

運動学習のメカニズムと作業療法

宮前 珠子 八田 達夫 田丸あき子 藤原 瑞穂 広瀬 慶子

キーワード (Key words) : 1. 運動学習 (motor learning) 2. 可塑性 (plasticity)
3. 練習 (exercise)

はじめに：作業療法と運動学習

リハビリテーションにおいて、また作業療法の内容として我々が目指す多くのことが、「運動学習」である。例えば、「片麻痺の運動回復」、「脳性麻痺の運動発達」といった機能障害 (impairment) レベルのことも運動学習であるし、また、切断者が義手の操作練習をしたり、C6頸髄損傷患者がテノデシス (tenodesis) アクシオンで物をつまめるようになること、さらに片麻痺患者の利手交換、車椅子の操作というような能力障害 (disability) レベルのことも運動学習であると言える。

さて、我々は患者が上記のようなことを学習する手助けをするわけであるが、実際に患者に対すると様々な迷いが生じる。例えば、運動回復を始めた片麻痺患者が病的パターンに支配されて運動を行うとき、やがてそれは正しいパターンに置き換わると考えて、それをそのまま黙認してもよいのであろうか？あるいは運動回復の始めから出来る限り正しいパターンで行うようにさせるべきなのであろうか？患者が箸を使うとき、字を書くとき、もし正しくないやり方をしていたら、一体どの時点で注意し、どの時点で正しい方法に修正するのが良いのであろうか？基本動作練習さえ行えば、応用動作は基本動作の組み合わせで出来るようになるものなのであろうか？

患者を治療するとき、指導するとき、運動学習に関するこれらの疑問がつきまとう。運動学習が成立した時、あるいは成立する過程で、中枢神経系にどのような変化が起るかが分かれば、この疑問に対する1つの確かな回答になる。

本稿では学習に伴う中枢神経系の変化について述べる前に、まず学習及び記憶とは何かということを確認し、次に学習の背景となる神経機構の変化についてレビューし、最後にそれらの情報から考えられる治療上・指導上の示唆について考察することとする。

学習と記憶

1. 定義

Kupfermann(1991)は、「学習は、世の中の様々なことに関する知識の習得」であり、「記憶は、それらの知識の保持あるいは貯蔵である」と定義し、また、貯蔵された知識は、何らかの方法で呼び出すことができなければ何の役にも立たないとした。この定義からは、学習と記憶ははっきりと区別されたもののようにも思えるが、実際には学習しつつほとんど同時に記憶が行われなければ学習は成立しない。また記憶が呼び出されなければ、学習も記憶も行われたのか否かの判断ができない。従って、これら3つを切り放して考えることは不可能と言える。

運動学習とは？：中村(2000)は、運動学習 (motor learning) は、「訓練や練習を通じて獲得される運動行動の変化であり、状況に適した感覚・運動系の協調性 (coordination) が向上して行く過程であり、行動面からは運動技能の獲得 (motor skill acquisition) とみなされる。また、運動学習は、精神運動学習 (psychomotor learning) あるいは、知覚・運動学習 (perceptual motor learning) あるいは、感覚・運動学習 (sensory motor learning) ともよばれる」とした。

2. 学習の分類

(1) 非連合的学習

動物が単一刺激にさらされたとき起こるもので、日常よく見られる2つの形を次に示す。1つは習慣化 (habituation)、即ち、反復する無害な刺激に対して反応が減少することであり、例えば、電車の中での騒音や振動への慣れ、服を着ていても普段は着ていること忘れてのこと (触覚刺激を持続的に感じることはない) などである。2つめは、増感 (sensitization) であり、有害な刺激に伴う様々な刺激に過剰な反応を示すこと、例えば、子供が一度注射の痛みを知ると2度目から恐怖におびえて逃げ回ることや、バリウムを初めて飲むときはさして抵抗を感じないのに、年々嫌悪感が高まることなどである。

(2) 連合的学習:

1) 実験の手順による枠組み:

古典的條件付け (classical conditioning): パブロフは、犬に無条件刺激 (肉) と条件刺激 (光) を同時に与え、条件刺激だけで条件反応 (流涎) を起こすのに成功した。この方法はアルコール中毒の治療に用いられており、この場合、アルコールは無条件刺激、嘔吐剤は条件刺激、条件反応は嘔吐となり、その結果アルコールを嫌悪するようになる。

オペラント条件付け (operant conditioning = 道具的條件付け): ソーンダイクとスキナーは、鳩を使って刺激と反応間の予測的関係の形成を研究した。鳩がレバーを押すと即座に餌が出るという経験をすると、レバーを押す頻度は増し、自然な頻度を越えるようになる。この治療適用の例は、バイオフィードバックによる筋の再教育であり、正しく筋を働かすと音が出るようにされた患者は更に筋を働かそうとする。また、勉強して良い点を取りほめられると更に勉強するようになるのもこの例である。

2) 対象物が獲得した知識のタイプによる分類:

手続き的記憶: 規則や手順に関係する知識で、スキルフルな行動、習慣や手はずに反映されるものである。この獲得には繰り返しが必要で、これは「技能の記憶」と呼ぶことができる。例えば書字、箸、運転、ピアノ、自転車、ワープロなどがこれにあたる。

宣言的 (陳述的) 記憶: 個人的経験に関する特別なもので明白な事実の知識であり、一度でも覚えられる。「宣言的記憶」は、「事象の記憶」と呼ぶこともできる。例えば泥棒に入られた話や交通違反でつかまった話、珍しいものを食べた話は、いつまでも鮮明に覚えているのに、普段の日の食事内容は1日前のものでもなかなか思い出せなかったりする。

3. 記憶のメカニズム

(1) 短期記憶と長期記憶:

Hebb (1949) 以来、学習と記憶には「短期」と「長期」の2種類あることが一般に認められている (Eccles, 1973)。「短期記憶」は例えば電話番号を見つけだしてダイヤルするような短い数字の連続を覚えている能力のようなものであり、特別のことがないかぎりその数字の連続は数分で忘れてしまう (Eccles, P.178)。しかしその人にとって意味のある電話番号は、動機づけの高さと反復によって長期記憶とすることができる。

ではなぜ短期記憶と長期記憶があることがわかるのであろうか? 一例は脳損傷を受けた患者によって示さ

れている。損傷を受けた2, 3日以内のできごとの健忘があるにも関わらず、古い記憶は、かなり強固に残されていることや、鬱病で電気ショックを与えた場合、比較的最近の記憶 (1, 2年前) は簡単に破壊されたのに比べ、古い記憶 (3 - 9年前) や非常に古い記憶 (9 - 16年前) は、比較的よく保たれていたことから証明された (Kupfermann, 1991より)。

4. 学習に伴う中枢神経系の変化

学習によって中枢神経系に何が起こるかについては2つの考え方がある。1つは「ダイナミックな変化」と言う考え方で、例えば「反響回路 (reberberatory circuit) 説」で、あり、もう一つは「形態的な変化」が起こると言うものでこれは神経の可塑性 (plasticity) によるとされる。

Lashley (1950) は、学習と記憶の基礎として、エングラム (engram) という記憶痕跡の回路を考えた。即ち、あることがらを行うのに必要な神経回路を繰り返し繰り返し使うことによって、その回路の中のシナプスが変化し、伝達物質の流れがよくなり、やがてスイッチをいれるだけで即座にその運動を行えるような状態になる。つまり、学習・記憶された一つ一つのことがらについて、それぞれ特殊ニューロン結合が再活動のために用意されるというように考えた (Eccles, P.186より)。エングラムが形成されるに当たって大切なことは「繰り返し」ということなのであるが、これを裏付けるものとして次のような研究がある。海馬の顆粒細胞に20Hzで15秒間 (300刺激) というゆるやかな刺激を与える。刺激すると、はじめは30分後にスパイク発射が0に戻る。しかし30分毎にこの刺激を繰り返すと、反復刺激後増強は漸増的に増加し5回目の後著明な増強が起こりスパイク発射が半永続的になったというものである (Eccles, 1977, p.182)。学習過程でも繰り返し練習する事によってこのようなことが起こっているであろうということが考えられる。このようにして出来上がる記憶痕跡の回路であるが、このような記憶が実際に貯蔵される方法には、次の2つが考えられる (Kupfermann, 1991)。

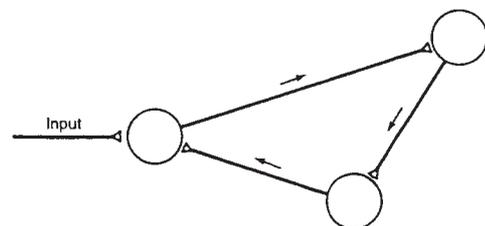


図1. 反響回路の模式図 (Kandel, 1991)

1つは、興奮性フィードバック回路で神経活動を保つと言うもので、反響回路 (reberberatory circuits) によるものである (図1: Kandel, 1991, p.1004より、反響回路の模式図)。反響回路とは、ある事を学習した後では、そのことをしていないときでもこの回路は活性化されていて、常にインパルスが流れているという考え方で、上位から指令が来たときには直ちに反応してそのことを実行できる状態にしておくというものである。例えば、我々は自転車に乗る事に充分習熟した後、5年あるいは10年乗らないでいても、ある日乗ってみると乗ることが出来るが、これはその間ずっと自転車に乗るという反響回路が活動を続けていたからだ、という考え方である。但しこの反響回路説は、少なくとも長期記憶については現在は否定されている。というのは、神経活動を一時的に、麻酔、酸欠、冷却、電気ショック等より止めたとき、短期記憶は崩壊するが、長期記憶は保たれるという研究結果によって明らかになった。もし長期記憶が反響回路で司られているとしたら、記憶はすべて神経活動の停止とともに消えてしまうはずである。従って、これらの実験により、少なくとも長期記憶は反響回路にはならず、機能的、または構造的変化によると考えるのが妥当であろうとされるようになった (Kupfermann, 1991)。

もう一つの考え方は、長期記憶は反響回路のような神経系のダイナミックな変化ではなく、可塑的な変化に関係があるというもので、脳に永続的、あるいは構造的な変化が起こると言うものである。Ecclesはその具体例としてシナプスの可塑性による変化を考えた。即ち、大脳皮質内では、大部分の興奮性シナプスは錐体細胞樹状突起棘上にあり、これらのとげシナプスは使わなければ退化し、逆に頻繁な使用により肥大したり分枝したりして、インパルス放電を増強するというのである (図2: Eccles, 1977, 183 図5.18より)。つまり、筋使用により筋繊維が肥大して筋力が増し、不使用により筋繊維が萎縮して筋力が低下するのと同様に、神経回路も使えばシナプスが肥大したり分枝したりして、インパルスが通り易くなり、不使用により退化するというのである。

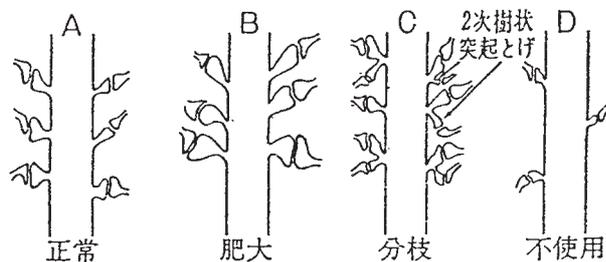


図2. シナプスの可塑性 (Eccles, 1977より)

Castelucci, Carew, Kandel (1978) はウミウシを使って、最も単純な型の学習である習慣化 (habituation: 繰

り返し刺激により反応が減少する) と、増感 (sensitization: 繰り返し刺激により反応が増加する) が起こったときに、シナプスが変化することを確認した。彼らはウミウシのエラとサイフォンを刺激して屈筋吸引を起し、繰り返し刺激によって、習慣化を起させ、その時のシナプス活動を分析した。ウミウシの10回の刺激は4時間の習慣化をもたらし、このセッションを4回以上繰り返すと、3週間に及ぶ長期の習慣化が得られた。この長期に習慣化した動物と、コントロールについて感覚ニューロンと運動ニューロンの連結を調べた結果、コントロール群では90%の感覚ニューロンが電気生理学的に検出可能な運動ニューロンへの連結を持っていた。これに対し、長期習慣化後1日~1週の場合は、検出できる運動ニューロンへの連結は30%に減っていた (Kandel, P.1011)。また、有害刺激を繰り返し与えることによって、増感する事も可能であった。習慣化と増感とは、特別なニューロンのシナプスをオンにしたりオフにしたりできる学習過程である。長期学習において、この機能的変化が形態的变化を伴うものかどうかを確認するため、BaileyとChen (1983) はウミウシのエラ逃避反射における感覚ニューロンの形態的分析を行った。その結果、訓練していない動物の感覚ニューロンでは、ターミナルの40%だけが active zone を持っていた。長期的に習慣化した動物では、ターミナルの10%だけが active zone を持つまでに減少していた。反対に増感では、ターミナルの65%が active zone を持つように増加していたのである (図3: Kandel, 2000, p.1256より)。

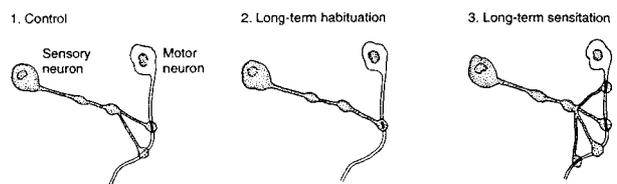


図3. 習慣化と増感によるシナプスの形態的变化 (kandel, 2000)

これらの研究から、学習によって神経系の中に明らかに形態的、機能的変化が起こることが確認された。しかもこれらの学習は、神経系の粗大な解剖学的再構成によるものではない。即ち、どの神経細胞、シナプス回路でさえ、新たに作られることも、壊されることもなく、習慣化と増感の学習は、それまで既に存在していた化学的シナプス結合の効力を変化させることによって起こったのである。

では、学習・記憶によって、そのために使われる特定の神経回路のシナプスに機能的、形態的变化が起こるといふこの概念、あるいは事実、我々の治療活動にどのような示唆を与えるのであろうか。

治療への示唆

1. いったん悪い癖がつくと治りにくい：記憶痕跡の回路：エングラム

私達が日常経験するのは、一旦くせがつくとなかなか直りにくいということである。例えば、字の特徴、箸の持ち方、遅刻癖、話し方、食べ方など、癖は直そうと思ってもなかなか直せない。つまり一旦エングラムが出来上がると、一つの動作に関して別の回路を使うことが困難になる。我々の動作を振り返ってみると、充分学習済みの動作では、それを「しよう」と思っただけで手足が自動的に動き動作を行うことができる。動作の基本要素となる単位動作や運動を一々考えることなく、それを考えるとかえってスムーズな動作が妨げられる。運転に習熟すると、赤信号を見るとあたかもスイッチを入れると電灯がつくのと同様に、自動的に足が動きブレーキを踏む。この時もしブレーキの位置など急に考え始めるとどこにあるか分からず間違っアケセルを踏むなど思わぬミスにつながることもある。これは使い慣れた記憶痕跡の回路から横道にそれ、意識レベルとやりとりしながら使い慣れない回路を通り、回り道をして判断し動作を実行するためである。

また、高いスキルを必要とするスキーでは、初心時に自己流の滑り方を覚えてしまうと、その記憶痕跡（エングラム）ができ上がり、滑りはじめると同時にこのエングラムにスイッチが入る。もしここで自己流をやめて正しいフォームの滑り方を習うことに決めたとすると、どのようなことが起こるだろうか。滑ろうとする途端に活動を始めようとする自己流のエングラムを抑え抑えて、似て非なる新しい運動パターンを意識的に繰り返し、先にできたエングラムよりも強固なものを作り上げなければならない。初めから正しいやり方を習っていれば、古いエングラムの抑制にとられるエネルギーが不要であり、素直に正しいパターンを学習することができよう。「一旦、悪い癖がつくとなかなか治りにくい」ということや、「鉄は熱いうちに打て」という諺の背景には、このような神経の記憶痕跡のバックグラウンドがあったのである。

この記憶痕跡・エングラムという概念が我々に与える治療上の教訓は、「一旦出来上がったパターンは非常に修正しにくいので、初めからできるだけ正しいパターンで練習すべきである」ということである。しかし、ここで気になるのは、このエングラムというものができあがるには、かなりの回数反復練習しなければならないらしいということである。一体、我々が種々の動作を学習する時、習熟するまでにどれくらいの期間、どれくらいの時間、何回くらい反復練習しなければならないのである

うか。患者に週数回、1日1時間の練習でどの程度のものが得られるのであろうか。

2. 必要な練習回数はどのくらいか？

Kottke(1978)は、「協調性のトレーニング」という論文の中で、12種目の活動について、充分それに習熟するためには何回くらいの反復練習が必要であるかを計算し紹介した(表1)。

表1: 協調動作のエングラムを発達させるために必要な運動パターンの反復回数 Kottke(1978)

活動	練習者	反復練習回数	推定の根拠
葉巻作り	若い女性	葉巻300万本	CROSSMAN文献
手編	女性	150万針	セーター20枚
ラグ作り	子供	150万結び	35m ²
ウイオリン弾き	3歳児	250万小節	6hrx6dx50wksx3yr=5400hrs
歩行	6歳迄	300万歩	スプリングブレスを着けた子供
行進	男性	80万歩 / 6週間	陸軍の基礎訓練
真珠の扱い	女性	150万~300万個	ミキモトパール記録
フットボールのパス	クォーターバック	140万パス	15yx200dx4hrx2min
フットボールのヒット	運動選手	80万回	200 dx6dx45wksx15yr
バスケットボール	運動選手	100万バスケット	練習時間からの推測
野球の投球	ピッチャー	160万投	3minx180minx300dx10yr
体操	14歳の少女	?	8年間毎日練習

この表から、運動学習には非常に夥しい回数の反復練習が必要であることがわかる。即ち、例えば片麻痺患者の運動回復を図るため、また、利手交換を行う際には、「始めからできるだけ正しい運動パターンで、エングラムが形成されるまで、繰り返し反復練習しなければならない」。これは現在の治療時間、治療体制では到底不可能な量であり、治療時間外の時間のコントロールが必要であることを感じさせる。そこで利用し得るものとして考えられる1つの方法が、次に述べるメンタル・プラクティス(mental practice)である。

3. メンタル・プラクティス(mental practice)

メンタル・イメージ(mental imagery:以下MI)とは、物、景色、感覚などをあたかも現実のように視覚化あるいは認知的に再現すること。例えばリラクセーションやストレスをなくすために、とても静かな美しい平和なところにいることをイメージするといったことである。

メンタル・プラクティス(mental practice:以下,MP)は、メンタルイメージを繰り返し用いることで、筋肉による粗大な動作を一切伴わない身体活動の象徴的リハーサル。例えば、ゴルフスウィングやテニスのストロークをメンタルイメージすることである。即ち、メンタル

ラクティスとは、望ましい結果を達成するために、繰り返しメンタルイメージを用いることである。

MPの例として1990年のアメリカPTジャーナルに、ピンポン玉投げ（標的に当てる）でメンタルプラクティスの効果があったという研究が載っている(Maring,1990)。また、PTの治療への利用として、老婦人のバランス能力、これは「片足でどれだけ長い時間立っていられるか」というものだが、実地練習+テープを聞いてバランスのMPをしたグループは、実地練習+リラクゼーションのテープを聞いたグループに比べ、5%の危険率で有意にバランス能力が進歩したという研究結果もある(Warner,1988)。更に、MPはテープを聞かせるような、指図される命令的なMPよりも、自分で考え、自分の言葉でイメージする非命令的なMPの方が学習にとって効果的であるという研究結果もある。MI,MPについては、それを行っている時の脳の活動や筋活動についても調べられており、MP時に脳の活動では、電気的活動の増加、酸素代謝量の増加、血流量の増加というようなことが実験的に明らかになっており、また、MP時の筋については、当該部位の筋活動が起こる事が筋電図的に確かめられている(Warner,1988)。

MP,MI,イメージトレーニングは、これまでスポーツ領域で広く用いられているが、この方法はリハビリテーション分野でも利用できよう。患者に獲得させようとする動作パターンをしっかりと覚えさせ、暇な時間や臥床しているときに、その動作のMPを行えば、次にその動作を行うときに、何もなかった場合よりもうまくできるということが考えられる。つまりMPもエンGRAM形成に寄与し得ると言えよう。作業療法にせよ、理学療法にせよ患者が実際に作業療法室・理学療法室で練習できる時間は限られているため、その時間だけの練習では、先にKottekeの示した学習に必要な練習回数から見ても到底目標の達成は不可能であろう。MPは危険の少なさから見ても、作業療法、理学療法でうまく利用すれば、有効な治療の補助手段になるのではなからうか。

4. 結果のフィードバック：Knowledge of Results (以下、KRと略す)

これは結果をどのようにフィードバックするのが効果的かということである。フィードバックは、頻度、帯域、遅延の3つのバリエーションが考えられる(Winstein,1991)。

(1) KRの頻度：1回毎にすべてフィードバックするか、時々するか？

研究例：複雑な空間・時間的運動パターンの課題を2グループに練習させた。1つのグループには遂行の正誤について100%のフィードバックを与え、もう一つのグループには、50%のフィードバック、つまり1回おきに与えた。その結果、習得期(練習期)には差

がなかったが、1分後と1日後の記憶テストでは50%の方が結果が良かった。つまりこの場合、フィードバックが少ない方が学習にとって効果的だったのである。これはフィードバックが少ないと、アクティブに考える機会が多くなることによるのではないかと考えられている。

(2) KR帯域：少しでも間違っていると全てフィードバックするか、少し正当に巾を持たせて、その巾を越えたときだけフィードバックするか？

研究例：ターゲットに対して時間的に正確なタイミングでレバーを通す課題。

グループ1：10^{ms}秒以上ずれたらフィードバックを与えられる。

グループ2：20^{ms}秒以上ずれたらフィードバックを与えられる。

練習後にテストを行ったところ、後者の方が結果が良かった。つまり、厳しく間違いを指摘されるより、少し巾を持たせて、それよりずれたときに注意される方が良かったのである。

(3) KR遅延：即座にフィードバックするか、少し間をあけてからフィードバックするか？

研究例：課題は、タイミング課題であり、条件を整えるため、全員が100%のフィードバックを得た。被験者を3グループに分けた。

グループ1：動作が終わったあと即座にフィードバック

グループ2：動作終了後8秒たってフィードバック

グループ3：8秒後にフィードバックを与えるが、その間に自分がどの程度正しくできたか推定して答えさせ、その後で結果をフィードバックする

結果：練習時は差がなかったが、10分後及び2日後の記憶テストでは、推測してからフィードバックを得たグループが最良、8秒遅れのフィードバックが次に良く、即座にフィードバックを得たグループが最も悪かった。このことは、結果を知るまでのインターバルに、自分のした事を評価するのがよいということを示しており、この著者はこの理由として、長期記憶と学習には、内的に正否を振り返ってみることが必要なのだが、即座にフィードバックを与えると、この過程がブロックされてしまうからであると述べている。

まとめ：以上より、結果のフィードバックは、少な目にしてすべてフィードバックしない方が良いこと、少し遅れて学習者が能動的に考える時間を与えるようにすること、正しい答えに巾を持たせることが良いということである。

これらに共通するのは、ゆったり、少し余裕を持って、学習者に主体的に考える機会を与える事が学習にとって大切であるということである。これは、先に述べた、MPの命令的な方法よりも、非命令的な方法の方が効果的であるということとも共通する。

5. ブロケット・オーダー(blocked order) と ランダム・オーダー (random order) (Swanson,1991)

これは、例えば3つの課題があるとき、1課題ずつ練習した方がよいか、3課題一緒にランダムに練習した方がよいかと言う事である。例えば野球のバッティング練習をするとき、まず低めの球ばかり100回打撃練習をし、次に真ん中の球を100回、最後に高めの球を100回練習するのがよいか、または、低め、真ん中、高めを混ぜてランダムに300回練習した方がよいか、ということである。結果は、練習が終わった時の成績は、ブロケット・オーダー、つまり1つずつ分けて練習する方が優れていた、しかし、10分後と10日後のテストでは、ランダム・オーダー群の方が良いというものであった。つまり、永続的な進歩を得るには、ランダムオーダーがよいと言う事である。このポイントは、ランダムな練習の方が、問題解決活動が促進されるというところにある。Jacobyは、これについて分かりやすい類例を示した。2つの大きな数字を暗算で足し算するとき、例えば、 $79 + 32$ はいくつかという問題がある。すると、1度目は頭の中で計算処理して111と言う答えを出す。しかし、同じ問題をすぐ繰り返し聞かれたら、足し算をすることなく、すぐに先ほどの記憶で111と答えられる。100回同じ事を聞かれても、計算するのは最初の1度だけで、計算能力が向上する足しにはならないということである。同じ事を続けて聞くにしても、忘れるだけの時間がおかれていたり、間に別の問題が入ってくれば同じ問題が出てきても問題解決過程は再び必要になる、ということである。つまり、ブロケット・オーダーは、同じ計算問題を立て続けるのと同じで、問題解決活動が促進されず、効果的な学習にならない。ここでも学習における内的な処理、能動性、主体性といったことの重要性が指摘されるのである。

6. 観察による学習

Adamsは、タイミング課題で、未熟練の人が練習している場面を観察した人が次に行くと、前の人よりもはるかに良い結果を示す事を見た。つまり、運動スキルの学習を誰かが行っているのを観察するのは、1つの効果的な教育戦略であるということである。

Lee & Swanson (1991) は、観察による学習効果の1例を示した。認知-運動ビデオゲームの課題で、観察せずにゲームを行った人の得点と観察した後にゲームを実

施した人の得点を比較し、学習にとって観察が効果的であったことを示した。

では、次に、上手な人を観察した方がよいか、下手な人を観察した方がよいかということであるが、最近の研究では、下手な人を観察した方が実り多いとされている。これは、下手な人が学習するのを観察すると、観察者は間違いがどのように起こり、モデルがその誤りをどのように修正し、その結果がどうであるかを知る事ができる。観察者は上手な人を観察するよりも、誤りをどのように修正するかの問題解決過程を学習することが出来、観察時に問題解決活動をしていることが、後で本人が実行する際に最も役立つということである。

7. Held & Hein の研究：認知学習も運動優位で行われる

Held & Hein(1963)は、学習のためには能動性が必要なことを示し、一連の実験を行った結果、知覚学習(perceptual learning)は、運動優位で行われるらしいという結論を得た。彼らは同じ親から同時に生まれた子ネコ(同腹)を生まれたときから10週間にわたって暗闇の中で育てた。暗闇の中では自由に歩かせ、1日に3時間だけ明るいところに出し、図4に示す訓練機に入れた。1匹は、胴体をカフで固定するが、四肢は自由にされ歩くことができる。もう1匹は、支柱の反対側につるされたゴンドラの上にのせられ、歩くことはできない。2匹とも首は自由に動かすことができ、円筒内面の縦縞模様を見る。2匹は視覚的には同じ経験をするわけである。結果は驚くべきものであった。10日間の実験の後、2匹は明るい通常環境に置かれた。能動的子ネコは正常な視覚的行動をとったが、受動的子ネコは、あたかも盲であるかのように振舞ったのである。この結果は、知覚学習が、生体の感覚、或は刺激側よりも、運動、或は反応側で行われることを示唆している(Thompson,1975より)。また、このことは、見ているだけでは視覚と運動を結び付けるエングラムが全く発達しなかったこと、また、シナプスに全く変化が起きなかったことを示している。そしてこの結果は、我々に、脳性麻痺児の認知障害が、運動障害に大きく関わっていると感じさせる。以上のような実験結果は、運動と認知が深い関わりを持ち乍ら運動学習や認知学習が行われることを示唆している。単一のmodality(様式)ではなく、できるだけ多くのmodalityを使う方が学習がよく行われることを示唆しているとも言えよう。PNF(proprioceptive neuromuscular facilitation)で口頭指示を与えることや、我々が何かを覚えようとするとき、視覚だけを使うよりも、声を出したり、書いたりした方が覚え易いというのもこれと同様のこととも言えよう。

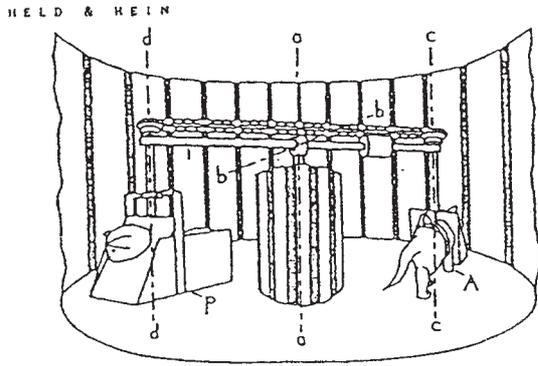


図4．能動ネコ(A),受動ネコ(P)の実験器具．視覚的フィードバック量は等しい。(Held & Hein,1963)

まとめ

- 1．我々がリハビリテーションで目指す多くの事が運動学習に関わる
- 2．運動学習成立の背景には，神経回路の構造的変化がある
- 3．神経回路の構造的変化を起こすためにはかなりの反復回数が必要である
- 4．運動学習を助けるヒントとして，メンタルプラクティス
結果のフィードバック (KR) の 頻度，帯域，遅延を考えると
ブロック・オーダーとランダム・オーダー
観察も役にたつということ
認知学習は運動優位であること について述べた。

また，これらに共通する因子として，学習者自身が考える事，学習者が能動的に問題解決プロセスを経験することが，学習にとって重要であるらしいということも示唆された。

文 献

- 1) Eccles J.C.:The understanding of the brain. McGraw-Hill, N.Y.,1973
(大村裕，小野武年訳：「脳 - その構造と働き」共立出版,1977)
- 2) Kupfermann,I.:Learning and memory. Principles of neural science.3rd ed..997-1008 , Elsevier, N.Y.,1991
- 3) Kandel,E.R. et.al: Learning and memory. Principles of neural science.4th ed.1227-1246,Elsevier, N.Y.,2000
- 4) Kandel,E.R.:Cellular mechanisms of learning and the biological basis of individuality. Principles of neural science.3rd ed: 1009-1031.Elsvier,N.Y.,1991
- 5) Kandel,E.R.:Cellular mechanisms of learning and the

biological basis of individuality. Principles of neural science.4th ed: 1247-1279.Elsvier,N.Y.,1991

- 6) 中村隆一，斉藤宏：基礎運動学.第5版．医歯薬出版，2000
- 7) Kottke,F.J.,Halperson,D. & Easton,K.M.et al: The training of coordination. Arch Phys Med Rehabil 59:567-572,1978
- 8) Held,R. & Hein,A.: Movement produced stimulation in the development of visually guided behavior. Journal of Comparative & Physiological Psychology. 56:872-876,1963
- 9) Thompson,R.:Introduction to physiological psychology. Harper & Row,N.Y.,1975
- 10) Winstein,C.J.: Knowledge of results and motor learning - Implications for physical therapy.Physical Therapy.71(2):140-148,1991
- 11) Maring,J.R.:Effects of mental practice on rate of skill acquisition. Physical Therapy.70(3):165-171,1990
- 12) Warner,L. & McNail,M.E.: Mental imagery and its potential for physical therapy. Physical Therapy.68(4):516-521,1988
- 13) Lee,T.D., Swanson,L.R. & Hall,A.L. : What is repeated in a repetition? Effects of practice conditions on motor skill acquisition. Physical Therapy.71(2):150-156,1991