만성 뇌졸중 환자의 고유감각 증진프로그램이 자세 정렬, 역동적인 자세조절 및 보행에 미치는 영향: 개별사례연구

심지영, PT, BS[1], 송보경, OT, PhD[*2]
[1]베데스다 재활병원, [*2]강원대학교 보건과학대학 작업치료학과

Effects of Proprioceptive Enhancement Program on Postural Alignment, Dynamic Postural Control, and Gait in Chronic Stroke Patients: A Case Study

Ji-Young Sim, PT, BS[1], Bo-Kyoung Song, OT, PhD[*2]
[1]*Dept. of Physical Therapy, Bethesda Rehabilitation Hospital, Republic of Korea*
[*2]*Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Kangwon National University, Republic of Korea*

Purpose This study aimed to determine how the proprioceptive enhancement program (PEP) helps postural alignment, dynamic postural control and gait in patients with chronic stroke. ***Methods*** As a case study, PEP was conducted on patient diagnosed with chronic stroke, and then 5 times sit to stand (5TSTS), 5 times foot stepper (5TFS), and time up and go (TUG) were compared. We looked into the differences in alignment between the supine and standing postures, and the differences sit to standing and putting one foot up on the stairs. Results: Effective results were shown in 5TSTS, 5TFS, and TUG before and after intervention, and differences were confirmed when comparing supine and standing postures. ***Results*** Effective results were shown in 5TSTS, 5TFS, and TUG before and after intervention, and differences were confirmed when comparing supine and standing postures. ***Conclusion*** It is believed that the PEP can help chronic stroke patients with postural alignment, sitting and standing movements, and walking.

Key Words: Chronic stroke, Dynamic postural control, Postural alignment, Proprioceptive enhancement program

Corresponding author: Bo-Kyoung Song (bksong@kangwon.ac.kr)

Received date 05 October 2023
Revised date 10 October 2023
Accept date 15 October 2023

Ⅰ. 서 론

뇌졸중으로 인한 반마비(hemiplegia)는 대상자의 비대칭적 자세의 원인으로 부적절한 자세와 체중 이동 능력의 결함을 발생하고 이로 인한 효과적인 선 자세와 독립적인 보행의 효율성에 어려움을 갖는다.[1)] 반마비 환자의 자세 조절의 문제는 능동적인 다양한 자세 변화와 비효율적인 보행으로 연결되어 일상생활활동에도 부정적인 영향을 준다.[2,3)] 자세조절은 중력에 대항하여 신체의 무게중심을 조절하는 능력으로 자세안정성(postural stability)과 자세인식력(postural orientation)의 두가지 개념을 포함하여 설명된다.[2)] 자세안정성은 안정성 한계(stability limit)라고도 하는데 이는 선 자세 접촉면에서 신체의 무게중심을 역동적으로 유지하는 능력이다. 자세인식력은 신체 각 분절 간 관계, 신체와 외부 환경 사이에서의 적절한 관계를 유지하는 능력을 포함하는데 특히 기능적인 과제 수행에 있어 수직인식력(vertical orientation)은 매우 중요한 요소로 자세조절에 도움요소(reference frame)라고 설명한다.[4)] 선 자세를 유지하는데 있어 시각, 안뜰감각, 고유감각, 피부감각을 포함하는 몸감각자극은 항중력상태에서 각 신체 부위의 움직임을 인식하는데 중요한 감각정보로 기여하고 특히 구체적으로 신체인식에 작용하는 고유감각의 조절된 자극은 수직선상에서 작용하는 항중력적인 움직임과 신체부위에서 움직임을 인식하는데 중요한 역할을 한다.[5)] 특히 중추신경 손상으로 인한 몸감각의 손상은 시각 및 전정감각의 과도한 보상으로 부정적인 선 자세의 정렬로 신체를 유지하고 이는 수직인식력의 변화와 자세조절에 필요한 신체 반응의 감소로 독립적인 자세조절 및 보행에 부정적인 영향을 준다. 특히 몸통의 근 약화는 몸통과 상, 하지 간의 선택적인 동작을 어렵게 하여 자세의 불안정성 뿐만 아니라 비효율적인 보행으로 독립적인 일상생활동에도 부정적인 영향을 준다.[6)] 정상적으로 자세를 유지하는데 있어 시각, 안뜰감각, 피부 및 고유감각으로 유입된 정보와 이를 통합하는 중추신경의 처리 과정이 필요하

http:dx.doi.org/10.17817/2023.10.10.1111844

다.[7] 몸감각 체계는 피부에서 입력되는 접촉감과 근육 및 관절에서 입력되는 고유감각으로 나뉘며 사물의 크기와 형태의 인식, 식별 능력은 신체를 외상으로부터 보호하고 움직임을 정확히 수행하는데 중요한 역할을 한다.[6] 이중 고유감각은 근육방추, 골지힘줄기관 및 관절수용기로부터 들어오는 정보로 근육, 힘줄의 탄성과 관절의 위치를 인식하고 감각 되먹임 정보로 움직임에 영향을 준다. 그리고 관절 위치의 유지와 관련하여 근육 길이 정보를 제공하여 자세조절을 지원하는데 이러한 몸감각 되먹임은 시각 및 안뜰감각의 의존성을 감소하는데 기여한다.[7,8] 또한 고유감각은 신체의 위치, 역동성 및 항중력 감각을 중추신경에 전달하여 정확한 자세인식과 자세 역동성의 상호작용에도 관여한다. 일반적으로 뇌졸중 환자는 근 약화 뿐만 아니라 고유감각 손상이 함께 동반되고 이중 몸통의 고유감각 손상은 몸통 조절의 중요 문제로 작용한다.[4] 역동적인 자세 조절의 저하는 적절한 감각 선별 활용 능력의 감소 및 감각운동체계의 복잡한 상호작용의 손상으로 발생한다.[9] 이에 접촉감각 및 고유감각을 기반하는 몸감각 체계의 활성과 중추신경의 처리 능력의 향상은 중요한 감각 도움 요소(sensory reference)로 작용하여 자세조절에 기여할 수 있다. 따라서 자세조절에 기여하는 몸감각 정보를 활성화하고 감각 되먹임을 통한 상호작용의 증진하는 훈련 프로그램이 필요하다. 이에 본 연구는 개별 사례 연구를 통하여 만성 뇌졸중 환자의 움직임에 영향을 주는 몸감각 중 고유감각 증진 프로그램을 중심으로 자세정렬, 자세 안정성, 역동적인 자세 변화 및 보행에 어떠한 도움을 주는지 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자 및 선정기준

본 연구의 대상자 선정 조건은 본 연구의 목적과 설명을 듣고 참여 동의하고 재활의학과 또는 신경과 전문의로부터 뇌졸중 진단을 받았으며 한국판 간이정신상태검사(mini-mental state examination korean version: MMSE-K) 25점 이상으로 연구자의 지시를 이해할 수 있고, 몸감각 중 고유 감각에 손상(impaired)을 가지며 정형외과적 문제가 없는 환자를 모집하여 선정하였다. 연구자는 선정된 대상자에게 연구 과정을 설명하고 이에 대한 개인정보의 수집 및 활용 동의서를 문서화하였다.

2. 평가 도구

본 연구는 대상자의 기능적인 동작 수행을 알아보고자 3가지의 검사를 실시하였다. 먼저 5회 측정 기능적인 일어서기 검사(5 times sit to stand: 5TSTS)로 대상자의 앉은 자세에서 선 자세의 연속적인 자세 변화를 통하여 항중력적인 자세 변화의 양상을 평가하였다. 그리고 동적인 자세 조절을 알아보고자 5번의 일어서기 동안의 걸린 시간과 사진을 촬영하였다. 그리고 5회 측정 계단에 한발 올리기 검사(5 times foot stepper: 5TFS)는 대상자가 한발 서기 자세의 안정성을 통하여 반대 신체의 가동성의 특성을 평가하고자 하였다. 이를 위해 5번의 한발 서기 자세의 소요 시간과 과정을 사진으로 촬영하였다. 또한 기능 보행 검사(time up and go: TUG)는 3m의 거리를 걸어서 반환점을 돌아와 다시 의자에 앉는데 걸리는 수행 시간을 측정한다.[10] 이를 통해 대상자의 앉고 서기, 보행 및 돌기 등의 이동 능력과 동적인 균형 능력을 평가하였다. 본 연구에서 대상자는 팔걸이가 있는 의자에서 앉아서 검사자의 출발 신호에 의자에서 일어나 3m 거리를 걸어 반환점을 되돌아와 다시 의자에 앉는데 걸린 총 시간을 측정하였다.

3. 고유감각 증진 프로그램 소개 및 진행 절차

본 연구는 2주간 총 5회에 걸쳐 감각 증진 프로그램을 8가지로 세분화하여 대상자의 중재 과정에 적용하였고 대상자의 치료 적응 수준에 맞추어 각각의 방법을 적용하였으며 구체적인 내용은 다음과 같다.

1) 서 자세에서 앉은 자세로 이동하는 과정에서 하지 및 골반의 고유감각 정보를 증진하여 효율적인 앉은 자세를 취하

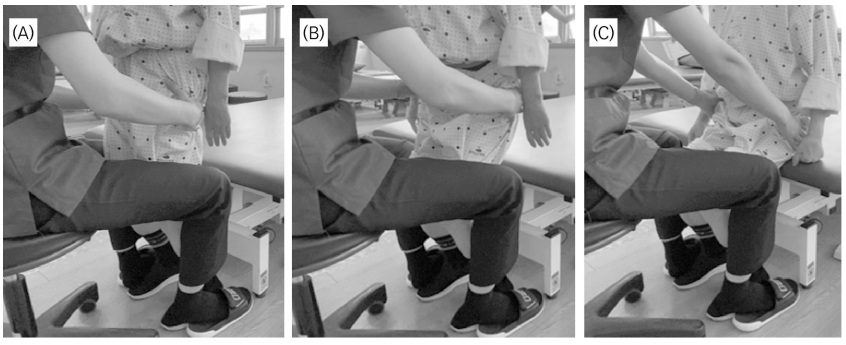

Figure 1. Shows therapist using hands to enhance proprioceptive information around the lower extremities and pelvis while moving from a standing to sitting position(A-C).

도록 증진하였고 구체적인 방법은 다음과 같다. 먼저 선 자세에서 속 근육(core muscle)과 몸쪽햄스트링 근 수축을 통하여 항중력근을 촉진하고 이후 골반의 가동성을 증진하도록 근육 정보를 촉진하여 효과적인 앉은 자세를 지원한다(Figure 1A-C).

2) 앉은 자세에서 골반의 전, 후방의 움직임을 증진한 후 대상자의 팔뻗기 동작을 사용하여 허리, 몸통 및 머리 순서대로 반 누운 자세(semi-supine position)로 이동하여 치료 자세로 설정한다(Figure 2A,B,C). 대상의 복부 근육의 긴장성을 증진하고자 수건을 사용하여 아래 몸통의 안정성을 지원한다(Figure 2D).

3) 반 누운자세에서 몸쪽 햄스트링(hamstring)의 정렬을 궁둥뼈(ischium)에 위치하고 대상자에게 골반 주위 근육의 길이 정보를 제공하고(Figure 3A,B) 양쪽 발꿈치 힘줄 길이와 종아리 근육(calf muscle)의 구심성 수축(eccentric contraction)을 적용하여 뒤꿈치의 바닥 접촉감을 증진한다(Figure 3C,D).

4) 반 누운 자세에서 손상측 발이 바닥에 닿는 감각을 증진하고 작은 운동 범위 내에서 골반의 후방 경사와연결하여 몸통 아래 속 근육의 수축을 경험하도록 촉진한다(Figure 4A). 치료사는 발목 바깥번짐(ankle eversion)과 발등 굽힘(dorsiflexion) 동작과 무릎관절의 폄을 유도하여 넙다리 곧은근(rectus femoris)의 움직임을 촉진한다. 이를 통해 무릎 및 고관절 폄근을 활성화한다(Figure 4B,C,D).

5) 선행성 자세 조절 원리를 기반으로 어깨뼈, 위팔뼈 주위 근육을 활성화하여 분리적인 동작을 경험하도록 한다(Figure 5A,B,C). 양쪽 어깨뼈의 전방 움직임(scapula protraction)과 팔 뻗기 동작을 유도하여 환자의 누운 자세에서 앉은 자세로의 변화과정에서 속 근육의 활성을 경험하도록 한다(Figure 5D,E,F).[11]

6) 앉은 자세에서 몸통과 골반 간의 분리 동작을 촉진하고자 보조 테이블을 사용하여 바른 몸통 자세를 지원하고 골반의 후방 경사와 전방 경사 동작으로 뭇갈래근(multifidus) 척추세움근(erector spinae)의 수축을 경험하고 몸통의 폄근을 통해 항중력 자세를 촉진한다(Figure 6A,B,C). 몸통의 폄근으로 작용하는 넓은 등근(latissimus dorsi)의

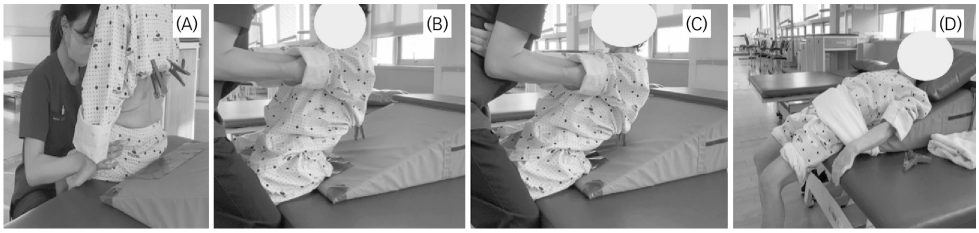

Figure 2. Shows the process of promoting tension in the subject's abdominal muscles while moving from sitting position to a semi-supine position with reaching components(A-D).

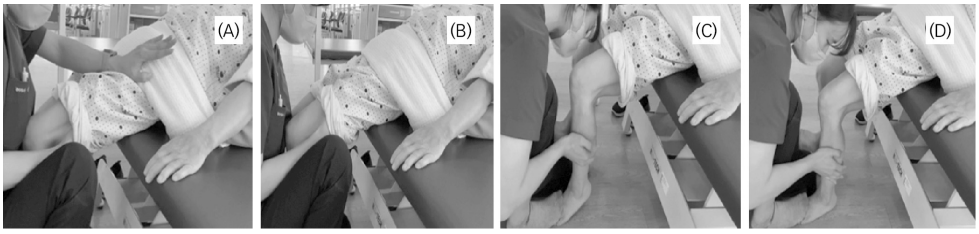

Figure 3. Shows that therapist provides information about the length of the core muscles around the pelvis (A,B). It guides you to recognize the feeling of contact with the floor through the length of the heel tendons of both feet and the eccentric contraction of the calf muscles(C,D).

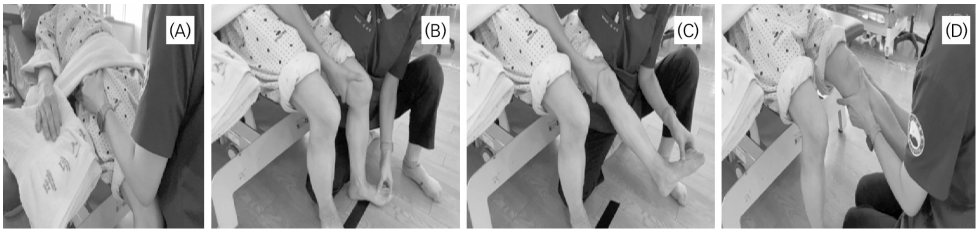

Figure 4. Shows that the posterior tilt of the pelvis promotes deep muscle activation (A). It promotes ankle eversion, dorsiflexion, and facilitate a rectus femoris on thigh (B-D).

활성을 위하여 변화된 근육의 길이를 확인한 후 골반과 몸통 간의 선택적인 동작을 안내하여 항중력 방향으로 넓은 등근의 수축을 촉진한다(Figure 6D,E).

7) 앉고 자세에서 선 자세를 연결하고자 테이블에 궁둥뼈를 접촉하여 안정성을 지원하고 몸쪽 햄스트링과 먼쪽 넙다리네갈래근(quadriceps)이 동시에 활성화하여 앉고 서기, 선 자세에서 앉기 동작을 수행하도록 지원한다. 대상자의 동작 수행 능력에 맞추어 테이블의 높이를 조절하여 동작의 난이도를 조절한다(Figure 7A,B,C,D).

8) 선 자세에서 좌우의 체중이동을 경험하도록 하고 이를 기반으로 1차적으로 손상 측 다리의 입각기를 통해 안정성을 경험하고 이후 비손상측 다리의 유각기를 진행하도록 한다. 과정에서 대상자의 발목 바깥번짐 동작을 통해 손상측 다리의 유각기가 진행되도록 훈련을 반복한다(Figure 8A,B).

4. 자료 분석

본 연구는 고유감각 증진 프로그램을 시행한 후 대상자에게 실시한 5TSTS, 5TFS 및 TUG차이를 초 단위로 표시하고 중

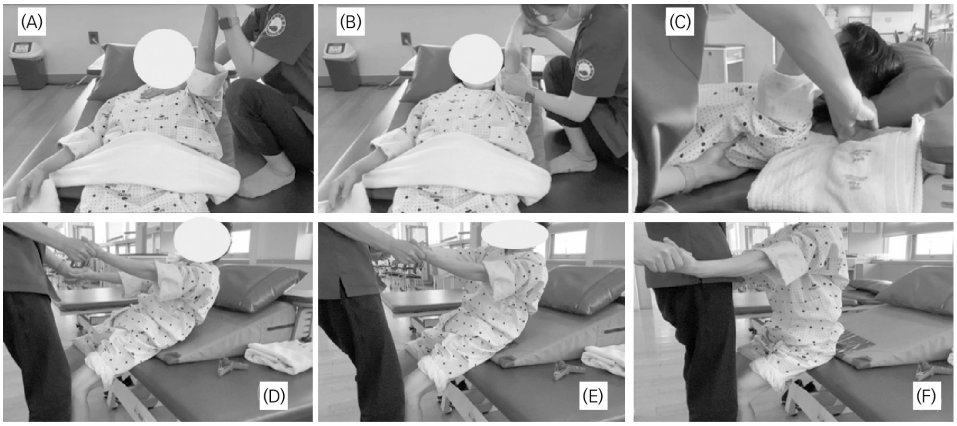

Figure 5. Shows the activation of muscles around the scapula and humerus (A-C). Induce forward movement of both the shoulder (scapula protraction) and reaching to experience core muscle activation (D-F).

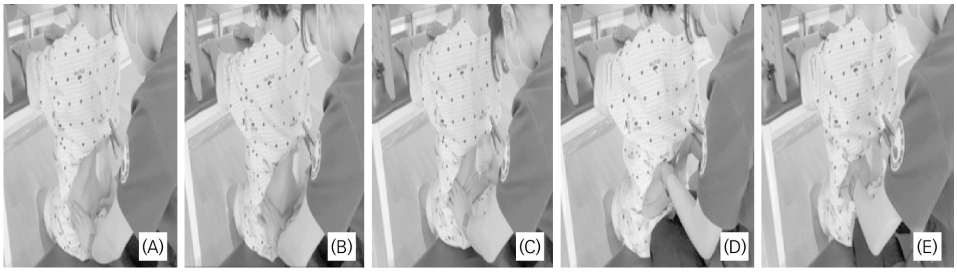

Figure 6. Shows the activation of the multifidus and erector spinae through posterior and anterior pelvic tilt in sitting position (A-C). Activation of latissimus dorsi promotes selective movement between pelvis and trunk (D,E).

Figure 7. Shows that by touching the ischium to the table, the proximal part of the hamstring and the distal part of the quadriceps are simultaneously activated to facilitate sitting and standing and standing to sitting movements (A-D).

Figure 8. Promotes weight transfer in a standing position, promotes stance phase stability of the injured leg, and promotes swing phase of the uninjured leg(A,B).

재 전, 후의 5TSTS, 5TFS 및 TUG의 변화량을 제시하였다. 중재 전, 후의 질적인 차이를 알아보고자 대상자의 누운 자세, 선 자세 정렬의 차이와 앉고 서기 등의 변화를 사진으로 제시하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 대상자의 일반적 특성 및 의학적인 정보

본 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 58세 여자 환자로 오른쪽 기저핵 내출혈로 의한 왼쪽 편마비로 1차 진단을 받았고 진단 후 재활 과정을 통하여 가정으로 복귀하여 독립적인 생활을 하였지만 5년 뒤 왼쪽 바깥 속섬유막 내출혈로 인한 오른쪽 편마비로 2차 진단을 받았다. 2차 진단 후 연구 대상자의 통각, 촉각은 정상이었으나 고유감각은 손상 양상이 보였다. 수정 어스워드척도(modified ashworth scale: MAS)로 측정된 왼쪽 상지의 근 긴장도는 0 단계, 하지 근 긴장도는 발목관절에서 1 단계로 측정되었다. 관절범위는 왼쪽 발등굽힘에서 15도 제한되었고 다른 신체의 관절가동범위는 정상이었다. 도수 근력 검사(manual muscle testing: MMT)는 상지의 몸쪽은 $Fair^{+}/Fair^{-}$, 먼쪽은 $Fair^{+}/Poor^{+}$, 하지의 몸쪽은 $Fair^{+}/Fair^{-}$, 먼쪽은 $Fair^{+}/Poor^{+}$ 등급이었고 선 자세의 정적, 동적 균형 능력은 모두 Fair 등급으로 측정되었다(Table 1).

2. 고유감각 증진 프로그램 중재 전, 후의 기능적인 일어서기, 한발 계단 올리기 및 기능 보행의 변화

본 연구의 중재 전, 후 기능적인 일어서기, 한발 계단 올리기 및 기능 보행의 평가를 위하여 5 times sit to standing 이용하여 일어서기 동안 조절 능력과 신체 이동 능력을 평가하였는데 중재 전 31.27초에서 중재 후 30.75로 감소하였고 5 times foot stepper을 통한 한발 계단 이동 검사에서는 중재 전 25.03초에서 중재 후 36.55초로 증가하였으며 기능 보행 평가인 TUG에서는 중재 전 61.66초에서 중재 후 35.69초로

Table 1. General characteristics, physical condition, and medical records of the subject

Variable			Subject
Gender			Female
Age (year)			58
Diagnosis	1st		Lt. hemiparesis d/t Rt. Basal Ganglia ICH
	2nd		Rt. Hemiparesis d/t Lt. Ext. Capsule ICH
Past disease history	DM		No
	HTN		Yes
	Hyperlipidemia		Yes
Neurological Examination	Mental status		Alert
	MMSE (point)		26
	MMT	U/E Proximal	$Fair^{+}$-$Fair^{-}$
		U/E Distal	$Fair^{+}$/ $Poor^{+}$
		L/E Proximal	$Fair^{+}$ / $Fair^{-}$
		L/E Distal	$Fair^{+}$ / $Poor^{+}$
Personal and environmental factors	Work type		Cafeteria work
	Family Relationship		Lives with two sons
	Type of residence		Living in an apartment, using a bed

DM: diabetes mellitus, HTN: Hypertension, MMSE: mini-mental state examination, MMT: manual muscle test, U/E: upper extremity, L/E: lower extremity

Table 2. Comparison of differences between 5 times sit to standing test, 5 times foot step test, and time up and go test before and after PEP intervention

Variable	Before	After	Change
5 times sit to standing test (sec)	31.27	30.75	- 0.52
5 times foot stepper test (sec)	25.03	36.55	+11.52
Time up and go test (sec)	61.66	35.69	-52.97

PEP: proprioception enhancement program

52.97초가 감소하였다(Table 2).

3. 고유감각 증진 프로그램 전후의 누운 자세 및 선 자세의 변화 비교

본 연구는 중재 전, 후 대상자의 누운 자세의 변화를 사진으로 비교하였는데 중재 전, 후 좌우 중심선을 기준으로 오른쪽 고관절의 외회전 및 넙다리갈래근의 위치 및 왼쪽 골반의 경사 크기 및 양쪽 골반의 위앞 엉덩뼈 가시(anterior superior iliac spine; ASIS)의 변화가 있음을 확인하였다(Figure 9). 선 자세에서는 중재 전, 후의 상체 정렬, 골반의 전방 경사, 몸통의 비대칭성, 및 무릎관절의 폄 각도에서 차이를 확인하였다(Figure 10).

Figure 9. Comparison of supine posture before and after SEP intervention

Figure 10. Comparison of standing posture before and after SEP intervention

4. 고유감각 증진 프로그램 전, 후의 앉고 서기 및 계단에 한발 올리기 비교

본 연구는 동작의 질적인 평가를 위하여 앉고 서기 동작을 연속 사진으로 동작의 변화를 확인하였다. 중재 전 몸통의 무릎 앞쪽으로 이동과 굽힘의 양상이 확인되었고 서 자세에서도 무릎관절에서 과도한 폄(hyperextension)이 확인되었다. 중재 후 몸통의 적은 굽힘으로 선 자세로 이동하는 것을 확인하였고 선 자세에서의 무릎관절의 폄이 개선됨을 확인하였다(Figure 11A, B, D, E). 그리고 계단에 한발 올리기는 중재 전 왼쪽 하지의 불안정성으로 고관절의 내회전, 몸통의 굽힘과 시각의 과도한 보상을 확인하였다. 중재 후 고관절의 내회전이 변화되었고 몸통의 폄과 시각 보상의 감소를 확인하였다(Figure 11C, F).

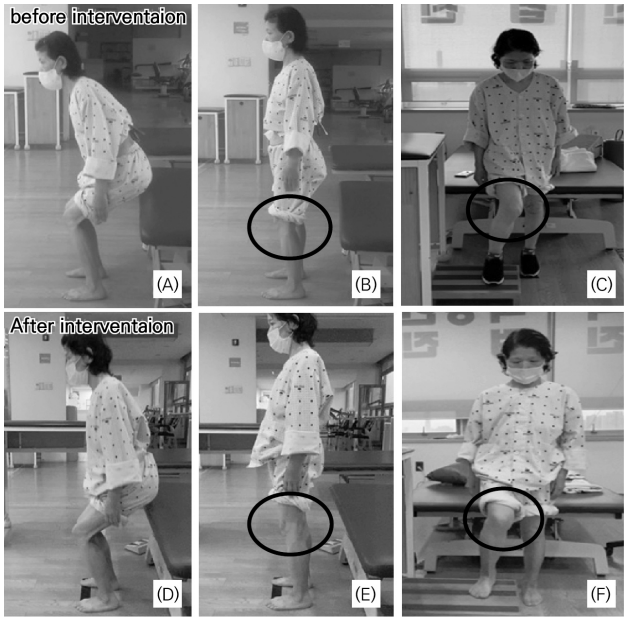

Figure 11. Comparison of sitting posture, standing posture and foot stepper posture before and after SEP intervention.

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 접촉감과 근육 및 관절 정보를 포함하는 몸감각 정보의 활성화가 신체의 자세 안정성, 역동성인 자세변화 및 보행에 어떠한 도움을 주는지 사례를 통해 알아보고자 하였다. 선행연구에서 인간의 자세조절은 기능적인 활동에 있어 기저면을 통해 외부 환경 및 조건에 맞게 신체의 무게중심을 유지하는데 이를 위하여 신체 각 분절의 위치를 인식하고 이를 기반으로 효과적인 신체 위치를 유지할 수 있다. Mansion은 자세조절 체계에는 두 가지 주요 요소를 포함하는데 이는 외부 환경에서 신체를 지각하고 기능적인 과제를 수행하는데 있어 몸통의 골격과 근육체계가 사지의 움직임에 선행하여 조절되고[12] 과제수행에 필요한 움직임과 개인 환경에 따라 자세안정성에 요구되는 특성에 차이를 갖는 것이다.[13] 이러한 자세조절 체계는 외부환경에 적절하게 안정성을 확보하여 보행과 같은 역동적인 기능활동을 수행하는 데 있어 중요하게 작용한다. 선행연구에서 몸감각 체계가 자세 안정성에 미치는 영향을 평가하고자 불안정한 자세를 유도한 후 무게중심점을 측정하였는데 이를 통해 몸감각 체계는 자세안정성에 도움을 주는 중요한 요소라 설명하였다.[14] 특히 Nadeau 등의 연구에서 고유감각은 자세조절 능력 및 보행에 중요한 변수로 고려되는데 고유감각의 감소는 정상적인 보행주기의 효율성을 감소시킨다고 하였다.[15] Eun 등은 뇌성마비 대상자의 부적절한 신체정렬은 근육의 근 길이 변화와 속도 변화에 정보를 받지 못하여 적절한 자세조절을 방해하는 요소로 작용한다고 보고하였다.[16] 이러한 연구를 통하여 적절한 근 길이의 경험과 회복을 통한 고유감각 정보의 감각되먹임은 다른 자세를 전환하거나 자세안정화에 도움을 줄 수 있다고 판단된다. 본 연구에서는 고유감각에 손상을 가진 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 체계적인 고유감각 증진 프로그램을 세분화하여 2주간 집중적으로 적용하였다. 연구결과, 누운 자세 및 서 자세와 같은 정적인 자세안정성 뿐 만 아니라 앉고 서기, 계단 위에 발을 올려 놓은 역동적인 자세조절에서도 긍정적인 변화를 확인할 수 있었다. 일반적으로 체감각 손상을 동반한 뇌졸중 환자는 회복과정에서 자세를 유지하는데 시각 및 안뜰감각에 의존하여 신체조절하는 경향을 보인다. 이러한 특성은 몸감각 체계를 통해 중력에 대응하고 움직임을 수행하는 것보다 정교한 동작 및 보상 안정적인 신체 정렬과 자세안정성을 지원하는 근 활동에 차이를 보인다. 이러한 감각의 편중성은 결과적으로 역동적인 자세 변화의 비효율성과 시간 지연 등으로 나타난다. 본 연구에서는 고육감각 증진 프로그램을 통하여 1차적으로 신체 정렬의 차이를 확인할 수 있었고 앉고 서기와 같은 역동적인 자세 변화의 시간을 단축할 뿐만 아니라 한발 서기와 같은 작은 기저면에서 신체를 유지하는 자세조절 능력 향상에도 긍정적인 차이를 보였다. 이는 기능 보행과 같은 활동에도 긍정적인 변화를 제시하였다. 본 연구의 제한점으로 2주간 5회의 짧은 중재로 대상자의 감각 전략을 개선하는데 시간적으로 부족하였고 프로그램 외의 다른 중재를 제한하는데 어려움이 있었다. 그리고 개별사례연구로 이를 일반화하는데 한계가 있다. 하지만 만성 뇌졸중 환자의 정적인 자세 변화와 역동적인 자세조절을 개선하는데 있어 고유감각 중재의 중요성을 제시하는데 의미가 있다고 판단되고 치료사의 고유감각 정보의 적절한 조작과 지원은 자세조절 능력 및 보행주기를 향상하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. Carr JH, Shepherd RB, Nordholm L, et al. Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. Physical Therapy. 1985;65(2):175-80.
2. Bohannon RW. Gait performance of hemiparetic stroke patients; Selected variables. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1987;68(11):777-81.
3. Dietz V. Huyman neuronal control of automatic functional movement:Interaction between central programs and afferent input. Physiological Reviews. 1992;72(1):33-69.
4. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control 3rd ed. Lippincott Williamas & Wilkins. 2007.
5. Ha CS, Jung MW, Yu DY, et al. The effect of somatosensory training focused on upper limb with trunk muscle stability for upper limb function performance of chronic hemiplegia after stroke case report. Journal of The Korean Society for Neurotherapy. 2016; 20(3): 39-49.
6. Karatas M, Cetin N, Bayramoglu M, et al. Trunk muscle strength in relation to balance and function disability in unihemispheric stroke patients. The American Journal of Medicine. 2004;83(2):81-7.
7. Adler SS, Beckers D, Buck M. PND in practice: an illustrated guide. 2nd ed. Berlin. Springer. 2000:1-16.
8. Hlavacka F, Mergner T, Krizkova M. Control of the body vertical by vestibular and proprioceptive inputs. Brain Research Bulletin. 1996;40(1):431-4.
9. Niam S, Cheung W, Sullivan PE, et al. Balance and physical impairments after stroke. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1999;80(10):1227-33.
10. Podsialdo D, Richardson S. The timed Up & Go : a test of basic functional mobility for trail elderly persons. Journal of the American Geriatrics Society. 1991;39(1):142-8
11. 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.
12. Massion J. Postural control system. Current Opinion in Neurobiology. 1994;4(6):877-87
13. Benda BJ, Riley PO, Krebs DE. Biomechanical relationship between center of gravity and center of pressure during standing. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering.1994;2(1):3-10.
14. Yu M, Eun HI, Piao YJ, et al. Development of a somatosensory stimulation system for the improvement of postural stability. Journal of Control, Automation and Systems Engineering. 2007;13(9):843-9.
15. Nadeau S, Aresenault AB, Gravel D, et al. Analysis to the clinical factors determination natural and maximal gait speeds in adults with a stroke. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 1999;78(2): 123-30.
16. Eun NR, Chang WN, Song BK. Effects of trunk control on sitting posture and standing balance - by adults bobath concept. Journal of The Korean Society for Neurotherapy. 2015;19(3):47-58.