: Assessment of shoulder strength in professional baseball pitchers. *J orthop Sports Phys Ther*, 30, 544-551, 2000.
- 17) 武田 芳嗣, 前田 徹・他: 野球選手の上腕骨後捻角増大はいつ生じるか. 肩関節, 28, 325-328, 2004.

- 18) 中瀬 知紘, 三幡 輝久・他：少年野球選手における上腕骨後捻角度の縦断的研究. 日整スポ研会誌, 36, 60-63, 2016.
- 19) 竹田 敦, 三幡 輝久：高校野球選手の肩関節可動域と上腕骨後捻角度に関する縦断的研究. 九・山スポ研究会誌, 22, 71-75, 2010.
- 20) Myers JB, Oyama S, et al.: Ultrasonographic assessment of humeral retrotorsion in baseball players. Am J Sports Med. 40, 1155-1160, 2012.
- 21) 川井 謙太朗, 船崎 祐記・他：野球投手における上腕骨頭後捻角度を考慮した肩回旋可動域-有症状群と無症状群の比較-. 理学療法科学, 31, 309-313, 2016.
- 22) 佐々木 淳也, 村 成幸・他：成長期の野球選手の上腕骨頭後捻角計測-超音波を用いた評価-. 肩関節, 28, 233-236, 2004.

著者連絡先：竹田敦 〒569-0081 大阪府高槻市宮野町 2-17 第一東和会病院

©竹田敦、境隆弘

ニューラルネットワークを用いた脳卒中 ADL 予後予測と治療選択 -予後評価チャート（トイレ動作）のシミュレーションによる検討-

林 真太郎（森ノ宮医療大学） 岩田 篤（大阪保健医療大学大学院）

石倉 隆（大阪保健医療大学大学院）

The stroke ADL prognostic prediction and treatment choice using the neural network -Examination by conducting simulation of the prognostic evaluation chart about the toileting-

Shintaro HAYASHI (Morinomiya University of Medical Sciences),
Atsushi IWATA (Graduate School of Osaka Health Science University),
Takashi ISHIKURA (Graduate School of Osaka Health Science University)

(2019 年 12 月 2 日受付, 2020 年 3 月 20 日受理)

要旨（必須）

脳卒中患者の治療およびリハビリテーションにおいて、ADL（Activities of Daily Living）予後予測を踏まえた介入が自宅復帰の検討のうえで重要だとされている。なかでも最も重要とされるトイレ動作自立に関して、適切に治療方法を選択できることを見据えた予後評価・予測の手法を開発し、シミュレーションによる検討を行った。

ニューラルネットワークを用いた機械学習の処理にて SIAS（Stroke Impairment Assessment Set）の機能評価項目のうち、麻痺側近位・遠位下肢の筋出力や体幹筋力、垂直性の機能が重要であることが抽出され、それをもとに試作した予後評価チャートのシミュレーションにてチャートの有用性が示唆された。また併せて行った脳機能解剖学的視点からの脳画像所見の分析による、一定の科学的根拠を持った機能予後の検討も重要であると考えられる。

キーワード：ADL 予後予測、SIAS、ニューラルネットワーク、トイレ動作

Keywords：ADL prognostic prediction, SIAS, Neural network, Toileting

1. 脳卒中における ADL 予後予測

1.1 はじめに

近年、医学やリハビリテーション技術の発展により、脳卒中は入院患者数、死亡率とも減少傾向にはある。しかし脳卒中は寝たきりの原因の約 4 割を占め、要支援および要介護状態に陥った主な原因疾患でもトップであり¹⁾、自宅生活を継続していくうえで大きな影響を及ぼす疾患であると言える。

多くの脳卒中患者が病院での治療やリハビリテーションを経て自宅復帰するが、脳卒中は病変および病態により、呈する機能障害や ADL（Activities of Daily Living；日常生活活動）能力低下の程度は大きく異なる。そのため、脳卒中患者の自宅復帰を目指す際には、医学的治療を含むリハビリテーション実施後の ADL 再獲得状況に加え、社会資源等の導入状況、家族の介護状況なども踏まえた検討が重要であり、必要に応じた対策をより早期から講じることが重要であると考えられる。その自宅復帰の検討や可否判断においては、心身機能や ADL の的確な予後予測が必要であることが諸家によって述べられている。予後予測の活用は、適切な治療方針や目標設定を進めるうえ

でも有用であるとされ^{2,4)}、患者ならびに家族に ADL 予後予測結果の情報を示すことの重要性も言われている⁵⁾。また小山⁴⁾は、予後予測結果に基づき適切なリハビリテーションを行うと同時に、必要な介助を考慮して自宅復帰を目指すことが重要であると述べている。

これらのことから、より多くの脳卒中患者の自宅復帰を目指すためには ADL 予後予測において、必要な ADL 能力の自立あるいは介助の程度を予測することに加え、その ADL 能力改善に必要な性の高い身体機能も抽出し、適切な治療方針やリハビリテーション内容を選択できることが望ましいと考えられる。そのためには、自宅復帰に重要な具体的な ADL 項目に関して、各機能障害と ADL 自立度の関係性を解析し、特にどの身体機能との関連が高いかも抽出して明らかにしていくことが重要である。また、治療選択に関わる機能障害の予後について、より精度が高い予測を行うためには、脳機能解剖学的視点からの一定の科学的根拠を持った機能予後の検討も重要であると考ええる。

1.2 自宅復帰に重要な ADL 予後予測因子

これまでも脳卒中における ADL の予後予測研究は多くなされ、ADL 能力を客観的数値化できる BI (Barthel Index ; バーセルインデックス) や FIM (Functional Independence Measure ; 機能的自立度評価表) の評価を用いた研究が多く報告されているが、自宅復帰の可否判断や予測について、評価スコアの総合計点を活用した予測が多い⁶⁻⁸⁾。総合計点による予測値を算出することは、全体像として退院時の ADL 能力を把握しやすく、早期から自宅復帰の可能性を数値として捉えることができる点ではメリットが大きい。しかし自宅復帰を目指した予後予測とより適切な治療方針・内容の選択をしていくには、必要性の高い具体的な ADL 項目ならびに機能障害まで抽出することが望ましい。個々の ADL 項目の予後予測については、Koyama ら⁹⁾が順序ロジスティック解析を用いて、FIM 運動項目合計点からそれぞれの運動項目ごとに自立度の確率を算出しているが、その ADL 能力低下がどのような機能障害の問題に起因するかまでは不明であり、現在の予後予測研究は、予測結果からリハビリテーションの機能的アプローチの方針や方向性を立てるには不十分であると言える。

自宅復帰に向けて求められる具体的な ADL 項目は、介護者の状況など環境面の影響も強く受けるため一様ではない。しかし、自宅復帰の影響因子や条件についての報告はいくつかなされており、重要な影響因子を明らかにした前田ら¹⁰⁾の報告、岡本ら¹¹⁾の報告や津坂ら¹²⁾の報告において、共通して挙げられている項目がトイレ動作である。排泄における移乗を含むトイレの一連の動作は、毎日複数回、昼夜含め不定期の時間帯で行う必要がある動作であるため、他者の介助なしに行えることは自宅復帰につながりやすいと考えられ、このトイレ動作が最も重要な ADL 項目であると考えられる。

1.3 ADL 予後の評価における機能障害との関連および機能予後予測

ADL 予後を、機能障害も含めて検討するうえでは、脳卒中患者の代表的症状である麻痺側運動機能の他に、体幹機能や非麻痺側運動機能、認知機能、高次脳機能などの、種々の要素の影響も受ける¹³⁻¹⁵⁾ことを考慮する必要がある。その中で、これらの多面的因子を評価項目に含む SIAS (Stroke Impairment Assessment Set ; 脳卒中機能障害評価法) は、信頼性および妥当性が検証された評価チャートとしてその有用性が確認されている^{14,15)}。そのため、この SIAS の評価スコアと ADL 自立度との関連の解析を本研究では進めた。

また機能障害に対する予後予測研究に関しては、CT (Computed Tomography ; コンピューター断層撮影法) が普及した 1980 年代から、二木¹⁶⁾、道免²⁾、三好¹⁷⁾によって活発に行われ、その正確性は向上してきている。特に機能障害を生じている第一の原因は脳損傷であることから、石倉ら¹⁸⁾は、機能予後予測にあたってはどの血管が傷害され、どの部位が脳損傷を受け、その部位がどのような機能局在を有しているかを考え、そこから導き出される障害像を検討していくことで予測精度が向上すると述べている。そのため、臨床現場では脳画像所見を分析することによって、一定の科学的根拠を持って機能予後を予測していくことが重要であると考ええる。

以上のことから、本研究では ADL の中で自宅復帰に重要度が高いトイレ動作に焦点を絞り、適切な治療方法を選択できることを見据えた予後の評価・予測の手法の開発を試みた。その方法として、既存の機能評価結果と ADL 評価結果の解析から、トイレ動作自立に関連度が高い機能障害を明らかにしたうえで「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」を試作し、さらに予後評価チャートの使用シミュレーションの実施によって、その有用性を検証した。そして治療選択に影響しうる機能障害の予後予測の方法として、脳機能解剖学的視点による脳画像所見の分析からの検討も、シミュレーションを通じて行った。

2. 「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」の作成

2.1 研究対象データの選定

対象データは、大阪保健医療大学が保有する既に匿名化された脳卒中患者の情報であり、対象の選択基準は以下の①～④の条件を満たす者とした。予後予測評価の対象とする時期の基準としては、圧排効果や脳浮腫、ペナンプラなどの脳への可逆的な影響が解消される時期を設定するため、それら脳卒中発症当初の可逆的な脳への影響が解消される発症後 1 ヶ月以上経過した後¹⁹⁾の患者を、対象の条件とした。

この条件下の対象における初期評価時ならびに最終評価時の SIAS および BI (トイレ動作) のスコアを、研究対象データとして選定した。

- ① 初発脳卒中
- ② 可逆的な脳への影響が解消される発症後 1 ヶ月以上経過した脳卒中
- ③ リハビリテーションが実施された者
- ④ FIMC (FIM cognitive item ; FIM認知項目) の「理解」の項目で、基本的欲求が理解できる5点以上の者

またデータ数について、必要なデータサンプル数は、ロジスティック回帰分析において予測モデルに使用する入力変数の数から計算でき²⁰⁾、本研究の ADL 予後予測の入力変数には、多面的内容の評価項目を含む SIAS の全 22 項目のスコアを選択するため、必要なサンプル数は、係数の 10 を乗じて $22 \times 10 = 220$ となる。本研究では、これを上回る 256 例を対象データとして用いた。そして ADL 能力評価の指標となる目的変数には、代表的な評価法の中でも、介護量を測定することを目的とし、介助量の量的変化を表せる FIM²¹⁾ではなく、トイレ動作の再獲得状況から自宅復帰の可否を検討するという主旨から、自立か介助が必要かを明確に区別しやすい BI (トイレ動作：自立 10 点、部分介助 5 点、全介助 0 点) を選択した。

2.2 解析におけるニューラルネットワーク (Neural Network ; NNW) を用いた情報処理法

各対象データにおける SIAS 全 22 項目の機能障害の程度の組み合わせと、トイレ動作の BI スコアとの関係性を解析するには、多変数の各入力変数の関係による影響を考える必要があり、入力変数の相互の関係を処理しどの入力変数がトイレ動作にどの程度の影響を与えているのかを処理できる統計手法を用いる必要がある。このことから、複数の入力信号の相互関係から 1 つの信号を出力する、階層型ニューラルネットワーク (Neural Network ; NNW) 理論²²⁾を用いて、予後評価チャートの作成を試みた。NNW とは元来、生物の神経細胞の回路で行われる情報処理をモデル化したものであり、高次の情報処理プログラムの作成にあたり、学習機能と外部入力に応じて自身の構造を変える自己組織化を特徴とする。この NNW を用いることで既存のデータの各変数の関係性の重みやつながりの強さを算出することができ、脳卒中患者の予後予測研究への適用が有用であることも報告されている²³⁾。本研究では、この NNW による解析を Neural Works Predict Ver.3.24 SET ソフトウェアを使用して行った。

2.3 解析手順と方法

以下の手順で、データの入力値から NNW による情報処理を進め、解析結果をもとにチャート表を作成した。

- (1) 対象の SIAS スコアと BI スコア (トイレ動作) の全データを Excel の行に入力
- (2) SIAS を入力変数、BI を目的変数として NNW による処理を実施
- (3) NNW によって導き出された予測因子、weight と伝達関数から予測式を同定 (予測式省略)
- (4) 予測式に、SIAS の中でも関連度が高いと算出された予測因子の入力変数を代入し、目的値を計算
- (5) Excel の行に SIAS の予測因子と BI の計算結果のスコアを入力して、全ての組み合わせを表にまとめ、ADL 予後評価チャート (トイレ動作) を作成

2.4 解析結果

SIAS 全 22 項目に対して NNW を用いて予測因子、weight と伝達関数から予測式を同定した結果、1 回目の学習により関連度が高いものは 14 項目に絞られた。その後、同様の NNW による学習を継続して行くと以下の 5 項目にまで絞られた。

- ①下肢近位(股) (0~5 点)、 ②下肢遠位 (0~5 点)、 ③下肢関節可動域 (0~3 点)、
④垂直性 (0~3 点)、 ⑤腹筋 (0~3 点)

この結果より、トイレ動作に関連する SIAS の 5 項目からの BI スコアの予測の全組み合わせは、2,304 通り (= $6 \times 6 \times 4 \times 4 \times 4$) となる。

この解析結果を、チャートとして一覧表にまとめ「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」として作成した (図 1)。

II 脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)

〔①下肢近位(股)0点〕チャート表(1)

②下肢遠位	③下肢関節可動域	④垂直性	⑤腹筋	BI スコア
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	0	2	0
0	0	0	3	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	0	1	2	0
0	0	1	3	5
0	0	2	0	5
0	0	2	1	5
0	0	2	2	5
0	0	2	3	5
0	0	3	0	5
0	0	3	1	5
0	0	3	2	5
0	0	3	3	10
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	0	2	0
0	1	0	3	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	2	0
0	1	1	3	5
0	1	2	0	5
0	1	2	1	5
0	1	2	2	5
0	1	2	3	5
0	1	3	0	5
0	1	3	1	5
0	1	3	2	5
0	1	3	3	10

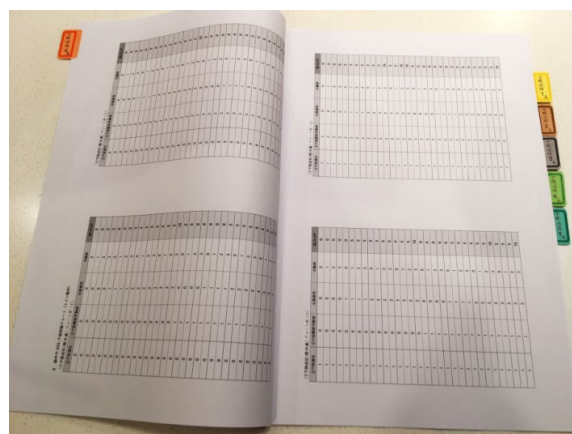


図 1 「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」表の一例と小冊子

2.5 「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」の使用方法

NNW 理論を用いた解析の結果、トイレ動作と関連度が高いと考えられる SIAS での機能障害の項目として、①下肢近位(股)、②下肢遠位、③下肢関節可動域、④垂直性、⑤腹筋、の 5 項目が抽出された。NNW による解析はその特徴として、各変数の関係性の重みやつながりの強さを算出できることであり、これらの 5 項目の機能は、それぞれ単独でトイレ動作と関連するというよりも、各項目の機能が相互に関係しあっており、それが BI スコアを決定づける要因として関連度が高いことを示している。

「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」の使用方法としては、以下の手順で行う。

- (1) 初期時の SIAS データを「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」に入力 (チャート表において照合) し、チャートから算出された BI と初期時の実際の BI データを比較、分析
- (2) 脳画像から SIAS 各項目の改善可否判断とその程度を分析 (脳機能解剖学的分析)
- (3) 改善させる SIAS 項目の治療を検討 (エビデンスも参照した包括的な臨床判断のもとでの EBPT (Evidence Based Physical Therapy ; 根拠に基づいた理学療法)²⁴⁾による治療)

- (4) 治療適用による SIAS の最終結果を予測し「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」により BI を算出 (ADL 予後予測)

3. 「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」使用のシミュレーション

3.1 シミュレーションの実施方法

NNW の解析にて作成した「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」の使用シミュレーションを、既存の評価結果が存在する症例データを用いて実施し、その有用性を検討した。対象とする症例は、予後評価チャート作成の研究対象データと同様の選択基準の条件を満たす、大阪保健医療大学が保有する既に匿名化された脳卒中患者とした。そして初期評価時ならびに最終評価時の SIAS および BI (トイレ動作) のスコアを有し、脳画像所見データを有する症例を 1 例選択した。

この症例のシミュレーション実施にあたり、はじめは初期評価時の SIAS スコアのみを確認し、予後評価チャートの使用方法に従い、チャートによる初期時 BI スコアの算出、初期時 SIAS の脳機能解剖学的分析による最終時 SIAS スコアの予測、そして最終時 SIAS 予測スコアからのチャート使用による最終時 BI スコアの算出を行った。そこから得られた予測結果と実際の各スコアデータとを比較し、チャートの有用性を含めた分析を行った。

3.2 シミュレーション症例情報

【基本情報】 左被殻出血 外側線条体動脈破綻 女性 右利き

【初期評価時 SIAS スコア】

① 下肢近位 (股)

課題) 座位での股関節屈曲 90° 位からの最大屈曲運動

評価) 3 課題可能。中等度のあるいは著明なごちなさあり。

② 下肢遠位

課題) 踵を床に接地した足部の背屈・底屈運動

評価) 2 背屈運動あり、足部は床より離れるが十分ではない。

③ 下肢関節可動域

課題) 膝伸展位での他動的足関節背屈

評価) 2 10° 以下。

④ 垂直性

課題) 静的座位保持とその修正

評価) 1 静的座位にて側方性の姿勢異常があり、指摘・指示にても修正されず、介助を要する。

⑤ 腹筋

課題) 背もたれ座位での体幹後傾位からの起き上がり動作

評価) 2 軽度の抵抗に抗して起き上がれる。

【チャートからの算出 BI スコア (トイレ動作)】 5 点 (部分介助レベル)

3.3 脳画像による初期時 SIAS スコアの脳機能解剖学的分析と BI スコアとの関係

3.3.1 症例における脳画像分析

外側線条体動脈被殻枝の破綻による被殻出血

CT 画像について、松果体レベルのスライス画像 (図 2-a) では左被殻に低吸収域が観察されることから、亜急性期以降の像であると判断できる。また、脳梁体部レベルのスライス画像 (図 2-b) では、左側脳室の外側にある放線冠に低吸収域が観察される。中大脳動脈の穿通枝である外側線条体動脈被殻枝の出血では、被殻傷害に加え、その遠位灌流域にある放線冠も、血行力学性の傷害を生じることが多い。

被殻は、皮質基底核ループを形成し、運動ループでは筋緊張をコントロールする²⁵⁾。被殻出血では、その傷害による被殻の細胞数減少により、ドーパミン量の相対的増加がみられ、線条体 (被殻) のドーパミン量が過剰となることで、皮質基底核ループにおいて直接路優位の障害が生じると考えられる。線条体 (被殻) からの直接路は、GABA 作動性で抑制性に出力部である淡蒼球内節と黒質網様部に達するが、この出力部から視床へはさらに抑制

性に作用するため、全体としては、視床ニューロンには脱抑制に作用する。そのため、被殻の傷害によりドーパミン量の相対的増加が生じると脱抑制される直接路は興奮し、結果として視床ニューロンから大脳皮質運動前野 (Area6) への興奮性入力が増す²⁶⁾と考えられる。一方で、抑制強化にはたらく間接路はドーパミン作用により抑制されるため、同様に視床ニューロンからの興奮性入力が増すと考えられる (図 3)。

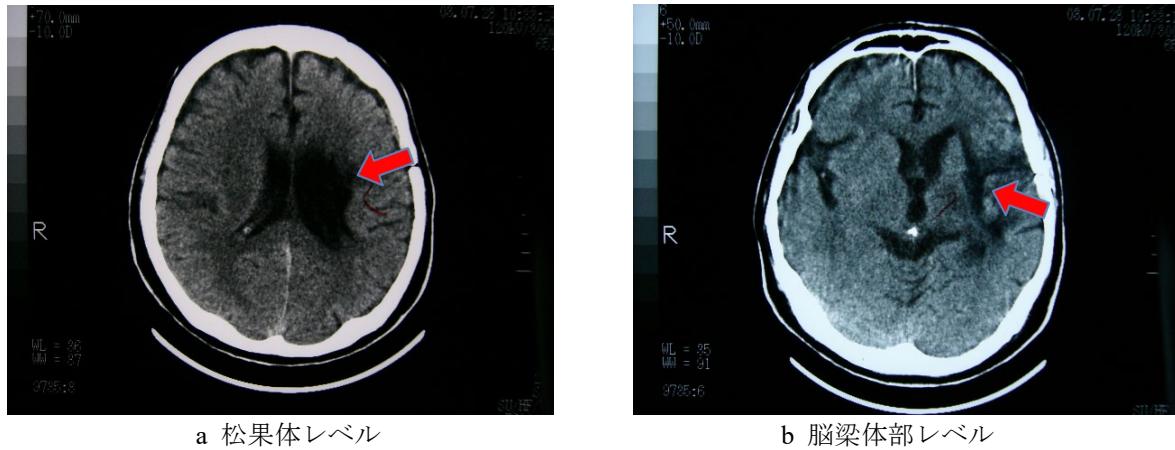


図 2 CT 画像所見

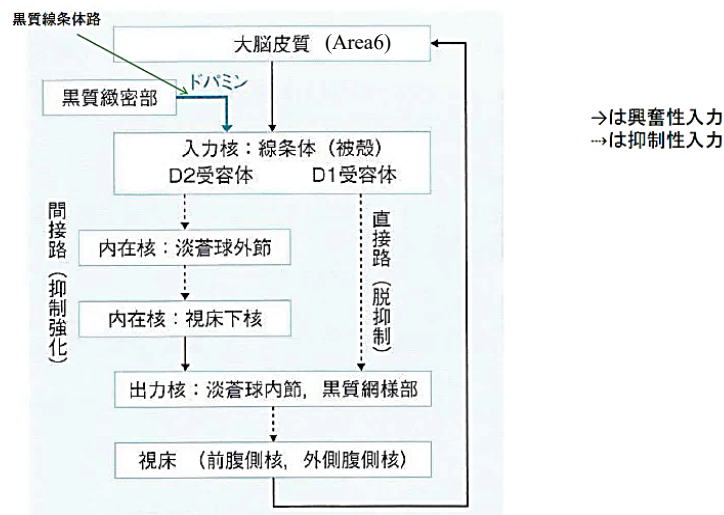


図 3 皮質基底核における運動ループ (文献 25 より引用改変)

この直接路優位の障害が生じると Area6 から発する皮質網様体脊髄路も興奮するが、脊髄前角細胞 (γ S 運動ニューロン) への接続には抑制性介在ニューロンを介しているため、筋紡錘の核鎖線維は興奮しなくなる。そのため臨床症状としては、麻痺側上下肢筋緊張低下を、主として支配割合の多い近位筋にきたしやすく、同側性支配である体幹筋は非麻痺側体幹筋の筋緊張低下および非麻痺側への立ち直り減弱をきたしやすい。

また放線冠は、前方に皮質網様体路、後方に皮質脊髄路が走行し、筋緊張と随意運動の指令を末梢に伝達する。本症例ではこれらの走行路がいずれも傷害され、双方に障害が及んでいると思われる。そのため、放線冠の障害としては、皮質網様体路の傷害による麻痺側上下肢筋緊張亢進 (主として近位筋) および非麻痺側体幹筋の筋緊張亢進、皮質脊髄路の傷害による運動麻痺と深部反射亢進をきたし、これら双方の傷害で痙縮となる。ただし、本症例における外側線条体動脈破綻による放線冠の障害は、血行力学性であり、全ての線維が傷害されているとは言い難い。残存線維は被殻傷害の影響のみを受けるため、筋緊張は亢進と低下が相殺された臨床症状になるとと思われる。

これらのことから、被殻出血と放線冠の血行力学性傷害による臨床症状としては、麻痺側上下肢の軽度運動麻痺と軽度痙縮 (近位がより軽度)、非麻痺側体幹筋の軽度筋緊張低下あるいは正常、非麻痺側への立ち直り軽度減弱が生じるのではないかと考える。

3.3.2 初期時 SIAS スコアの脳機能解剖学的分析および BI スコアの分析

脳画像分析をふまえた脳機能解剖学的観点から、初期時 SIAS スコアと BI スコアの分析を行った。

① 下肢近位 (股) : 3、 ② 下肢遠位 : 2

これらの下肢随意運動機能の低下については、放線冠の虚血による皮質脊髄路傷害による随意性の低下、また、皮質脊髄路と皮質網様体路の傷害による痙縮の出現が考えられる。下肢近位の方が遠位より良いことについては、足関節の可動域低下による問題、あるいは、被殻出血に起因する麻痺側下肢の筋緊張低下が近位筋により著明にみられる影響によって、残存皮質脊髄路による随意運動は股関節の方が行いやすい状況にあったと予想される。

③ 下肢関節可動域 : 2

背屈可動域の軽度の低下は、放線冠の虚血による痙縮が原因と考える。ただし、近位ほど影響はないが、被殻出血に起因する筋緊張低下による痙縮の軽減が考えられ、背屈はある程度可能な状態に保たれていると推察される。

④ 垂直性 : 1

被殻出血による Area6 の活動亢進の影響を受ける皮質網様体路は、橋を經由して皮質橋網様体脊髄路として、主として同側の体幹筋を支配する。本症例では、放線冠の虚血によりこのルートが部分的に損傷されているが、放線冠の虚血は血行力学性であり、少なからず線維は残存していると考えられる。このことから残存する皮質橋網様体脊髄路の過活動により、左体幹筋、つまり非麻痺側体幹筋の生理的筋緊張が低下し、活動が不十分な状態となっていると思われる。このため、左への立ち直りが不十分となり、座位をとると、麻痺側へ転倒しやすい状況となると考えられる。垂直性については、視床 LD 核 (Lateral Dorsal nucleus ; 背外側核) や上下頭頂小葉の傷害による自己周囲の空間の定位や注意の障害²⁷⁾により垂直性の障害が出現することが考えられるが、本症例ではこれらの部位の傷害は確認できないことから、身体図式や空間認知の問題ではなく、体幹筋の運動機能の障害と考えられる。

⑤ 腹筋 : 2

「④垂直性」と同様に、左被殻出血である本症例では、非麻痺側である左体幹筋の生理的筋緊張が低下し、活動が不十分な状態となっている。しかし、垂直性の検査と異なり、腹筋の検査では両側の腹筋群を大きく活動させる動作が行われる。麻痺側である右体幹筋については、右側の Area6 から発する皮質橋網様体脊髄路は正常であるため、生理的筋緊張は正常であると思われる。ただし、皮質脊髄路が放線冠で部分的に傷害されているため、 α 運動ニューロンの活動割合は低下し、筋力は低下しているものとする。また非麻痺側である左側は、随意運動は可能であるため腹筋群の活動は期待できるが、発症後以降の活動性の著しい低下による筋力低下が予想され、生理的筋緊張が低下した状態では、十分な筋張力も得られない。これらのことから、この腹筋課題を十分に行うだけの両側の腹筋群の筋力は不足している可能性があると考えられ、「軽度の抵抗に抗して起き上がれる」状態であると推察する。

⑥ BI トイレ動作 : 5 (予後評価チャートからの算出結果)

算出結果スコアの妥当性について、①～⑤の脳機能解剖学的分析から検討すると、まず④・⑤の SIAS スコアの分析から、トイレ動作における、移乗、立位、座位とも、体幹の立ち直りが不十分なことによる不安定性が考えられ、部分的に介助を要することが予測される。また①～③の SIAS スコア結果からは、下肢の中枢性運動麻痺や足関節の関節可動域制限は軽度であるため、麻痺側下肢の軽度支持性低下は考えられるが、これらの影響によりトイレ動作の介助量が著明に増大することは考えにくい。そのため、本症例で算出された部分介助レベルを示す BI スコアは妥当であるとする。

BI の結果については、実際の初期時の症例データも 5 点であり、算出スコアと実際のスコアは一致した。

3.4 EBPT による治療方針と治療結果 (最終時 SIAS スコア) の予測

3.3 の分析をもとに、各項目の機能障害に焦点化した EBPT によるリハビリテーションプログラムの検討と、その実践による治療結果すなわち最終時 SIAS スコアの予測を行った。

① 下肢近位 (股) : 3→4 (課題可能。軽度のぎこちなさあり。)

② 下肢遠位 : 2→3 (課題可能。中等度のあるいは著明なぎこちなさあり。)

既に陳旧性の被殻出血となり、脳の可逆的変化は鎮静化していると考えられることから、麻痺の程度に大きな変化はないと思われる。しかし、麻痺側肢の筋力増強訓練は適切な方法を選べば、筋力増強および運動機能改善をもたらす可能性がある²⁸⁾ことが言われており、軽度運動麻痺のある左下肢に筋力増強訓練を実施することで筋力増強が見込めると考える。残存する皮質脊髄路の活動増大により、脊髄前角で接続する α 運動ニューロンの筋線維支配は増大し、ひいては筋線維数の増加にもつながる。これが筋力を改善させるとともに、筋収縮活動の刺激は、筋紡錘核袋線維から Ia 求心性線維を通り、クラーク氏背核を経て、後脊髄小脳路、歯状核視床皮質路を介して Area4

へ入力する。この入力により興奮性神経伝達物質であるグルタミン酸がベッツ細胞のスパインを増大・増加させ、神経回路を再組織化させることで、運動の発現を円滑にする²⁹⁾と考えられる。皮質脊髓路に部分的傷害がみられるため、正常にまで回復するとは考えられず、下肢近位は4へ改善すると予測する。下肢遠位についても皮質脊髓路、皮質網様体路傷害の影響は払拭されないため、3あるいは改善度が大きかったとしても4であると予測する(図4)。

治療効果による最終時SIAS予測1

- 軽度の麻痺肢に対する筋力増強訓練を実施することでの筋力増強

- ① SIAS下肢近位(股) : 3→4
- ② SIAS下肢遠位 : 2→3

残存する皮質脊髓路の活動として、脊髄前角でα運動ニューロンの入力が増加すると、α運動ニューロンの筋線維支配が増大し、筋線維数の増加にもつながる

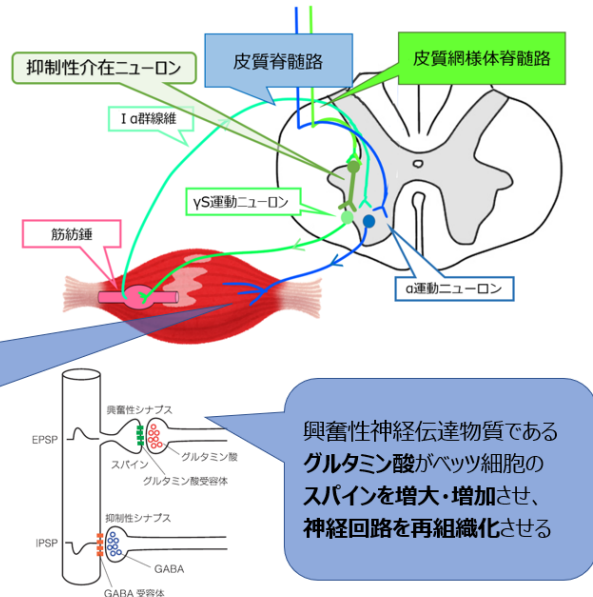


図4 治療効果による最終時SIASスコア予測1

- ③ 下肢関節可動域 : 2→2 変化なし

関節可動域制限は、痙縮による筋緊張亢進が原因と考えられる。皮質脊髓路、皮質網様体路の傷害細胞、傷害線維の影響は残存するため、筋緊張の改善は困難で可動域も正常となることは難しいと判断し、2→2のままで変化はないと考える。本症例では軽度の痙縮の残存が考えられるが、Katalinic³⁰⁾は関節可動域制限に対するストレッチの効果に関する論文を検討した結果、ストレッチが関節運動に対しては治療後に多少の効果を認めるが、長期間での効果はほとんど認めず、また疼痛、痙縮、運動制限に対する効果を認めなかったとまとめている。

- ④ 垂直性 : 1→3 (静的座位は正常)

垂直性障害が出現するとされる、視床LD核や上下頭頂小葉の傷害は本症例では確認できないことから、垂直性の機能低下は、単に運動機能の障害と考えられる。つまり、運動機能の改善とそれを用いた垂直性の感覚が意識できれば、垂直性は改善すると思われる。

左被殻出血によるArea6の活動亢進の影響を受ける皮質橋網様体路の亢進と、放線冠の血行力学性の虚血によるルートの部分的損傷の影響から、残存線維の過活動により、同側支配の左体幹筋、つまり非麻痺側体幹筋の生理的筋緊張が低下し、左への立ち直りの低下、座位での麻痺側への転倒リスクが考えられた。

しかし、右脳からの皮質脊髓路は正常に活動していることから、随意運動は保たれていると考えられる。そのため非傷害脳である右皮質脊髓路を賦活することで、随意運動により左体幹筋を収縮させ、垂直性を維持することが可能であると考えられる。この随意運動を継続することによって、小脳大三角形、歯状核視床皮質路を介する求心性情報のフィードバックによる運動学習が可能となる可能性がある^{31,32)}。具体的には体幹前傾や回旋を伴う随意運動による抗重力姿勢コントロールを狙った垂直性練習によって、座位時に左体幹筋を随意収縮することを学習すると座位は自立すると思われ、3に改善すると予想する(図5)。

- ⑤ 腹筋 : 2→2 変化なし

下肢筋力における考察と同様、残存する皮質脊髓路の活動増大により一定の筋力の改善は見込まれ、麻痺側である右側腹筋群の筋力は正常までは至らないものの、改善されると思われる。非麻痺側については、筋緊張の低下が続き、左側腹筋群の緊張力の発揮が正常にまでは至らないと思われる。つまり、左右とも正常状態の筋張力を発揮

するまでに至るのは難しいため、SIAS の当該課題である「強い抵抗」に抗するまでには至らないと判断し、2→2 のままであると推察する。

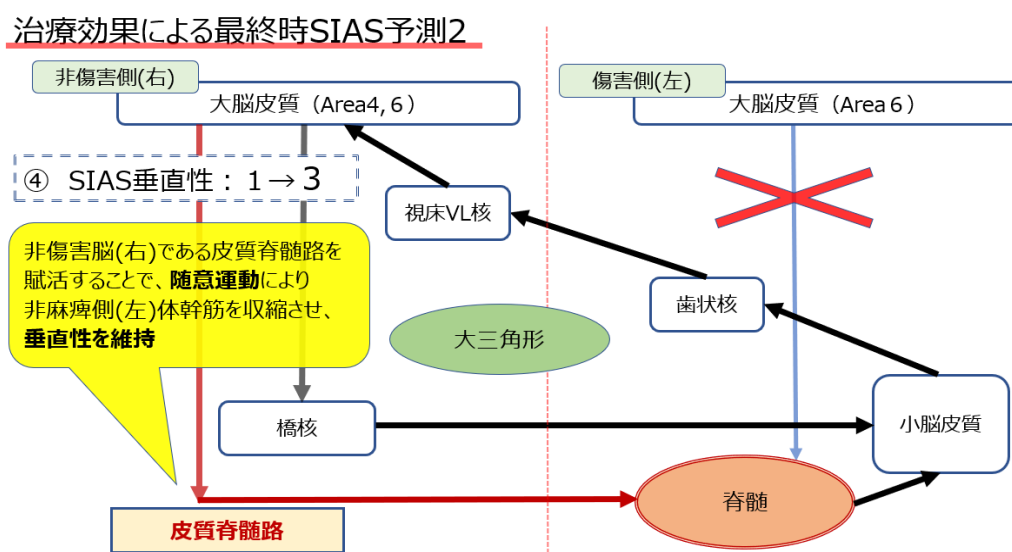


図 5 治療効果による最終時 SIAS スコア予測 2

3.5 「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」による予後予測と最終時 BI の比較

3.4 の SIAS 予測結果のスコア (① : 4、② : 3、③ : 2、④ : 3、⑤ : 2) を予後評価チャートに代入し、トイレ動作における BI の予後予測を実施した。その結果、BI スコアは 10 点 (自立) へ改善すると算出された。これらの最終時 SIAS、BI の予測スコアと、後方視的に確認した本症例における実際の各スコアは、すべて一致していた。

4. 考察

4.1 「脳卒中 ADL 予後評価チャート (トイレ動作)」の有用性

本研究では試作した予後評価チャートを活用し、症例の評価結果データと脳画像所見を用いた使用シミュレーションを通じて、脳画像所見からの初期時 SIAS の脳機能解剖学的分析と治療結果の機能予後予測、すなわち最終時 SIAS スコアの予測を行い、そこから予後評価チャートによって最終時 BI スコアを算出した。このスコアと実際の症例データのスコアとが一致したことから、本研究で作成したチャートは脳卒中の ADL 予後予測に有用であると考えられるが、実際に臨床で応用して症例数を増やしていくことで、その有用性と予測精度の判断が可能であると思われる。

また今回 NNW 理論を用いた解析を行うことで、該当の ADL 動作における関連度が高い具体的な身体機能の項目が抽出できたことも、チャート作成における産物であると考えられる。本研究によって、トイレ動作を向上させるための治療の対象となる機能障害が明らかになったことから、例としてそれらの機能障害を改善させるリハビリテーションプログラムを優先的に立案できるなど、治療方針を立てるうえでの有用性も示唆される。また、これに脳機能解剖学的分析による機能予後予測も加味することで、例えば改善度が低いことが予測される機能障害に対しては、その機能を代償させる方法を立案するなど、対応策を早期から検討できることも期待される。

4.2 予後予測の臨床活用についての考察

脳卒中後の ADL 予後を科学的に予測し、普遍的な予後予測結果を導き出すことは、リハビリテーション目標を正確に設定するため、さらにはリハビリテーション医療の信頼性向上のためにも重要である。このことから ADL 予後予測研究は、リハビリテーション臨床研究の一大テーマとなっている。その中でより正確な予後予測を行うに

は脳卒中患者の障害像の把握が重要だが、脳機能局在や脳機能解剖の複雑さ、脳血管破格の鑑別の難しさなどの点から、臨床症状からの評価だけでは十分な ADL 予後予測ができていないのが現状であると考えられる。

また ADL 予後予測において考慮すべき点のひとつとして、ADL 動作は運動機能に加えて様々な認知機能も関与し、同水準の運動機能であっても認知機能の状態によって ADL 能力は大きく影響を受けることが挙げられる。そのため、認知機能の低下があれば予測はさらに困難となる。石倉の脳卒中 ADL 予後予測研究³³⁾によれば、評価項目として運動機能障害に加えて認知機能障害も加味して ADL を規定する因子の組み合わせを考えた場合、その組み合わせは1億通り以上も存在し、その中から1つの組み合わせを予後予測として選択することは至難の業であるとしている。

今回の予後評価チャートにおいても一定の有用性は示唆されたが、ADL 予後の検討にあたり、入力変数以外の臨床症状が ADL 遂行に影響する可能性については注意が必要である。認知機能に関しては、本研究ではデータ解析の対象選択基準として、FIMC の理解項目において基本的欲求が理解できる5点以上の者、という条件下で解析を行った。そのため、チャートの活用において、認知機能の低下があるケースにおいては、それを加味した判断が求められる。またそれらを含め、SIAS で示される機能障害以外の臨床症状がトイレ動作に影響していることもあるため、チャートによる結果を絶対的な結論とすることにも注意が必要である。さらに、実際の臨床場面においては、対象患者の病前の ADL 能力や、周囲の物的・人的環境等を加味し、またリハビリテーションの進捗状況や患者の心理状態なども加味したうえで、最終的な対象患者の ADL 予後予測を確定していくという視点も、重要であるとする。そして、得られた ADL 予後予測結果は、患者や家族との情報共有において有用であり、より早期に行うこともメリットは大きい。同時に患者の障害受容などの心理面の問題にも配慮したうえでなされるべきである。

また今回試作したチャートの活用方法や算出結果の解釈にも、注意が必要である。本研究のチャートは、解析から抽出されたトイレ動作との関連度が高い各 SIAS の5項目の組み合わせと、その時の BI のスコアとの関係を示したものであるため、初期評価段階の SIAS を入力することで、将来の ADL まで自動的に計算され予測されるものではない。そのため、現在の SIAS スコアが将来どの程度改善するかはセラピスト自身が科学的根拠を持って判断してチャートの該当欄へ入力が必要であり、SIAS で測定された運動機能がどこまで改善するか判断は、脳画像所見の活用などを通じた検者の知識と技術に委ねられる。自動的に計算される方法をとらない理由としては、臨床評価上で同様の運動・認知機能障害であっても、臨床病型とその程度や脳血管破格、付随する脳障害によってその回復度が大きく異なるため、一元的、平均的に回復度を判断することはできず、症例ごとに個別の判断が求められるためである。そして統計的解析によってそれらを平均化してしまうデジタル処理では、むしろ予後予測精度の低下を招きうるためである。

これらのことから、このチャートを用いて ADL 予後予測の精度を向上させていくためには、対象患者個別の分析とセラピストの科学的根拠に基づく機能予後予測の能力が必要となる。しかし、SIAS の機能予後を適切に推測するための神経学的知識や画像診断技術が、若手も含めたすべてのセラピストに備わっているとは言い難いと思われる。それでも、脳機能解剖学的分析を行い、仮説を立てて予測値を算出し、チャートを用いて予後評価を検討することは意義があるとする。必ずしも適切な予測値とはいえないこともあり、患者ならびに家族への情報提供等は慎重になるべきであるが、例えば評価項目の予測値が変わることで BI の結果がどう変わるか、ADL 自立へ改善を図るためにはどの項目の機能改善がより必要かなど、仮説の検証や治療プログラムの立案において、チャートの活用が有用になりうることも考えられる。しかしそれらに甘んじることなく、セラピストが対象患者の障害像を、科学的根拠をもって正確に把握する能力を身につけることは、的確なリハビリテーション介入の選択にもつながり、ADL 予後予測精度の向上、脳卒中リハビリテーションの質的向上にもつながると考える。

脳卒中リハビリテーションで不十分とされる ADL 予後予測が正確に行えるようになれば、介入開始時から最終的な到達度を対象患者に示すことができ、将来の生活をイメージしやすくなり、リハビリテーションで目指すべき具体的方向性も明確になる。特に今回の研究では、NNW 理論を用いたことでトイレ動作における関連性や必要性の高い身体機能も抽出することができた。今後は、トイレ動作に限らず他の ADL 項目についても、NNW 理論を用いて関連度の高い身体機能の要素を抽出してチャートを完成させ、脳卒中リハビリテーションの向上に寄与するとともに、対象者の利益となるように努めたい。

文 献

- 1) 平成 25 年国民生活基礎調査の概況。厚生労働省：30-37, 2014.

- 2) 道免和久：脳卒中における予後予測．臨床リハビリテーション 7(4)：347-356, 1998.
- 3) 前島伸一郎, 岡本さやか, 園田茂：回復期リハビリテーション病棟からの退院先予測．総合リハビリテーション 42(7)：647-651, 2014.
- 4) 小山哲男：脳卒中患者の機能予後予測と地域連携パス．Jpn J Rehabil Med 46：108-117, 2009.
- 5) 道免和久 (編)：脳卒中機能評価・予後予測マニュアル, pp.82-92, 医学書院, 2013.
- 6) 湯崎仁美, 吉田つかさ, 遠藤敦・他：急性期脳卒中患者における Barthel Index と転帰先の関連．高知リハビリテーション学院紀要 15：45-48, 2014.
- 7) 澤田優子, 鈴木雄介, 丸尾優子・他：急性期脳卒中リハビリテーション患者の自宅退院の関連因子—FIM を用いた関連要因分析—．理学療法科学 25(6)：965-968, 2010.
- 8) Jeong S, Inoue Y, Kondo K, et al.: Formula for predicting FIM for stroke patients at discharge from an acute ward or convalescent rehabilitation ward. Jpn J Compr Rehabil Sci 5: 19-25, 2014.
- 9) Koyama T, Matsumoto K, Okuno T, et al.: Relationships between independence level of single motor-FIM items and FIM-motor scores in patients with hemiplegia after stroke: an ordinal logistic modelling study. Journal of Rehabilitation Medicine 38: 280-286, 2006.
- 10) 前田悠太郎, 渡邊晶規, 日比野至：回復期リハビリテーション病棟における自宅復帰に影響を与える因子．名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇 2(1)：1-8, 2013.
- 11) 岡本伸弘, 増見伸, 山田学・他：回復期リハビリテーション病院における FIM を用いた自宅復帰因子の検討．理学療法科学 27(2)：103-107, 2012.
- 12) 津坂翠, 梅本吉昭, 林浩之・他：脳血管疾患等の患者が自宅退院するために必要な日常生活活動能力．作業療法 32(3)：256-261, 2013.
- 13) 江連亜弥, 原田慎一, 小澤佑介・他：脳卒中片麻痺者の体幹機能と日常生活活動 (ADL) との関係について．理学療法科学 25(1)：147-150, 2010.
- 14) 道免和久：脳卒中片麻痺患者の機能評価法 Stroke Impairment Assessment Set (SIAS) の信頼性および妥当性の検討 (1)．リハビリテーション医学 32(2)：113-122, 1995.
- 15) 園田茂：脳卒中片麻痺患者の機能評価法 Stroke Impairment Assessment Set (SIAS) の信頼性および妥当性の検討 (2)．リハビリテーション医学 32(2)：123-132, 1995.
- 16) 二木立：脳卒中の予後予測 歩行自立度を中心に．理学療法と作業療法 21：710-715, 1987.
- 17) 三好正堂：経験則を見直そう—臨床に役立つ予後予測の基本知識．臨床リハビリテーション 10(4)：295-306, 2001.
- 18) 石倉 隆, 岩田 篤：SIAS, FIMC から脳卒中の ADL 予後を予測する：Stroke ADL prognostic assessment set II (SAPAS II) の開発と機能予後予測の視点—．理学療法福井 18：4-15, 2014.
- 19) Sakamaki M, Igarashi H, Nishiyama Y, et al.: Effect of glycerol on ischemic cerebral edema assessed by magnetic resonance imaging. J Neurol Sci 15: 69-74, 2003.
- 20) Peduzzi P, Concato J, Kemper E, et al.: A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. J Clin Epidemiol 49: 1373-1379, 1996.
- 21) Data management service of the Uniform Data System for Medical Rehabilitation and the Center for Functional Assessment Research: Guide for use of the uniform data set for medical rehabilitation. Version 3.0, State University of New York at Buffalo, Buffalo, 1990.
- 22) 吉富康成：ニューラルネットワーク, pp.1-13, 朝倉書店, 2002.
- 23) 園田茂, 才藤栄一, 辻内和人・他：脳卒中帰結予測におけるニューラルネットの応用．総合リハビリテーション 23(6)：499-504, 1995.
- 24) 木村貞治：EBPT の意義と実践方法．理学療法京都 45：62-70, 2016.
- 25) 大畑光司：脳の構造と機能．石川朗 (編)：理学療法テキスト 神経障害理学療法学Ⅱ, pp.6-7, 中山書店, 2012.
- 26) A. R. Crossman, D. Neary：神経解剖カラーテキスト 第2版, pp.128-129, 157-166, 医学書院, 2008.
- 27) 寺島俊雄：カラー図解 神経解剖学講義ノート, pp.141-144, 金芳堂, 2011.
- 28) 水落和也：片麻痺に筋力強化は有害か?．総合リハ 26(9)：888-890, 1998.
- 29) 葉山達也, 河西春郎：シナプスにおける GABA の新しい役割．BRAIN AND NERVE 66(8)：987-993, 2014.
- 30) Katalinic OM, Harvey LA, Herbert RD: Effectiveness of stretch for the treatment and prevention of contractures in people with neurological conditions: a systematic review. Phys Ther 91：11-24, 2011.

- 31) 寺島俊雄：カラー図解 神経解剖学講義ノート，pp.68-71，金芳堂，2011.
- 32) 森茂美：運動の階層性制御．宮本省三，沖田一彦（選）：運動制御と運動学習，pp.23-47，協同医書出版社，1997.
- 33) 石倉隆：SIAS, FIM 認知項目と頭部 CT から脳卒中の ADL 予後を予測する；脳卒中 ADL 予後評価セット (SAPAS) 作成のための pilot study. 保健医療学雑誌 1：10-17, 2010.

著者連絡先：林 真太郎 〒559-8611 大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 2 6 番 1 6 号 森ノ宮医療大学
email: sn.hayashi884@gmail.com

©林 真太郎、岩田 篤、石倉 隆

大阪保健医療大学 紀要（第 3 号）

2020 年 3 月 31 日発行

発行者

学校法人福田学園 大阪保健医療大学

〒530-0043 大阪市北区天満 1 丁目 9 番 27 号

TEL 06-6352-0093 FAX 06-6352-5995

URL <https://www.ohsu.ac.jp/>

編 集

大阪保健医療大学 学術研究委員会

委員長 境 隆弘（教授 保健医療学研究科・保健医療学部）

委 員 松井理直（教授 保健医療学研究科・保健医療学部）

委 員 藤岡重和（教授 保健医療学研究科・保健医療学部）

委 員 藪中良彦（教授 保健医療学研究科・保健医療学部）

委 員 吉田 文（教授 保健医療学部）

事務局 岩田貴代（学園本部 法人室）