

# 感覚刺激を活用した新たな運動療法手技の開発：シールマーカ法と舌圧子保持法

西尾正輝

Masaki Nishio

**要旨** 運動を的確に遂行するためには感覚、知覚、認知などの情報を処理する過程が不可欠である。また、運動機能の回復は脳の認知過程を柱とする学習過程としてとらえられ、認知過程をより強く活性化することで運動機能の回復を促すことができる。すなわち、感覚刺激を適切に強化し認知過程へとつなげることで、障害された神経回路網の機能的再生が促されると推察される。こうした感覚刺激を活用する視点から新たな運動療法手技として、シールマーカ法と舌圧子保持法を開発し、その手技について解説した。

**キーワード** シールマーカ法、舌圧子保持法、高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム、MTPSSE

## I. はじめに

筆者は最近ディサースリアと摂食嚥下障害に対する同時並行的なハイブリッドアプローチとして「高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (Movement Therapy Program for Speech & Swallowing in the Elderly: MTPSSE)」を開発した<sup>1,2)</sup>。その中には、筆者が考案し、臨床的試行により有用性を確認した新しい治療手技が多数含まれている。

本稿では、MTPSSEの一部として、感覚刺激を活用した運動療法手技として開発した一連の技法の中でもシールマーカ法と舌圧子保持法を取り上げて解説し、考察を加えて報告することを目的とする。

## II. シールマーカ法とは

顔面筋（表情筋）の運動療法で用いるために開発された手技である。MTPSSEは「I. 可動域拡大運動プログラム」と「II. レジスタンス運動プログラム」の二部から構成されるが、本法は主に前者において、特に顔面神経麻痺のある人を対象とする治療で効果を高めるために使用することを推奨している。顔面のCIセラピー (constraint-induced movement therapy) の効果をいっそう高めるために開発された新しい治療テクニックであり、顔面筋の運動機能を改善させるばかりでなく、病的共同運動の出現を抑制することをも期待する。

具体的には、クライアントの口裂周囲の4箇所、すなわち右上唇、左上唇、右下唇、左下唇に小さい丸形のシール

を貼り、これをマーカとする（図1-a）。その時、麻痺側、あるいは集中して運動させる部位だけシールの色を変える。赤は注意を引きつけるので、望ましい色である。たとえば、左顔面神経麻痺例であれば、左上唇と左下唇に赤いシールを貼りつける。健側には赤とは対照的な色（緑など）のシールを貼りつける。

そして、CIセラピーを実施する場合に、健側の代償運動を臨床家が手指で抑制して、色が異なっている部位（赤のシールを貼った部位）に注目させ、「赤いシールを貼ったところだけを動かして下さい」と指示を与える。運動実施時には、麻痺側の顔面だけが選択的に運動していることを鏡を用いて視覚的にフィードバックさせながら施行させる（図1-b）。臨床家が健側の代償運動を抑制するばかりでなく、クライアントがセルフ・コントロールで健側の代償運動を抑制して運動を行う場合も、色が異なっている部位（赤のシールを貼った部位）に注目させ、麻痺側の顔面が適切に運動しているかどうかを視覚的に確認させる。

シールマーカ法を活用する課題としては、MTPSSEに含まれる小項目では主に「上下唇の同時開大運動」であり、「上下唇の同時閉鎖運動」と交互に行うとよい。「上下唇の同時開大運動」というのは、従来行われてきた口唇を横に引く運動を改変したものである。口唇を横に引く運動では口裂を開く一連の筋群を不十分にしか使用していない。特に上唇の挙上と下唇の下制にかかわる筋群が適切に用いられていない。そこで、口裂を開く一連の筋群を全般的に用いる運動として設けられたものが「上下唇の同時開大運動」である。

同課題の実施方法は、閉口位で「イー」と発声させながら、上下唇を同時に十分に強く横に引きながら、かつ縦に

十分に開き、その状態を5秒間保持する、というものである。CIセラピーを用いた場合でも、最終的には自助努力で左右対称的に運動できるように導く。

その他、「上下唇の同時閉鎖運動」や「上下唇の同時突出運動」などでも、有用である。

こうした運動を実施するには、臨床家のモデリングと鏡を用いたミラーバイオフィードバックが必須である(図2)。クライアントに臨床家の手本を模倣しながら、視覚的に自身の運動を確認・自己修正させ、運動感覚の向上を促す。シールマーカー法はミラーバイオフィードバックの効果を高めるための治療テクニックである。

顔面のCIセラピーについては、成書<sup>3)</sup>を参照していただきたい。その有用性について、小久保ら<sup>4)</sup>、阿部ら<sup>5)</sup>、小野田ら<sup>6)</sup>、高倉ら<sup>7)</sup>が報告している。

### Ⅲ. 舌圧子保持法とは

顔面筋と咀嚼筋の運動療法で用いるために開発された手技である。以下では、両者の手技について順に解説する。

#### 1. 顔面筋における舌圧子保持法

まず、顔面筋における舌圧子保持法の活用方法について解説する。MTPSSEでは、「可動域拡大運動プログラム」において、特に顔面神経麻痺のある人を対象とした治療で効果を高めるために使用することを推奨している。シールマーカー法と同様に、顔面のCIセラピーの効果をより高めるために開発されたテクニックであり、運動機能を向上させるばかりでなく、病的共同運動の出現を抑制することをも期待する。加えて、顔面筋の巧緻動作能力を向上させる際の促通手技としても有用である。

舌圧子保持法を活用する課題としては、主に「上下唇の個別開大運動」である。同課題の実施方法は、閉口位で「イー」と発声させながら、上唇(下唇)を十分に強く上外側(下外側)に挙上(下制)させながら開き、その状態を5秒間保持する、というものである(図3-a, b)。

この運動を行う際に、舌圧子保持法を用いると上下唇の分離運動が容易に促通される。具体的には、①上下顎前歯部で舌圧子を軽く咬んで保持し、②上唇と下唇をともに舌圧子にぴったりと押しつけ、やや強めに舌圧子を上下唇で挟む(図4-a)。次に、③下唇を舌圧子に向かって押しつけた状態を保持しながら、④上唇だけを舌圧子から離して挙上させた状態を5秒間保持する(図4-b)。これが上唇の分離挙上運動である。

続いて、下唇の分離下制運動を同様の手順で行う。すなわち、①上下顎前歯部で舌圧子を軽く咬んで保持し、②上唇と下唇をともに舌圧子にぴったりと押しつけ、やや強めに舌圧子を上下唇で挟む(図4-a)。次に、③上唇を舌圧子に向かって押しつけた状態を保持しながら、④下唇だけ

を舌圧子から離して下制させた状態を5秒間保持する(図4-c)。これが下唇の分離下制運動である。

この時、鏡を用いたミラーバイオフィードバックと前述のシールマーカー法を併用するとより効果的である(図4-d)。

上下唇の分離運動課題は健常者でも正確に行うことは難しいが、舌圧子保持法を用いると即効的に効果が見られ、代償運動を抑制して確実にターゲットとする部位の運動機能を選択的に強化することが可能となる。興味深いことに、本法を一定期間用いていると、しばしば、舌圧子を除去しても上下唇の分離運動を容易に行うことが可能となる。

#### 2. 咀嚼筋における舌圧子保持法

次に、咀嚼筋における舌圧子保持法の活用方法について解説する。MTPSSEでは、「可動域拡大運動プログラム」において、特に下顎の運動範囲の制限のある人を対象とした治療で効果を高めるために使用することを推奨している。

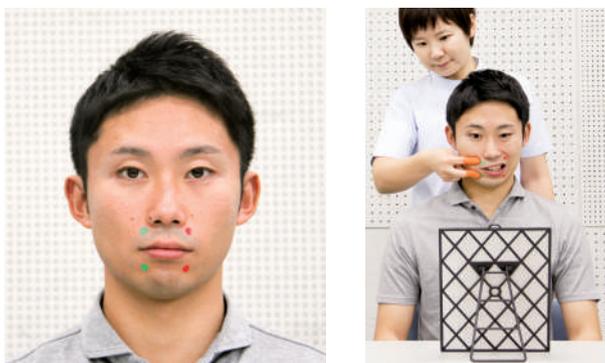
具体的には、上下顎歯間で舌圧子を軽く噛んだ状態で(図5-a)、「下顎の前後(前進-後退)運動(図5-b, c)」と「下顎の側方運動(図6)」を実施すると、即効的に運動が促通される。「下顎の前後(前進-後退)運動」では、十分に強く下顎を前進(前方, 前突)運動させ(図5-b)、最大前進位で約5秒間保持させてから、十分に強く後退運動させ(図5-c)、最大後退位で5秒間保持する。「下顎の側方運動」では、上下顎歯間で舌圧子を軽く噛んだ状態で(図6-a)十分に強く下顎を左方(図6-b)および右方(図6-c)に側方運動させ、左右の最大側方位でそれぞれ約5秒間保持する。

舌圧子保持法を用いてこれらの咀嚼筋の運動を行うと、3次元空間内における下顎の位置、運動方向、速度、強さなどを明確に認識することが可能となり、この感覚入力によって下顎の運動制御が即効的に促通される。

## Ⅳ. 考 察

#### 1. 感覚と運動について

感覚は、1) 視覚に代表される特殊感覚、2) 触圧覚や運動覚などの体性感覚、3) 内臓感覚に大別される。私たちは、感覚受容器を介して環境の変化や刺激にかかわる諸感覚情報を受容し、知覚し、認知している。運動と感覚は常に同時進行的に行われている。両者を切り離すことはできない<sup>8-10)</sup>。運動の実行中枢は第一次運動野であるが、運動を意図に基づいて的確に遂行するためには感覚、知覚、認知などの情報を処理する過程が不可欠である。空間における位置や、運動の方向、速度、強さなどは、運動感覚を通して認識しながら制御されている。運動と感覚は、上位中枢レベルにおいても、下位中枢レベルにおいても、末梢の神経筋レベルにおいても関連している。解剖学的にも、



(a)シール貼付例 (b)CIセラピー実施時

図1 シールマーカ法におけるシールの貼付例(a)とCIセラピー実施時(b) (上下唇の同時開大運動実施時)



(a)上唇の個別開大運動 (b)下唇の個別開大運動

図3 上下唇の個別開大運動



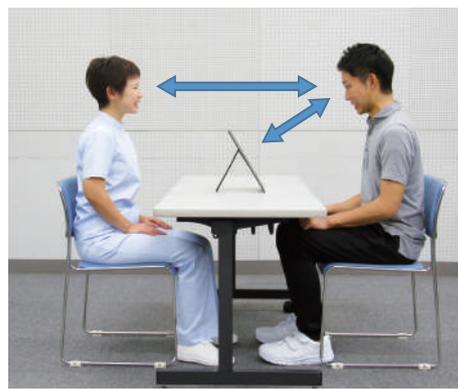
(a)



(b)



(c)



(d)

図2 シールマーカ法における鏡を用いたミラーバイオフィードバック例。臨床家とクライアントは対面して位置し(a)、臨床家が模範例をおおげさな動作で提示し(b)、クライアントは模倣する。随時、クライアントは目の前に置いた鏡で自身の顔面の動きを視覚的にフィードバックして必要に応じて誤りを修正する(c)。(d)に一連の流れを示す。

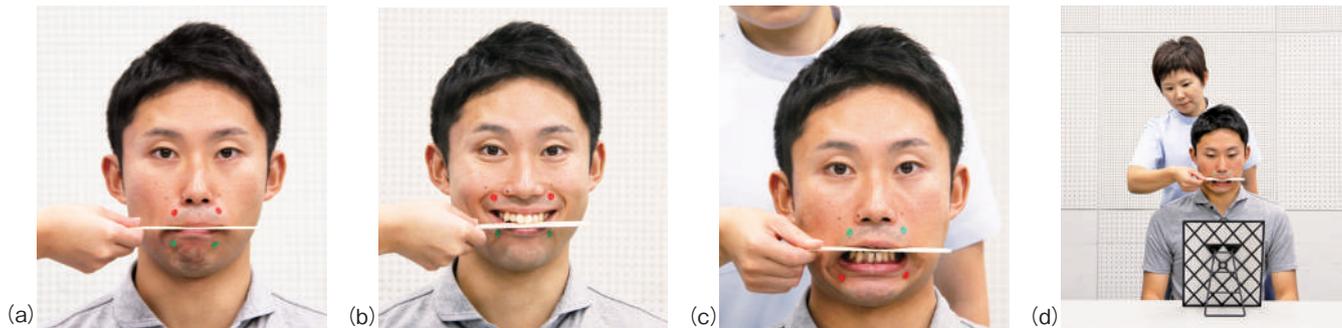


図4 舌圧子保持法を用いた上下唇の個別開大運動。



図5 舌圧子保持法を用いた咀嚼筋の運動(下顎の前後運動).  
(b)は前進-(c)は後退.



図6 舌圧子保持法を用いた咀嚼筋の運動(下顎の側方運動).

大脳皮質の第一次体性感覚野と第一次運動野とは強い線維連絡があることが確認されている<sup>11-13</sup>。第一次体性感覚野を破壊したサルでは新規の運動を習得することが困難になるという報告<sup>14</sup>は、運動課題の学習において感覚情報の果たしている重要な役割を端的に示すものであり、運動が感覚を通して学習するものであることを裏付ける。

近年の機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging : fMRI), 脳磁計測法などの機器装置を用いたニューロイメージング法により、第一次運動野は四肢の運動実行中枢であるばかりでなく、運動知覚にもかかわっていることが示されており、自己の身体運動に関して知覚過程と運動制御過程は共通の神経基盤を有することが報告されている<sup>10</sup>。

また、運動機能の回復は脳の認知過程を柱とする学習過程としてとらえられ、認知過程をより強く活性化することで運動機能の回復を促すことができる<sup>15</sup>。すなわち、感覚刺激を適切に強化し認知過程へとつなげることで、障害された神経回路網の機能的再生が促されると推察される。

ところで、意図した通りに運動を遂行する際に、2つの制御機構が活用されていることが知られており、両者で制御器と効果器の関係が異なる<sup>16</sup>。すなわち、1) 運動している身体部位からの感覚入力からのフィードバックおよび視覚入力によるフィードバックを受けて行われるフィードバック制御 (feedback control) と、2) 末梢からの感覚フィードバックの影響を受けずに運動が実行されるフィードフォワード制御 (feedforward control) である。フィードフォ

ワード制御には、直接制御と間接制御がある。直接制御では、効果器の行動を感知することなく運動が制御されている。これに対して間接制御では、運動学習の結果、中枢神経系に蓄積された運動制御のための内部モデル (internal model) を用いて運動指令が出されている。内部モデルは中枢神経系の中でも小脳の中に獲得されて随意運動制御に利用されているという Wolpert ら<sup>17)</sup>の仮説が有力である。日常生活動作の過程では、フィードバック制御とフィードフォワード制御の両方が併用されている<sup>16)</sup>。

フィードバック制御は、感覚入力情報を活用して運動を修正して正確な運動へと近づける運動制御理論として有用であることがリハビリテーション領域でも知られている。これは感覚入力情報を運動指令に変換するという脳が生得的に有している、いわば運動と感覚との連合とも呼ぶべき神経機序と密接に関与しているといえるであろう<sup>11)</sup>。他者の動作を観察した時に活動しその動作を自ら実行する時にも活動するという特性を有するミラーニューロンは、こうした運動と感覚との連合機能を端的に示す例であろう。リハビリテーション領域でも、視覚刺激を提示してミラーニューロンシステムを活用する効果が報告されている<sup>18,19)</sup>。総じて、運動と感覚が決して不可分ではないという見解はもはや否定する余地はないといえるであろう。

## 2. シールマーカー法における感覚入力の活用について

顔面筋に関しては運動遂行に関与する体性感覚 (深部感覚) ならびに視覚的フィードバック情報量は四肢と比較して乏しいと推察される。顔面筋に関する視覚情報は、ほとんどの日常生活において遮断された状態に近い。顔面神経麻痺患者では、自身の運動麻痺に気づかない場合さえある<sup>20)</sup>。運動制御系 (中枢神経系) が効果器 (顔面筋) の出力の影響を受けない信号にしたがって活動するフィードフォワード制御が優位に働いているものと推察される。

加えて、顔面筋の運動は随意運動に属するとはいえ、錐体外路系も関与し<sup>21)</sup>、笑いなどの情動的ならびに生理的要素を含む運動は無意識の様式 (unconscious mode) もしくはそれに近い様式で行われることも、運動麻痺が生じた条件下であろうともその運動過程が意識されにくいことに関与しているであろう。したがって、顔面筋の運動を再学習することを目的としたリハビリテーションにおいては視覚入力によるフィードバック制御を用いて、より注意を払った意識的様式下における知覚運動統合過程へと近づけることが重要な役割を担うことになる。あたかも箸を巧みに使う時のように、視覚運動協応 (visuo-motor coordination) を重視して顔面筋を意識的に使う特異的な手法が運動学習を促進する可能性を有すると思われる<sup>16)</sup>。これとは逆に、顔面神経麻痺患者にフィードバック情報が提供されないと、誤りが検出・修正されることのない状態で運動が遂行され継続してしまう傾向にあるばかりでなく、健側の代償運動

が助長されかねない。したがって、「ことばの体操」のようなフィードバックが無視された機械的な運動は、結果として麻痺側の運動機能の増悪を招くリスクを大いに孕んでいる。

麻痺側に対して適切な運動を行うことによって大脳皮質レベルでの再組織化が認められ、運動機能が改善することが実験的に証明されているが<sup>22-28)</sup>、このような顔面の運動の特性から、その運動麻痺に対するリハビリテーションにおいては視覚的情報をいかに有効にフィードバックさせるかが、機能改善効果にかかわるきわめて重要な要因となるであろう。

実際に、視覚的情報は顔面の障害された運動機能を改善させる上で欠かすことができない特殊感覚情報であり、その臨床的有用性が指摘・報告されてきた<sup>3-7,29)</sup>。従来報告されてきたこれらの視覚的情報の多くは、鏡を用いたミラーバイオフィードバックに関するものであり、顔面神経麻痺の治療においてミラーバイオフィードバックが病的共同運動を抑制する効果が指摘・報告されている<sup>29-31)</sup>。CIセラピーは顔面の運動機能を改善させたとともに、病的共同運動を抑制するという「二律背反<sup>32)</sup>」を克服する手技として有用であることが報告されている<sup>4-7)</sup>。顔面筋に限らず、運動機能の改善において感覚入力の重要性を示す報告は少なくない<sup>14,33-36)</sup>。

シールマーカー法とは、こうしたミラーバイオフィードバックの効果をいっそう高めるために開発されたテクニックであり、視覚的感覚刺激をより強化していっそう高い精度の高い運動イメージを構築する働きを有する。このように視覚的情報を重視して運動を行う場合、網膜で得られた視覚的情報は視神経を介して間脳に入ってから第一次視野に達するが、その後、第二次視野野から後頭頂皮質もしくは上頭頂小葉を経由して運動前野に情報が伝えられ、運動前野から第一次運動野に情報が伝えられる<sup>13)</sup>。頭頂連合野と運動前野を結ぶ経路は相互方向の結合があり<sup>37)</sup>、感覚運動制御において重要な役割を果たしている<sup>38)</sup>。

ディサースリアや嚥下障害を含めて運動障害の臨床においてフィードバック法が重要であることはこれまでに指摘されてきたが<sup>3)</sup>、これは運動学習に広くいえることである。**図7**に、バイオフィードバックのメカニズムを模式的に示した。バイオフィードバックとは、「生体内でおきている生理過程に関する情報を本人にフィードバックし、その生理的变化を追跡しながら、それを自律的に統制していく過程」と定義され、フィードバック信号は「内部で時々刻々と変化する生理的状态をはっきりととらえる」ものである<sup>39)</sup>。ディサースリアや嚥下障害例では、発声発語・嚥下器官の運動機能に関する情報をフィードバック装置を用いて聴覚的もしくは視覚的にクライアントにフィードバックし、中枢レベルでの運動の制御能力を高める。バイオフィ

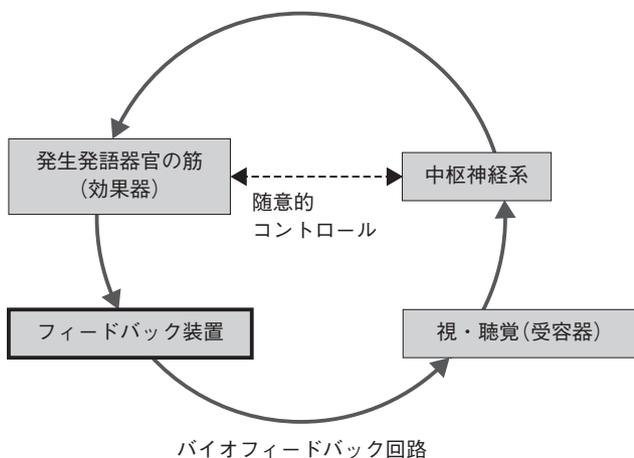


図7 バイオフィードバックのメカニズムを模式的に示す<sup>3)</sup>.

ードバックは課題遂行時に運動制御に活用して運動軌道を修正する働きを有するばかりでなく、フィードフォワードできるようにするというのが運動学習理論の基本原則である<sup>40)</sup>。シールマーカー法というフィードバック装置とは鏡である。

こうした運動制御機能は、図8に示した運動学習理論におけるスキーマ理論の立場から検討すると、フィードバック過程における感覚情報が目標とする課題遂行時の運動制御に利用され、実施しようとしている運動と実際に実施している運動との誤差情報の知覚・修正能力を高め、より正確に運動を遂行するスキーマを自己強化させるのに役立つと説明することができる。こうしたフィードバック制御は閉ループ制御 (closed loop control) と呼ばれ、感覚フィードバック-誤差検出-誤差修正を基本要素とする自己調節回路を通して、目標値と実行値との誤差をなくすように調節されている<sup>16)</sup>。これに対して中枢の運動プログラムによる制御を重視し、前述の末梢からの感覚フィードバックの影響を受けずに運動が実行されるフィードフォワード制御は開ループ制御 (open loop control) と呼ばれる。

顔面神経麻痺の運動機能の治療では、病的共同運動を回避して正しい運動制御機能を学習する必要があることから、フィードバック制御を重視した運動学習理論が役立つ。臨床的に本法を用いる際には、視覚による運動の誤差検出から運動の修正まで200msec程度の時間の遅延が生じることから<sup>16)</sup>、当初はリハビリテーション開始時には緩徐に運動を行わせて制御能力を向上させるように努め、次第に運動学習の成果として内部モデルの精度を高めてフィードフォワード制御を可能とすることをめざす。感覚フィードバックはフィードフォワード制御を可能とする内部モデルの形成に役立つ<sup>16)</sup>。

### 3. 舌圧子保持法における感覚入力の実用について

顔面筋における舌圧子保持法もまた、感覚入力情報が増

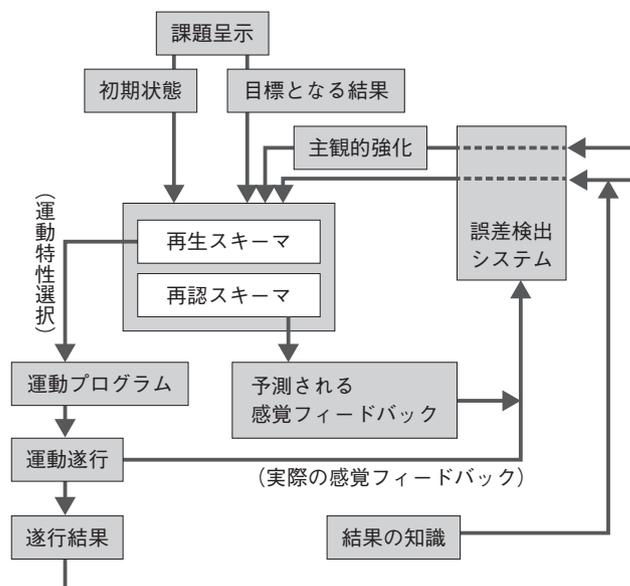


図8 スキーマ理論による運動の制御<sup>48)</sup>

大することで上唇の運動と下唇の運動が明確に区分され、中枢での処理能力が高まり、上唇と下唇をそれぞれ個別に運動させる能力が促進されるものである。ここでは体性感覚 (触・圧覚) 情報を用いているが、ミラーバイオフィードバックを併用すると視覚的な特殊感覚情報をも導入することになり、さらにシールマーカー法を加えることでより強固な入力刺激となる。

顔面筋の舌圧子保持法は、顔面筋の巧緻動作を向上させたり、スティッキングポイントを強化させる際の促進手技としても有用であろう。また、単に運動機能の改善を図るばかりでなく、顔面神経麻痺患者に対して病的共同運動の出現を抑制する際にも役立つであろう。

咀嚼筋における舌圧子保持法では、下顎の位置感覚にかかわる感覚情報が増大することで、下顎の運動が促進される。下顎位の感覚にかかわる感覚受容器として、主に閉口筋 (咀嚼筋) の筋紡錘と、顎関節の感覚受容器などがあげられる<sup>41,42)</sup>。これらの感覚受容器は、下顎位については垂直的位置感覚に関与している<sup>43)</sup>。さらに、歯根膜は豊富な知覚神経支配を受け、口腔内の重要な感覚装置としての機能を担っている<sup>44)</sup>。歯根膜内に存在する機械受容器により感知された入力情報 (歯根膜感覚) も体性感覚として歯根膜神経を介して中枢神経系に伝達され、下顎位の認知に関与している<sup>45)</sup>。

下顎の運動において舌圧子保持法を用いると位置感覚が高まり運動が促進されるのは、この歯根膜機械受容器による入力情報がフィードバック機構を高めるものと推察される。すなわち、舌圧子を歯で噛むことにより触覚、圧覚に加えて歯の位置感覚に関する情報が歯根膜機械受容器という感覚装置から歯根膜神経を介して脳に伝達され、末梢効

果器である下顎の水平運動の制御に役立っているものと推察される。Trullsson ら<sup>46)</sup>は、ヒトの歯根膜機械受容器は方向にかかわる感受性を有することを示している。また、歯牙の圧覚閾値は部位により異なるがおよそ1~10 g程度と報告されていることから<sup>47)</sup>、舌圧子を軽く噛んで保持するだけの圧刺激が歯根膜内受容器が感知するのに十分な強さであるといえる。

利益相反：本稿において利益相反に該当する事項はない。

## 文 献

- 1) 西尾正輝：フレイル・サルコペニアと摂食嚥下障害。ディサースリア臨床研究, 7 : 28-38, 2017.
- 2) 西尾正輝：ディサースリアと摂食嚥下障害を同時に治療・訓練するアプローチ：総論。第4回日本ディサースリア学術集会プログラム・抄録集特別ハンドアウト集, 3-22 頁, 2018.
- 3) 西尾正輝：ディサースリアの基礎と臨床 第3巻 —臨床実用編一。インテルナ出版, 東京, 2006.
- 4) 小久保由里香, 西尾正輝：UUMN ディサースリア1例の臨床経過：CIセラピーとリズムキョウイング法の有効性に関する検討を中心として。ディサースリア臨床研究, 1 : 19-23, 2012.
- 5) 阿部尚子, 西尾正輝：当院における脳幹梗塞に伴う末梢性顔面神経麻痺に対するCIセラピーの臨床経過。ディサースリア臨床研究, 2 : 35-40, 2012.
- 6) 小野田聡子, 畑 幸彦：聴神経腫瘍術後の末梢性顔面神経麻痺に対するCIセラピー。ディサースリア臨床研究, 2 : 41-46, 2012.
- 7) 高倉祐樹, 中山剛志：Shaping を考慮した顔面に対するCIセラピーの試み—病的共同運動をいかに防ぐか—。ディサースリア臨床研究, 2 : 47-55, 2012.
- 8) 高橋仁美, 諸橋 勇 (編)：理学療法士のためのコンディショニング入門。中山書店, 東京, 44-48 頁, 2010.
- 9) Keller A, Weintraub ND, Miyashita E : Tactile experience determines the organization of movement representations in rat motor cortex. *Neuroreport*, 7 : 2373-2378, 1996.
- 10) 寺田 茂：感覚運動関連。PT ジャーナル, 49 : 645, 2015.
- 11) 内藤栄一, 上原信太郎, 村田 哲：感覚学習と運動学習。PT ジャーナル, 46 : 25-35, 2012.
- 12) 小澤静司, 福田康一郎 (監修)：標準生理学 (第8版)。医学書院, 東京, 2014.
- 13) 大西秀明：感覚入力と脳の可塑性——一次体性感覚野は運動学習に必要なか—。齊藤秀之, 加藤 浩, 金子文成編「感覚入力で挑む」, 文光堂, 東京, 170-179 頁, 2016.
- 14) Pavlides C, Miyashita E, Asanuma H : Projection from the sensory to the motor cortex is important in learning motor skills in the monkey. *J Neurophysiol*, 70 : 733-741, 1993.
- 15) Pante F : 認知運動療法講義 (小池美納訳)。協同医書出版社, 東京, 2004.
- 16) 中村隆一, 長崎 浩, 斎藤 宏：基礎運動学 (第6版)。医歯薬出版, 東京, 2003.
- 17) Wolpert DM, Kawato M : Multiple paired forward and inverse models for motor control. *Neural Netw*, 11 : 1317-1329, 1998.
- 18) Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, et al : Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353 : 2035-2036, 1999.
- 19) Ushioda T, Watanabe Y, Sanjo Y, et al : Visual and auditory stimuli associated with swallowing activate mirror neurons : a magnetoencephalography study. *Dysphagia*, 27 : 504-513, 2012.
- 20) ビートたけし：顔面麻痺。太田出版, 東京, 1995.
- 21) Anthony CP, Kolthoff NJ : Textbook of anatomy and physiology (9th ed). The C.V. Mosby Company, Saint Louis, 1975.
- 22) Nudo R, Wise BM, SiFuentes F, et al : Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science*, 272 : 1791-1794, 1996.
- 23) Nudo RJ, Milliken GW, Jenkins WM, et al : Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci*, 16 : 785-807, 1996.
- 24) Nudo RJ, Milliken GW : Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys. *J Neurophysiol*, 75 : 2144-2149, 1996.
- 25) Nudo RJ : Adaptive plasticity in motor cortex: implications for rehabilitation after brain injury. *J Rehabil Med*, 41 (Suppl) : 7-10, 2003.
- 26) Liepert J, Bauder H, Wolfgang HR, et al : Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31 : 1210-1216, 2000.
- 27) Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, et al : Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke : the EXCITE randomized clinical trial. *JAMA*, 296 : 2095-2104, 2006.
- 28) Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, et al : Retention of upper limb function in stroke survivors who have received constraint-induced movement therapy : the EXCITE randomized trial. *Lancet Neurol*, 7 : 33-40, 2008.
- 29) Nakamura K, Toda N, Sakamaki K, et al : Biofeedback rehabilitation for prevention of synkinesis after facial palsy. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 128 : 539-543, 2003.
- 30) 中村克彦, 大山晴三, 岩崎英隆, 他 : 完全脱神経をきたした顔面神経麻痺例に対するリハビリテーション。 *Facial N Res Jpn*, 27 : 186-188, 2007.
- 31) Toffola ED, Tinelli C, Lozza A, et al : Choosing the best rehabilitation treatment for Bell's palsy. *Eur J Phys Rehabil Med*, 48 : 1-8, 2012.
- 32) 栢森良二：編集企画にあたって。 *MB Med Reha*, 126 : 前付1, 2010.
- 33) Iriki A, Pavlides C, Keller A, et al : Long-term potentiation in the motor cortex. *Science*, 245 : 1385-1387, 1989.
- 34) Iriki A, Pavlides C, Keller A, et al : Long-term potentiation of thalamic input to the motor cortex induced by coactivation of thalamocortical and corticocortical afferents. *J Neurophysiol*, 65 : 1435-1441, 1991.
- 35) Keller A, Pavlides C, Asanuma H : Long-term potentiation in the cat somatosensory cortex. *Neuroreport*, 1 : 49-52, 1990.
- 36) Asanuma H, Pavlides C : Neurobiological basis of motor learning in mammals. *Neuroreport*, 8 : i-vi, 1997.
- 37) Luppino G, Murata A, Govoni P, et al : Largely segregated parietofrontal connections linking rostral intraparietal cortex (areas AIP and VIP) and the ventral premotor cortex (areas F5 and F4). *Exp Brain Res*, 128 : 181-187, 1999.

- 38) 村田 哲：ミラーニューロンシステムの中の身体性. 認知リハ, 20 : 3-16, 2017.
- 39) 橋口英俊編著：新臨床心理学入門（第5版）, 建畠社, 東京, 1985.
- 40) Schmidt, RA : Motor learning and performance : from principle to practice. Human Kinetics Books, Champaign, 1991.
- 41) 森本俊文, 山田好秋, 二ノ宮裕三, 岩田幸一（編集）：基礎歯科生理学（第6版）. 医歯薬出版, 東京, 2014.
- 42) 浅沼直和, 和泉博之, 稲永清敏, 他：ビジュアル口腔生理学. 学建書院, 東京, 2008.
- 43) 兼平治和, 前田照太, 川野 晃, 他：下顎の空間的位置感覚とその変動要因. 補綴誌, 35 : 1065-1069, 1991.
- 44) Schroeder HE : The periodontium. Springer-Verlag, Berlin-Hedelberg-New York, pp170-233, 1986.
- 45) 前田健康：歯根膜の感覚受容装置の形態学的基盤—特にルフィニ神経終末について—. 顕微鏡, 46 : 227-232, 2011.
- 46) Trulsson M, Johansson RS, Olsson KA : Directional sensitivity of human periodontal mechanoreceptive afferents to forces applied to the teeth. J Physiol, 447 : 373-389, 1992.
- 47) Manly RS, Pfaffmann C, Lathrop DD, et al : Oral sensory thresholds of persons with natural and artificial dentitions. J Dent Res, 31 : 305-312, 1952.
- 48) 西尾正輝：ディサースリアの基礎と臨床 第2巻 —臨床基礎編—. インテルナ出版, 東京, 2006.