

他者への運動スキルの教示が運動学習効果の保持に及ぼす影響

出口 純次^{1, 2)} 三浦 哉³⁾ 石田 美奈子⁴⁾ 田村 靖明⁵⁾, 石川 みづき⁶⁾, 西村 里奈²⁾

Effects of teaching motor skills to others on the persistence of motor learning

Junji DEGUCHI, MS^{1, 2)}, Hajime MIURA, PhD³⁾, Minako ISHIDA⁴⁾, Yasuaki TAMURA, PhD⁵⁾
Mizuki ISHIKAWA, PhD⁶⁾, Rina NISHIMURA, MS²⁾

Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of teaching motor skills to others on the survivability of motor learning effects. 20 healthy adults were randomly assigned to two conditions a teaching conditions and reading a magazine condition (control conditions). The number of times of turning was measured before and after each condition. In both conditions, the number of ball rotations and the number of improvements increased 30 minutes after the task was completed compared to before the task. Additionally, the number of improvements in ball rotation was significantly higher in the teaching condition than in the control condition. In the teaching condition, the number of ball turnings significantly increased 30 minutes after the end of the condition compared to before the condition. These results suggested that task for teaching motor skill to others might be useful for improving motor learning.

Key words : Motor learning, Teaching, Retention

1) 勝浦学園徳島医療福祉専門学校理学療法学科 Department of Physical Therapy, Professional training college of Tokushima Medical Welfare

2) 徳島大学大学院総合科学教育部 Graduate School of Integrated Arts and Science, Tokushima University

3) 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 Laboratory for Applied Physiology, Faculty of Integrated Arts and Science, Tokushima University

4) 河合薬業株式会社 Kawai Pharmaceutical Company Limited

5) 徳島県鳴門病院リハビリテーション部 Department of Rehabilitation Medicine, Tokushima Prefecture Naruto Hospital

6) 大阪行岡医療大学医療学部理学療法学科 Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Care, Osaka Yukioka Medical University

1. はじめに

脳血管疾患患者、高齢者などは、麻痺、身体機能の低下などのために、反復した運動が困難な場合がある。しかし、巧緻性を必要とする日常生活動作の回復あるいは向上には、実際の動作を反復して行うなどの身体活動を伴うリハビリテーションが行われている¹⁾。その中で、身体的負担をかけることなくリハビリテーションを実施する手法として、運動イメージの想起を用いて、運動学習を促進する介入が報告されている²⁾。

通常の運動学習は、実際に動作を経験することによって獲得するものであるが、運動イメージを想起することで、頭頂葉連合野、小脳などといった実際に運動したときと同じ領域の神経細胞に活動が得られることが確認されている^{3,4)}。また、運動イメージをリハビリテーションに活用することで麻痺側の手指巧緻動作、歩行などの動作能力が改善することが報告されている^{5, 6)}。そのために、巧緻性を必要とする食事動作、更衣動作などの日常生活動作の回復を目的としたリハビリテーションにおいて、麻痺、身体機能の低下などのために、身体的負担をかけることが困難な脳血管疾患患者あるいは高齢者に、運動イメージの想起を用いた介入を応用することが回復の一助になることが考えられる。

しかし、それらのリハビリテーションの現場において、実際に運動イメージの想起を治療に活用している例は少なく、これが臨床で取り入れられているとは言い難い状況にある⁷⁾。その理由として、運動イメージの想起は、心的な活動であるために、実際に運動イメージを想起しているか否かの客観的な判断が困難であること、また、脳血管疾患患者、高齢者などは、運動イメージ想起能力が低下しているために⁸⁾、運動イメージの想起を課題とした介入において、十分な効果が得られない可能性があることなどが原因である⁷⁾。服のボタンを留める、料理を作るなどといった高い巧緻性を必要とする動作の回復は、脳血管疾患患者あるいは高齢者が自立した生活をしていくために

必要不可欠であり、それらを出来るだけ身体的負担をかけずに回復することが望ましい。したがって、身体的に負荷の少ない、運動イメージを想起させることによるリハビリテーションを実用化していくために、対象者が運動イメージを想起することが出来ているかを客観的に判断する必要がある。また、運動イメージ想起能力が低下している対象者に対して、運動イメージの想起を促すことの出来る方法を模索する必要がある。

このような背景を踏まえて、運動イメージの想起を客観的に判断するために、自らが習得した運動スキルを、言語化し他者に教示するという代替手段を用いることにより、即時的に運動学習が促進するということが近年報告されている²⁾。しかし、教示直後から数分の間は、運動学習効果が促進することが示されているが、教示による運動学習効果がどの程度残存するかについては、十分に検討されていない。運動学習効果が残存することで、日常生活動作の回復が早まるため、脳血管疾患患者あるいは高齢者が、身体的負担をかけず、かつ短期間でリハビリテーションを実施する手助けとなることが期待される。

そこで、本研究では他者への運動スキルの教示が運動学習効果の残存性に与える影響を検討することを目的とした。

2. 対象と方法

1. 対象

対象者は、球回し経験のない健常成人 20 名であり、身体特性は表 1 に示すとおりである。他者に対して教示を行う教示条件 (以下、教示条件) および教示を行わないコントロール条件 (以下、コントロール条件) の 2 条件に無作為に振り分けた。対象者には、事前に口頭にて研究の内容・趣旨、参加の拒否・撤回・中断などについて説明し、本研究は徳島大学総合科学部研究倫理審査委員会に承諾を得た上で研究を開始した (受付番号 182)。

2. 方法

表 1. 対象者の身体特性

	教示条件 (n=10)	コントロール条件 (n=10)
性別 (男 / 女)	6/4	6/4
年齢 (歳)	21.5 ± 0.8	21.3 ± 0.7
身長 (cm)	165.5 ± 10.8	166.6 ± 8.5
体重 (kg)	60.7 ± 11.3	59.3 ± 8.9
手の長さ (cm)	17.8 ± 1.5	17.9 ± 0.7

平均 ± 標準偏差.

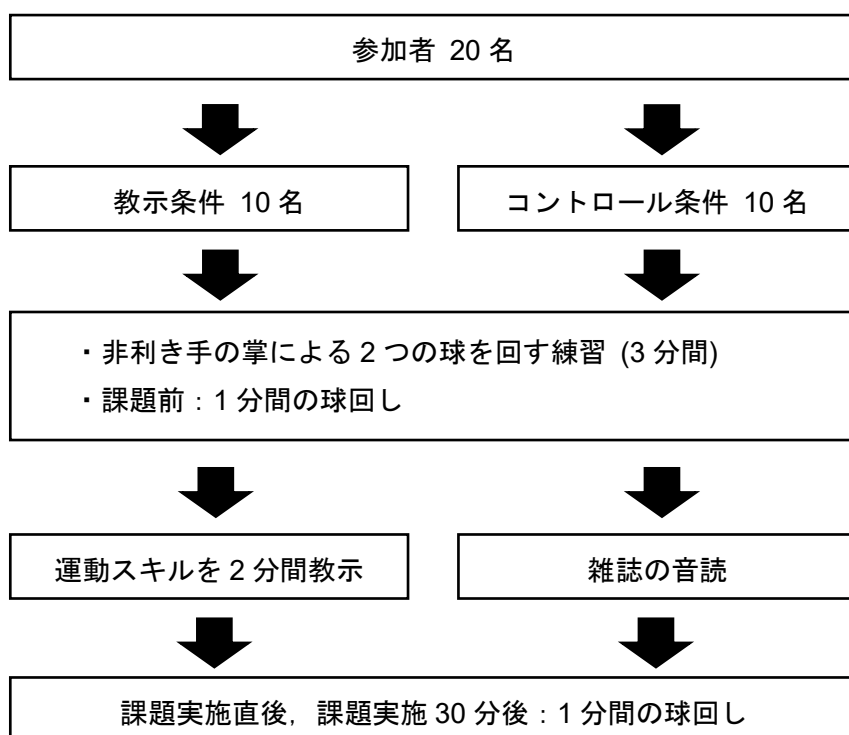


図 1. プロトコール

運動学習課題は、直径 4cm の 2 つの練習用ゴルフボールを、非利き手の掌の上で 1 分間反時計回りに回す球回し課題とした。本研究のプロトコールにおいて、教示条件は 3 分間球回しを練習した後、1 分間の球回し課題を行った。その後、教示条件は聞き手役に対してどのように球回しを行ったかについて 2 分間教示し、一方でコントロール条件は雑誌を音読して過ごした。

その直後および 30 分後に再度 1 分間の球回し課題を行った。なお、全ての球回し課題は椅坐位で、球を回す手を机の上に置いて行われた。

対象者が課題前、課題終了後、および課題終了 30 分後において、1 分間球回しを行う様子をスマートフォンでビデオ撮影し、球回し回数を計測した。なお、回転回数の測定は、球が完全に一回転したもののみを球回し回数としてカウントした。

また、教示直後および教示 30 分後における球回し回数と、教示前の球回し回数の差を改善回数として算出した。さらに、教示条件については教示内容をボイスレコーダーで録音した。

統計解析は、全ての測定値については Shapiro-Wilk 検定によってデータの正規性の検定を行い、正規分布を確認した。また、各条件間および条件内における課題前後の測定値の比較には、反復測定による二元配置分散分析を行い、交互作用および主効果の有無を検定した。交互作用および主効果が認められた場合には、Bonferroni を用いた。なお、データの解析には、統計処理ソフト (SPSS 27.0, IBM 社製, 東京, 日本) を使用した。

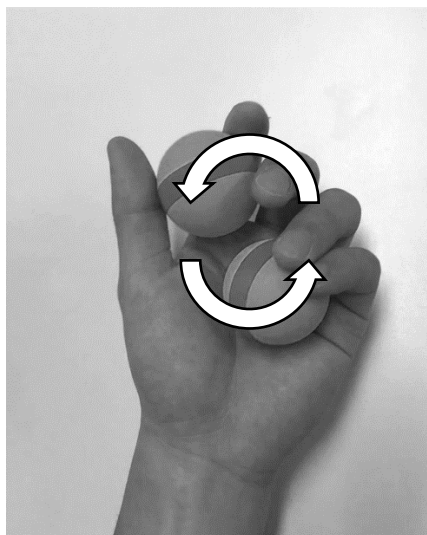


図 2. 球回しの様子

3. 結果

教示条件およびコントロール条件の球回し回数の変化は、図 3 に示す通りである。教示条件およびコントロール条件の両方で、課題前および課題 30 分後の球回し回数が増加していた ($p<0.05$)。なお、両条件間では差は認められなかった。

教示条件およびコントロール条件の課題前をベースラインとしたときの球回し改善率は図 4 に示す通りである。教示条件およびコントロール条件で、球回し改善率は課題 30 分後の間に増加し

ていた ($p<0.05$)。また、教示条件ではコントロール条件より球回し改善率がより増加した。

教示条件の他者に対する教示内容として、「2つのうち1つの球を人差し指と親指で挟み込むように、もう一方の球を掌と小指の付け根で挟み込むように持って回すとやりやすい。また、2つの球を出来るだけ接触しないように回すようにする。加えて、2つの球を同時に回すのではなく、まず片方の球を動かした後、もう片方の球を動かすようにする。」という内容で、教示条件のすべての対象者の主な教示内容は表 4 に示した通りである。

4. 考察

本研究では、健常成人を対象に、他者への運動スキルの教示が運動学習効果の残存性に及ぼす影響について検討した。その結果、教示条件およびコントロール条件で課題終了 30 分後にかけて球回し回数および球回し改善回数が増加した。また、教示条件においては、コントロール条件と比較し球回し改善回数がより増加が認められた。他者に対して教示を行うことにより、運動学習効果が 30 分残存することが示された。

本研究の最も重要な所見は、習得した運動スキルを教示することによって、課題直後のみならず課題終了 30 分後においても運動学習効果が残存し、コントロール条件よりも改善が認められた点である。課題直後に運動学習効果が促進された結果は先行研究²⁾と同様であり、他者に教示を行うことによって運動イメージの想起が促されたことが影響したと考えられる。他者に運動スキルを教示するまでの過程には運動イメージの想起があり⁹⁾、運動イメージを想起することで、その運動の結果がシミュレートされ¹⁰⁾、実際に動作を行うことによって得られる運動学習効果に近い効果が得られることが報告されている⁹⁾。したがって、球回しのスキルを教示することにおいても、運動イメージを想起するという過程を経たことによって、その後球回しのパフォーマンスが向上

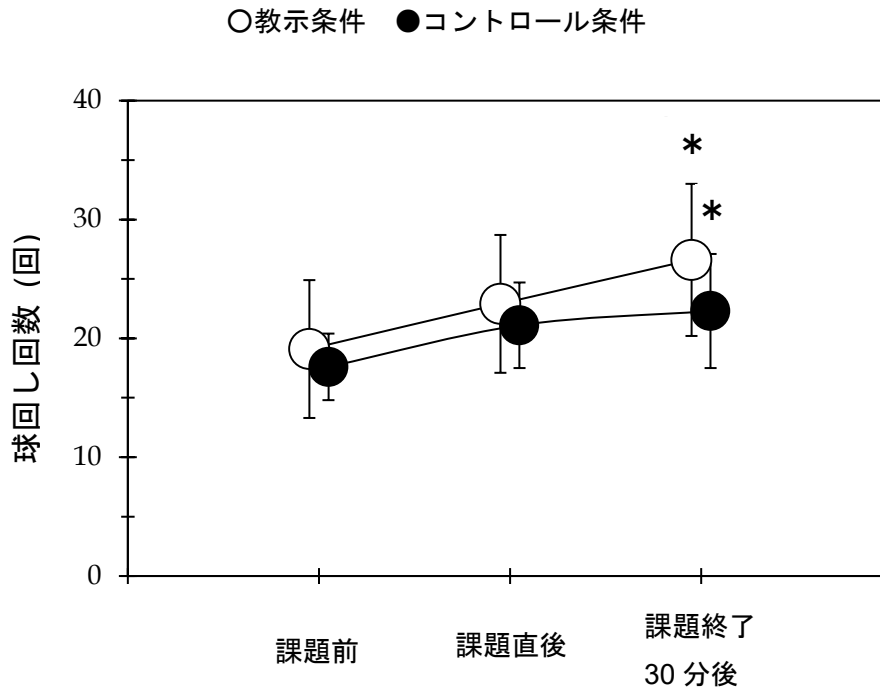


図 3. 各条件における球回し回数の変化
* $p < 0.05$; 課題前 vs 課題 30 分後

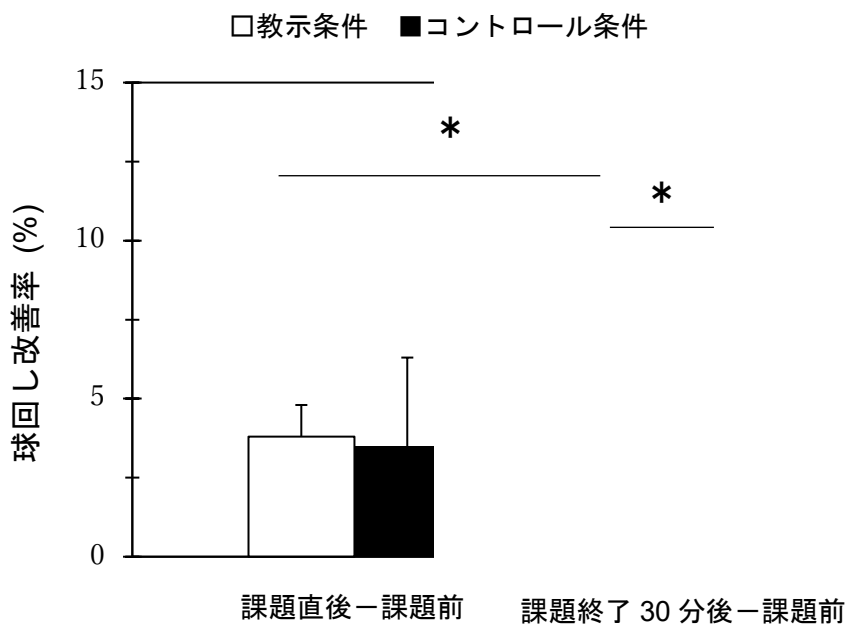


図 4. 各条件における球回し改善回数および改善率の変化
* $p < 0.05$

表 2. 教示内容

被験者	教示内容
1	「2つのうち1つの球を人差し指と親指で挟み込むように、もう一方の球を掌と小指の付け根で挟み込むように持って回す」
2	「指で球を持つのではなく、指は球が転がり落ちるのを防ぐための壁として使い、あくまで掌だけで球を転がすようにする」
3	「2つの球が擦れると回しにくいので、出来るだけ接触させないように回すとよい」
4	「掌で転がすのではなく、指で2つの球をしっかりと掴み、手を握るようにして回す」
5	「2つの球を同時に回すのではなく、一方の球を回している間は、もう一方の球を指で固定しておく」
6	「掌を開きすぎると球がこぼれ落ちてしまうため、掌を少し丸めるようにすると落ちにくくてよい」
7	「球が親指側を通る際は、親指と人差し指で球を軽く掴むようにし、小指側を通る際は、掌を丸めて球が落ちるのを防ぐようにする」
8	「掌のみで転がすと回転速度は上がるが落ちやすいため、ある程度指で挟みこむようにしながら回す方がよい」
9	「指を軽く折り曲げ、折り曲がって出来た谷の部分に球を転がすように回すとよい」
10	「掌だけでなく手首も使い、角度をつけるようにしながら球を転がすようにする」

したことが示された。球回し課題において、球回し回数が増加することは運動学習の促進が報告されているため¹⁴⁾、運動学習を促進したことが示された。

また、単に運動イメージの想起を行うだけではなく、教示という言葉を表出する行為を経たことが運動学習を促進させ、運動学習効果の残存性に影響を与えたと考えられる。他者に教示を行う際は、内言語が使用されており、ブローカ野または左下前頭回の活性化が報告されている¹⁵⁾。さらに、運動をプログラムする際にも活動する領域であることが明らかになっている¹⁶⁾。したがって、運動イメージのみも言語化を行う方が、より実際に運動を行った際に得られる運動学習効果に近い効果を得る可能性がある。これらのことから、運動スキルを教示するという手法を用いることで運動イメージの言語化が行われたことが、課題 30 分後においても、運動学習効果が残存したことが示唆された。

運動イメージの想起は、実際の身体活動を伴わないため、疾患あるいは身体的障害を抱えた脳血管疾患患者、高齢者などの、反復した運動が困難な対象者への応用が期待できる。しかし、運動イメージを想起しているか否かについては外部から判断出来ないこと、また、脳血管疾患患者、高齢者などの運動イメージの想起能力が低下している脳血管疾患患者、高齢者などに対しては、十分な効果が得られない可能性がある。そのため、実際に巧緻性を必要とする日常生活動作の回復を目的としたリハビリテーションにおいて、運動イメージの想起が活かされている可能性は少ない。一方、運動スキルの教示は、実際に言語を表出することを求めるために、対象者が運動イメージを想起出来ているか否かを客観的に判断することが可能である。また、運動イメージの想起が困難な対象者については、運動スキルの教示は運動イメージの想起のように抽象的な課題ではなく、運動スキルを言語的に表出することを求めるために課題が分かりやすいという利点がある。例として、本研究の教示条件では、「2つのうち1つの球を人差し指と親指で挟み込むように、もう一方の球を掌と小指の付け根で挟み込むように持って回す」と教示していた。本研究結果から、教示することによっ

て運動学習効果が課題後 30 分の間残存することが示されたために、服のボタンを留めるなどといった、巧緻性を必要とする日常生活動作の回復の一助となる可能性がある。このことから、運動スキルの教示は、身体活動を伴うことなく行える手法であり、運動イメージの想起が困難な対象者でも安全かつ簡便に行える新たな運動イメージ想起の介入方法となる可能性が示された。

なお、本研究の限界として、課題終了 30 分後までしか残存性を検討していないため、それ以降の残存効果が未検討である点、失語症などの言葉を発することが困難な対象者には適応することが出来ない点などが挙げられる。運動学習効果の残存時間が長ければ長いほど動作の回復速度が速まるために、今後、長期的な運動学習効果残存性の有無、一定のサイクルで教示を繰り返し行うことで、運動学習効果が保持されるかどうか、また、教示内容を言語化するのではなく、文字に書きおこす、キーボードで打ち込むなどといった他の方法でも運動学習効果が促進されるのかなどについても、さらに検討する必要がある。

また、教示内容の違いが運動学習効果に及ぼす影響についても検討する必要がある。表 2 に示すように、今回の実験において得られた教示内容は、「2つのうち1つの球を人差し指と親指で挟み込むように、もう一方の球を掌と小指の付け根で挟み込むように持って回す」、「指で球を持つのではなく、指は球が転がり落ちるのを防ぐための壁として使い、あくまで掌だけで球を転がすようにする」など対象者によって様々であった。具体的な掌の使い方に着目した対象者がいる一方で、速度あるいは球が落下しないようにする方法に着目した対象者もいたが、これらの教示内容の違いが運動学習効果およびその残存性に及ぼす影響については明らかになっていないため、今後検討していく必要がある。

本研究では、健康な成人を対象に、他者への運動スキルの教示が運動学習効果の残存性に及ぼす影響について検討した。その結果、球回し増加回数および球回し改善回数において、課題 30 分後の間に増加が認め

られ、また、課題 30 分後の球回し増加回数において、
教示条件とコントロール条件との間に有意な差が認め
られた。このことから、教示を行うことによる運動イ
メージの想起は、脳卒中患者あるいは高齢者等の日常
生活動作回復のためのリハビリテーションにおいて新
たな介入方法となる可能性が示唆された。

利益相反

本研究において開示すべき利益相反はない。

謝辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただいた徳島大学
応用生理学研究室のスタッフの皆さまに感謝いたしま
す。

5. 引用文献

- 1) 佐藤 惇史, 藤田 貴昭, 小沼 亮, 奥田 裕, 山本 優
一, 潮見 泰藏: 重度脳卒中患者における入院 1 ヶ月時
の Motor Assessment Scale と退院時 FIM との関連—
偏相関分析による検討—, 理学療法学, 43, 236-240,
2016.
- 2) 川崎 翼, 河野 正志, 兎澤 良輔: 他者に運動技術を
教授することによる即時的な運動学習効果, 理学療法
学, 44, 306-310, 2017.
- 3) Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L: Premotor
cortex and the recognition of motor actions. *Cogn Brain
Res*, 3, 131-141, 1996.
- 4) Buccino G, Binkofski F, Fink G.R, Fadiga L, Gallese V,
Seitz RJ, Zilles K, Rizzolatti G, Freund HJ: Action
observation activates premotor and parietal areas in a
somatotopic manner: An fMRI study. *Eur J Neurosci*,
13, 400-404, 2001.
- 5) Guerra ZF, Lucchetti ALG, Lucchetti G: Motor
Imagery Training After Stroke: A Systematic Review
and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J
Neurol Phys Ther*, 41, 205-214, 2017.
- 6) Cho HY, Kim JS, Lee GC: Effects of motor imagery
training on balance and gait abilities in post-stroke
patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 27,
675-680, 2012.
- 7) 梅野 和也, 中村 浩一: 運動イメージ想起能力とパ
フォーマンスの変化との関係—JMIQ-R を用いて—,
理学療法科学, 31, 221-225, 2016.
- 8) Mulder T, Hochstenbach JB, Heuvelen MJ, Otter AR:
Motor imagery: The relation between age and imagery
capacity. *Hum Mov Sci*, 26, 203-211, 2007.
- 9) Suwa M. Meta-cognition as a Tool for Storytelling
and Questioning What Design Is. *Bulletin of Japan
Society for the Science of Design*, 16, 21-26, 2009.
- 10) Porro CA, Francescato MP, Cettolo V, Diamond ME,
Baraldi P, Zuiani C, Bazzocchi M, Prampero PE:
Primary Motor and Sensory Cortex Activation during
Motor Performance and Motor Imagery: A Functional
Magnetic Resonance Imaging Study. *J Neurosci*, 9,
7688-7698, 1996.
- 11) Kawashima R, Matsumura M, Sadato N, Naito
E, Waki A, Nakamura S, Matsunami K, Fukuda
H, Yonekura Y: Regional cerebral blood flow
changes in human brain related to ipsilateral
and contralateral complex hand movements—a
PET study. *Eur J Neuroscience*, 10, 2254-2260,
1998.
- 12) Price CJ: A review and synthesis of the first 20 years
of PET and fMRI studies of heard speech, spoken
language and reading. *NeuroImage*, 62, 816-847, 2012.
- 13) Rizzolatti G, Camarda R, Fogassi L, Matelli M,
Camarda R, Rizzolatti G: Functional organization of
inferior area 6 in the macaque monkey. *Exp Brain Res*,
71, 491-507, 198