

근긴장 이상 환자에게 있어 보툴리눔 독소 주사 후 작업치료가 손기능 향상에 미치는 효과 : 사례 연구

정 복 희

전주 예수 병원 재활의학과 작업치료실

Abstract

The Effect of Hand Function on Occupational Therapy After Botulinum Toxin Injection in Dystonia Patient : A Case Study

Chong, Bok-Hee., LL.B., O.T.

Dept. of Occupational Therapy, Presbyterian Medical Center

Objective: To examine the effects of occupational therapy intervention on hand function after botulinum toxin injection in a patient with dystonia.

Method: The subject was a 41 year old female and the study was carried out from February 25th to May 24th in 2002. The Jebsen Hand Function Test and Nine Hole Peg Test were used for assessment, and also hand and finger powers were assessed by grip strength, lateral pinch strength and three jaw chuck pinch strength. The scores were obtained during occupational therapy sessions at 4 weeks and 12 weeks after the injection. Modified Ashworth Scale was employed to grade spasticity before the injection, at 4 weeks, and 12 weeks after the injection.

Results: Among the subtests of Jebsen Hand Function Test, the speed increased in the writing (15.4%), turning cards (64.4%), simulated feeding (92.0%), moving empty large cans (30.0%) and moving weighted large cans (41.6%), however, the speed of other subtests which were checkers(-26.8) and picking up small objects (0.0%) did not increase. The performance on Nine Hole Peg Test did not change (0.0%). Hand power of grip strength increased by 275%. Finger power increased in lateral pinch strength (40.0%) and three jaw chuck pinch strength(150.0%). Based on Modified Ashworth Scale, spasticity decreased from grade 4 before the injection to grade 1 at 4 weeks and 12 weeks after the injection in wrist and fingers.

Conclusion: Occupational therapy intervention after botulinum toxin injection can improve the hand function in a patient with dystonia.

Key Words : Dystonia, Botulinum toxin, Occupational therapy, Hand function

I. 서론

신체기능 중 손의 기능은 일상생활뿐 아니라 작업능력을 위해 가장 중요한 부분의 하나이다. 정상적인 손기능은 물건을 잡아 원하는 위치에 옮겨 놓고 또 그것을 내려놓는 것에 대한 기능이 원활해야 한다(Trombly와 Scott, 1977). 그러나 근긴장 이상(dystonia) 환자는 주동근과 길항근의 동시 수축으로 과긴장이 일어나 정상적인 손기능 수행능력을 상실하게 되며 손목과 손가락의 과굴곡 및 과 신전의 자세를 취하게 되어 관절의 구축을 일으킨다(Pedretti, 2001; Randall, 1996).

근긴장 이상으로 나타나는 경직과 관절구축을 감소시키기 위해서 약물 요법, 알코올이나 페놀 등을 이용한 신경차단, 정형 외과적 수술, 물리치료, 보조기 및 스플린트 등이 사용되어 왔다(Hoffer 등, 1979; Randall, 1996). 그러나 수술이나 약물요법 등의 치료기법은 손기능 수행 능력의 사용과는 상관없이 이루어져 때로는 부적절한 손기능 형태를 만들기도 한다.

박기영(1999)과 Grazko 등(1995)은 근 경직을 완화시키는 방법으로 보툴리눔 독소가 효과적인 기법이라고 제시하였다. 보툴리눔 독소는 클로스트리디움이라는 식중독균이 만들어낸 신경을 마비시키는 독소의 성분으로 아세틸콜린을 분비하는 신경근육 접합부에서 세포 내에 선택적으로 이입되어 아세틸콜린의 분비를 억제하여 근육을 마비시킨다(김현숙 등, 2001).

보툴리눔 독소 주사에 대한 선행연구에서 Cosgrove 등(1994)은 뇌졸중 환자에게 주사 한후 근육 긴장 감소에는 효과적이었으나 미세 손기능

향상에 대한 변화는 없었다고 보고하였다. 그러나 Yablon 등(1996)은 외상성 뇌손상 환자의 상지 원위부에서 근육의 경직과 관절운동 범위의 향상을 보였다고 보고하여 위 연구자들 사이에도 다소 상반된 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서는 근긴장 이상환자에게 보툴리눔 독소를 주사 한 후 작업치료를 실시하여 손기능 향상과 근육 경직의 감소 정도를 알아보는데 연구의 의의가 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상자는 2002년 2월 25일부터 2002년 5월 24일까지 전주 예수병원 재활의학과에서 외래로 작업치료를 받고 있는 환자 중 척추외상으로 왼쪽 상지에 근긴장 이상의 진단을 받은 환자로서 본 연구의 목적을 이해하고 동의한 41세 여자 환자 1명을 대상으로 선정하였다. 실험전 대상자의 왼쪽 상지의 상태는 수동 운동시 어깨관절과 팔꿈치관절 가동범위는 정상이었으나 손목관절, 손가락관절의 경직 정도는 Bohannon과 Smith(1987)가 고안한 개정된 Ashworth 척도를 이용하여 측정한 결과 경직 정도는 등급 4단계였다. 주사 전 환자는 근긴장 이상 손으로 물건 쥐기(grasp), 집기(pinch), 쥐어준 물건 놓기(release), 양 손 활동(bilateral hand activity) 등을 수행할 수 없었고, 본 연구에서 측정시 사용했던 Jebsen 손기능 검사와 아홉 개 구멍 끼우기 검사, 장악력 및 집기력 등의 평가를 실시할 수 없었다. 그러나 고유수용성 감각(proprioception), 가벼운 접촉

(light touch), 두 점 식별능력(two-point discrimination), 입체인지(stereognosis) 등의 검사는 정상이었다.

2. 측정도구 및 방법

1) Jebsen 손기능 검사(Jebsen hand function test)

본 연구에 사용된 손기능 검사는 Jebsen 등(1959)이 고안한 방법대로 근긴장 이상 손에 대해서 실시하였다. 하위 항목을 보면 글씨 쓰기, 카드 뒤집기, 장미 말 쌓기, 작은 물건 집기, 먹기 흉내 내기, 가벼운 깡통 옮기기 그리고 무거운 깡통 옮기기 등 7개 항목이다. 이들 항목 중 글씨 쓰기는 10음절로 구성된 “저 노인은 피곤해 보인다”라는 단 문장으로 실시하였으며, 검사 환자에게 검사의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 하였다. 각 항목의 측정을 위하여 본 연구를 보조하는 연구원으로 하여금 초시계를 이용하여 초단위로 측정케 하였다.

2) 아홉 개 구멍 끼우기 검사(nine hole peg test)

아홉 개 구멍 끼우기 검사는 Marjorie 등(1971)이 고안한 방법을 이용하였다. 측정시 아홉 개의 구멍이 패인 정사각형 판자(가로 5 inch, 세로 5 inch)에 나무 패그(지름 1/4 inch, 길이 1과 1/4 inch)를 끼우고 빼도록 하였다. 이 검사 역시 보조 연구원으로 하여금 초시계를 이용하여 초단위로 측정케 하였다.

3) 장악력 검사(grip strength)

측정에 사용된 기구는 Hydraulic Hand dynamometer(Preston, USA)로 측정시 표준화를 위해서 손잡이 가장 안쪽에서부터 두 번째 손잡이

칸에 고정시켰으며 구두 명령에 의해서 3초간 최대의 힘을 내게 한 뒤 결과를 기록하였다. 장악력 검사시 자세는 미국 수부치료사 협회에서 제시한 표준화된 자세로 이는 환자로 하여금 앉은 자세에서 어깨관절을 내전 중립위치로 하고 팔꿈치 관절은 90도 굴곡, 전완과 손목관절은 중립자세에서 검사하는 것으로 본 연구에서 장악력 검사는 미국 수부치료사 협회에서 제안한 장악력 측정의 자세를 취하게 하고 손목관절만 15도 신전상태에서 측정하였다(Fess와 Moran, 1981).

4) 편측 집기(lateral pinch)와 세 손가락 집기(three jaw chuck)

집기력 검사시 측정에 사용된 기구는 pinch gauge(Preston, USA)를 사용하여 검사하였고 편측 집기시 어깨관절과 팔꿈치 관절은 표준화 자세를 취하게 하고, 손목관절은 15도 신전 상태에서 측정하였다. 세 손가락 집기 검사 역시 어깨관절, 팔꿈치 관절은 표준화 자세를 취하고 전완은 회내 손목관절은 15도 신전상태에서 측정하였고. 편측 집기 세 손가락 집기는 구두명령에 의해 최대의 힘을 3초간 내게 한 뒤 결과를 기록하였다.

Jebsen 손기능 검사와 아홉 개 구멍 끼우기 검사, 장악력 및 편측 집기, 세 손가락 집기 검사는 한 항목을 측정한 후 피로를 느끼지 않게 적어도 3분의 휴식을 취한 후 다시 실시하였다.

5) 손의 경직정도 비교

경직정도는 개정된 Ashworth 척도를 사용하여 주사 전과 주사 4주 경과 후, 12주 경과 후를 비교하였다.

3. 치료방법

본 실험에 사용된 보툴리눔(Botox, Allergan,

USA) 독소는 100 IU를 생리 식염수 4 cc로 희석하여 독소의 용량을 조절하였다. 주사 요법은 재활의학 전문의 1인에 의하여 행하여 졌으며, 부위는 단모지 굴근(Flexor Pollicis Longus: FPL)에 20 IU, 천지 굴근(Flexor Digitorum Syperficialis: FDS)에 25 IU, 심지 굴근(Flexor Digitorum Profundus: FDP)에 25 IU, 요골측 수근 굴근(Flexor Carpiradialis: FCR)에 15 IU, 척골측 수근 굴근(Flexor Carpiulnaris: FCU)에 15 IU를 1회에 한하여 주사하였다. 주사 후 작업치료는 근긴장 이상 손의 집기(pinch) 향상을 위한 운동으로 바둑알 집기, 다양한 단추집기, Beaded Peg Board (DLM, Allen, Texas, 1981) 끼우고 빼기를 실시하였으며, 다섯 손가락 쥐기(grasp)운동은 Hand Helper와 Exerciser (Preston, USA), 나무 원통 끼우고 빼기, 소프트 공 쥐기, 콩 주머니 옮기기를 하였다. 그리고 양 손 활동을 위한 운동으로는 구슬 끼우기, 바느질카드, 테라밴드(Theraband), 테라퓨티(Theraputty) 등을 1회 30분씩 일주일에 3일 12주간 작업치료사 1인에 의해 행하여졌다.

4. 분석방법

보툴리눔 독소주사 후 작업치료 4주 와 12주 경과 후 Jebsen 손기능 검사의 수행속도, 아홉 개 구

멍 끼우기 검사의 수행속도, 그리고 장악력 및 편측과 세 손가락 집기력 등의 변화된 진전상황들을 알아보기 위해서 백분율을 구하였고, 근 경직 정도는 개정된 Ashworth 척도를 사용하여 알아보았다.

III. 연구 결과

1. Jebsen 손기능 검사 수행속도 비교

보툴리눔 독소 주사 후 작업치료를 실시한 결과 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 글씨 쓰기는 4주 경과 후가 110.0초 12주 경과 후가 93.0초로 수행속도가 빨라져 15.4% 증가되었다.

카드 뒤집기는 4주 경과 후가 39.4초 12주 경과 후가 14.0초로 수행 속도가 빨라져 64.4% 증가되었고, 장기 말 쌓기는 4주 경과 후가 8.2초 12주가 10.4초로 26.8%의 수행속도의 감소를 보였다. 작은 물건 집기는 4주에서 12주 경과 후가 19.0초로 4주상태가 12주까지 지속되었으며, 먹기 흉내내기는 4주 경과 후 93.0초에서 12주 경과 후 7.4초로 수행속도 빠르기가 92.0%로 가장 많은 증가를 보였다. 가벼운 깡통 옮기기와 무거운 깡통 옮기기는 4주 경과 후 10.0초, 12.0초에서 12주시 수행속도가 각각 7.0초로 빨라져 30.0%와 41.6%의 증가를 보였다.

표 1. Jebsen 손기능 수행속도

(단위 : 초)

항 목	보툴리눔 주사 후 작업치료		빨라진 시간(속도율%)
	4주 경과후	12주 경과후	
글씨 쓰기	110.0	93.0	17.0(15.4)
카드 뒤집기	39.4	14.0	25.4(64.4)
장기말 쌓기	8.2	10.4	-2.2(-26.8)
작은 물건집기	19.0	19.0	0.0(0.0)
먹기 흉내내기	93.0	7.4	85.6(92.0)
가벼운 깡통 옮기기	10.0	7.0	3.0(30.0)
무거운 깡통 옮기기	12.0	7.0	5.0(41.6)

표 2. 아홉 개 구멍 끼우기 수행속도

(단위 : 초)

항 목	보툴리눔 주사 후 작업치료		빨라진 시간(속도율%)
	4주 경과후	12주 경과후	
아홉 개 구멍 끼우기	51.0	51.0	0.0(0.0)

표 3. 장악력 검사비교

(단위 : Lbs)

항 목	보툴리눔 주사 후 작업치료		증가된 힘(악력율%)
	4주 경과후	12주 경과후	
장악력	4.0	15.0	11.0(275)

표 4. 편측과 세 손가락 집기력

(단위 : Lbs)

항 목	보툴리눔 주사 후 작업치료		증가된 힘(집기율%)
	4주 경과후	12주 경과후	
편측집기	5.0	7.0	2.0(40.0)
세 손가락 집기	2.0	5.0	3.0(150.0)

표 5. 상지의 경직 정도

(단위 : 등급)

항 목	주사전	보툴리눔 주사 후 작업치료	
		4주 경과후	12주 경과후
경직정도	등급* 4	등급 1	등급 1

*등급 : Modified Ashworth Scale

2. 아홉 개 구멍 끼우기 검사 수행속도 비교

보툴리눔 독소 주사 후 작업치료를 실시한 결과 표 2에서 볼 수 있는 바와 같이 아홉 개 구멍 끼우기는 4주 경과 후와 12주 경과 후 모두 51.0초로 같은 수행속도를 보였다.

3. 장악력 검사 비교

보툴리눔 독소 주사 후 작업치료를 실시한 결과 표 3에서 볼 수 있는 바와 같이 장악력은 4주 경과 후 4.0Lbs, 12주 경과 후 15.0Lbs로 악력이 증

가되어 275% 증가되었다.

4. 편측과 세 손가락 집기력 검사 비교

보툴리눔 독소 주사 후 작업치료를 실시한 결과 표 4에서 볼 수 있는 바와 같이 편측 집기는 4주 후 5.0Lbs에서 12주 경과 후 7.0Lbs로 집기력이 40.0% 증가되었다. 세 손가락 집기는 4주 후 2.0Lbs에서 12주 경과 후 5.0Lbs로 150% 증가되었다.

5. 상지의 경직 정도 비교

보툴리눔 독소 주사 후 작업치료를 실시한 결과

표 5에서 볼 수 있는 바와 같이 왼쪽 상지의 손목과 손가락의 경직 정도는 개정된 Ashworth 척도로 측정시 주사 전 등급 4단계에서 주사 4주 12주 경과 후 등급 1단계를 나타냈다.

IV. 고 찰

인간의 손은 창조적이고 정서적이 표현을 가능하게 하며 물체나 도구를 잡고 조작하여 일상 생활을 독립적으로 수행할 수 있도록 해 준다 (Trombly, 1989). 그러므로 손기능의 정확한 평가는 재활 프로그램에 있어 매우 중요하다. 보툴리눔 독소 주사 후 작업치료를 실시하여 손기능에 어떤 영향을 주었는지에 대한 선행 연구는 없다. 본 연구에서 사용된 Jebsen 손기능 검사는 김연희 등(1984)과 Jebsen 등(1959)이 정상성인을 대상으로 정상인의 표준치를 산출하였고 아홉 개 구멍 끼우기 검사 역시 Marjorie 등(1971)에 의해서 정상인의 표준 치가 산출되었다. 본 연구 결과 4주 경과 후, 12주 경과 후 Jebsen 손기능 검사와 아홉 개 구멍 끼우기 검사는 선행 연구자들이 제시한 정상인의 표준치에는 미달하였으나 Jebsen 손기능 검사 7가지 하위 항목과 아홉 개 구멍 끼우기 검사의 항목에서 모든 평가가 가능했다는 측면에서 큰 의의가 있다 하겠다. 정민예와 이지영 (1997)이 성인 여성 20명을 대상으로 세 가지 손목자세 즉 자유로운 손목관절, 손목관절 굴곡 40도, 80도에서 연구한 결과, 자유로운 손목 관절 자세가 40도 굴곡 80도 굴곡시보다 빠른 손기능을 보였다고 보고하였다. 본 연구 결과 Jebsen 손기능 평가 하위 항목인 장기 말 쥘기와 작은 물건 집기, 미세 운동기능인 아홉 개 구멍 끼우기 이 세 가지 검사는 손가락을 사용하여 물건을 집을 때 처음 시작시 손목이 5도에서 10도 굴곡을 필요로 하는 자세로 4주 경과 후에서 12주 경과 후 까지 수행속도가 증가되지 않았다.

반면 글씨 쓰기, 카드 뒤집기, 먹기 흉내내기,

가벼운 깡통 옮기기 그리고 무거운 깡통 옮기기 등의 평가 항목은 손목의 중립 신전을 필요로 하는 자세로 4주부터 12주 경과까지 지속적인 손기능의 향상을 보였다. 특히 먹기 흉내내기의 수행속도율은 92.0%로 Jebsen 손기능 평가 하위 항목 중 가장 높은 증가율을 보였다. 이것은 세 가지 손목자세에 따라 손기능의 영향을 준다는 연구결과와도 일치한다. 장악력과 집기력에 있어 Majorie 등(1971)은 성인 남녀를 대상으로 장악력 집기력에 대한 표준치를 산출하였고 우리나라의 경우 김운태 등(1994)이 한국 정상 성인 중 10대에서 70대까지 장악력과 집기력에 대한 정상치를 발표하였다. 김병식 등(1987)은 장악력의 평가는 환자의 쥐는 힘의 정도가 정상적인 범위에서 얼마나 미달되어 있는지를 비교적 객관적으로 측정할 수 있으므로 임상에서 많이 사용된다고 했으며 Nalebuff와 Phillips(1984)는 손의 장악력 정도는 20Lbs가 되어야 기본적인 일상생활을 수행할 수 있게 된다고 했다. 스푼이나 포크 잡기, 가위 잡기, 컵 잡기, 자동차 변속기 잡기 그리고 보행 훈련시 평행봉 잡기 등은 쥐거나 집기가 되어야만 가능한 활동이므로 손의 기능장애 정도나 치료 계획 수립과 치료의 효과를 평가하는데 중요하다. 본 연구 결과에서 장악력은 기본적인 일상생활을 위해 필요한 20Lbs에 미치지 못했지만 장악력과 집기력은 4주 경과 후에서 12주 경과 후 까지 지속적인 향상을 보였다. 이것은 오혜원 등(2000)이 악력의 상승은 손가락 쥐는 힘의 상승과도 관계가 있다고 보고한 것과도 일치한다. 개정된 Ashworth 척도를 사용한 손목과 손가락의 경직 정도는 주사 전 4단계에서 주사 4주 12주 경과 후 1 단계를 보였다.

Knott와 Voss(1969)에 따르면 압력(pressure)과 손 접촉(manual contact)은 감각 신호의 구조를 촉진시켜 환자의 움직임의 패턴을 돕는다고 하였다. 이것은 보툴리눔 독소 주사 후 작업치료를 통한 집기 연습과 쥐기 연습, 양 손 사용을 통한 다

양한 감각자극은 손목과 손가락의 근력 증진뿐 아니라 기능적이고 미세한 손 움직임을 만들어주어 독립적인 일상생활을 영위하는데 도움을 준다. 본 연구의 제한점으로는 1명의 인원만을 선정하였기에 전체를 대표할 수 없다는 점과 손기능 평가시 손기능 수행에 영향을 미치는 체간과 어깨 팔꿈치와 같은 근위부 자세에 따라 손기능이 영향을 받는다는 것, 양 손 사용을 위한 협응 작용(bilateral hand coordination) 등의 평가가 이루어지지 않은 것에 대해서는 또 다른 연구가 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 2002년 2월 25일부터 동년 5월 24일까지 왼쪽상지에 근긴장 이상을 가진 41세 여자 환자 1명을 대상으로 보툴리눔 독소 주사 후 작업 치료를 실시하여 4주 경과 후 12주 경과 후 손 수행 속도와 손 근력을 백분율을 통해 비교해 보고, 개정된 Ashworth 척도를 사용하여 경직정도를 주사 전, 주사 4주 경과 후 12주 경과 후를 측정해 보았다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Jebsen 손기능 검사 하위항목에서 12주 경과 후 글씨 쓰기는 15.4%, 카드 뒤집기는 64.4%, 먹기 흉내대기는 92.0%, 가벼운 깡통 옮기기는 30.0%, 그리고 무거운 깡통 옮기기는 41.6%의 수행 속도의 증가를 보였다. 그러나 장기말 쌓기는 8.2초에서 10.4초로 -26.8%, 작은 물건 집기는 19.0초에서 12주 경과 후 19.0초의 0.0%로 수행속도 증가에 변화를 보이지 않았다.
2. 아홉 개 구멍 끼우기 검사는 51.0초에서 12주 경과 후 51.0초의 0.0% 수행속도 증가에 변화를 보이지 않았다.
3. 장악력 검사는 4.0 Lbs에서 12주 경과 후 15.0 Lbs로 275%의 악력 올의 증가를 보였다.
4. 편측 집기는 5.0 Lbs 12주 경과 후 7.0 Lbs

로 집기울에서 40.0%의 증가를 보였고, 세 손가락 집기는 2.0Lbs에서 12주 경과 후 5.0Lbs로 150.0%의 증가를 보였다.

5. 개정된 Ashworth 척도를 사용하여 근 경직 측정시 주사 전 등급 4단계에서 주사 후 4주 경과 12주 경과 후 등급 1단계를 보였다.

이와 같이 근긴장 이상 환자의 손기능 수행속도와 근력의 향상은 주사 후 적절한 작업치료를 실시한 결과로 앞으로 손기능 향상을 위한 지속적인 연구가 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- 김병식, 장철민, 김연희, 등. Jebsen hand function test에 의한 정상 한국 소아의 손 평가. 대한 재활의학회지. 1987;11:102-106.
- 김연희, 최미숙, 김봉옥. Jebsen hand function test에 의한 정상 한국인의 손기능 평가. 대한재활의학회지. 1984;8:109-114.
- 김윤태, 강세원, 김형신, 등. 연령에 따른 장악력과 손의 기민성 평가. 대한재활의학회지. 1994; 18:780-787.
- 김현숙, 이용택, 정준용. 보툴리눔 독소 희석 액의 부피 및 주사 후 근육운동이 근 마비에 미치는 효과. 대한재활의학회지. 2001;25:635.
- 김현숙, 황지혜, 이강우, 등. 보툴리눔 독소주사가 뇌성마비 환자의 상지기능에 미치는 영향. 대한재활의학회지. 2001;25:594-600.
- 박기영. 경직성 편마비 환자의 손기능 향상을 위한 Botulinum Toxin A 치료. 대한재활의학회지. 1999;25:240-245.
- 오혜원, 박은숙, 박창일, 등. 취학전 후 정상 아동의 장악력 과 손가락 쥐는 힘에 대한 표준화 연구. 대한작업치료학회지. 2000;8:57-75.
- 정민예, 이지영. 정상 성인 여성을 대상으로 한 세 가지 손목자세에 따른 손기능의 비교. 대한작

- 업치료학회지. 1997;5:20-26.
- Bohannon RW, Smith M. Interrelate reliability of a Modified Ashworth Scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987;67(2):206-217.
- Cosgrove AP, Corry IS, Graham HK. Botulinum Toxin in the management of the lower limb in cerebral palsy. *Dev Med Chil Neuro.* 1994;36(5):386-395.
- Fess E, Moran C. Clinical Assessment Recommendation. Philadelphia, American Society Hand Therapists. 1981:6-8.
- Grazko MA, Polo KB, Jabbari B. Botulinum toxin A for spasticity, muscle spasm, and rigidity. *Neurology.* 1995;45:712-717.
- Hoffer MM, Perry J, Melkonian GJ. Dynamic electromyography and decision-making for surgery in the upper extremity of patients with cerebral palsy. *J Hand Surg.* 1979; 424-430.
- Jebsen RH, Taylor IV, Trieschmann RB, et al. An objective and standard test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil.* 1959; 50:311-319.
- Knott M, Voss D. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, 2nd ed. New York, Harper and Row. 1969.
- Marjorie K, Judy F, Norman S, et al. Hand strength and dexterity. *Am J Occup Ther.* 1971;25(2):77-83.
- Nalebuff E, Phillips C. The rheumatoid thumb. 2nd ed. St. Louis, Mosby. 1984.
- Pedretti LW. Occupational Therapy: Practice skills for physical dysfunction. 5th ed. St. Louis, Mosby, Inc. 2001:379.
- Randall LB. Physical medicine and rehabilitation. WB. Philadelphia, Saunders. 1996:1175.
- Trombly CA. Occupational Therapy for Physical Dysfunction. 3rd ed. Baltimore, Williams & Wilkins. 1989.
- Trombly CA, Scott AB. Occupational Therapy for Physical Dysfunction. 1st ed. Baltimore, Williams & Wilkins. 1977.
- Yablon SA, Agana BT, Ivahoe CB. Botulinum toxin in severe upper extremity spasticity among patients with traumatic brain injury an open label trial. *Neurology.* 1996;47: 939-945.