

遂行機能障害の認知リハビリテーションの効果と 脳損傷部位の検討

坂爪 一幸¹⁾ 本田 哲三²⁾ 上久保 毅²⁾ 中島 恵子²⁾ 南雲 祐美²⁾

1. 目 的

前頭葉損傷後の患者は、他の脳領域が損傷された患者に比べて、特有の困難さを示すことが多い。たとえば、自発性の低下、行動の開始や停止の困難さ、脱抑制や衝動性、思考や行動の一貫性のなさ、思考や行動の柔軟性の乏しさ、思考や行動における保続性の強さ、感情の不安定さ、注意の持続や転換や配分の困難さ、他者配慮の乏しさ、自己意識の低下、などがあげられる。障害が比較的軽度である場合には、このような困難さの存在は周囲に気づかれにくい。しかし日常生活上、特に社会生活上は影響が顕現しやすく、適応生活を妨げていることが少なくない。

前頭葉損傷後に出現しやすいこれらの困難さには、認知・運動・感情などの諸機能を適切に制御・調節できない状態が反映されている。諸機能への制御・調節が低下したり障害されたりした結果、現在の刺激状況に強く係留された行動が出現したり (Lhermitte, 1983; Burgess, et al, 1990), また先を見越した予期的行動が困難であったりする (坂爪ら, 2001)。このように、認知・運動・感情などの機能自体に生じた障害ではなく、それらの機能への制御・調節が低下したり不適切であったりするために、適応的な行動が困難になっている場合、遂行機能障害が生起していると判断される。

遂行機能は実際の日常生活における適応と密接に関連した機能であり、周囲と適切な相互関係を築く点を強調した概念である。遂行機能が障害された場合には、行動の階層性からいえば、下位に

属する反射的な行動や日常の習慣的な行動は問題なく実行できる。しかし階層的により上位に位置する意図的な行動に困難さが出現する。つまり、状況の的確な分析、状況に適合した行動の意図、行動の実行手順の計画、実際の実行、実行結果に基づいた行動の修正・効率化・最適化、これらの一連の過程が困難になる。その結果、日常生活上は、状況に適合しない行動 (不適応行動・問題行動) が出現したり、行動が非効率的であったり、行動が多様性を欠いて定型のであったりする。

このような遂行機能は前頭葉を中心に営まれており、特に前頭葉の背外側面の領域が重要視されている。そして一般的には、最高次機能を担う前頭葉に生じた損傷後の障害は回復や改善が困難であり、適切な治療法がなく、治療効果が不明確であるといわれることが多い。

従来からわれわれは、遂行機能障害の患者に制御過程の改善に焦点を当てた認知リハビリテーション (以下認知リハ) 的な治療介入を実施し、一定の改善効果を観察してきた。また著しい改善症例の検討から、理論的にも神経構造的にも、他の脳領域損傷後の機能障害に比べて、前頭葉損傷後の機能障害は改善する可能性が高いかもしれないことを指摘してきた (坂爪ら, 1998, 2000, 2001)。

本研究では、遂行機能障害の中核的障害といえる制御障害の改善を治療標的にした認知リハ的治療介入の効果と脳損傷部位との関係を検討した。

2. 対 象

脳損傷後に遂行機能障害を呈した 10 例を治療

1) 早稲田大学教育学部 2) 東京都リハビリテーション病院

表1 対象症例

症例	年齢	性別	原因疾患	経過月数	VIQ	PIQ	TIQ
1	72	男性	頭部外傷	41ヵ月	119	105	113
2	72	男性	脳梗塞	15ヵ月	101	86	93
3	68	女性	クモ膜下出血	15ヵ月	98	107	102
4	26	男性	頭部外傷	17ヵ月	109	81	96
5	72	女性	クモ膜下出血	11ヵ月	73	84	76
6	53	女性	髄膜腫	17ヵ月	88	60	73
7	71	男性	頭部外傷	20ヵ月	95	108	102
8	64	男性	クモ膜下出血	23ヵ月	100	81	92
9	55	男性	クモ膜下出血	11ヵ月	111	88	101
10	67	女性	脳出血	8ヵ月	88	90	88

介入の対象にした。各対象症例の年齢、性別、原因疾患、脳損傷部位、発症から認知リハの治療介入開始までの経過月数、および知的機能の状態を表1にまとめて示した。各症例とも知的には比較的良好だが、日常の適応的な生活が困難であった。たとえば、日常の行動に計画性がない、行動が単調で定型的であり多様性がみられない、他者への配慮に乏しいなどの状態を示しており、遂行機能障害に起因する種々の困難さを示していた。全症例とも発症からの経過は慢性期であり、認知リハの治療介入の開始前から、遂行機能障害の状態は持続して観察されていた。

3. 遂行機能の評価

遂行機能の評価課題には、Wisconsin Card Sorting Test (WCST) と Tinkertoy Test (Lezak, 1995) を使用した。これらに加えて、日常生活における遂行機能の状態を把握するために、遂行機能に関する行動評価 (Good Samaritan Hospital Center 版; Sohlberg, et al, 1989) を実施した。

各評価課題は個別に面接して施行した。また行動評価は家族に質問し回答を得た。さらに家族から家庭での生活状況を聞き取り、日常における遂行機能の状態に関する資料とした。

4. 治療介入法

環境へ適応的に行動するために、遂行機能は他の下位機能を制御する働きを担っている。遂行機能障害を有する患者は制御性の弱い行動をとりやすい。つまり認知・運動機能を過剰に学習され習慣化された形式、言い換えれば非意図的・自動的な形式で運用しがちである。そこで非意図的・自動的に進行する傾向の強い認知・運動機能を、できるだけ意図的・努力的に制御して使用することを通じて、低下した制御力を改善することを治療目標にした。

このような治療目的に合う治療介入法として、a) 計画力と自己調整力の改善を目的にした自己教示法 (Ciceron, et al, 1987), b) 問題の分析・推論・結果の評価と修正の各能力の改善を目的にした問題解決法 (Von Cramon, et al, 1990), c) 全身の活性化と運動機能の制御を通じて、認知機能の制御の改善を目的にした身体運動セット変換法 (古川ら, 1996), 以上を利用した。これら3種の治療介入法を制御力改善のための治療パッケージ・プログラムとして組んだ。以下に各治療介入法を詳述する。

a. 自己教示法

治療介入課題として「トロントの塔」課題を利用した。通常は潜在的で非言語的に進行しがちな解決の実行手順を明瞭に意識すること、すなわち

より強く意図的な制御下におくことを狙いにした。そのために解決手順の言語化を実行行動に介在させた。具体的には、実行手順を逐次言語化してもらった。言語化には顕在的な外言語化から、潜在的な内言語化への移行を目標にして、3段階を設けた。

第1段階では、解決手順を明瞭に言語化して実行（外言語化）してもらった。第2段階では、手順を小声で言語化して実行（外言語化から内言語化への移行）、そして第3段階では、手順を内的に言語化して実行してもらった（内言語化）。各段階を十分に達成後に、次の段階に移行した。

b. 問題解決法

「レーブン・スタンダード・マトリックス検査 (Raven's Standard Progressive Matrices Test)」を治療介入課題に使用した。各問題の解答後に、問題の解決法すなわち幾何学的な模様パターンの変化に内在する規則性や、規則性の発見に至る論理的な考え方を言語的に叙述してもらった。通常は視覚的で非言語的に進行する推理過程を、言語的に明確に表現してもらうことで、推理過程をより明瞭に意図的に制御して運用することを狙いにした。さらに自分の解答結果を確認してもらい、誤っている場合には、正答への手がかりを逐次段階的に提示した。手がかりを効果的に利用して、最終的に目標（正答）に至るように導き、自分の推理を適宜に変えていく自己調整力を高めることも目的にした。

c. 身体運動セット変換法

身体各部における特定の反復運動（運動セット）を順次変換して実行してもらうことで、運動機能への意図的な制御の負荷を高めた。指導者が演じる身体各部の各運動セットをビデオに撮影し、対象者に連続的に模倣してもらった。運動機能をより制御的に使用するという負荷効果が、認知機能の制御に対しても般化して作用し、制御力が改善されることを目的にした。

以上の各治療介入法における治療仮説をまとめると、通常は自動的に進行しがちな認知過程や運

動過程に、自己教示法と問題解決法では意図的な言語的制御を、また身体運動セット変換法では意図的な運動的制御を介在させることによって、各機能への制御・調節力を最大限に賦活し改善しようという考えに基づいている。

5. 実施手続

自己教示法と問題解決法は週2回、1回1時間で実施した。治療介入期間は各治療介入法とも6週間であった。身体運動セット変換法は毎日おこない、毎朝夕に各20分間実施した。実施期間は6週間であった。

各治療介入法の実施前・後に評価課題を施行した。なお、評価課題の施行者と各治療介入法の実施者は別に担当し、評価者には対象者に関する情報を提供しなかった。また各治療介入法の実施順序は症例ごとに交替し、治療介入法の施行順序の効果を相殺した。

6. 結果

a. 治療介入前・後の成績変化

各対象症例の治療介入前・後における遂行機能

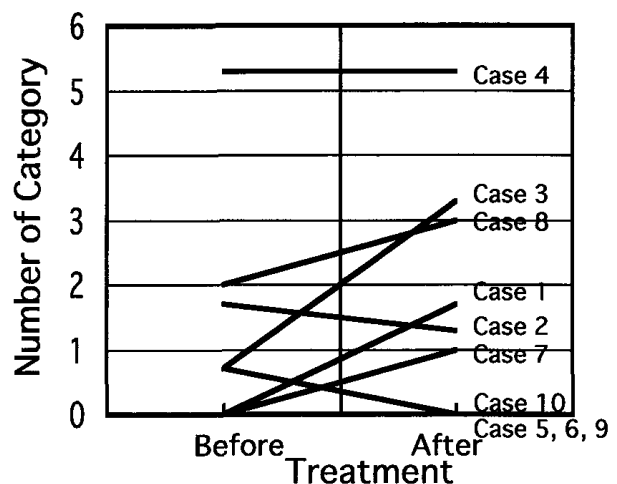


図1 Wisconsin Card Sorting Test の治療介入前・後の成績

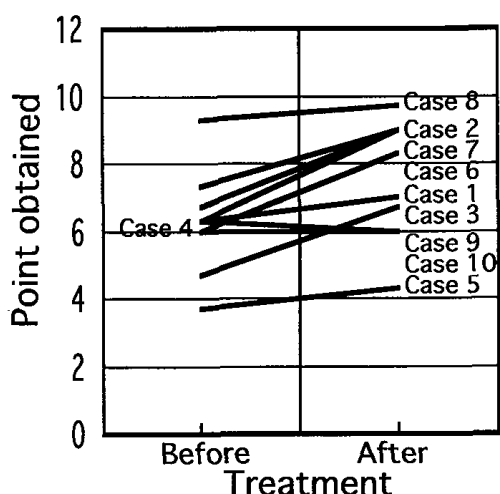


図2 Tinkertoy Test の治療介入前・後の成績

表2 各症例の治療介入による改善程度

症例	WCST	Tinkertoy Test	Behavioral Rating
1	++	+	++
2	(-)	++	++
3	++	++	+
4	0	++	(-)
5	0	+	+
6	0	++	+
7	+	++	+
8	+	(+)	+
9	0	-	+
10	-	-	+

++：改善大 +：改善小 -：低下
0：変化なし ()：変化小

に関する評価課題の成績を課題別にまとめた。図1にはWCSTにおける治療前・後の成績を対象者別に示した。同様に、図2にはTinkertoy Test, 図3には行動評価の成績を示した。

各評価課題とも、Wilcoxonの符号順位検定を施した。WCSTで改善がみられたのは10例中4例で、検定の結果、治療介入前・後の成績変化に有意差は認められなかった ($p=0.156$)。Tinkertoy Testでは10例中8例に改善がみられ、治療介入前・後の成績に有意差が認められた ($p=0.008$)。また行動評価では10例中9例に改善がみられ、治療介入前・後の成績に有意差が認められた ($p=0.004$)。

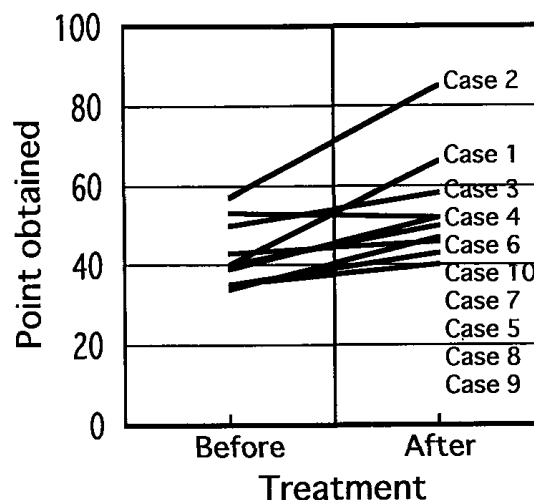


図3 遂行機能に関する行動評価の治療介入前・後の成績

次に、各対象症例の治療介入前・後の成績変化を示すグラフの傾きを、評価課題ごとに視覚的に検分した。グラフの傾斜が相対的に急角度で右上がりの場合を顕著な改善、傾斜が緩やかに右上がりの場合を軽度の改善、そして傾きがほとんどない場合や右下がりの場合を非改善と判定した。これを改善程度の判断規準にして、対象症例を次のように分類した。a) 遂行機能に関する3種の評価課題中、二つ以上の課題に顕著な改善を示した症例 (Case 1, 2, 3), b) 二つ以上の課題で軽度の改善を示した症例 (Case 4, 5, 6, 7, 8), c) 一つの課題のみ改善を示した症例 (Case 9, 10), 以上に分類した (表2参照)。なお表1は、この分類規準によって対象症例を改善程度の順に並べてある。

b. 脳損傷部位の比較

先の改善程度の判断規準に基づいて各症例を分類し、脳損傷部位をまとめたものを表3に示した。表3から明らかなように、改善効果が比較的大きかった症例では (Case 1, 2, 3), 一側性の眼窩部損傷が主な損傷部位であった。また改善効果が小さかった症例 (Case 4, 5, 6, 7, 8) では、眼窩部損傷に加えて背外側部にも損傷を有している傾向が認められた。そして非改善症例 (Case 9, 10) では、両側性の眼窩部の損傷例と、左側の尾状核部の損傷例がみられていた。

表3 各症例の治療介入効果の程度と脳損傷部位

治療効果	症例	左側前頭葉			他	右側前頭葉			他
		背外側	内側	眼窩		背外側	内側	眼窩	
改善大	1			○			△		
	2						○		
	3	△		○					
改善小	4					○		○ Te	
	5	○		○					
	6				Oc	○	△	Oc	
	7				At			At	
	8							○	
非改善	9			○			○		
	10				Cau				

○：主損傷 △：一部損傷

Te：Temporal Oc：Occipital Cau：Caudate At：Atrophy

7. 考 察

以上の結果をまとめると、改善効果が大きい症例は一側性眼窩部損傷、改善効果が小さい症例あるいは非改善症例は前頭葉背外側部の損傷や両側性の眼窩部損傷を呈していた。また脳損傷側と改善効果の関係に関しては、左右の脳損傷側の違いによる明確な改善差は認められなかったといえる。

a. 前頭葉機能と脳損傷部位と治療介入効果

前頭葉の機能局在に関しては、不明な点が多い。これには前頭葉と他の脳領域との連絡の豊かさなども一因になっている。しかし前頭葉損傷後の行動上の特徴から、a) 前頭葉背外側部は遂行機能を担い、損傷後には「遂行機能障害症候群 (Dysexecutive Syndrome)」が生じやすい。また、b) 前頭葉内側部は探索行動の開始と抑制に重要で、損傷後には「無欲-無動症候群 (Apathetic-Akinetic Syndrome)」が生じやすい。そして、c) 前頭葉眼窩部は行動抑制と関係が深く、損傷後には「脱抑制症候群 (Disinhibited Syndrome)」を生じやすい。またいわゆる前頭葉機能に関する種々の評価課題の結果からも、前

頭葉背外側部の損傷と遂行機能障害との関係の深さが指摘されている (Malloy, et al, 1998)。

治療介入効果が乏しかった症例は、概して前頭葉背外側部に損傷を有していた。このために、他の部位を損傷した症例よりも、これらの症例では遂行機能障害がより強く起きていた可能性が考えられる。これらのために、治療介入による改善効果が乏しかったと思われる。

両側性の眼窩部損傷例における改善効果の乏しさには、眼窩部損傷に起因して抑制が十分に働かない結果、制御性に悪影響が生じていたと考えられる。そのために改善効果が得られなかった可能性が考えられる。

尾状核部損傷の症例にみられた改善効果の乏しさは、背外側部を中心とした遂行機能に関連した神経回路系の障害に起因すると考えられる。背外側部と尾状核との間には、神経連絡が密接に形成されている。この遂行機能に関連した神経回路系が尾状核部の損傷によって離断したために、遂行機能障害が強くなり、そのために治療介入効果が乏しかった可能性が推定される。

b. 前頭葉の情報処理と治療介入効果

新しい課題や状況、言い換えれば「新奇」的な情報の処理は、右側大脳半球と関連が深い。一方、慣れ親しんだあるいは習熟した「定型」的な

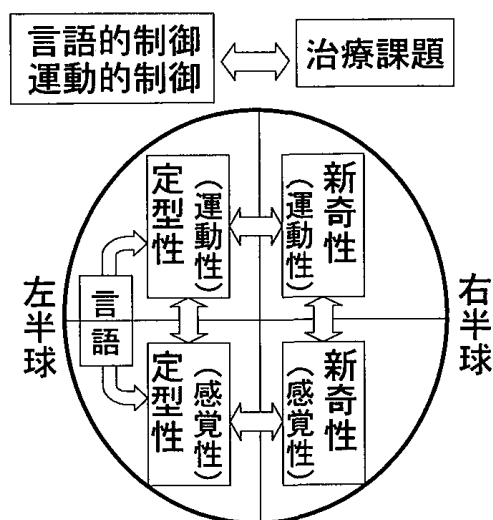


図4 「新奇」性と「定型」性処理、および言語的・運動的制御による治療介入法の関係

情報処理は、左側大脳半球と関連することが示唆されてきている (Goldberg, 1981)。

遂行機能は新しい課題を適切に解決したり、新しい状況に適応して行動したりするために必要な機能である。このことは「新奇」な情報の処理と前頭葉との関連性を示唆するものである。実際にPETによる賦活研究からも、「新奇」な課題では前頭葉の賦活が強く、習熟して「新奇」性が低下するにつれて、前頭葉の賦活が弱くなることが報告されている (Raichle, et al, 1994)。

さらに「新奇」な情報に関する処理は、左右の前頭葉で役割が異なる。「新奇」性処理に関して、より賦活されるのは右側前頭葉であり、処理に習熟するにつれて左側前頭葉がより賦活されることが報告されている (Gold et al, 1996)。

以上の知見から、a) 前頭葉は「新奇」性処理に関連する、b) 右側大脳半球は「新奇」性処理に関連する、c) 左側大脳半球は「定型」性処理に関連する、とまとめることができる。このことから、情報処理の認知的制御の座は学習の進行によって移行する可能性が考えられる。つまり学習に伴い、認知的制御は右側大脳半球から左側大脳半球へ、また大脳前方領域から後方領域へ移行すると推定される。

以上を一般化して表現すれば、大脳の前方領域を「運動」性処理、後方領域を「感覚」性処理と

みた場合、右側前頭葉は「新奇・運動」性処理、左側前頭葉は「定型・運動」性処理に関連が深い可能性が考えられる。そして右側前頭葉と左側前頭葉の協調した活動によって、「新奇」な課題や状況における情報処理が、「定型」化された情報処理に漸次移行していくと考えられる。

今回の治療介入法では、症例が新たに組み込んだ治療介入課題をできるだけ意図的・努力的に制御してもらうことを目的にした。運動課題における運動的制御や、認知課題における解決手順や推理・思考過程を言語的に表現したり叙述したりする認知的制御を通じて、「新奇」性から「定型」性への「運動」性制御処理を反復練習することによって、左右の前頭葉領域が最大限に賦活され、遂行機能障害に一定の改善効果が観察されたと思われる (図4参照)。

8. 結 論

遂行機能障害に対する治療介入の結果、改善効果の乏しい症例は、前頭葉背外側部の損傷や、両側眼窩部損傷を呈していた。背外側部損傷は強い遂行機能障害を、また両側眼窩部損傷は強い行動抑制障害をもたらし、言語的・運動的制御負荷による治療効果が乏しかったと考えられる。改善症例は一側の眼窩部損傷であり、上述の障害が比較的軽く、また言語的・運動的制御化課題によって、「新奇」性と「定型」性の各処理が最大限に賦活されたために、遂行機能障害に改善が現れたと思われる。

文 献

- 1) Burgess PW, Alderman N: Rehabilitation of dyscontrol syndromes following frontal lobe damage: A cognitive neuropsychological approach. In Cognitive Rehabilitation in Perspective (eds by Wood, R LI and Fussy, I). Taylor and Francis, London, 1990, pp.183-203.
- 2) Ciceron KD, Wood JC: Planning disorder after closed head injury; A case study. Arch Phys Med Rehabil 68: 111-145, 1987.

- 3) 古川俊明, 本田哲三, 日原信彦, ほか: パーキンソン病の認知障害へのリハ訓練の試み. *J Clin Rehabil* 5 : 212-215, 1996.
- 4) Gold JM, Berman KF, Randolph TE, et al : PET validation of a novel prefrontal task ; Delayed response alteration. *Neuropsychology* 10 : 3-10, 1996.
- 5) Goldberg E, Costa LD : Hemisphere differences in the acquisition and use of descriptive systems. *Brain Lang* 14(1) : 144-173, 1981.
- 6) Lezak MD : *Neuropsychological Assessment*. 3rd ed, Oxford University Press, New York, 1995, pp.659-665.
- 7) Lhermitte F : Utilization behaviour and its relations of frontal lobes. *Brain* 106 : 237-255, 1983.
- 8) Malloy PF, Cohen RA, Jenkins MA : Frontal lobe function and dysfunction. In *Clinical Neuropsychology* (eds by Snyder PJ, Nussbaum PD). American Psychological Association, Washington, DC, 1998, pp.573-590.
- 9) Raichle ME, Fiez JA, Videen TO, et al : Practice-related changes in human brain functional anatomy during nonmotor learning. *Cereb Cortex* 4(1) : 8-26, 1994.
- 10) 坂爪一幸, 本田哲三, 南雲祐美, ほか: 遂行機能障害に対する認知的リハの試み—改善例の検討. *認知リハビリテーション* 3(2) : 32-37, 1998.
- 11) 坂爪一幸, 本田哲三, 南雲祐美, ほか: 遂行機能障害の認知リハと記憶障害の影響—遂行機能障害の改善例と非改善例による検討. *認知リハビリテーション* 2000. 新興医学出版社, 東京, 2000, pp.84-89.
- 12) 坂爪一幸, 本田哲三, 中島恵子, ほか: 遂行機能障害の認知リハビリテーションからみた遂行, 注意, および記憶の関係. *認知リハビリテーション* 2001. 新興医学出版社, 東京, 2001, pp.81-88.
- 13) Sohlberg MM, Mateer CA : *Introduction to Cognitive Rehabilitation ; Theory and Practice*. The Guilford Press, New York, 1989, pp.232-263.
- 14) Von Cramon DY, Matthes-von Cramon G : Frontal lobe dysfunction in patients—Therapeutical approaches. In *Cognitive Rehabilitation in Perspective* (eds by Wood R LI, Fussy I). Taylor and Francis, London, 1990, pp.164-179.