

# 坂戸市城西大学共同プロジェクト水治リハビリ（水治療法士）

## 実践運用とその効果

### （水中でのボール操作による学習性動因として手指の運動麻痺回復）

水野加寿 柴岡信一郎 坂本重己 鳥谷尾秀行 渋井二三男  
Kajyu Mizuno\*<sup>1</sup> Sinichirou SIBAOKA\*<sup>2</sup> Sigemi SAKMOTO\*<sup>3</sup> Hideyuki TOYAO\*<sup>4</sup> Fumio Shibui\*<sup>5</sup>  
城西大学\*<sup>1,5</sup> 日本ウェルネススポーツ大学\*<sup>2</sup> 日本医療科学大学<sup>3</sup> 秀明大学\*<sup>3</sup> 城西短期大学  
Josai University\*<sup>1</sup> Nihhoh Wellness Sport University\*<sup>2</sup> Nihon Institute of Medical Science\*<sup>3</sup> Shumei University\*<sup>4</sup>

Email: fshibui000@yahoo.co.jp

脳性片麻痺患者に対する運動機能回復訓練法の一手段として、水中でのボール操作運動を行ったところ、複数の患者に障害手指における運動麻痺回復の兆候が見られた。この障害手指に対する運動機能回復訓練処方における理論的背景には、認知運動療法理論に基づくものが多い。但し、我々は医師ではないので、訓練処方及び訓練指技においては、その限界があり極めて非科学的検察並びに考察になることへの不安を取り除くことは出来ない。しかし臨床的な訓練処方を積み重ね手行き、その効果と処方の関係を科学的に検証して行くことにおいてW. A. P. T療法の確立を目指したいと考えている。なぜならば、我々が目標とする水治運動療法の確立が水中という特殊な訓練環境であるため、研究者自身に水中運動指導経験者が少なく水の物理的特性が療法として活用され研究されてこなかった過去の歴史的社会的背景において、世界的な研究活動の遅れを招いていると考えざるを得ないからである。

Key Word : 障害手指の機能回復 神経の反射を抑制・促進 水の物理的作用 ボール操作運動 リハビリ

## 1. 緒 論

### 1. 諸言

脳出血による右片麻痺患者Aさん（高次脳障害：失語症）に対する運動機能回復訓練は、まず、プールの中に入ることから始まる。それは水の浮力作用による体重免荷と浮心の移動に伴い、水中における不安定が誘因となる不安感との闘いでもあるのだ。なぜならば、もし水中で転倒したら再び起き上がることが出来ないという恐怖心があるからである。従って、プールに入水しただけでも痙性片麻痺患者の病態の特徴でもある痙縮（Spasticity）及び固縮（Rigidity）が発現する。特に上肢においては上腕の内転、前腕の内旋そして手指の内屈固縮が強化され、Aさんはプールサイドに立ちすくみ、身動きが出来ないままでした。

この状態は2005年5月9日、Aさんが初めて当研究室に来られた時の様子であった。しかし1年が

ク動作と左足のキック動作によって、推進力が得られクロール50mを約58秒で泳ぐまでになった。

水中でのボール操作訓練は1年前から実施して来たいろいろな水中運動訓練処方の1つではあるが、脳性片麻痺患者における手指の機能回復は「難しい」とされて来た。それだけに今回の訓練は注目される場所である。

そして、2006年7月Aさんが水中でのボール操作訓練の「リーチング」を両手でボールを落とすことなく随意的に行って見せた。このときの訓練の様子をビデオに収録することに成功している。

### 2. Aさんの病型（パーソナルレコードI）

- 1) 障害の原因（病名）：高血圧性脳出血
- 2) 疾病の発病：2004年9月（38才の時）
- 3) 入院期間：2004年9月29日～2005年1月迄（約4ヶ月間）但し2004年10月3日入院中

経過した2006年5月に左手のクローラストロー

※1 城西大学水泳部水中リハビリテーション研究室

※2 港区立障害保健福祉センター 看護師

※3 港区立傷害保健福祉センター 理学療法士

6) 運動麻痺の種類：上肢＝痙性、下肢＝失調性

7) 障害の起因部分：脳性 8) 諸反射：バビンスキー反射なし 9) 膀胱、直腸麻痺：なし

10) 合併症：高次脳障害（失語症） 11) 水泳反射テスト：(a)バルサルバテスト（不整脈：なし）

(b)ダイビングリフレックス（不整脈：なし）

12) 補助用具の使用状況：右足首補装用具及び杖

13) 水に対する恐怖心：疾病前に水泳経験はあるが疾病後のプール入水は始めて 14) 動機：自立歩行と右手の回復（日常生活の回復） 15) 社会性：意思の発現はあるが、言葉が文章にならない（高次脳障害による失語症の認定を受けていない為障害の有無が問診で分かった） 16) 目標：運動機能回復訓練の日常化による運動習慣づくり

3. 臨床的訓練法における理論的概念  
水泳運動療法における臨床的訓練法の理論的概念は

### 3. 臨床的訓練法における理論的概念

水泳運動療法における臨床的訓練法の理論的概念は

1) 運動神経細胞は、復元力を持っている：この再生の仕組みは正しい軸索を強化することで混線している正しい軸索だけが生れるようにすることである

2) 運動が適当なシナプスの発芽現象を起こす：これは、シナプスの可塑性のための反応であり、そのために損傷部位周辺の組織が活性化して散放反応を引き起こすという仮説に基づくものである。

3) 中枢神経系の機能的再組織化の達成を目標とする運動療法（1973年 Perfetti）真の運動療法は、中枢神経の機能的組織化を達成する手段でなければならぬ：「中枢神経は再生しない」とする古典的な解釈は人間の“行為”に対する解釈の仕方によって、その差異が生ずるものであり、行為はある複数の関節運動や筋収縮の反復あるいは、反射や反応の集積によって生まれるものではない。行為とは、身体と環境との相互作用によって得られる“情報”を認知的に自己組織化することにより創発されるとする解釈である」と述べている。

に再発し解頭吸引手術を実施

4) 疾病の原因又は誘因：後天性（疾病）

5) 知覚障害：右片麻痺（上肢=2級、下肢=3級 総合=1級）

一方、1960年 J. Paillard による「運動をコントロールする基本的な9つの運動調整神経回路」は、我々研究者に水泳運動療法の具体的な処方や指技において臨床的研究活動の羅針盤的な役割を果たしうるものであった。

1) 知覚（筋紡錘）と運動（筋繊維）の回路：

知覚受容器＝筋知覚 ※ゆっくり、大きな動作

2) 求心性（知覚回路）と遠心性（運動回路）：

最も多くの回路を形成する。※緊張、リラックス運動

3) 筋紡錘—知覚路—運動神経細胞の回路：

運動は意識とは無関係に適切に調整される

（自己調整機構＝反射路）※バランス運動

4) 筋紡錘—腱知覚—視床—大脳新皮質の回路：

身体運動の認知と物体の形の認知

※時空間認知運動

5) 腱知覚—視床—大脳新皮質の回路：この一組の神経系は、インプットとアウトプットを持っている（運動学習における動作修正回路）

※他動的矯正運動

6) 外界刺激—視床—大脳新皮質の回路：視覚、聴覚、皮膚感覚、筋感覚（五感の刺激情報＝臭覚を除く） ※感覚刺激運動

7) 脳幹—錐体外路—運動神経細胞の回路：

大脳新皮質とは独立した運動回路を持ち単純な形の行動が内在する（歩行、ジャンプ、ステップ反射） ※姿勢保持運動、歩行運動

：運動による記憶（動作学習）、視床を通さない記憶＝この回路を「わざの記憶」と呼び体で覚えること、何回も同じ事を繰り返すことで記憶が固定化する。 ※動作学習運動

：多くの姿勢反射の座がある ※アンバランス運動

8) 脳幹—視床—大脳新皮質の回路：動作も複雑化し日常動作に近づく情操表出を含んだ動作（ジェスチャー） ※イメージング運動

9) 大脳新皮質—錐体路—運動神経細胞の回路：

以上、3点による一次元、二次元、三次元的な仮説に基づいて四次元的な訓練処方や指技の創発が可能と成り得るものとする。少なくとも水治療法の研究の方向性を示す理論的概念であると考えている。

#### 4. 訓練

物体の特質と水の特性を活用した手指の運動機能回復訓練処方と手技への適用

##### 4-1 物体の特質

(a) 形状：ボールの大きさ(直径20～22cm)

(b) 素材：ゴム製(バスケットボール)

※表面に無数の小突起有り(ボツボツ)

##### 4-2 物体の特質による知覚探索

(a) 動作可動：①障害手における全手指の伸展可動

②障害手における全手指の平行可動

③両手における手指の協調可動

(b) 知覚探索：①形状＝球体、両手で持てる大きさと、運べる重さ

②素材＝ゴム製で球体、表面がボツボツしている(小突起有)

##### 4-3 水の特性による体勢感覚(浮力の3態)

(a) 動作可動：①支持性＝浮力の方向と直角で、水面と平行な運動をする時、支持する力として浮力を受ける

②補助性＝腕や体の一部を浮かせようとする時、浮力の方向と同じ方向に浮力を受ける

③抵抗性＝浮力と反対方向に動かす時に、浮力をうける

(b) 知覚探索：①支持性＝水面に浮いた物体は不安定となる

②補助性＝筋力を気にせず水中で動作ができる

③抵抗性＝水中にボールを沈める時に多くの力が必要となる。逆に水中のボールは浮き上がろうとして沈める力と同等の力で浮き上がろうとする。

##### 4-4 考査実験用具における感覚モダリティと難易度

動作の記憶の固定化(運動ニューロンに至る)

##### ※動作記憶運動

の内屈痙縮が発現し、その目的に応じた代償行動によってその行為が遂行される

(b) ボールが大きいと、ボールを両手で持たなければならないので、健常手指の動作を視覚の手助を得て模倣的動作(随意刺激動作)によって障害手指を指導(協調させる)する役割を果たす。但し、初期の段階では視覚情報刺激が逆に作用し筋緊張(痙縮)を誘発させ、病的反射を強化させてしまう結果となることが多い。

(c) ボールが大きいと、ボールの表面積が広く両手の手指を重ねることなく(平行可動)両手を同様の動作が出来る。しかも、表面積が広く球体ということで全手指の平行運動を可能にさせる。

(d) 大きさという点においては、フロートダンベルのグリップ(円柱形)が大変持ちやすく、親指と他4指を対立させてグリップをにぎることができる。

(e) 表面の状態では、ツルツルの表面とボツボツ(小突起)のある表面とでは、手の平の知覚刺激の強さが異なる。それ以上に重要なことは、表面積の広い球体(バスケットボール)であることで、全手指が球体の表面に触着(触覚)し知覚量が増大することである。

##### (2) 水面と水中の状況

(a) ボールが水面上に浮いている状況では、水面に浮いて静止しているボールといえども非常に不安定な状況にあるので、つかむ動作においても全手指の協調と調整が必要とされる。

(b) ボールを水中に沈めるという行為は、浮力という弾性的な反発を受けることであり、その反発力は球体の表面に触着している全手指に、そして均等にそそがれることになる。更に全手指の触覚刺激を強くする圧覚と、それを操作する筋知覚の協調までに影響を及ぼすこととな

る

※別紙 表4-4の通り

#### 4-5 考査実験用具における感覚モダリティの知覚情報

##### (1) ボールの大きさと表面の状態

(a) ボールが小さいとボールを持ちやすいと思われるが、逆に病的反射が強化されて障害手指の抑圧が解除された箇所（部位）から水面上に脱出する。

(d) 水中での抵抗運動はアイソキネティックトレーニングと呼ばれ、その特徴の1つに関節可動域の全域に渡って最大負荷をかけることが出来る。この特徴は水中で行われる動作（運動）の全てに発生しており、その運動中の深部体制感覚刺激が大脳新皮質の運動野の広い領域に満遍なく働きかけていることを意味している。

#### 4-6 水中ボール操作訓練処方 of 具体的指技

##### (1) 感覚モダリティ：ボールを上から押す

- 知覚探索 ①両手を乗せる  
②両手で押す  
③両手で沈める

##### (a) 写真-1：水中起立姿勢

写真-1の様に被験者はプールサイドにお尻又は背中を密着させ起立姿勢を安定させるようにする。この様に姿勢を安定させることによって被験者はボールに集中することが出来る。

##### (b) 写真-2：補助の仕方

写真-2の様に指導者は障害手の指を広げ手の平及び手指の全面をボール（球体）の表面に密着させる。そして被験者の手がボールから離れないように両方の手を均等に抑える。

##### (b) 写真-3：他動的可動

写真-3の様に水中に水没したボールは水の浮力作用によって水面上に浮き上がろうとし、ボールを沈めようとする手の平及び手指全面に均等した圧力が加わる。

##### (2) 感覚モダリティ：ボールを投げる

- 知覚探索 ①両手ではさむ  
②両手で持ち上げる

(c) 水中に沈められたボールは、浮力という反発力を持って水面上に浮き上がろうとする。そして両手でボールを水中に押し沈めている手指の力の入れ具合（力のバランスと運動方向のバランス）が崩れると、水中にあるボールは、そのするが障害手の内屈痙縮が発現しないように強く押さえ補助する。

##### (b) 写真-5：ボールを持ち上げる

写真-5の様に両手でボールを持ち上げ移動させる。この時指導者は障害手における痙縮の発現の有無を細かく観察しておく。

##### (c) 写真-6：両手を伸ばす

写真-6の様に両手でボールを頭の上まで持ち上げる。そして、両手を伸ばしボールを落とさない様に両手を協調させて、共同作業を行う。

#### 4-7 考査実験における基礎理論の適用

##### (1) 運動処方によって患者の痙縮を抑制し神経の促通を図る：痙性麻痺における特異的病理

- (a) 伸張反射の異常  
(b) 放散反応  
(c) 原始的運動スキーマ  
(d) 運動単位の動員異常

##### (2) 運動処方によって知覚する能力を段階的に向上させる

##### (a) 体性感覚 ①表在感覚

皮膚感覚としての触覚、圧覚、温度覚

##### ②深部感覚

関節の位置や運動覚と筋感覚

(b) 大脳皮質への知覚入力を内部表象のデータ-情報入力と捉え、イメージ能力（閉眼運動）の量と質を向上させる。

##### (3) 運動麻痺とは、外部環境を能動的に知覚探索できない状態と捉える

(a) 身体は「情報の受容表面」であり、運動は知覚を生み出す手段である。

(b) 身体は、環境との関係を構築する器官であ

(a) 手指を同時に屈曲したり、伸展することは

運動することによって知覚情報が細分化

③頭上まで上げる

④両手を伸ばす

(a) 写真—4 : リーチング

写真—4 の様にボールを両手で挟むようにして両サイドから押え、水面上にボールを上げる。此の時ボールが落ちない様に補助

## 5. 考査学説と結果<sup>⑦⑧</sup>

1951年 Twitchell

片麻痺後の運動機能に関する詳細な経過観察でも、発病直後は随意運動を喪失して弛緩麻痺となり、1ヶ月以内には痙性麻痺に移行するが、「手の巧緻性の獲得」は困難であるとされていた。

(1) 患者が満足する効果が得られない理由

(a) 「手の錐体路の強い支配を受けているからである」というのが1968年代の一般的な見解であった。

①大脳皮質の運動野 (area 4) には、手の筋に運動指令を出すニューロンがあり、それは他の身体部位よりも広い領野を持っており錐体路が内包後却を下降する時に強く障害されること。そして延髄における錐体交叉率も手は100%に近いと説明されていた。

②また、手は日常生活において高い巧緻性が要求されるため、満足する結果を得ることは、究めて困難であると考えられていた。

※手の高い巧緻性：他の身体部位よりもより多くの領野が存在する。

(b) 片麻痺患者はMann-Wernickの姿勢をとり、手指は集団屈曲し母指は内転する傾向にあった。

※Mann-Wernickの姿勢：上腕の屈曲と前腕の回内 (病型)

(2) 1968年 Kuypers HGJM

サルに錐体路切判実験：サルの錐体路を延髄レベルで両手切判した後の運動回復機能に関する

来るようになったが、手の巧緻性は回復しなかった。

(b) 身体と環境との適切な関係を作り出す為に中枢神経系は情報を解釈しなければならない

(c) その為には、知覚探索を目的とする運動の組織化が要求される。

こうした臨床所見や実験研究から、ある仮説が提示された。それは運動野 (area4) のみではなく感覚野 (area3, 1, 2) においても、手の領域が広いこと、その知見は手が「触覚器官」であることを示しているが、手の触覚器官としての役割を無視しているからではないかという仮説が構築された。

(3) 1971年PerfettiとSalvini  
「大脳新皮質を活性化しようとする運動療法」は片麻痺の手の運動再教育訓練におけるCortical-Facilitationであると発表した。

(4) 1955年 Rood  
「手の触覚器官としての役割」は物体を知覚探索しようとする際に最も重要な役割であることを提言している。

(a) この仮説を裏付ける考査治療が試みられた  
①視覚を遮断し、手を物体に接触させながら触覚を通して物体を知覚探索するという治療法である。

②患者が触覚に「注意」を払うことにより、自己の手と物体との相互関係を識別させようとする治療である。：患者に「注意」を集中させる為には、閉眼させる必要がある。

③この時点で注目されたのが、認知的な大脳皮質の働きであるところの「注意」である

(b) 手の巧緻性が高い理由

①手に物体の特性を精密に知覚するという機能があり、それは、さまざまな方法で物体を操作

する必要性から生まれている。

②この物体の特性に対し、意識的に「注意」を向けることは単なる脊髄への感覚入力ではなく、大脳皮質を活性化する手段となりうる。

③手の触覚のみならず繊細な圧覚や運動覚をも有しており、また複数の手指は並列運動が可能で、物体とのさまざまな接触形態が可能である。

(5) 結論的所見

触覚器官としての機能を強調する治療によって運動機能回復を図ることが出来るという仮説は部分的に検証された。

(6) 調査結果

今回、当研究室で行った痙性片麻痺患者に対する「水中ボール操作運動」は従来「困難」とされていた障害手指の機能回復訓練法の一手段として実施された。そして訓練の目的と目標において前述した考査学説に基づき「手の触覚器官としての役割」に注目し、障害手指に対する認知的知覚量と質の操作を感覚モダリティー（水中ボール操作）において実施した。

訓練は週1回、約60分定期的に実施され、今回の水中ボール操作運動は訓練タイムスケジュールの約30%（約20分）を費やし、感覚モダリティーにおける知覚探索11項目を3つに区分化し連続的操作運動に組み込み、各動作を5秒間静止するといった運動様式のパターン化によって感覚モダリティーの統一と知覚刺激の量と質を規制した。

表4-4 考査実験用具における  
 感覚モダリティーと難易度

1、動作プログラム (感覚モダリティー)	□	2、用具	3、難易度
1) ボールを横から挟む ① ボールを両手で挟む ② 腕を伸ばして挟む ③ ボールを沈める ④ 左右に振る		大きなボール (直径) 20~22cm 球体 表面が ボツボツ 両手で持てる 水に浮く	動作 レベル 1~3
2) ボールを上から落とす ① 両手をボールににせる ② 肘を曲げて押す ③ 水中に沈める			動作 レベル 2~4
3) ボールを投げる ① 両手でボールを挟む ② ボールを顔の前まで ③ ボールを頭上に ④ ボールを投げる			動作 レベル 3~5

(2004) 丸善(株)トラス人体解剖生理学(原書6版)  
 そして、訓練開始から約15週間目(4月~7月)  
 両手でボールを落とさずに①両手でボールを持って顔の前に②顔の前から頭上に持ち上げ③頭上から肘を伸して顔の前にという連続的操作運動を自力で完成させた。

参考文献

- ① 児玉 俊夫 石河 利寛 猪飼 道夫  
黒田 善雄(1965)スポーツ医学入門 (株南山堂)
- ② 宮畑 虎彦 訳. マリオン. R. ブロアー著  
(1964)身体運動の力学 (株ベースボールマガジン社)
- ③ 猪飼 道夫 石川 利寛 (1963)  
運動の生理学 (株ベースボールマガジン社)
- ④ 宮本 省三 沖田 一彦 (2002)  
認知運動療法入門 協同医書出版社
- ⑤ (財)日本障害者スポーツ協会 (2000)  
障害者のスポーツ (最新) ぎょうせい
- ⑥佐伯 由香 黒澤美枝子 細谷 安彦 高橋 研一
- ⑦ 宮下 充正 武藤 芳照 石原 俊樹  
(1984) ヴァット・水治療法 (株杏林書院)
- ⑧ 児玉 和夫 覚張 秀樹 (1992)  
発達障害児の水泳療法と指導の実際  
医歯薬出版
- ⑨ 寺岡 敏郎 (1998) (株熊谷  
運動療育と障害者の水泳指導
- ⑩ 中村 裕 中川 一彦 (1976)  
身体障害者とスポーツ 日本体育者
- ⑪ 福屋 靖子 鎌倉 矩子 寺山久美子  
リフイー. レヴィト著 (1975)  
協同医書出版社

謝辞：水治療法士を養成・運用する際、佐藤月夜氏、阿部幸枝氏にご指導いただいた。

紙面を借りてここに感謝します。