

손가락 개별운동이 뇌졸중 환자의 손 기능에 미치는 영향

마성룡, OT, PhD¹, 정중우, OT, PhD², 양병일, PT, PhD^{*3}

¹조선대학교 작업치료학과, ²상지대학교 작업치료학과, ^{*3}상지대학교 물리치료학과

Effect of Individual Finger Exercises Muscle Training on Hand Function in Stroke Patients

Sung-Ryong Ma, OT, PhD¹, Jung-Woo Jeong, OT, PhD², Byung-Il Yang, PT, PhD^{*3}

¹Dept. of Occupational Therapy, Chosun University

²Dept. of Occupational Therapy, Sangji University

^{*3}Dept. of Physical Therapy, Sangji University

Purpose The aim of this study was to investigate the effects of individual finger exercises on hand function in stroke patients. **Methods** The objects of this study were 30 stroke patients and each 15 patients were randomly assigned in two groups, experimental group performing individual finger exercises and the control group performing common hand task training. Evaluation of upper extremity function was performed before intervention(pre-test), after 4 weeks(post test) using Manual Function Test(MFT), Box and Block Test(BBT). **Results** In an in-group test on upper extremity function, all groups showed a statistically significant increase in the pre-and post-test evaluations. A significant difference was shown between groups when the post-test was examined in an intergroup test for hand function. **Conclusion** The research results indicate that performing individual finger exercises helps stroke patients enhance hand and upper extremity function. This treatment is expected to be beneficial for stroke patients in the future.

Key words Individual Finger Exercises, Hand function, Hemiplegia, Upper extremity Function, Stroke

Corresponding author Byung- Il Yang (bobathyang@naver.com)

Received date 03 October

Revised date 17 October

Accept date 21 October

This study was supported by the research fund from Chosun University, 2024

1. 서론

뇌졸중은 뇌 혈관의 문제로 뇌 출혈이나 뇌 허혈의 결과로 감각기능, 인지기능, 언어기능 및 운동 기능 등에서 신경학적 문제들이 발생하며 신체의 왼쪽과 오른쪽 중 한쪽의 마비를 발생시키는 것이 특징이다.¹⁾ 이러한 뇌졸중은 반마비 환자에게 마비측 비정상적 강직성 불안전마비를 초래하며 대항근의 근력 약화와 반마비측 어깨 근육들의 근 활성과 고유수용성감각 저하로 인해 상지 기능의 운동 장애가 발생한다.^{2,3,4)} 뇌졸중 환자의 마비측 상지 기능 회복이 어려운 이유로는 어깨에서 손가락까지 상지의 여러 관절들이 복잡하게 연결되어 운동기능을 수행하며, 이러한 운동 시 환자의 자발적 움직임이 부족하고, 비마비측 상지를 우선적으로 사용함으로써 마비측의 비사용이 증가되기 때문이다.⁵⁾ 특히 발병 후 많은 환자들은 걸

질척수로(corticospinal tract)의 손상으로 인하여 손상된 대뇌 반구의 반대측 상지와 손 움직임 장애를 유발한다.⁶⁾ 걸질척수로는 주로 인체의 원위부 근육을 조절하여 손가락이나 발가락 동작과 같은 원위부 동작 조절하게 되며, 걸질척수로 손상 시 신체 원위부의 민첩성(dexterity)에 영향을 주게 된다.⁷⁾

뇌졸중 환자의 보다 많은 손상측 손 사용을 유도하고 움직임을 유발시키기 위해 다양한 치료 방법들이 적용되고 있으며, 그 중 보바스 개념의 신경발달치료가 널리 사용되고 있는 중재 중 하나이다. 보바스 개념의 신경발달치료는 뇌의 가소성을 증진시키는데 중요하며, 뇌의 가소성 증진이란 손상받지 않은 대뇌겉질이 손상된 대뇌겉질 부위의 기능을 대체하거나 억제되었던 운동 신경로를 활성화시킴으로써 나타나는 현상으로 뇌 손상 후 손상된 기능들을 회복하는 중요한 기전이며, 능동적인 반복 운동과 구심성 자극에 의해 더욱 활성화되는 것으로 알려져 있다.⁸⁾ 이러한 신경발달치료를 통해 손가락 개별 운동의 의미는 다음과 같다. 손가락의 내재근은 외재근

<http://dx.doi.org/10.17817/JCMSH.2024.28.3.7>

(extrinsic muscle)과 상호작용을 통해 사람이 원하는 작업을 수행하기 위해서는 필수적이다.⁹⁾ 손가락의 내재근들은 손에서 차지하는 근육량과 근육 크기는 작지만 손의 쥐기(grasp) 강도의 약 50%에 해당하는 매우 강력한 힘을 발생시키며,¹⁰⁾ 손가락 동작의 안정성을 제공해준다고 보고되고 있다. 내재근 중 뼈사이근(interossei)과 벌레근(lumbricals)은 손의 여러 모양을 만들어주며 잡는 힘을 발생시키는데 아주 중요한 역할을 담당한다고 하였으며, 이로 인해 손가락의 개별적인 동작이 가능해진다고 하였다.⁹⁾ 손 안의 또 다른 내재근인 엄지두덩근육(hypertenar eminence)과 새끼두덩근육(hypothenar eminence)을 구성하는 뼈대근육은 기능적 손 움직임에 필요한 다양한 손의 자세와 모양을 만들어 줄 수 있게끔 동시성과 비동시성 형태의 근 활동을 한다고 보고하고 있다.¹¹⁾ 이는 뇌졸중 환자의 손가락 개별 움직임 훈련이 손과 상지기능의 효과에 대한 긍정적 요소라 볼 수 있으며,¹²⁾ 이러한 선행 연구들의 결과를 바탕으로 뇌졸중 환자의 손가락 개별운동 후 손 기능 향상과 나아가 일상생활활동 시 손 사용을 통한 독립성 강화에 조금이라도 영향을 줄 수 있다고 판단된다.

최근 이론적 근거를 바탕으로 국내에서도 손 내재근과 손가락 개별 운동에 대한 연구들이 연구되고는 있으나 뇌졸중 환자에게 손가락 운동을 적용하여 손 기능에 대한 연구 사례를 알아보는 연구는 부족한 편이다. 따라서 본 연구에서 뇌졸중 환자의 손가락 개별 운동 훈련이 손 기능에 어떠한 영향에 미치는지에 대해 알아보고 재활치료 현장에서 효과적인 치료 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 경기 소재의 O병원에 뇌졸중으로 입원한 환자 중 대상자 기준에 부합하는 입원기간이 6개월 이상인 아급성 및 만성 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 컴퓨터 난수표를 이용하여 무작위 할당하였으며, 연구군과 대조군으로 나누어 2023년 2월 부터 5월까지 연구를 진행하였다. 대상자의 구체적인 기준 항목은 다음과 같다.

- 1) 전문의에게 뇌졸중(뇌경색 또는 뇌출혈)으로 반마비 진단을 받은 자
- 2) K-MMSE(한국판간이정신상태검사)에서 21점 이상으로 평가 및 중재 수행이 가능한 자
- 3) 손, 손목, 어깨의 관절 구축 및 통증이 없는 자
- 4) 엄지, 검지, 중지 손가락 움직임이 어느 정도 가능하여 2.5cm나무 적목을 잡을 수 있는 자
- 5) 의사소통에 어려움이 없으며, 검사자의 지시를 이해하고

참여에 동의한 자

2. 연구도구 및 중재 방법

기준에 부합한 대상자를 무작위로 연구군과 대조군으로 나눈 후 각 그룹별로 다른 치료 중재를 적용하였다. 연구군은 손가락 내재근 훈련을 중재하였으며, 대조군은 일반적 손 과제훈련을 중재하였다. 본 연구는 당 기관의 작업치료사 선생님이 보호자 및 환자의 동의를 받아 입원치료 기간 모두 재활치료(작업치료) 시간에 중재하였으며, 연구에 참여한 치료사는 총 5명이고, 경력은 5년 이상 자로 모든 환자는 4주간 주 5회, 회당 30분씩 동일하게 중재하였다.

(1) 손가락 개별운동 (연구군)

본 연구에서 적용된 손가락 내재근 치료는 Sue Raine 등(2013)이 고안하고 제안했던 훈련 방법을 참고하였으며, 연구에 맞게 수정 및 보완을 통해 적용하였다.¹³⁾ 손가락 내재근 치료 프로그램은 벌레근 강화운동(lumbricals strengthening exercises)(Figure 1), 새끼손가락 벌림근 강화운동(abductor digiti minimi strengthening exercises)(Figure 2), 엄지두덩근 강화운동(thenar muscle strengthening exercises, Figure 3), 검지손가락 개별 운동(index finger tapping exercises)(Figure 4)로 구성하였다.

(2) 일반적 손 과제 운동 (대조군)

대조군은 컴퓨터 마우스 누르기, 물컵 쥐기, 블록쌓기, 손 안에 쥘 수 있는 작은 공 잡기 등의 일반적 치료실에서 할 수 있는 손 과제 운동을 적용하였다.

3. 평가도구

연구군과 대조군의 손 기능 검사를 위해 뇌졸중 상지기능 검사도구(Manual Function Test)와 박스 앤 블록 검사(Box and Block Test)를 진행하였다.

1) 뇌졸중 상지기능 검사(Manual Function Test, MFT)

뇌졸중 상지기능 검사(MFT)는 뇌졸중 환자의 상지 및 손 운동 기능을 평가하고, 분석하기 위한 목적으로 개발되었다. 검사항목은 총 32개 항목으로 구성되어 있으며, 크게 3개 큰 영역으로 나누어 보면 상지 운동기능 4개, 쥐기 2개, 손가락 조작 2개 항목으로 상지의 기능 상태를 평가할 수 있다. 검사항목으로는 어깨 굽힘, 어깨 벌림, 손바닥을 후두부에 닿기, 손바닥을 등에 닿기, 손 쥐기, 손끝집기, 입방체 운반, 페그보드꽃기 등 총 8항목으로 구성되어 있다. 항목 당 점수는 수행 불가능 시 0점, 수행 가능 1점으로 표기하며, 만점은 32점이다. 본 평가도구의 검사 및 재검사(test-retest reliability), 검



Figure 1. Specific activation of lumbricals (Training to stimulate the lumbricals muscle with a therapist).



Figure 2. Specific activation of abductor digiti minimi (Little finger abduction exercises with a therapist to activate the abductor digiti minimi).



Figure 3. Thumb opposition (Training to place the subject's thumb opposition other fingers).

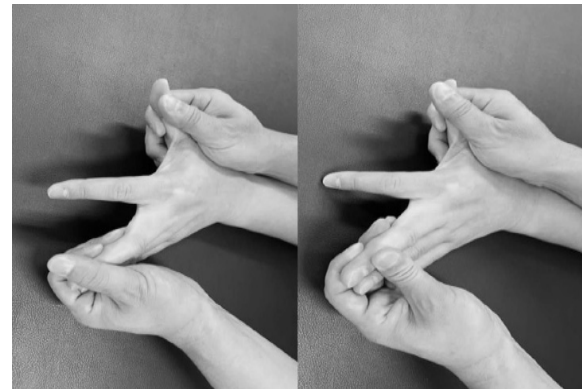


Figure 4 Index finger. This tapping movement.

사자 간 신뢰도(interrater reliability)는 $r=0.95$ 이며, Chronbach's $\alpha=0.95$ 이다. MFT의 타당성과 관련하여 Brunnstrom Stage와 Stroke Impairment Assessment Set 모두와 >0.8 의 높은 상관관계가 있다.¹⁴⁾

2) 박스 앤 블록 검사(Box and Block Test, BBT)

박스 앤 블록 검사(BBT)는 SMS 손가락 기민성(dexterity)과 대운동 협응능력을 빠르고 간단하게 평가하고, 신체 장애인의 직업 전 평가 도구로 사용할 수 있다. 검사방법은 대상자가 앉은 자세에서 60초 동안 우세손 또는 비우세손을 이용하여 오른쪽과 왼쪽으로 나누어져 있는 박스 안에 들어있는 나무 블록을 잡아 최대한 빨리 반대쪽 나무 박스 안으로 옮기는 검사이다. 나무 블록은 총 150개가 들어있으며, 검사 후 블록을 옮긴 수 만큼 계산하여 측정한다. BBT는 검사 및 재검사, 검사자간 신뢰도가 높은 상관성을 보이고 있다(왼손 $r=0.999$, 오른손 $r=1.00$).¹⁵⁾

4. 통계 처리

연구 후 수집된 자료의 결과 분석을 위해 SPSS 22.0 프로그램을 사용하여 통계처리 하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은

기술 통계와 빈도분석을 실시하였다. 수집된 자료의 정규성 검증을 위해 Kolmogorov-Smirnov test 실시하였으며, 모든 변수는 정규분포 하는 것으로 나타났다. 연구군과 대조군 내 중재 전과 후를 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였고, 중재 후 연구군과 대조군 사이의 비교를 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 모든 통계학적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

III. 결 과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적 특성은 다음과 같다. 성별은 연구군의 경우 남성 8명, 여성 7명이며, 대조군은 남성 9명, 여성 6명이었다. 뇌 손상 유형은 연구군에서 뇌출혈 8명, 뇌경색 7명이며, 대조군은 뇌출혈 9명, 뇌경색 6명이었다. 뇌졸중 환자의 마비측은 연구군에서 왼쪽 반마비 8명, 오른쪽 반마비 7명이며, 대조군에서는 왼쪽 반마비 7명, 오른쪽 반마비 8명이었다. 평균연령에서 연구군은 47.45세이며, 대조군 48.09세였다. 유병기간은 연구군에서 30.24개월, 대조군 31.24개월이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

(N=30)

Characteristics	Division	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)
Gender	Male	8(58.8%)	9(60.0%)
	Female	7(46.7)	6(40.0)
Type of brain damage	hemorrhage	8(58.8)	9(60.0)
	infarction	7(46.7)	6(40.0)
Type of paralysis	left	8(58.8)	7(46.7)
	right	7(46.7)	8(58.8)
Average age(age)		47.45±5.34	48.09±3.72
Duration of disease(month)		30.24±6.0	31.25±6.47

2. 중재 전·후 연구군 내 비교

연구군의 손 기능을 평가하기 위해 MFT로 평가한 경우 중재 전 20.50±2.98점에서 중재 후 23.96±3.72점으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.001). BBT의 경우 중재 전 20.45±2.76개에서 중재 후 25.01±2.20개로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001)(Table 2) .

3. 중재 전·후 대조군 내 비교

대조군의 손 기능을 평가하기 위해 MFT로 평가한 경우 중재 전 21.40±3.87점에서 중재 후 23.87±4.51점으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.001). BBT의 경우 중재 전

19.38±3.57개에서 중재 후 21.21±3.78개로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001)(Table 3).

4. 중재 전·후 연구군과 대조군 간 손 기능 변화량 비교

연구군과 대조군 간의 MFT의 중재 전·후 손기능 변화량을 비교한 결과 연구군에서 4.46±0.74점 향상되었으며, 대조군의 경우 2.47±0.64점 향상되었다. 따라서 MFT 점수 비교 결과 연구군이 대조군보다 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (p<.05). BBT의 경우 연구군에서 4.56±0.56개 향상되었으며, 대조군의 경우 1.83±0.21개 향상되었다. 따라서 BBT 점수 비교 결과 연구군이 대조군보다 통계적으로 유의한 향상을 보였다(p<.01)(Table 4).

Table 2. Comparison of pre-and post intervention results of the experimental group

(N=15)

Division	Pre-test M±SD	Post-test M±SD	P
MFT(point)	20.50±2.98	24.96±3.72	.000***
BBT(count)	20.45±2.76	25.01±2.20	.000***

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

Table 3. Comparison of pre-and post intervention results of the control group

(N=15)

Division	Pre-test M±SD	Post-test M±SD	P
MFT(point)	21.40±3.87	23.87±4.51	.000***
BBT(count)	19.38±3.57	21.21±3.78	.000***

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

Table 4. Comparison of results between the two groups

(N=30)

Division	Experimental group M±SD	Control group M±SD	P
MFT(point)	4.46±0.74	2.47±0.64	.042*
BBT(count)	4.56±0.56	1.83±0.21	.009**

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

IV. 고찰

뇌졸중 발병 후 약 80% 이상의 뇌졸중 환자들은 신경계 문제로 운동기능에 장애로 인해 신체 한쪽의 반마비가 발생한다. 이러한 마비는 손의 움직임에 어려움을 주는 문제가 되며 뇌졸중 후에 흔히 나타나는 후유증의 하나이다.¹⁶⁾ 또한 뇌졸중 환자의 상지와 손의 운동기능 회복에 대한 예후는 좋지 못하며 뇌졸중 환자의 약 20% 정도만 일부 상지 기능이 회복되었다고 보고하였다.¹⁷⁾ 손은 인간이 살아가는데 있어 필수적인 역할을 하며, 손의 기능적 움직임들은 외재근(extrinsic muscle)과 손 안의 내재근(intrinsic muscle)의 균형으로 나타난다. 이러한 균형은 손의 모양을 물체에 맞게 형성하여 물체를 조작하고, 손목의 각도를 변화시켜 손 사용의 효과적인 힘을 발생시킨다.¹⁸⁾ 상지기능 치료를 위해 신경발달치료를 바탕으로 한 손가락 개별운동의 훈련은 운동학습이론을 바탕으로 신경생리학적 측면에서의 움직임 수정 능력을 강화시켜주는 원리이며, 치료를 통해 기능적인 동작 수행능력의 증진을 이끌어 낼 수 있는 근거를 마련해준다.⁷⁾ 따라서 본 연구에서는 이러한 결과에 따라 뇌졸중 환자의 손가락 개별운동을 적용을 통하여 뇌졸중 환자의 손 기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 경기도에 위치한 병원에서 뇌졸중으로 진단받고 재활치료를 진행 중인 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 무작위로 선정하여 연구군 15명, 대조군 15명으로 나눈 후 연구군에는 손가락 개별운동을 중재하였으며, 대조군은 일반적 손 과제 운동을 중재하였다. 연구군과 대조군은 일상적인 재활치료 일과가 끝난 후에 4주 동안 주 5회치료와 치료 회당 30분씩 중재를 진행하였다.

뇌졸중 상지 기능 검사(MFT)에서 중재 후 두 군간의 변화량 비교 결과에서 연구군과 대조군은 통계적으로 유의한 차이를 보였다. MFT는 소동작(fine motor) 이외의 어깨 관절 범위 등 대동작(gross motor) 항목 등이 있어 연구군이 대조군에 비해 소동작의 손 기능 뿐만 아니라 어깨 등의 큰 관절의 대동작 기능도 향상됨을 알 수 있었다. 이러한 결과를 유추해본 결과 손가락의 개별적인 움직임이 손에 대한 인식을 높이고 그로 인해 손의 과제 수행 시 어깨나 팔꿈치 등의 신체 부위가 같이 움직이면서 향상되었을 것이라고 생각된다. Hunter 등(2002)은 뇌졸중 환자의 손 기능에 있어 손가락의 개별적인 움직임과 이로 인한 감각 입력이 상지의 다른 부위들과 상호작용하여 상지 기능이 향상될 수 있다고 하였다.¹⁹⁾ 이러한 결과는 본 연구 결과와 부합하며 손가락 개별운동이 소동작의 손 기능 뿐만 아닌 어깨와 팔꿈치 등 대동작 상지 기능을 회복시키는데도 긍정적 영향을 미친다고 하겠다.

박스 앤 블록 검사(BBT)에서 중재 후 두 군 간의 변화량 비교 결과에서 연구군과 대조군은 통계적으로 유의한 차이를

보였다. 박스 앤 블록 검사(BBT)의 경우 손의 쥐기 능력과 기민성과 민첩성이 요구되는 검사이며 블럭을 옮기는데 필요한 어깨의 대동작도 요구되는 검사이다. 본 연구의 손가락 개별운동이 MFT에서와 마찬가지로 대조군보다 더 많은 블럭을 옮겼으며, 이러한 결과는 손의 쥐기 능력 및 어깨, 팔꿈치의 대동작 기능에 통계적으로 유의한 차이를 보인 것으로 볼 수 있다. Robi-Brami 등(2003)의 연구에서 연구군에서 손가락의 운동을 4주 동안 매일 20분씩 진행했을 때 대조군에 비해 손의 쥐기 수축력 및 팔꿈치 펴근 근력이 증가하였다고 보고하였으며, 본 연구와 일치하는 결과이다.²⁰⁾

본 연구에서 얻어진 결과를 종합해보면, 손가락 개별운동은 뇌졸중 환자의 손 기능과 상지기능에 있어 기존의 일반적 과제 치료에 비해 유의미한 차이를 보였다. 이러한 연구결과는 손가락 개별운동을 적용 시 뇌졸중 환자의 마비측 손 근육의 향상과 어깨, 팔꿈치 등의 큰 관절 주위근육에도 긍정적인 효과가 있음을 시사한다.

따라서 앞으로 치료 기간의 설정, 손가락 개별운동이 환자에게 동기부여 될 수 있는 과제와의 연결, 상지 기능의 객관적인 평가를 위한 도구 선정 및 평가 방법의 확대가 필요할 것으로 생각된다. 또한 대상자 수가 많지 않았으며 여러 작업 치료사들이 중재하여 일관된 중재가 적용됐다고 볼 수 없다. 또한 본 연구의 결과값이 모든 뇌졸중 환자들에 대한 일반화하기에는 어려움이 있을 것으로 판단되며, 중재가 끝난 후 추적 조사 등을 시행하지 못하였기에 치료에 대한 지속적 효과에 대한 연구도 필요할 것으로 판단된다. 이러한 제한점들을 수정 보완한다면 실제 재활치료 현장에서 뇌졸중 환자들의 상지 및 손 기능을 향상시키는데 긍정적인 효과를 예측할 수 있으며, 더 나아가 손과 상지를 이용한 일상생활활동에도 도움이 될 것이라고 생각한다.

V. 사사

이 논문은 2024학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

References

1. O'Sullivan SB, Schmitz TJ, Fulk G. Physical Rehabilitation. FA Davis.D. Bird; 2013. p. 75
2. Chang WN. Effect of facilitation of shoulder protraction on upper limb function and balance in patients with stroke. Journal of the Korean Society for Neurotherapy. 2018;22(2):1-6.
3. Park YH, Cho HJ, Chang WN. Effects of isometric training

- of scapular muscles on trunk muscle activation and trunk control in patients with stroke. *Journal of the Korean Society for Neurotherapy*. 2021;25(3):21-6.
4. Park SJ, Bae EH, Hwang BY, et al. Effects of mobility enhancement by reaching-based scapula treatment on standing posture and functional arm movement in a patient with stroke: A Case Report. *Journal of the Korean Neurotherapy Society*. 2023;27(2):53-9.
 5. Feys HM, De Weerd WJ, Selz BE, et al. Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke. *Stroke*. 1998;29(4):785-92.
 6. Davidoff RA. The pyramidal tract. *Neurology*. 1940;40(2):332.
 7. Bassoe GB, Syre L. The Bobath concept in adult neurology. 2016.
 8. Lee YH, Park KH, Kim SH, et al. Effect of EMG-triggered electrical stimulation to improve arm function in patients with chronic hemiplegia. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2003;27(3):5-328.
 9. Kim HN, Ma SR, Song BK. A comparative study of intrinsic hand muscle tension, wrist extensor activity, and hand function through hand intrinsic muscles facilitation program combined with wrist immobilization splint in stroke patients. *Journal of the Korean Society for Neurotherapy*. 2023;27(1):1-9
 10. Dell PC, Sforzo CR. Ulnar intrinsic anatomy and dysfunction, *Journal of Hand Therapy*. 2005;18(2): 198-207.
 11. Hwang BY. Bobath concept. *Panmuneducation*. 2013. p. 37.
 12. Zijdwind I, Kernell D. Bilateral interactions during contractions of intrinsic hand muscles, *Journal of Neurophysiology*. 2001;85(5):1907-13.
 13. Raine S, Meadows L, Lynch-Ellerington M. Bobath concept: theory and clinical practice in neurological rehabilitation. John Wiley & Sons. 2013. p. 65
 14. Miyamoto S, Kondo T, Suzukamo Y, et al. Reliability and validity of the manual function test in patients with stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2009;88(3):247-55.
 15. Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, et al. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity, *American Journal of Occupational Therapy*. 1985;39(6):386-91.
 16. Olsen TS. Arm and leg paresis as outcome predictors in stroke rehabilitation. *Stroke*. 1990;21(2):247-51.
 17. Hayward K, Barker R, Brauer S. Interventions to promote upper limb recovery in stroke survivors with severe paresis: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2010;32(24):1973-86.
 18. Winges SA, Johnston JA, Santello M. Muscle-pair specific distribution and grip-type modulation of neural common input to extrinsic digit flexors. *Journal of Neurophysiology*. 2006;96(3):1258-66.
 19. Hunter SM, Crome P. Hand function and stroke. *Reviews in Clinical Gerontology*. 2002;12(1):68-81.
 20. Roby-Brami A, Jacobs S, Bennis N, et al. Hand orientation for grasping and arm joint rotation patterns in healthy subjects and hemiparetic stroke patients. *Brain Research*. 2003;969(1-2):217-29.