Clinical Article The Korean Journal of Sports Medicine 2018;36(1):24-33

pISSN 1226-3729 eISSN 2288-6028 https://doi.org/10.5763/kjsm.2018.36.1.24

척수손상 장애인의 휠체어 이용이 상지 근 기능과 근 단면적에 미치는 영향

단국대학교 운동처방재활학과[1], 대한장애인체육회[2]

이 근 호[1,2]·신 윤 아[1]

The Influence of Wheelchair Use of Individuals with Spinal Cord Injury on Upper Extremity Muscular Function and Cross-Sectional Area

Geun-Ho Lee[1,2], Yun-A Shin[1]

[1]Department of Prescription and Rehabilitation of Exercise, Dankook University, Cheonan, [2]Korea Paralympic Committee, Seoul, Korea

Purpose: This study was to compare the upper extremity muscular function and cross-sectional area (CSA) between wheelchair users and a pedestrian group and to observe how the changes in the muscle CSA affected upper extremity muscle function.

Methods: The study was conducted on 10 patients with spinal cord injury (SCI) who were divided into two groups based on whether they used wheelchairs (wheelchair using [WU] group and pedestrian [PS] group). The Mann-Whitney U-test was used to analyze the data and determine whether there were significant differences between the groups.

Results: Muscle mass in the WU group was significantly lower than in the PS groups ($p<0.01$), while body fat percentage in the WU group was significantly higher than in the PS group ($p<0.05$). The peak torque of shoulder external and right internal rotation was higher in the WU group than in the PS group ($p<0.05$). Wrist muscle function was not significantly different for either group. In addition, the CSA of the right wrist extensor carpi radialis longus and left extensor digitorum communis was higher in the WU group than in the PS group ($p<0.05$).

Conclusion: Using a manual wheelchair may benefit upper extremity function by increasing CSA and muscle function in patients with SCI despite having a negative effect on body composition. However, there is an increased risk of injury with SCI associated with upper extremity overload; thus, an effective exercise protocol is needed to prevent muscle imbalance and injury.

Keywords: Cross-sectional area, Muscular function, Spinal cord injuries, Wheelchairs

Received: October 12, 2017 Revised: December 1, 2017 Accepted: December 4, 2017

Correspondence: Yun-A Shin

Department of Prescription and Rehabilitation of Exercise, DanKook University, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan 31116, Korea

Tel: +82-41-550-3831, Fax: +82-41-559-7894, E-mail: shinagel@dankook.ac.kr

Copyright ©2018 The Korean Society of Sports Medicine

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

우리나라 장애인 인구는 2000년 약 145만 명에서 2014년 약 273만 명으로 10년 동안 약 128만 명이 증가를 하고 있으며 약 135만 명이 지체장애인으로 이중 약 4.9%인 약 7만 명을 척수손상 장애인으로 추정하고 있다[1].

휠체어는 이러한 하지 기능이 소실된 척수손상 장애인의 일상생활과 이동을 위한 수단으로 이용되는데, 이런 휠체어 사용자는 심혈관질환, 대사증후군[2], 과사용에 의한 정형외과적 질환[3]의 발병 위험이 증가한다고 보고되고 있으며, 특히 상지의 과사용에 따른 손상과 통증은 휠체어 사용자의 50% 이상에서 나타나고 있으며[4] 이는 휠체어 사용자들이 전적으로 움직임과 이동을 상지에 의존하기 때문인 것으로 알려져 있다[5].

상지 통증을 경험하는 척수손상 장애인 중 30%-100%[5] 또는 30%-73%가 어깨통증을 호소하는 것으로 보고되는데, 휠체어 이용자의 어깨 통증은 일상생활 시 반복적으로 사용되어 가해지는 어깨관절의 스트레스가 어깨의 충돌 증후근(impingement syndrome) 또는 회전근개 손상(rotator cuff injury) 등의 질환을 유발하고, 회전근개 근육의 약화와 어깨 주변 근육의 기능 제한 및 피로를 유발하기 때문이다[6,7]. 또한, 어깨의 반복적인 손상은 후상방 관절낭 및 소흉근의 구축, 주변 근육의 불균형 등을 초래하여 통증을 유발하게 되며[8], 이는 휠체어 이용자의 움직임 능력을 약화시키고 신체 활동 시 조기 피로와 지구력 감소, 움직임 속도 및 효율 감소, 심폐기능의 감소, 장시간의 활동 또는 여가활동의 감소 등을 초래하여 일상생활을 제한하는 요인이 된다[9].

휠체어 이용자는 어깨 통증과 더불어 손목의 통증도 경험하게 되는데, 이 중 49%-63%가 수근터널증후근 질환을 진단받으며 이외 척골신경 손상(ulna nerve damage)을 보이기도 한다[10]. 손목의 통증은 휠체어 추진을 위해 요구되는 강한 힘, 반복적인 동작과 과도한 관절의 자세와 같은 생체역학(biomechanical) 요인과 관련이 있다[11]. 어깨의 손상과 더불어 팔꿈치와 손목의 가동성이 감소하고, 감소한 손목의 가동범위와 휠체어 추진속도 증가를 위해 요구되는 강한 힘의 반복적인 사용은 손목의 근 기능에 부정적인 영향을 주게 되어 손상을 유발하게 된다[10]. 이러한 휠체어 이용자의 상지 손상은 휠체어 추진 시 근위부(proximal segment)인 어깨가 고정된 상태로 구심성 수축을 통해 원위부(distal segment)인 손목과 손가락이 움직임을 만드는 열린 사슬(open kinetic chain) 운동형태의 빈도가 높게 나타나는 특징[6,12,13]에서 기인하는 것으로 생각된다.

척수손상 장애인이 척수 손상 후 재활요법으로 손의 부목, 재활운동과 기능적 전기자극을 병행한 프로그램 등이 상지의 기능을 유지하거나 증가시키기 위해 적용되는데[14], 재활운동은 상지 근력과 기능증가를 위한 형태로 이루어지며[15], 상지의 근력훈련을 한 척수손상 장애인들의 근력이 사지의 사용이 가능한 일반인과 유의한 차이가 없는 것으로 보고되고 있다[16]. 반면, Bernard와 Codine[17]은 척수손상 장애인 선수들의 내회전과 외회전의 근력의 비율이 1.40에서 1.60으로 내회전 근력이 더 강하고, 이것이 오히려 어깨 손상의 원인이 될 수 있다고 하였다. 따라서 휠체어 이용자의 근 기능은 근력뿐만 아니라 주동근과 길항근의 비를 통한 근력의 비율도 점검하는 것이 필요할 것이다.

근력 측정이 근 기능 평가하는 가장 대표적인 지표로써 사용되지만, 초음파를 이용한 근육의 크기와 두께의 측정도 최근 많이 사용되고 있다[18]. 복부와 요추근육에서 근육의 두께와 횡단면적의 관련성에 대한 초음파를 이용한 측정법의 신뢰도는 급내 상관계수(intraclass correlation coefficients)가 0.60-0.95로 보고되고 있으며 운동훈련과 근 기능의 분석에 많이 활용되고 있다[19]. Dudley-Javoroski 등[20]은 초음파를 이용한 근 단면적 측정이 척수손상 장애인들의 훈련에 따른 근 단면적의 변화를 측정하는 데 유용하고 신뢰할 수 있는 방법이라고 제시하였고, 더욱 최근의 Gorgey 등[21]은 하지와 사지 마비 척수손상 장애인들의 손목 근 단면적을 초음파를 이용하여 측정한 결과 사지 척수손상 장애인들의 근 단면적이 하지와 비장애인보다 유의하게 감소하였으며, 척수손상 장애인들의 근 단면적을 측정하는 데 초음파를 이용한 측정법이 유용하다고 제시하였다. 또한, 휠체어 움직임을 위한 반복적인 손목의 신전 움직임은 근력과 더불어 근육의 크기를 증가시켜 손목 신전 움직임의 50% 이상을 담당하는 손가락 신근(extensor digitorum communis [EDC])과 장요측수근신근(extensor carpi radialis longus [ECRL])의 근 단면적(cross-sectional area)을 증가시키게 되므로[21], 휠체어 이용자들이 일반인에 비하여 오히려 높은 EDC의 근 단면적을 나타내는 것으로도 보고되었다[22].

그러나 아직 척수손상 장애인들에게 초음파를 이용한 골격근의 근 단면적의 측정에 관한 연구는 국내에서는 아직 이루어진 적이 없으며, 척수손상 장애인과 일반인 혹은 하지마비와 사지 마비 척수손상 장애인을 대상으로 근력을 비교한 연구[17,20]에 비하여 척수손상 장애인들의 휠체어 이용유무에 따른 근력의 비율과 근 단면적을 비교한 연구는 전혀 없는 실정이다. 또한 휠체어 이용 장애인의 손목 근 단면적 증가가 근력과 근력 비율에 어떠한 영향을 주는 가에 대한 연구도 미흡한 실정이다.

이에 이 연구는 척수손상인의 휠체어 이용에 따른 ECRL과 EDC의 단면적 크기를 비교하고 휠체어 이용유무가 어깨 회전력과 손목 근력 및 근력 비율에 미치는 영향을 알아보아 휠체어 이용이 상지의 근 기능 변화에 미칠 수 있는 영향을 분석하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 단국대학교 의과대학 부속병원에 내원 경력이 있는 척수손상을 경험한 지 5년 이상 경과된 척수손상 장애인으로 일상생활 이동 시 휠체어를 이용하는 완전 하지마비인(complete paraplegia) 또는 불완전 하지마비인(incomplete paraplegia, America Spinal Injury Association [ASIA] scale C 미만)과 비교적 척수의 손상이 경미하여 불완전하게 남아 보행이 가능한 불완전 하지마비인(incomplete paraplegia, ASIA scale C 이상) 중 일상생활 시 휠체어를 이용하는 척수손상(wheelchair users with spinal cord injury [WU]) 장애인과 보행이 가능한 척수손상(pedestrian with spinal cord injury [PS]) 장애인으로 집단을 나누어 연구를 진행하였다.

척수신경의 손상으로 발생할 수 있는 근 기능 제한 요인을 최대한 보정하기 위해 대상자는 척수손상 장애인으로 한정하였으며 보행이 가능하나 경추신경의 손상으로 상지 근 기능에 부분적 제한을 보이는 불완전 사지마비인(incomplete tetraplegia)은 연구대상에서 제외하였다. 더불어 심혈관 질환, 2형 당뇨, 3개월 이내 상지의 골절 및 근 골격계 손상, 말초 신경병증의 진단 또는 치료를 받는 대상자도 본 연구대상에서 배제하였다.

실험 전 실험목적, 실험방법 및 내용, 유의사항을 대상자에게 설명한 후 일반적 특성 설문지와 실험 동의서를 자발적으로 작성한 참여자를 연구대상으로 선정하여 진행하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 방법

1) 체격 및 신체구성 측정

모든 피험자의 체중 및 신장 검사를 하였으며 기립 자세의 측정이 불가능 대상자를 고려해 휠체어를 이용하는 WU 집단과 보행이 가능한 PS 집단 간 다르게 적용하였다. WU 집단의 체중은 척수손상 장애인의 특성을 고려하여 제작된 장애인 전용 체중계(seca 684; Janitem, seca, Hamburg, Germany)를 활용하여 체중계 내 전용 의자에 이동 후 측정하였고, 신장은 좌고신장 측정기(DS-C01; Jenix, Seoul, Korea)를 통해 1차 측정 후 하퇴(바닥-경골 외측상과)와 대퇴(경골 외측상과-대퇴골 대전자)의 분절 길이를 측정 후 더하여 신장의 값을 산출하였다. PS 집단은 선 자세로 체중과 신장을 동시에 측정할 수 있는 신장측정기(DS-103M, Jenix)를 통해 측정하였다.

신체구성은 생체전기저항분석 방식의 체수분 검사기(S10; Biospace, Seoul, Korea)를 활용하여 WU 집단은 앉은 자세로, PS 집단은 선 자세로 측정하여 근육량(kg), 체지방률(%)을 기록하였다.

2) 상지 근 기능 측정

상지 등속성 근 기능 측정은 측정 전 최대근력 발휘와 검사

Table 1. Physical characteristics of subjects

No.	Type	Sex	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m^2)	Injury level of SCI	ASIA scale	Injury time (yr)
1	WU	Male	35	172	62	21	T10 com	C	18
2	WU	Male	40	175	66	21.5	T9 incom	B	16
3	WU	Male	38	165	58	21.7	L1 com	A	12
4	WU	Female	20	162	71	27.1	T10 com	A	5
5	WU	Female	19	159	68	26.9	T11 incom	B	5
6	PS	Male	23	170	60	20.9	T12 incom	D	6
7	PS	Male	27	170	58	21.1	T12 incom	D	5
8	PS	Female	21	166	63	23.3	L1 incom	D	5
9	PS	Female	46	173	67	22.6	L4 incom	C	14
10	PS	Male	33	177	69	22.1	L5 incom	D	12

BMI: body mass index, SCI: spinal cord injury, ASIA: America Spinal Injury Association, WU: wheelchair users with spinal cord injury, T: thoracic nerve, com: complete injury, incom: incomplete injury, L: lumbar nerve, PS: pedestrian with spinal cord injury.

중 부상 방지를 위해 가벼운 준비운동과 스트레칭을 하였다. 등속성 근 기능은 Humac Norm (CSMi, Stoughton, MA, USA)을 활용하여 검사를 하였다. 검사 전 부상 예방과 최대 근 기능 발현을 위해 가벼운 준비운동을 실시하였고, 피험자를 CSMi 전용 의자에 앉힌 후 어깨의 회전력 측정은 어깨를 약 30° 외전, 팔꿈치 90° 굴곡 상태에서 dynamometer 회전축을 팔꿈치 아래에 위치시키고 어깨 회전축을 중심을 맞춰 내회전 80°와 외회전 60° 범위에서 근력을 평가하였으며 손목 역시 CSMi 전용의자에 앉아 완전 회외, 팔꿈치 130° 굴곡 자세에서 dynamometer 회전축을 손목 옆의 관절 선에 맞춘 후 측정을 하였다. 측정 시 분절의 고정은 CSMi의 Humac Norm 권장 매뉴얼을 근거하였다.

Fig. 1. Measure of shoulder internal rotation and external rotation isokinetic strength.

Fig. 2. Measure of wrist flexion and extension isokinetic strength.

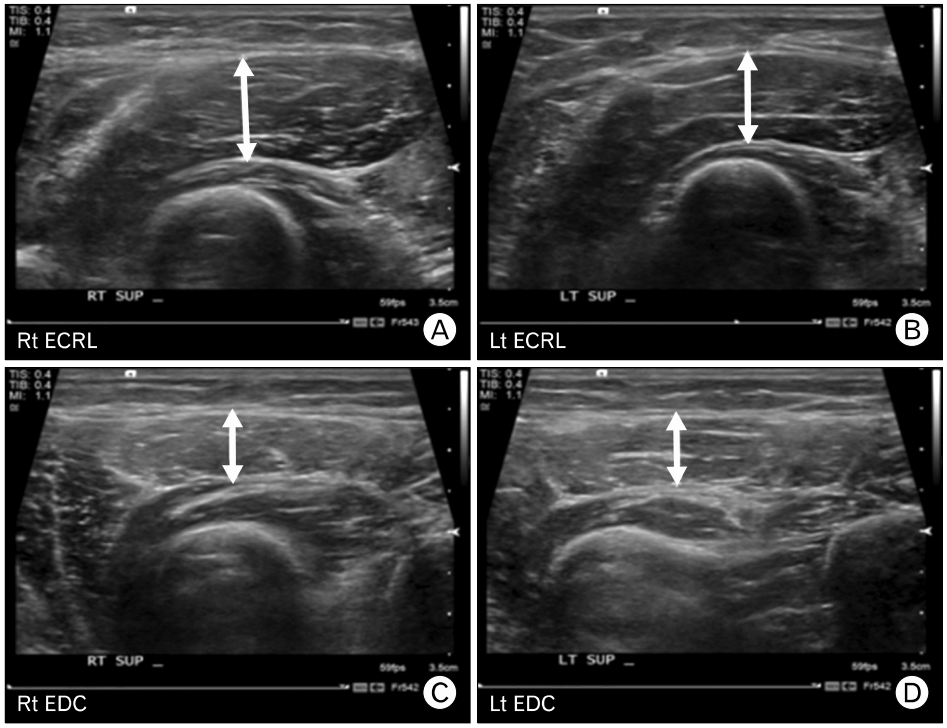

Fig. 3. Cross-sectional area of extensor digitorum communis (EDC) and extensor carpi radialis longus (ECRL). (A) Right (Rt) ECRL, (B) left (Lt) ECRL, (C) Rt EDC, (D) Lt EDC. Rt: right, Lt: left.

Table 2. Results of body composition

Variable	WU (n=5)	PS (n=5)	Mann-Whitney U	p-value
Weight (kg)	65.0±2.28	63.4±2.04	10.50	0.675
Muscle mass (kg)	24.4±0.5	44.0±3.64	0.00	0.009**
BFP (%)	28.9±3.15	19.2±2.43	3.00	0.047*

Values are presented as mean±standard error.
WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury, BFP: body fat percentage.
*p<0.05, **p<0.01.

검사 프로토콜은 관절 별 각속도 60°/sec에서 4회를 반복측정 방식으로 평가하였고, 측정 변인은 움직임별 최대우력(peak torque, Nm), 어깨 외회전/내회전 비율(%), 굴곡/신전 비율(%)을 사용하였다(Figs. 1, 2).

3) 손목 신전근 단면적 측정

진단 초음파는 단국대학교 의과대학 부속병원 정형외과 전공의를 통해 검사를 하였으며 검사자 간의 오차를 최소화하기 위해 검사 전 측정 방법에 대한 절차를 일치시켰다. 전완의 EDC와 ECRL의 근 단면적을 측정하였으며 측정단위는 cm^2로 기록하였다. 측정방법은 Gorgey 등[21] 의해 신뢰도가 검증된 7.5-12.5 MHz 선형배열변환기 기능을 가진 초음파 이미지 스캐너(Logiq e; GE Healthcare, Chicago, IL, USA)를 활용하여 선행연구와 동일 검사 자세인 어깨 관절각이 20°, 팔꿈치 관절의 70° 굴곡 상태에서 검사를 실시하였다(Fig. 3).

3. 자료 분석

본 연구의 자료처리는 SPSS ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 척수손상 장애인의 휠체어 이용 유무에 따른 상지 근 기능과 근 단면적의 집단 간 차이를 검증하기 위해 정규분포를 가정하지 않고 원자료를 서열화하여 검증하는 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney U-test를 실시하였다. 이는 지체장애인의 개별화된 장애 차이 특성상 피험자 확보가 어려워 각 그룹 내 5명의 적은 피험자의 참여로 선택된 자료처리 방법으로 모든 통계학적 유의수준(α)은 0.05로 하였다.

결 과

1. 신체구성 비교

척수손상 장애인의 휠체어 이용 유무에 따른 신체구성 비교에서 WU 집단과 PS 집단 간 체중의 유의한 차이는 나타나지 않았으나 근육량은 PS 집단이($p<0.01$), 체지방률은 WU 집단

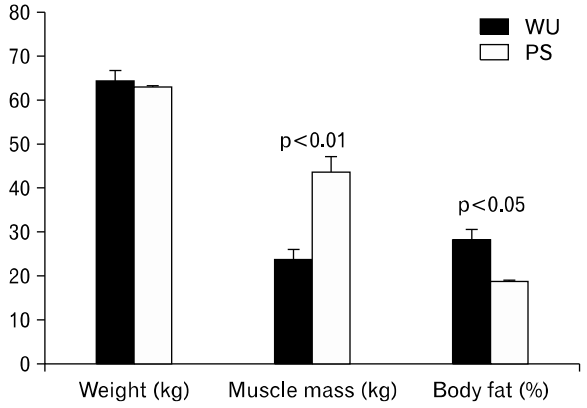

Fig. 4. Results of body composition. WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury.

($p<0.05$)에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(Table 2, Fig. 4).

2. 상지 근 기능 비교

1) 어깨 등속성 근 기능 비교

척수손상 장애인의 휠체어 이용 유무에 따른 어깨 근 기능(내회전력, 외회전력, 근력 비율) 비교에서 PS 집단이 우측 외회전($p<0.05$)과 내회전($p<0.05$), 좌측 외회전($p<0.05$)에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 반면 외회전 대비 내회전 근력 비율은 좌·우측 모두 통계적인 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 3, Fig. 5).

2) 손목 등속성 근 기능 비교

척수손상 장애인의 휠체어 이용 유무에 따른 손목 근 기능(굴곡력, 신전력, 근력 비율) 비교에서 굴곡과 신전, 신전 대비 굴곡 근력 비율은 집단 간 통계적인 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4, Fig. 6).

3. 손목 신전근 단면적 비교

척수손상 장애인의 휠체어 이용 유무에 따른 좌·우측의

Table 3. Results of shoulder muscular function

Variable		WU (n=5)	PS (n=5)	Mann-Whitney U	p-value
Rt (BW %Nm)	ER	28.3±4.43	12.5±2.48	2.00	0.028*
	IR	37.8±5.23	20.3±3.48	3.00	0.047*
Lt (BW %Nm)	ER	22.6±2.62	13.1±2.33	2.00	0.028*
	IR	38.7±10.36	22.9±4.36	7.00	0.251
Rt IR/ER ratio (%)		148.0±31.26	170.7±16.6	7.00	0.251
Lt IR/ER ratio (%)		161.7±23.53	181.1±22.67	10.00	0.602

Values are presented as mean±standard error.
WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury, Rt: right, BW: body weight, ER: external rotation, IR: internal rotation, Lt: left.
*$p<0.05$.

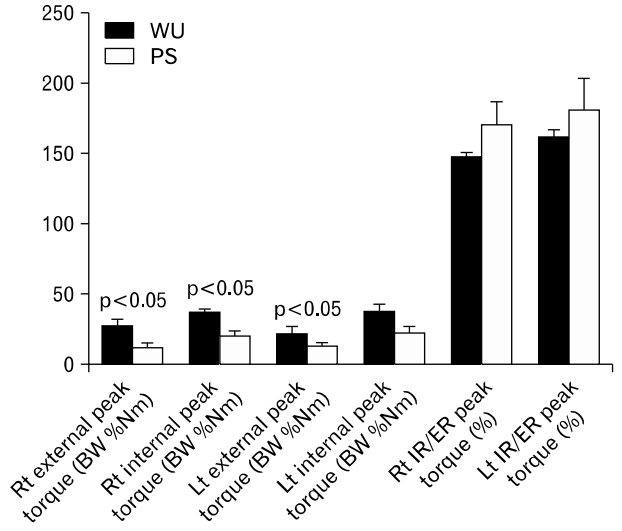

Fig. 5. Results of shoulder muscular function. WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury, Rt: right, BW: body weight, Lt: left, IR: internal rotation, ER: external rotation.

ECRL과 EDC의 근 단면적 비교에서 PS 집단이 우측 ECRL ($p<0.05$), 좌측 EDC ($p<0.05$)에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(Table 5, Fig. 7).

고 찰

척수손상 장애인의 휠체어 이용이 상지의 근 기능과 근 단면적에 미치는 영향을 비교한 본 연구 결과 척수손상 장애인의 휠체어 이용은 어깨의 회전력과 손목 신전근의 단면적 차이를 나타내어 상지의 근 기능에 영향을 주는 것으로 나타났다. WU 집단이 PS 집단에 비해 어깨의 내회전력과 외회전력이 더 높은 결과가 나타났으며, 손목 신전근(EDC, ECRL)의 단면적 또한 WU 집단이 PS 집단에 비해 높은 경향을 보였다.

휠체어를 이용하는 척수손상인 장애인은 휠체어를 이용하지 않는 척수손상 장애인에 비하여 신체구성에서 낮은 골격근량과 높은 체지방을 나타내었다. 이는 상지를 이용한 척수손상 장애인이 하지를 이용해 보행하는 비장애인보다 낮은 제지방량과 높은 체지방률을 나타낸다는 보고[22] 및 척수손상 장애인들은 손상된 척수 부위 아래 영역에서 제지방량이 감소하는 근 위축을 나타낸다는 보고[23]와 일치하는 결과이다. 휠체어 이용은 하지의 근수축 부재로 인해 하지 근육 감소를 유발하며 안정 시 대사량을 감소시키기 때문에 체지방량을 증가시키는 원인이 되는 것과도 유사한 결과이다. 즉 휠체어를 이용하는 척수손상 장애인은 하지 근육을 이용해 보행하는 척수손상 장애인에 비해 하지 근육이 감소되어 있고 비만과 이에 따른 대사성 질환 등에 발병 위험성에 높아지므로 이를 해결할 방안이 시급히 요구되는 실정이다.

척수손상 장애인들은 휠체어 추진과 이동 시 연부조직의 손상과 관절의 퇴행성 변화 때문에 다양한 어깨 관절의 문제를 나타내는 것으로 보고되어왔다[24]. 그러나 이 연구에서 어깨 근 기능은 전체적으로 WU 집단이 PS 집단보다 높은 근력 수준을 보였으며 특히 어깨 외회전력과 오른쪽의 내·외회전력이 평균 순위와 총 순위가 높게 나타나며 통계적 유의한 차이가 나타났다.

WU 집단에서 어깨의 외회전력이 높게 나타난 것은 휠체어 추진 시 상지의 근위부인 어깨가 안정화된 상태에서 팔꿈치와 손목에서 구심성 수축을 통한 강력한 추진을 발휘하는 휠체어의 열린 사슬 운동형태 특성에서 기인한 것으로 생각된다[6,12,13]. 즉 반복적인 휠체어 추진 시 어깨의 안정화를 담당하는 회전근개 근육이 활성화되어 발달되고, 더불어 반복적인 밀기 단계(push phase)에서 팔꿈치의 신전 근육군과 어깨의 내회전 근육군에 의한 추진에서 극상근과 극하근의 활성화가 이루어지며 두 근육의 대표적 움직임인 외회전의 근력이 발달한 것으로

Table 4. Results of wrist muscular function

Variable		WU (n=5)	PS (n=5)	Mann-Whitney U	p-value
Rt (BW %Nm)	Flexion	37.7±10.19	30.5±3.77	10.0	0.600
	Extension	35.4±8.57	28.5±2.02	11.0	0.753
Lt (BW %Nm)	Flexion	37.9±9.95	31.1±2.9	12.0	0.916
	Extension	35.4±10.1	24.1±1.73	12.0	0.916
Rt flexion/extension ratio (%)		106.1±17.67	108.1±12.13	12.0	0.917
Lt flexion/extension ratio (%)		111.4±8.1	132.74±18.8	8.5	0.402

Values are presented as mean±standard error.
WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury, Rt: right, BW: body weight, Lt: left.

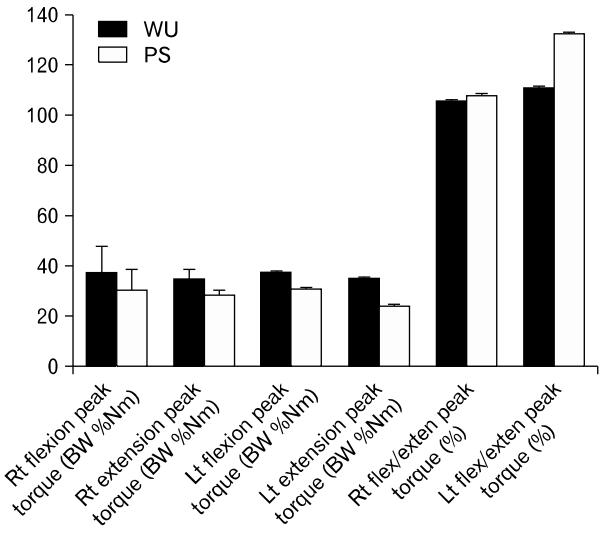

Fig. 6. Results of wrist muscular function. WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury, Rt: right, flex: flexion, BW: body weight, exten: extension, Lt: left.

생각한다[11]. 이러한 연구결과는 휠체어 이용이 반복적인 어깨 관절의 스트레스로 어깨의 충돌 증후근과 회전근개 파열 등의 질환을 유발하여 회전근개와 주변 근력감소, 통증을 유발하고 어깨 주변의 주동근과 길항근 근력 비율에 차이를 보인다는 선행연구 결과[5-7]와 일치하지 않는 결과였다. 이는 휠체어 이용으로 유발될 수 있다는 견갑골의 전인(protraction)과 거상(elevation) 위치 변형[24]이 없고, 어깨의 근 골격계 손상 및 통증이 없는 척수손상 장애인을 대상으로 하였기 때문에 다른 결과를 보인 것으로 생각한다. 즉, 어깨의 손상 경험이 없는 휠체어 이용 척수손상 장애인은 보행하는 척수손상 장애인에 비해 상지에 의존한 움직임으로 어깨의 회전력이 발달된 것으로 생각된다.

손목 신전 움직임의 50% 이상 담당하는 ECRL과 EDC 단면적은 우측 ECRL과 좌측 EDC에서 통계적 유의한 차이를 보이며 WU 집단이 높은 평균 순위와 총 순위를 나타냈다. 또한, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았지만, 우측 EDC와 좌측 ECRL 역시 WU 집단에서 높은 평균 순위와 총 순위를 나타냈다. 종합적으로 휠체어 이용이 EDC와 ECRL의 근 단면적을 넓게 만드는 것으로 나타났으며 이는 휠체어를 이용하는 하지마비 척수손상 장애인과 비장애인의 ECRL과 EDC의 근 단면적의 비교 시 하지마비 척수손상 장애인이 높은 수준을 보이며 통계적 차이를 보였다는 선행연구의 보고와 일치하는 결과이다[20].

이는 휠체어 추진 시 넓은 가동범위에서 손목의 굴곡과 신전 움직임이 반복적으로 일어나고[10], 근 역학적으로 손목의 신전근에 휠체어 추진 시 휠체어 림을 잡는 손가락 굴곡 동작에서 유발되는 손목이 굴곡되는 현상 방지와 손가락 굴곡 근육의 근 길이 유지를 위해 발생하는 저항이 주어지며 발달하기 때문이다[25]. 이런 굴곡근에 대한 ECRL과 EDC의 신장성 수축은 휠체어 추진 시 강력한 쥐기 동작이 가능하도록 손목 굴곡근의 능동 불충분(active insufficiency) 현상을 해소하는 손목의 근 역학적인 현상이다[26]. 더불어 휠체어 추진을 위한 반복적인 손목 및 손가락의 신전 동작 시 주어지는 굴곡근의 저항 또한 ECRL과 EDC의 단면적을 넓게 만드는 작용을 돕는 것으로 생각한다. 그러나 척수손상인의 휠체어 이용이 손목 신전근을 대표하는 ECRL과 EDC의 근 단면적을 증가시킨 결과와 다르게 손목의 근력에는 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. 이는 근력은 근육의 횡단면적과 비례 관례를 보인다는 근 기능의 기본원칙[27]과 Fukunaga 등[28]이 주장한 관절의 회전력은 근 단면적과 높은 상관도를 보인다는 보고와 상반되는 결과이다. 반면, Higbie 등[29]은 10주간의 단축성 및 신장성 수축 방식의 훈련을 달리 적용한 결과 신장성 훈련 시 단축성 훈련 또는 비훈련 집단에 비해 근 단면적이 유의하게 증가하였으나 신장성 훈련 후 단축성 방식의 등속성 근력에 변화가 없었다는 보고와 일치하는 결과이다. 즉 휠체어 이용은 강력한 쥐기 동작을 위해 손목의 신전근에 신장성 수축이 발생하며 이는

Table 5. Results of cross-sectional area

Variable		WU (n=5)	PS (n=5)	Mann-Whitney U	p-value
Rt (cm^2)	ECRL	13.7±1.75	9.5±0.56	1.000	0.016*
	EDC	9.1±1.22	6.8±0.51	4.500	0.093
Lt (cm^2)	ECRL	11.2±0.67	9.3±1.31	7.000	0.249
	EDC	8.1±0.79	5.9±0.11	0.500	0.011*

Values are presented as mean±standard error.
WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury, Rt: right, ECRL: extensor carpi radialis longus, EDC: extensor digitorum communis, Lt: Left.
*p＜0.05.

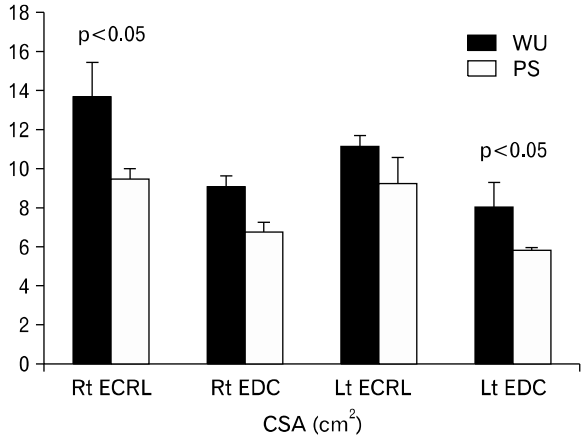

Fig. 7. Results of cross-sectional area (CSA). WU: wheelchair users with spinal cord injury, PS: pedestrian with spinal cord injury, Rt: right, ECRL: extensor carpi radialis longus, EDC: extensor digitorum communis, Lt: left.

손목의 대표적 신전근인 ECRL과 EDC의 근 단면적을 넓게 만들었으나 신장성 형태의 근수축으로 손목의 단축성 수축으로 발휘한 근력에는 영향을 주지 못한 것으로 생각한다. 더불어 일상생활의 휠체어 이용으로 지속적인 ECRL과 EDC의 신장성 수축으로 발생하는 급성적인 근절에 과도한 신장 압력 발생과 근섬유의 허혈(ischemia) 또는 저산소증(hypoxia) 등의 대사적 과부하 발생으로 인한 미세 근 손상에 따른 근 기능 제한 발생[30]과 신장성 수축 활동을 반복적으로 하는 손목 신전근에 단축성(concentric) 등속성 근력의 평가가 이루어 짐에 있어 근 수축형태에 따른 차이에서 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

휠체어 사용에 따른 상지 근육의 과도한 부담은 어깨 안정화 근육의 발달을 유도하는 본 연구와 선행연구 결과를 고려해볼 때 상지 근 기능을 유지하고 휠체어 추진 시 필요한 손목의 신장성 근력을 증가시키며 부상을 예방할 수 있는 휠체어 이용 척수손상 장애인의 운동 처방 프로그램이 제시되어야 할 것이다. 추가적으로 휠체어 이용 척수손상 장애인의 긍정적 신체구성 변화를 위한 보조적인 하지근육 활성화 방안 및 운동프로그램이 필요할 것으로 생각한다.

척수손상 장애인의 휠체어 이용이 상지 근 기능과 근 단면적에 미친 영향을 분석한 본 연구를 종합한 결론은 다음과 같다. 척수손상 장애인의 휠체어 이용은 척수손상 수준의 종합적인 고려가 필요하나, 본 연구결과 제지방량 감소 및 체지방량 증가와 같이 신체구성에 부정적인 영향을 나타내었다. 반면 상지 근 기능은 어깨 근력 발달과 손목 신전근의 근 단면적을 증가시키는 것으로 나타났다.

휠체어 이용은 반복적인 쥐기 동작의 연속으로 손목 신전근의 근 역학적인 신장성 수축으로 인해 근 단면적의 증가를 초래하지만 손목의 단축성 근력 및 근력 비율에는 아무런 영향을 주지 않는 특징이 나타났다. 따라서 하지를 사용하지 못하는 척수손상 장애인들이 수동 휠체어를 이용하는 것은 어깨 근 기능과 손목 신전근 단면적 발달되는 변화를 보이지만 상지에 국한된 제한적 움직임에 따른 신체활동량 저하로 신체구성에는 부정적 영향을 초래하는 것으로 생각한다.

본 연구는 척수손상인을 대상으로 휠체어 이용이 손목과 어깨관절에 미치는 영향을 분석하여 휠체어 이용에 따라 손목 신전근 단면적 발달과 함께 증가하지 않는 손목 근 기능의 무변화 특징 및 어깨 근 기능・긍정적 변화와 신체구성의 부정적 변화를 제시하였으나, 적은 대상자 수와 사지마비인(tetraplegia)을 포함하지 못하였고, 신체구성 측정에 있어 간접측정인 생체전기저항(bioelectrical impedance analysis) 방식의 측정결과를 제시하는 제한이 있었다. 추후 더 많은 척수손상 장애인을 대상으로 한 상지 전체의 근력과 직접측정방식을 활용한 신체구성에 대해 휠체어 이용에 따른 영향과 변화를 검증할 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Ministry of Health and Welfare. 2014 Real condition of the disabled person. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2015.
2. Weld KJ, Graney MJ, Dmochowski RR. Differences in bladder compliance with time and associations of bladder management with compliance in spinal cord injured patients. J Urol 2000;163:1228-33.
3. Sinnott KA, Milburn P, McNaughton H. Factors associated with thoracic spinal cord injury, lesion level and rotator cuff disorders. Spinal Cord 2000;38:748-53.
4. Finley MA, Rasch EK, Keyser RE, Rodgers MM. The biomechanics of wheelchair propulsion in individuals with and without upper-limb impairment. J Rehabil Res Dev 2004; 41:385-95.
5. Curtis KA, Tyner TM, Zachary L, et al. Effect of a standard exercise protocol on shoulder pain in long-term wheelchair users. Spinal Cord 1999;37:421-9.
6. Kim CJ, Ku KM, Kim KS. The development of open-kinetic chain strength program for effective propulsion of manual wheelchair user. Korean J Exerc Rehabil 2010;6:231-40.
7. Bayley JC, Cochran TP, Sledge CB. The weight-bearing shoulder: the impingement syndrome in paraplegics. J Bone Joint Surg Am 1987;69:676-8.
8. Tyler TF, Nicholas SJ, Roy T, Gleim GW. Quantification of posterior capsule tightness and motion loss in patients with shoulder impingement. Am J Sports Med 2000;28:668-73.
9. Curtin CM, Gater DR, Chung KC. Upper extremity reconstruction in the tetraplegic population, a national epidemiologic study. J Hand Surg Am 2005;30:94-9.
10. Boninger ML, Impink BG, Cooper RA, Koontz AM. Relation between median and ulnar nerve function and wrist kinematics during wheelchair propulsion. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85:1141-5.
11. Mercer JL, Boninger M, Koontz A, Ren D, Dyson-Hudson T, Cooper R. Shoulder joint kinetics and pathology in manual wheelchair users. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2006;21:781-9.
12. Moon SJ, Kim TH, Roh JS. A comparison of the serratus anterior muscle activity according to the shoulder flexion angles in a closed kinetic chain exercise and an open kinetic chain exercise. J Korean Soc Phys Med 2013;8:369-78.
13. Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed kinetic chain exercise: a comprehensive guide to multiple joint exercise. Champaign: Human Kinetics; 2001.
14. Gater DR Jr, Dolbow D, Tsui B, Gorgey AS. Functional electrical stimulation therapies after spinal cord injury. Neuro-Rehabilitation 2011;28:231-48.
15. Gorgey AS, Dolbow DR, Dolbow JD, Khalil RK, Castillo C, Gater DR. Effects of spinal cord injury on body composition and metabolic profile: part I. J Spinal Cord Med 2014;37: 693-702.
16. Kotajarvi BR, Basford JR, An KN. Upper-extremity torque production in men with paraplegia who use wheelchairs. Arch Phys Med Rehabil 2002;83:441-6.
17. Bernard PL, Codine P. Isokinetic shoulder of paraplegics: observation of global and specific muscle ratio. Int J Rehabil Res 1997;20:91-8.
18. Suchomel TJ, Stone MH. The relationships between hip and knee extensor cross-sectional area, strength, power, and potentiation characteristics. Sports 2017;5:66.
19. Teyhen DS, Gill NW, Whittaker JL, Henry SM, Hides JA, Hodges P. Rehabilitative ultrasound imaging of the abdominal muscles. J Orthop Sports Phys Ther 2007;37:450-66.
20. Dudley-Javoroski S, McMullen T, Borgwardt MR, Peranich LM, Shields RK. Reliability and responsiveness of musculoskeletal ultrasound in subjects with and without spinal cord injury. Ultrasound Med Biol 2010;36:1594-607.
21. Gorgey AS, Timmons MK, Michener LA, Ericksen JJ, Gater DR. Intra-rater reliability of ultrasound imaging of wrist extensor muscles in patients with tetraplegia. PM R 2014;6: 127-33.
22. Spungen AM, Adkins RH, Stewart CA, et al. Factors influencing body composition in persons with spinal cord injury: a cross-sectional study. J Appl Physiol (1985) 2003; 95:2398-407.
23. Kim SS, Hwang BG, Kim TS, Lee CI, Yang JS, Lee DH. The comparison of segmental body composition and bone mineral density in spinal cord-injured and non-injured control subjects. J Adapt Phys Activ Exerc 2003;11:29-43.
24. Mulroy SJ, Farrokhi S, Newsam CJ, Perry J. Effects of spinal cord injury level on the activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion: an electromyographic study. Arch Phys Med Rehabil 2004;85:925-34.
25. Kong JY, Jeong DH, Kwon HC. The effects of wheelchair propulsion speed changes on the shoulder impingement syndrome. Korean Soc Occup Ther 2002;10:69-83.
26. Lee M, Shin H. A review of lateral epicondylitis. J Korean Acad Ortho Man Ther 2005;11:108-18.
27. Ikai M, Fukunaga T. Calculation of muscle strength per unit

cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. Int Z Angew Physiol 1968;26:26-32.
28. Fukunaga T, Miyatani M, Tachi M, Kouzaki M, Kawakami Y, Kanehisa H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. Acta Physiol Scand 2001;172:249-55.
29. Higbie EJ, Cureton KJ, Warren GL 3rd, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. J Appl Physiol (1985) 1996;81:2173-81.
30. Kim TW, Park BY. The effect of biceps brachii activation on wrist joint factors about hyperextension of elbow joint. J Korea Soc Wellness 2011;6:121-8.