

물체 크기와 뺨기 거리가 상지 움직임에 미치는 영향

배수영*, 김태훈**

*동아대학교 대신요양병원 작업치료사
**동서대학교 보건의료계열 작업치료학과 교수

— 국문초록 —

목적 : 정상인을 대상으로 팔뚝기 수행 시 물체 크기와 뺨기 거리가 상지의 운동형상학적 요소에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구 방법 : 대상자는 부산시 D대학교에 재학 중인 대학생 30명이며 측정 도구는 삼차원 동작 분석기인 CMS-70P (Zebris Medizintechnik GmbH, Germany)를 사용하였다. 과제는 6가지 조건이다. 팔뚝기 수행시 물체 크기(2cm, 10cm)와 뺨기 거리(15%, 37.5%, 60%)의 변화에 따른 움직임의 평균 속도, 평균 가속도, 최대 속도, 속도의 정점수를 측정하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였다. 두 가지 물체 크기에서 세 가지 뺨기 거리로 팔뚝기 과제를 수행했을 때 변수를 비교하기 위해 일원분산분석(One-way ANOVA measure)으로 분석하였고, 사후검정은 Tukey 검정을 실시하였다. 또한 세 가지 뺨기 거리에서 두 가지 물체 크기에 따른 운동형상학적 차이를 분석하기 위해서 독립 t검정(Independent t-test)을 사용하였다. 팔뚝기 거리(15%, 37.5%, 60%)와 물체 크기(2cm, 10cm)에 따른 상호작용효과를 확인하기 위해 이원분산분석(3×2 Two-way ANOVA measure)을 실시하였다. 통계적 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

결과 : 정상인은 물체 크기와 뺨기 거리의 변화에 따라 상지 움직임에 유의한 차이가 있었다. 물체 크기가 동일한 경우 뺨기 거리가 길어질수록 평균 속도, 최대속도가 증가하였고, 속도의 정점 수는 감소하였다. 뺨기 거리가 동일한 경우 물체 크기가 커질수록 평균 속도, 최대 속도가 증가하였고 속도의 정점 수는 감소하였다. 물체 크기와 뺨기 거리의 변화는 평균 가속도에 영향을 미치지 않았으며 유의한 차이가 없었다.

결론 : 과제를 시간적, 공간적 특성으로 제한하는 것은 대상자의 상지 움직임에도 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로 신경학적 기능수준에 따라 세밀하게 등급화된 과제제공에 도움이 될 것으로 사료된다.

주제어 : 물체 크기, 뺨기 거리, 운동형상학, 팔뚝기

I. 서론

Occupational Therapy Practice Framework-3 (OTPF-3)

에 따르면 팔뚝기는 기본적 및 수단적 일상생활활동을 수행하기 위해서 필수적인 전제조건이다(Yoo, Park, & Kim, 2005). 팔뚝기는 원하는 위치에 손을 위치시키는 것을 의미

교신저자: 김태훈(context@dongseo.ac.kr)

접수일: 2020년 3월 30일 심사일: 2020년 4월 10일 게재승인일: 2020년 4월 24일

하며, 다중 관절의 협응을 필요로 한다(Vingerhoets, 2014). 팔 뻗기 수행 시 피드포워드와 피드백이 요구되며, 이를 위해서는 시각계, 몸감각계, 운동계의 상호작용이 필요하다(Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

시각계는 두 개의 경로로 감각을 입력하는데, 뻗기를 하려는 목표물이 무엇인가와 목표물이 어디에 있는지와 관련이 있다. 입력된 감각은 뒤쪽마루겉질에 존재하는 신경원에 의해 목표물의 위치와 현재 손의 위치, 뻗기와 관련된 변수들이 부호화된다(Shumway-Cook & Woollacott, 2012). 또한 몸감각계를 통해 고유수용성감각이 입력된다. 이 감각은 대뇌겉질과 소뇌에서 근육이나 관절 수용기 등에서 발생하는 정보를 수용하여 몸의 자세를 인식하게 한다(Chiba, Kaminishi, Takakusaki, & Ota, 2017). Multisensory alterations in visual, 몸감각계가 정상일 때 다양한 환경 안에서 몸의 자세를 자동적으로 조절할 수 있다(Kramer & Hinojosa, 2011). 수용기에서 발생한 의식적 및 무의식적 감각정보는 각각 대뇌와 소뇌로 전달된다(Lundy-Ekman, 2013). 의식적인 감각은 앞운동겉질과 일차운동겉질을 통하여 수의적 움직임을 수행하게 하고 소뇌로 전달된 무의식적인 정보는 피드백을 통해 움직임 수정이 적절하게 일어나도록 조절 한다(Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

Newell (1986)은 과제와 개인, 그리고 환경의 상호작용이 운동조절에 영향을 주며 운동기능의 수행능력을 증진 혹은 제한한다고 하였다. 즉, 개인이 동일한 과제를 수행하더라도 환경에 따라 다른 운동조절 전략을 보여줄 수 있다는 것을 뜻한다. 우리가 일상에서 수행하는 기능적 활동은 다양한 환경적 조건 속에서 일어나게 되며(Newell, 1986), 이런 환경적 조건은 뇌졸중 등 여러 요인에 의해 손상 받은 운동 수행능력을 향상시키는데 있어서 중요한 요소이다(Majsak, Kaminski, Gentile, & Flanagan, 1998; Volman, Wijnroks, & Vermeer, 2002; Wu, Trombly, Lin, & Tickle-Degnen, 2000; Jones, 2017).

다양한 뻗기 기술을 훈련하기 위해서는 과제의 특성을 크기, 거리, 방향, 속도 등을 다차원적으로 고려해야 한다(Newell & Valvano, 1998; Shumway-Cook & Woollacott, 2012; Amini, et al., 2014; Wang, Kuo, Ouyang, Hsu, & Ma, 2018). 팔뻗기 수행 시 과제의 특성에 따라 속도 또는 정확성에 대한 요구도가 달라질 수 있으며, Fitts 법칙에 따르면 움직임 시간(Movement Time: MT)은 진폭(두 목표물 간의 거리)과 비례하고, 목표물 넓이(크기)와 반비례

한다. 이것은 시간적 요구와 공간적 요구가 움직임 수행속도와 정확성에 영향을 준다는 것이다(Gori, Rioul, & Guiard, 2018). 재활에서도 Fitts 법칙을 응용하여 과제의 다양한 특성에 따른 움직임에 대한 연구가 수행되고 있다(Gori et al., 2018). 뻗기 거리는 체간 움직임에 영향을 미친다. Kim, Yoo, Jung과 Jeon(2010)의 연구에서 뇌졸중 환자의 뻗기 거리에 따른 체간 움직임을 비교한 결과 뻗기 거리와 체간 굽힘 각도 및 운동시간은 비례하는 것으로 나타났고, Yoo, Park, Shin, Yoo와 Choi(2004)의 연구에서는 정상인의 뻗기 거리에 따른 체간 움직임을 비교한 결과 팔길이의 70%를 초과하는 뻗기 수행 시 체간 움직임이 먼저 나타났다. 물체 크기와 뻗기 방향은 속도와 이동시간에 영향을 준다. 물체 크기가 작아지면 속도가 감소하고 이동시간이 증가하며(Peternel, Sigaud, & Babic, 2017), 우측 손으로 좌측, 중앙, 우측을 각각 수행할 때 우측 수행이 상대적으로 최대 속도가 증가하고, 최대 속도 도달시간 및 이동 시간이 감소된다(Wu, Lin, Lin, Chang, & Chen, 2005).

기존 연구에서 물체 크기, 뻗기 방향, 뻗기 거리는 뻗기 속도 및 시간, 체간 움직임에 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 이들은 물체 크기 또는 뻗기 거리를 분리하여 분석하여 두 변수 사이의 상호작용효과를 분석하지 않았다. 또한 분석요소가 최대속도, 이동 시간 및 최대 속도 도달시간으로 제한되어 있으며 체간의 굴곡 및 가쪽굴곡 등 체간의 움직임을 주요 변수로 연구하여 상지의 분리된 움직임이 분석되지 않았다. 또한 팔길이 70% 이내에서 뻗기 거리와 물체 크기에 따른 구체적인 수행도를 순서적으로 분류할 수 있다면 뻗기 훈련 시 참고자료로 활용할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 정상인을 대상으로 팔길이의 15%, 37.5%, 60%의 거리에서 크기가 다른 물체를 잡기 위해 팔뻗기 수행 시 물체 크기 및 뻗기 거리가 상지의 운동형상학적 변수-평균 속도, 평균 가속도, 최대 속도, 속도의 정점 수-에 미치는 영향을 분석하고, 두 변수 사이의 상호작용효과도 확인하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 기간 및 대상

본 연구는 D대학교 생명윤리위원회(Institutional Review

Board: IRB, 2019-013-HR-03)의 승인 후 2019년 9월 10일부터 11월 20일까지 수행되었다. 연구를 위한 측정은 부산시 소재 A요양병원에 근무하는 작업치료사 1인이 수행하였고, 2019년 9월에 D대학교 작업치료학과 재학생을 대상으로 연구 주제와 관련하여 사전 설명회를 개최하였다. 사전 설명회는 이학적 검사학 및 운동치료학 강의를 수행하는 재학생을 대상으로 연구 주제와 관련한 해부학적 구조 및 운동학, 실험내용과 임상적 의의, 3차원 동작분석의 기본 원리 등에 대하여 약 30분간 설명한 후 연구에 동의하는 최종 30명의 대상자를 선정하였다. 대상자 수는 G-Power 프로그램으로 산출한 결과를 적용하였다.

대상자의 구체적인 선정 기준은 다음과 같다.

- 1) 상지의 관절가동범위와 근력이 정상범위에 속한 자
- 2) 최근 1년간 상지의 외과적 병력이 없는 자
- 3) 상지에 선천적 기형과 심각한 신경학적 질환이 없는 자
- 4) 연구의 목적을 이해하고 참여에 서면으로 동의한 자

2. 연구도구

1) CMS-70P(Zebris Medical GmbH, Isny, Germany)

움직임의 평균 속도, 평균 가속도, 최대 속도, 속도의 정점 수 분석을 위해 삼차원 동작 분석 시스템인 CMS-70P (Zebris Medizintechnik GmbH, Germany)를 사용하였다. 이 장비는 개인용 컴퓨터, 초음파 신호를 내보내는 직경 1cm의 능동표식자(basic unit, CMS-70P), 능동표식자의 정보를 전달할 수 있는 cable adapter, 초음파 신호를 인식하는 측정감지기로 구성되어 있다. 단일 표식자의 공간상의 좌표 X축이 앞(+)/뒤(-), Y축은 좌(-)/우(+), Z축은 위(+)/아래(-)로 표시된다. 각도의 변화는 20Hz의 표본 수집률 (sampling rate)로 측정되었다. 윈도우용 WinData 2.19 프로그램(Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Germany)을 사용하여 각 표식자의 정보를 삼차원상 좌표로 전환되어 실시간 각도변화를 저장하였다. 본 연구에서는 상지의 움직임을 알아보기 위해 1개의 단일 표식자를 오른쪽 노뼈 붓돌기 (radial styloid process)에 부착하였다(Figure 1).

3. 연구절차

대상자들은 등받이가 있는 의자에 편안히 앉은 후 팔꿈



Figure 1. Attachment position of single marker



Figure 2. Starting position of the experiment

치관절 90° 굽힘, 아래팔 중립자세, 손목 중립자세를 취하고 가볍게 주먹을 쥐도록 하였다(Figure 2). 복장뼈에서 10cm 떨어진 곳을 팔뻗기 출발점으로 정하고 테이블 위에 표시하였다. 시작점 위에 움직일 손의 콩알뼈 (Pisiform)를 접촉시켜 준비 자세를 취하도록 하였다. 복장뼈에서 팔길이의 15%, 37.5%, 60%가 되는 지점을 탁자 위에 목표점으로 표시하였다. 팔길이는 안쪽 거드랑이에서 먼쪽 손목 주름까지로 정의하고 길이를 측정하였다. 움직임의 범위를 측정하기 위해 하나의 센서는 출발점에 부착하고 다른 하나의 센서는 목표점에 부착하였다. 목표물은 각 변의 길이가 2cm인 나무 블록 1개와 각 변의 길이가 10cm인(속이 빈 공간이 있는) 플라스틱 블록 1개를 사용하였으며 무게는 동일하게 주문 제작하였다(Peternel, Sigaud, & Babič, 2017). 연구 대상자에게 출발자세를 취하게 한 후 검사자의 '시작' 소리에 맞춰 팔길이의 15%, 37.5%, 60% 되는 지점에 놓인 각 목표물(2cm, 10cm)을 잡고 놓은 뒤 다시 출발점으로 돌아오도록 지시하였다 (Kim, Yoo, Jung & Jeon, 2010)(Figure 3). 각각의 과제 순서는 무작위로 시행하였으며 과제 사이에는 1분간의 휴식시간을 두어 학습효과를 줄이고자 하였다.

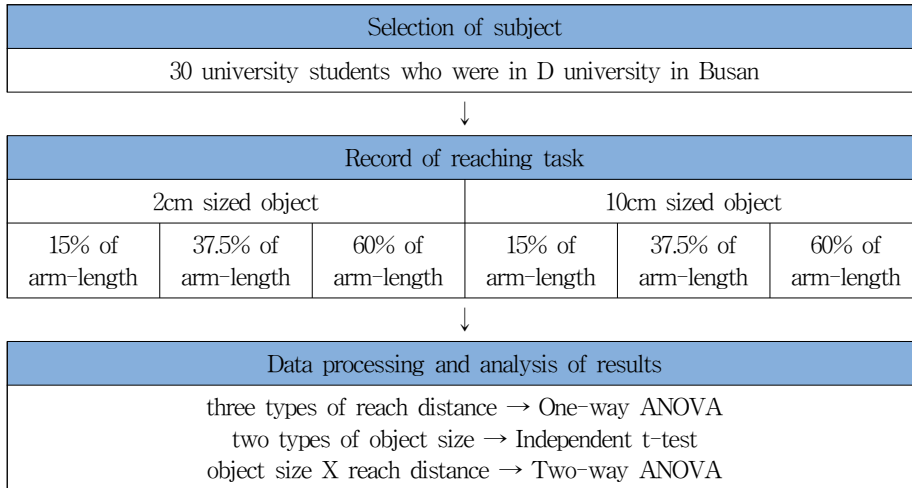


Figure 3. Research procedure and process

4. 자료분석 및 분석방법

자료의 통계 처리를 위해 IBM SPSS version 22.0 소프트웨어를 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계와 빈도분석을 사용하였다. 두 가지 물체 크기(2cm, 10cm)에서 세 가지 거리(15%, 37.5%, 60%)로 팔뻗기 과제를 수행했을 때 변수를 비교하기 위해서 일원분산분석(One-way ANOVA measure)으로 분석하였고, 사후검정은 Tukey 검정을 실시하였다. 또한 세 가지 뻗기 거리(15%, 37.5%, 60%)에서 두 가지 물체 크기(2cm, 10cm)에 따른 운동형상학적 차이를 보기 위해서 독립 t검정(Independent t-test)으로 분석하였다. 팔뻗기 거리(15%, 37.5%, 60%)와 물체 크기(2cm, 10cm)에 따른 상호작용효과를 확인하기 위해 이원분산분석(3×2 Two-way ANOVA measure)을 실시하였다. 통계적 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

대상자들의 평균 키는 165.90±8.47cm, 평균 나이는 23.07±1.11세, 평균 몸무게는 60.17±12.39kg이었고, 성별

은 남자가 12명(40%), 여자가 18명(60%)이었다(Table 1).

2. 물체 크기와 뻗기 거리에 따른 평균 속도의 비교

37.5%, 60% 뻗기 거리에서 물체의 크기가 10cm일 때 평균속도는 유의하게 증가하였다($p=.007$, $p=.021$). 평균 속도는 물체 크기가 2cm일 때 팔길이의 15%, 37.5%, 60%로 세 가지 뻗기를 수행한 결과 세 군은 서로 유의한 차이가 있었으며($p<.01$), 사후검정 결과 뻗기 거리가 증가할수록 평균 속도가 통계학적으로 유의하게 증가하였다. 물체 크기가 10cm일 때도 길이의 15%, 37.5%, 60%로 세 가지 뻗기를 수행한 결과 세 군은 서로 유의한 차이가 있었으며($p<.01$), 거리가 증가할수록 평균 속도가 통계학적으로 유의하게 증가하였다(Table 2). 평균 속도에 대한 물체 크기 사이와 뻗기 거리의 상호작용효과는 없었다($p=.924$)

3. 물체 크기와 뻗기 거리에 따른 평균 가속도의 비교

평균 가속도는 물체 크기와 뻗기 거리의 변화에 따른 유의미한 차이가 없었다(Table 3). 평균 가속도에 대한

Table 1. General characteristics of participants

(N=30)

	Participants ($M \pm SD$)
Height(cm)	165.90±8.47
Age(years)	23.07±1.11
Weight(Kg)	60.17±12.39

Table 2. Comparison of mean velocity according to object size and reach distance

		object size		<i>t</i>	<i>p</i>
		2cm	10cm		
reach	15%	.12±.13a	.24±.08d	-1.784	.080
distance	37.5%	.26±.08b	.32±.08e	-2.804	.007**
(%arm length)	60%	.35±.06c	.39±.08f	-2.382	.021*
<i>F</i>		21.14	28.535		
<i>p</i>		.000**	.000**		

Values are presented as mean±SD (mm/ms).
a~f significantly different at each other sign
p*<.05, *p*<.01

Table 3. Comparison of mean acceleration according to object size and reach distance

		object size		<i>t</i>	<i>p</i>
		2cm	10cm		
reach	15%	.02±.02	.01±.00	1.366	.177
distance	37.5%	.02±.01	.01±.01	1.153	.253
(%arm length)	60%	.01±.00	.02±.03	-.877	.384
<i>F</i>		1.866	.64		
<i>p</i>		.161	.53		

Values are presented as mean±SD (mm/ms²).
p*<.05, *p*<.01

물체 크기와 뺨기 거리 사이의 상호작용효과는 없었다 (*p*=.157).

4. 물체 크기와 뺨기 거리에 따른 최대 속도의 비교

세 가지 뺨기 거리에서 물체의 크기가 10cm일 때 최대속도는 유의하게 증가하였다(*p*=.01 *p*=.002, *p*=.002). 최대 속도는 물체 크기가 2cm일 때 팔길이의 15%, 37.5%, 60%로 세 가지 뺨기를 수행한 결과 세 군은 서로 유의한 차이가 있었으며(*p*<.01), 팔뺨기 거리가 증가할수록 최

대 속도는 유의하게 증가하였다. 물체 크기가 10cm일 때 도 길이의 15%, 37.5%, 60%로 세 가지 뺨기를 수행한 결과 세 군은 서로 유의한 차이가 있었으며(*p*<.01), 거리가 증가할수록 최대 속도는 유의하게 증가하였다(Table 4). 최대 속도에 대한 물체 크기와 팔뺨기 거리 사이의 상호 작용효과는 나타나지 않았다(*p*=.913).

5. 물체 크기와 뺨기 거리에 따른 속도의 정점 수의 비교

세 가지 뺨기 거리에서 물체의 크기가 10cm일 때 정

Table 4. Comparison of maximum velocity according to object size and reach distance

		object size		<i>t</i>	<i>p</i>
		2cm	10cm		
reach	15%	.42±.3a	.60±.21d	-2.670	.010*
distance	37.5%	.60±.22b	.77±.19e	-3.187	.002**
(%arm length)	60%	.80±.15c	.94±.19f	-3.223	.002**
<i>F</i>		20.376	23.278		
<i>p</i>		.00**	.00**		

Values are presented as mean±SD (mm/ms).
a~f significantly different at each other sign
p*<.05, *p*<.01

Table 5. Comparison of number of peak velocity according to object size and reach distance

		object size		t	p
		2cm	10cm		
reach	15%	5.04±.95a	4.16±.77	3.973	.00**
distance (%arm length)	37.5%	4.52±.74b	4.13±.71	2.087	.041*
	60%	4.16±.58b	3.83±.51	2.291	.026*
F		10.006	2.158		
p		.00**	.122		

Values are presented as mean±SD (unit).

a~b significantly different at each other sign

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

점 수는 유의하게 감소하였다($p=.000$ $p=.041$, $p=.026$). 속도의 정점 수는 물체 크기가 2cm일 때 팔길이의 15%, 37.5%, 60%로 세 가지 뺨기를 수행한 결과 세 군은 서로 유의한 차이가 있었으며($p < .01$), 팔길이의 15% 거리보다 37.5%, 60%일 때 정점 수는 유의하게 감소하였다. 물체 크기가 10cm일 때는 길이의 15%, 37.5%, 60%로 세 가지 뺨기를 수행한 결과 세 군은 서로 유의한 차이가 없었다($p < .01$)(Table 5). 속도의 정점 수에 대한 물체 크기와 팔뺨기 거리 사이의 상호작용효과는 나타나지 않았다($p=.068$).

IV. 고찰

본 연구에서는 정상인을 대상으로 두 가지 물체 크기와 세 가지 거리에 따른 팔뺨기를 실시하여 속도, 가속도, 최대 속도, 속도의 정점 수를 측정하였다. 물체 크기와 뺨기 거리 사이의 상호작용효과는 없는 것으로 나타났으나, 각각의 변수는 종속변수에 유의미한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

첫째, 물체의 크기가 클수록, 뺨기 거리가 증가할수록 평균 속도가 증가하였다. 물체 크기가 수행 속도에 영향을 주는 것은 Fitts의 법칙과 Speed - Accuracy Trade Off(SAT)로 설명할 수 있다. 물체 크기가 작을수록 뺨기 동작의 속도가 느려지는데 이는 움직임 수행의 정확도를 높이기 위한 행동으로(Peternel, Sigaud & Babič, 2017), 움직임의 감속 구간을 연장하여 움직임 오류를 수정하기 위함이다. 정확도가 낮은 과제는 사전 프로그래밍이 된 경향이 있어 감속 구간이 짧으며, 정확도가 높은 과제는 시각적 피드백 제어를 활용해 감속 구간이 더 길다(Wu,

Lin, Lin, Chang & Chen, 2005). 본 연구에서도 움직임의 정확도를 결정짓는 목표 위치를 여섯 가지의 조건으로 측정한 결과 물체 크기 및 뺨기 거리에서 정확도가 요구되는 과제일수록 감속 구간이 더 길어지는 경향을 보였다. 또한 뺨기 거리가 증가할수록 평균 속도가 증가하였다. 물체 크기뿐만 아니라 목표 위치도 수행 속도에 영향을 준다 (Dean, Wu, & Maloney, 2007). 뺨기 거리가 길어질수록 속도가 빨라지는 것은 짧은 범위에서는 상대적으로 작용근(agonist) 활동의 비율이 높고, 긴 범위에서는 상대적으로 대항근(antagonist) 활동의 비율이 높기 때문으로 사료된다. 대항근(antagonist)의 주요 기능은 운동 시간을 제어하는 것이다. Wierzbicka, Wiegner와 Shahani(1986)의 연구에서는 작용근만 활성화시켰을 때와 작용근과 대항근을 동시 활성화시켰을 때를 비교한 결과, 작용근과 대항근을 동시 활성화했을 때 수행시간이 상대적으로 감소하였는데 이것은 대항근이 작용근의 활동을 억제하기 때문일 것이다. 또한 빠른 움직임을 수행하기 위해서는 작용근과 대항근의 회전력이 동일하거나 대항근의 회전력이 더 크게 작용해야 한다고 보고되었다(Wierzbicka, Wiegner & Shahani, 1986).

둘째, 물체 크기와 뺨기 거리의 변화는 평균 가속도에 영향을 미치지 않았다. 가속도는 수행시간 내에서 속도가 변화하는 비율을 나타내며 움직임 궤적의 공간적, 시간적인 속성을 가지고 있다(Plamondon, 1995). 또한 과제를 수행하는 중에 활성화되는 작용근과 대항근의 비율에 의해 결정되며 작용근과 대항근의 활동량이 커질수록 가속과 감속이 증가하게 된다(Potgieser & de Jong, 2011). 가속 구간과 감속 구간이 가지는 의미는 있지만 팔뺨기는 가속과 감속의 조합으로 수행되는 동작이므로 가속도의 평균을 계산할 경우 가속값과 감속값이 상쇄되

어 유의미한 결과가 나타나지 않았던 것으로 생각된다.

셋째, 뻗기 거리가 증가할수록, 물체 크기가 클수록 최대 속도가 증가하였다. 본 연구에서는 물체 크기를 2cm와 10cm로 제한하여 공간적 정확성을 조작하였다. 표적의 크기가 작을 때 높은 공간적 정확성이 요구된다. 선행 연구에 따르면 정확성에 대한 요구가 증가할수록 최대 속도가 감소하고, 최고 속도가 도달하는 시간이 증가된다(Wu, Lin, Lin, Chang & Chen, 2005). 이는 본 실험에서 나온 결과와 같이 각각의 거리에서 2cm 조건이 더 공간적 정확성을 요구받는 조건이기 때문에 최대 속도가 더 낮고 공간적 정확성이 감소된 10cm 조건에서는 최대 속도가 더 커진 유사한 결과가 나타났다. 또한 최대 속도는 가속에서 감속으로 전환할 때 발생하게 되며(Mandon et al, 2016; Jessop & Pain, 2016), 대항근의 힘(force)과 관련이 있다(Fisk, Fisk & Goodale, 1989; Roy, Kalbfleisch, Bryden, Barbour, & Black, 2000). 이것은 물체 크기 또는 뻗기 거리가 증가할수록 더 많은 운동단위가 동원되기 때문에 최대 속도가 증가했을 것이라고 생각된다.

넷째, 뻗기 거리가 증가할수록, 물체 크기가 클수록 속도의 정점 수는 감소하였다. 속도의 정점 수는 1회의 과제를 수행하는데 사용되는 반복적인 가속 및 감속을 나타내는 수이다. 이것은 움직임의 부드러움을 나타내는 속도기반의 변수 중 하나로 그 수가 적을수록 움직임은 부드럽고 많을수록 움직임이 부드럽지 않음을 나타낸다(Messier and Kalaska, 1999; Hussain, Murphy, & Sunnerhagen, 2018; Gulde, & Hermsdorfer, 2018). 물체 크기가 동일할 때 뻗기 거리가 증가할수록 움직임의 정점 수가 감소하였는데 본 연구에서 실험한 평균속도변수를 비교한 결과를 보면 뻗기 거리가 증가할수록 평균 속도는 증가하며, 이는 뻗기 거리가 짧은 조건에 비해 목표물에 닿는 속도가 빨라졌음을 뜻한다. 이와 관련한 Massie와 Malcolm(2012)의 연구에서 뇌졸중 환자를 대상으로 움직임 속도만 제한을 두고 동일한 과제로 실험을 하였다. 움직임 속도는 가장 빠른 속도와 스스로 선택한 속도를 하도록 지시하였고 삼차원 움직임 분석기를 이용하여 측정된 결과 가장 빠르게 과제를 수행한 집단에서 평균 운동 단위가 감소하였으며 스스로 선택한 속도를 수행한 집단보다 움직임이 부드러웠다고 보고하였다. 본 연구에서는 뻗기 거리가 증가할수록 속도의 정점 수는 감소하고 속도는 증가하였다. 이것은 속도와 움직

임 단위가 반비례한다고 설명한 Massie와 Malcolm(2012)의 연구 결과와 일치한다. 수의적 움직임 수행 시 척수에서는 움직임 협응이 발생하는데, 사이신경세포는 상지가 움직일 때 다양한 근육의 활동을 조정하고 통합한다(Tresch, Saltiel, d'Avella, & Bizzi, 2002). 상대적으로 물체 크기가 크거나 뻗기 거리가 먼 움직임은 상호억제(reciprocal inhibition)로 움직임을 조절한다. 상호억제는 작용근에 수축신호와 대항근에 이완신호를 통하여 보다 빠른 움직임을 유발한다(Wierzbicka, Wiegner & Shahani, 1986). 상대적으로 물체 크기가 작고 뻗기 거리가 가까운 움직임은 동시수축(co-contraction)으로 움직임을 조절한다. 이것은 작용근과 대항근 모두에 수축신호를 통하여 보다 정확한 움직임을 유발한다(Gribble, Mullin, Cothros, & Mattar, 2003). 위의 두 가지 운동조절을 통해 본 연구의 결과가 나온 것으로 사료된다.

이처럼 과제의 물리적 특성을 조작하는 것은 대상자가 움직임을 하는 동안의 평균 속도, 최대 속도, 속도의 정점수에 영향을 미치게 된다. 이는 곧 같은 동작이라도 과제의 속성을 변화시킨다면 움직임의 민첩성, 수행 시 사용되는 힘의 양, 움직임의 부드러움도 변화될 수 있음을 뜻하며 중추신경계 손상 환자 등 개별 관절을 조절할 수 있는 능력의 저하, 경직으로 인한 과도한 근육수축, 주동근과 대항근의 근육협응장애가 있는 대상자에게 신경학적 기능수준에 따라 세밀하게 등급화된 과제를 제공할 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구의 결과는 임상에서 뻗기 훈련을 적용할 때 물체 크기-뻗기 거리를 10cm-60%, 2cm-60%, 10cm-37.5%, 2cm-37.5%, 10cm-15%, 2cm-15% 순으로 등급화할 수 있다는 것이다. 이러한 패턴을 일상적 활동에서 고려한다면, 예를 들어 물체 크기는 10cm 컵에서 작은 클레이로 난이도를 조절할 수 있고, 뻗기 거리는 30cm, 15cm, 7cm로 난이도 조절이 가능하다고 생각된다. 등급화된 과제는 운동학습의 전이에서도 중요한데 운동학습의 전이는 이전에 획득한 움직임 기술을 기반으로 넓은 범위에서 새로운 움직임 기술을 학습하는 것이다(Rose & Christina, 2006). 작업치료사는 이전의 학습되었지만 여러 가지 질환으로 인해 저하된 움직임 기술을 재획득하여 일상생활에서도 적용하도록 중재계획과 목표를 설정해야 하며 본 연구에서 도출된 결과를 임상에 적용하여 움직임의 질적 향상에 활용될 수 있을 것이라 생각된다. 그러나, 본 연구의 결과를 임상에서 활용하기 위해서는

중추신경계 손상환자를 대상으로 한 후속 연구가 반드시 필요할 것이다.

본 연구는 주로 20대 정상 성인을 대상으로 하였고, 단일 표식자로 공간 내에서 노뿔돌기에 부착된 마커의 움직임만 분석하였다는 제한점이 있었다. 추후 연구에서는 노인을 포함한 다양한 연령의 움직임을 분석하고, 중추신경계 손상 환자의 움직임도 측정 및 비교해야 할 것이다. 또한 상지의 먼 쪽 부위뿐만 아니라 팔굽관절과 어깨관절을 포함한 다양한 위치에서 발생하는 운동형상학적 변수를 고려해야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 삼차원 동작 분석기를 활용하여 물체 크기 및 뻗기 거리변화가 운동형상학적 변수(속도, 가속도, 최대 속도, 속도의 정점 수)에 미치는 영향을 분석하였다. 속도는 물체 크기 및 뻗기 거리와 비례하였으나 가속도는 물체 크기 및 뻗기 거리와 유의한 관련성이 없었다. 최대 속도는 물체 크기 및 뻗기 거리와 비례하였으며 속도의 정점 수는 물체 크기 및 뻗기 거리와 반비례하였다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Dongseo University, “Dongseo Cluster Project” Research Fund of 2020.

REFERENCES

- Amini, D., Kannenberg, K., Bodison, S., Chang, P., Colaiani, D., Goodrich, B., et al. (2014). Occupational therapy practice framework: Domain & process (3rd ed.). *American Journal of Occupational Therapy*, 68(1), 1-48. doi.org/10.5014/ajot.2014.682006
- Chiba, R., Kaminishi, K., Takakusaki, K., & Ota, J. (2017). Multisensory alterations in visual, vestibular and proprioceptive cues for modeling of postural control. *2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science*. doi.org/10.1109/MHS.2017.8305207
- Dean, M., Wu, S. W., & Maloney, L. T. (2007). Trading off speed and accuracy in rapid, goal-directed movements. *Journal of Vision*, 7(5), 1-12. doi.org/10.1167/7.5.10
- Fisk, J. D., Fisk, J. D., & Goodale, M. A. (1989). The effects of instructions to subjects on the programming of visually directed reaching movements. *Journal of Motor Behavior*, 21(1), 5-19. doi.org/10.1080/00222895.1989.10735461
- Gori, J., Rioul, O., & Guiard, Y. (2018). Speed-accuracy tradeoff. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 25(5), 1-33. doi.org/10.1145/3231595
- Gribble, P. L., Mullin, L. I., Cothros, N., & Mattar, A. (2003). Role of co-contraction in arm movement accuracy. *Journal of Neurophysiology*, 89(5), 2396-2405. doi.org/10.1152/jn.01020.2002
- Gulde, P., & Hermsdörfer, J. (2018). Smoothness metrics in complex movement tasks. *Frontiers in Neurology*, 9, 1-7. doi.org/10.3389/fneur.2018.00615
- Hussain, N., Murphy, M. A., & Sunnerhagen, K. S. (2018). Upper limb kinematics in stroke and healthy controls using target-to-target task in virtual reality. *Frontiers in Neurology*, 9, 1-9. doi.org/10.3389/fneur.2018.00300
- Jessop, A., & Pain, M. (2016). Maximum velocities in flexion and extension action for sport. *Journal of Human Kinetics*, 50(3), 37-44. doi.org/10.1515/hukin-2015-0139
- Jones, T. A. (2017). Motor compensation and its effects on neural reorganization after stroke. *Nature Reviews Neuroscience*, 18, 267-280. doi.org/10.1038/nrn.2017.26
- Kim, K. S., Yoo, H. S., Jung, D. H., & Jeon, H. S. (2010). Analysis of movement time and trunk motions according to target distances and use of sound and affected side during upper limb reaching task in patients with hemiplegia. *Physical Therapy Korea*, 17(1), 36-42.
- Kramer, P., & Hinojosa, J. (2011). *Frames of reference for pediatric occupational therapy (3rd ed.)*.

- Lippincott Williams & Wilkins. doi.org/10.5014/ajot.49.7.733
- Lundy-Ekman, L. (2013). *Neuroscience-E-Book: Fundamentals for rehabilitation (4th ed.)*. Elsevier Health Sciences.
- Majsak, M. J., Kaminski, T., Gentile, A. M., & Flanagan, J. R. (1998). The reaching movements of patients with Parkinson's disease under self-determined maximal speed and visually cued conditions. *Brain, 121*(4), 755-766. doi.org/10.1093/brain/121.4.755
- Mandon, L., Boudarham, J., Robertson, J., Bensmail, D., Roche, N., Roby-Brami, A. (2016). Faster reaching in chronic spastic stroke patients comes at the expense of arm-trunk coordination. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 30*(3), 209-220.
- Massie, C. L., & Malcolm, M. P. (2012). Instructions emphasizing speed improves hemiparetic arm kinematics during reaching in stroke. *Neurorehabilitation, 30*(4), 341-350. doi.org/10.3233/NRE-2012-0765
- Messier, J., & Kalaska, J. F. (1999). Comparison of variability of initial kinematics and endpoints of reaching movements. *Experimental Brain Research, 125*, 139-152. doi.org/10.1007/s002210050669
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. *Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Control*, 341-360. doi.org/10.1007/97894-009-4460-2_19
- Newell, K. M., & Valvano, J. (1998). Movement science: Therapeutic intervention as a constraint in learning and relearning movement skills. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy, 5*, 51-57. doi.org/10.3109/110381298 09035730
- Peternel, L., Sigaud, O., & Babič, J. (2017). Unifying speed-accuracy trade-off and cost-benefit trade-off in human reaching movements. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 615. doi.org/10.3389/fnhum.2017.00615
- Plamondon, R. (1995). A kinematic theory of rapid human movements. *Biological Cybernetics, 72*, 295-307. doi.org/10.1007/s004220050132
- Potgieser, A. R. E., & De Jong, B. M. (2011). Different distal-proximal movement balances in right-hand left-hand writing may hint at differential premotor cortex involvement. *Human Movement Science, 30*, 1072-1078. doi.org/10.1016/j.humov.2011.02.005
- Rose, D. J., & Christina, R. W. (2006). *A multilevel approach to the study of motor control and learning (2nd ed.)*. Benjamin Cummings, Allyn & Bacon.
- Roy, E., Kalbfleisch, L., Bryden, P., Barbour, K., & Black, S. (2000). Visual aiming movements in Alzheimer's disease. *Brain and Cognition, 10*, 380-384.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2012). *Motor control: Translating research into clinical practice (4th ed.)*. Lippincott, Williams & Wilkins.
- Thelen, E., Skala, K. D., & Kelso, J. S. (1987). The dynamic nature of early coordination: Evidence from bilateral leg movements in young infants. *Developmental Psychology, 23*(2), 179-186. doi.org/10.1037/0012-1649.23.2.179
- Tresch, M. C., Saltiel, P., D'Avella, A., & Bizzi, E. (2002). Coordination and localization in spinal motor systems. *Brain Research Reviews, 40*(1-3), 66-79.
- Vingerhoets, G. (2014). Contribution of the posterior parietal cortex in reaching, grasping, and using objects and tools. *Frontiers in Psychology, 5*(151), 1-17. doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00151
- Volman, M. J. M., Wijnroks, A., & Vermeer, A. (2002). Effect of task context on reaching performance in children with spastic hemiparesis. *Clinical Rehabilitation, 16*, 684-692. doi.org/10.1191/0269215502cr540oa
- Wang, S. M., Kuo, L. C., Ouyang, W. C., Hsu, H. M., & Ma, H. I. (2018). Effects of object size and distance on reaching kinematics in patients with schizophrenia. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy, 31*(1), 22-29. doi.org/10.1177/1569186 118759610
- Wierzbicka, M. M., Wiegner, A. W., & Shahani, B. T. (1986). Role of agonist and antagonist muscles in fast arm movements in man. *Experimental Brain Research, 63*(2), 331-340. doi.org/10.1007/BF00236850
- Wing, A. M., & Miller, E. (1984). Research note: Peak

- velocity timing invariance. *Psychological Research*, 46, 121-127. doi.org/10.1007/BF00308597
- Wu, C. Y., Lin, K. C., Lin, K. H., Chang, C. W., & Chen, C. L. (2005). Effects of task constraints on reaching kinematics by healthy adults. *Perceptual and Motor Skills*, 100, 983-994. doi.org/10.2466/pms.100.4.983-994
- Wu, C. Y., Trombly, C. A., Lin, K. C., & Tickle-Degnen, L. (2000). A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke: Influences of object availability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(1), 95-101. doi.org/10.1053/apmr.2000.0810095
- Yoo, W. G., Park, J. H., & Kim, M. H. (2005). Velocity of reaching and vertical displacement during various bimanual reaching target activities. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 13(2), 41-49.
- Yoo, W. G., Park, J. H., Shin, H. K., Yoo, E. Y., & Choi, J. D. (2004). Effects of distance of target on the movement of arm and trunk during. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 12(2), 61-71.

Abstract

The Effects of Object Size and Reaching Distance on Upper Extremity Movement

Bae, Su-Young*, M.S., O.T., Kim, Tae-Hoon**, Ph.D., O.T.

*Dong-A University Daesin Intermediate Care Hospital/Occupational Therapist

**Dept. of Occupational Therapy, Dongseo University/Professor

Objectives : The purpose of this study is to investigate the effect of object size and reaching distance on kinematic factors of the upper limb while performing arm reaching for normal subjects.

Methods : The subjects of this study were 30 university students who were in D university in Busan, and the measuring tool was CMS-70P(Zebris Medizintechnik GmbH, Germany), a three-dimensional motion analyzer. The task had six conditions. The average velocity of motion, average acceleration, maximum velocity, and the velocity definite number of movements were measured according to changes in object size(2cm, 10cm) and reaching distance(15%, 37.5%, 60%) when they performed arm reaching. The general characteristics of the subject were technical statistics. One-way ANOVA measurement was used to compare variables when the arm reaching task was performed from two object sizes to three reaching distance, and the post-test was conducted with Tukey test. In addition, an independent t-test was used to analyze the kinematic differences according to the two object sizes at three reaching distances. A two-way ANOVA measurement (3×2 Two-way ANOVA measurement) was performed to identify the interaction of the reaching distance(15%, 37.5%, 60%) and the object size(2cm, 10cm). The statistical significance level α was set to .05.

Results : When the size of the object increased, the velocity and maximum velocity also increased, but the definite number of velocity decreased. When the reaching distance increased, the velocity and maximum velocity increased, whereas the definite number of velocity decreased.

Conclusion : The clinical significance of this study could be utilized as the baseline data for grading object size and reaching distances when the reaching training is implemented for patients whose central nervous system was damaged.

Key words : Arm reaching, Kinematics, Object size, Reaching distance