

뇌졸중 환자의 보행속도 향상과 젖힌무릎 개선을 위한 고유수용성신경근촉진법의 적용: 증례보고

신승섭[†]

드림요양병원 재활센터

The Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Gait Speed and Genu Recurvatum
in Stroke Patients
-A Case Report-

Seung-Sub Shin[†]

Department of Physical Therapy, Dream Hospital

Received: November 20, 2014 / Revised: December 5, 2014 / Accepted: December 10, 2014

© 2014 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study is to describe the effects of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) on gait speed and genu recurvatum episodes in stroke patients.

Methods: The patient is a 58-year-old woman with left hemiplegia who presented with genu recurvatum while walking. Each week the patient received two sessions of PNF that each lasted 45 minutes. During a six-week interval the patient underwent therapeutic exercises and occupational therapy five times a week between the two PNF treatments. During each treatment a pre- and post-test (a 4 m walk test) was conducted, the patient described their fear of falling down (10-point visual analogue scale), and the number of genu recurvatum episodes was recorded.

Results: After the first PNF treatment, the fear of falling down was decreased from 8 points to 7 points, and the number of genu recurvatum episodes decreased from 11 to 6. After the second PNF treatment, the fear of falling down decreased from 6 points to 5 points, and the number of genu recurvatum episodes decreased from 5 to 1. The 4 m walking test time also decreased from 30 seconds to 24 seconds.

Conclusion: The PNF treatment is beneficial for reducing the fear of falling down, reducing the number of genu recurvatum episodes, and improving the gait speed of stroke patients.

Key Words: Gait speed, Genurecurvatum, Visual analogue scale

[†]Corresponding Author : Seung-Sub Shin (midline21@hanmail.net)

I. 서론

젓힌무릎 (Genu recurvatum, 전반슬)은 시상면에서 무릎의 과다폄(hyperextension)이 10도를 초과하는 증상으로 뇌졸중 환자의 약 40~68%가 해부학적인 각도를 넘어서는 과다폄을 가지고 있을 정도로 흔한 증상 중의 하나이다(Neumann, 2013; Cooper et al, 2012; Morris et al, 1992). 생체역학적인 관점에서 볼 때 젓힌 무릎은 보행의 입각기(stance phase)에서 발생하는데, 보행이나 서있는 자세에서 지면반발력의 벡터(vector)가 무릎관절의 전방을 지날 때 중력은 무릎관절의 잠김 위치(screw-home motion)를 자연스럽게 보조하여, 무릎관절의 5~10°의 과다폄을 만들어낸다(Bleyenheuff et al, 2010). 그러나 무릎관절의 잠김 위치를 이용한 과다폄이 반복될 경우 넙다리 네갈래근은 약화되고 무릎관절의 후방 구조물들이 과신장되어 손상이 유발된다(Neumann, 2013). 보행 중 나타나는 젓힌무릎은 관절주머니나 반월판과 같은 무릎관절의 후방 연부조직의 손상을 가져올 뿐만 아니라 정상적인 보행패턴을 변형시켜 체간의 편위가 커지고 보폭, 걸음거리, 분속수(cadance) 등에 영향을 주어 보행 중 에너지 소비를 증가시킨다(Kawahara et al, 2012).

뇌졸중 환자의 젓힌무릎을 예방하고 보행을 개선하기 위해 단하지 보조기(ankle foot orthosis)가 널리 많이 사용되고 있다(Fatone et al, 2009). 그러나 Bleyenheuff 등(2010)은 하지에 경직이 있거나 무릎관

절 폼근의 약화가 있는 뇌졸중 환자의 젓힌무릎의 유발을 방지하기 위해 단하지 보조기를 착용하는 것은 효과적이지 못하다고 하였다. 최근 편마비 환자를 대상으로 보행 때 발생하는 젓힌무릎에 관한 연구에서 입각기에 나타나는 젓힌무릎은 하지의 근력과 높은 상관관계가 있다고 보고하였으며(Cooper et al, 2012), 편마비 환자를 대상으로 한 또 다른 연구는 선택적인 하지 근력강화 운동은 뇌졸중 환자의 젓힌무릎의 발생을 현저히 감소시킨다고 하였다(Sheng-hai, 2006).

본 연구(증례보고)는 뇌졸중 환자의 보행속도를 향상시키고, 보행할 때 발생하는 젓힌무릎 개선을 위한 고유수용성신경근축진법 적용방법을 소개하고 적용 후 환자의 보행속도와 젓힌무릎의 변화를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 환자의 병력과 특성

대상자는 2014년 8월 30일 우측 팔, 다리의 마미증상으로 00병원에 입원하여 다발성 뇌경색 진단을 받고, 치료를 받던 중 포괄적 치료를 받기 위해 동년 9월 10일 00병원 입원하여 일일 2회 신경계 운동치료와 작업치료를 받고 있는 58세의 여성으로 상태는 Table 1, 2와 같다. 대상자는 우측 하지의 마비로 인하여 무릎이 자꾸 뒤로 빠지고, 걸을 때 불안하며, 빨리

Table 1. General characteristics of patient

	Age(years)	Gender	MBI	K-MMSE	Proprioception
Han O O	58	Female	56	24	Intact

MBI: Modified Barthel index

K-MMSE: Korea Mini Mental State Exam

Table 2. Muscle strength of lower extremity

Muscle	Hip				Knee		Ankle	
	Flexors	Extensors	Abductor	Adductors	Flexors	Extensors	Flexors	Extensors
MMTG	P ⁺	P	P ⁻	P	P	P	P	P ⁻

MMTG: Manual Muscle Testing Grade

걸질 못해 화장실이나 엘리베이터로 이동하는 것이 불편하다고 호소하였다.

2. 평가방법

대상자가 일상생활에서 화장실이나 엘리베이터가 지 빨리 걷는 것에 어려움을 호소하였기 때문에, 4m 보행검사를 시행하였다. 또한 걸을 때 대상자가 느끼는 두려움의 정도를 평가하기 위해 10점 시각사상척도를 사용하였다. 보행속도 감소의 원인을 젖힌무릎으로 보고 4m 보행검사 때 발생하는 젖힌무릎의 회수를 평가하였다.

1) 4m 보행 검사

치료 전, 후의 보행속도 변화를 알아보기 위해 4m 보행검사를 시행하였다(Kon et al, 2013; Wilson et al, 2013; Muñoz-Mendoza et al, 2011; Bohannon, 1997). 4m 보행검사를 위해 검사자는 편평한 바닥에 가속구간 1m, 측정구간 4m 그리고 감속구간 1m 각각 표시해 두었다. 대상자는 검사자의 “편안하게 걸으세요”라는 구두지시를 듣고 각각 1m의 가속구간, 4m의 측정구간, 1m의 감속구간을 지나는 총 6m를 걸었다. 이때 검사자는 측정 구간 4m를 지나는 시간을 측정하였으며, 연습 없이 1회 측정된 값을 사용하였다.

2) 10점 시각사상척도(10-point visual analogue scale)

환자가 느끼는 두려움의 정도를 평가하기 위해 10점 시각사상척도를 사용하였다(Lee et al, 2012; Hellstrom & Lindmark, 1999). 대상자는 10점 시각사상척도에 대한 충분한 설명을 들은 뒤 보행검사를 시행한 후, 가로 18cm, 세로 5cm의 크기의 10점 시각사상척도를 보고, 대상자가 스스로 구두로 숫자를 말하도록 하였다.

3) 젖힌무릎의 평가

보행 때 발생하는 젖힌무릎을 평가하기 위해 카메라로 촬영한 동영상을 이용하였다(Götz-Neumann, 2011). 4m 보행검사를 하는 동안 대상자가 측정구간을

지날 때 오른쪽 측면 대상자로 부터 5m 떨어진 위치에서 800만 화소의 카메라를 이용하여 대상자의 보행을 촬영하였다. 촬영된 동영상은 15인치 모니터를 통해 영상으로 재생하였으며, 재생되는 영상을 보고 오른쪽 다리의 입각기의 횡수를 관찰하였고, 입각기 동영상을 다시 느린 화면과 정지 화면으로 관찰하여 젖힌 무릎의 유무를 판단한 후 젖힌무릎의 총 횡수를 숫자로 표시하였다.

3. 치료 방법

대상자는 OO병원에 입원하여 신경계 운동치료와 작업치료를 받아오던 뇌졸중 환자로 2014년 10월 17일 1차 치료를 45분간 고유수용성신경근촉진법을 적용하였다. 다시 약 6주 후 11월 26일 2차 치료를 45분간 고유수용성신경근촉진법 치료를 적용하였다. 치료는 주로 복근, 엉덩관절 별립근과 폼근 그리고 무릎관절 폼근의 근력을 강화시키고, 하지의 체중지지 능력 향상에 중점을 두었다. 치료는 무게중심이 낮고, 지지기 저면이 넓은 누운 자세에서 시작하여 점진적으로 무게 중심이 높고, 지지기저면이 좁은 앉은 자세 그리고 선 자세로 진행하였다. 하부체간의 안정성과 하지의 올바른 체중지지 경험을 위해 환자는 Fig. 1과 같이 발바닥으로 벽을 미는 변형된 Hooklying 자세를 취하였고, 치료사는 무릎관절에 Stabilizing reversal 테크닉을 적용하여 하부체간과 엉덩관절의 안정성 증가시켰으며, 하지와 발바닥에 올바른 체중지지를 경험시켜 주었다. 반대쪽 하지의 Flexion-abduction-internal rotation with knee flexion에 Combination of isotonic 적용하여 Irradiation을 통한 마비측 하지의 체중지지 능력과 무릎관절 폼근, 엉덩관절 별립근과 폼근의 근력을 증가 시켰다. 보행과 유사한 체중지지 경험을 위해 무릎관절과 엉덩관절을 더 폼 자세에서도 적용하였다(Fig. 2). 2차 치료에서는 보행 중 마비측의 올바른 부하반응 (loading response)을 학습시키기 위해 Sidelying에서 Fig. 3과 같이 골반의 엉덩뼈능선(ilic crest) 뒤쪽에서 마비측의 엄지 발가락 쪽으로 향하는 저항을 주어 무릎폼근의 원심성 조절력과 부하반응 능력을 촉진하였

다. 처음에는 비마비측 다리를 마비측과 나란히 아래에 두어 체중지지를 좀 더 쉽게 수행할 수 있도록 하였고, 점차 비마비측 다리를 전유각기(pre-swing)로 만들어 선자세의 보행과 유사한 자세에서 무릎뼈근의 원심성 수축력을 촉진하였다. 체중중심이 높은 자세에서 하지의 체중지지 능력을 향상시키기 위해 침상에 걸터앉은 위치에서 몸통의 펴 동작에 Combination of

isotonics을 이용한 Irradiation을 적용하였다(Fig. 4). 특히 마비측의 엉덩관절 펴근과 벌림근의 근력을 증가시키기 위해 마비측 하지의 뒤바깥쪽에 저항을 주어 몸통 펴 동작으로 발생하는 Irradiation이 엉덩관절 펴근과 벌림에 집중되도록 하였다. 2차 치료 때는 선자세에서 비마비측 골반에 저항을 주어 마비측 하지의 체중지지 능력을 향상시켰다(Fig. 5).



Fig. 1. Facilitating lower trunk stability (Stabilizing Reversal)



Fig. 2. Facilitating supportive function on the Rt. leg (Irradiation from Lt. leg)



Fig. 3. Facilitating loading response of Rt. leg



Fig. 4. Facilitating supportive function on the Rt. leg (Irradiation from trunk)



Fig. 5. Facilitating supportive function on the Rt. leg (Irradiation from pelvis)

III. 연구 결과

1차 치료 후 젖힌무릎의 횡수는 11회에서 6회로, 낙상 두려움은 8점에서 7점으로 감소하였으며 보행속도는 27초에서 32초로 증가하였다. 6주 뒤 시행한 2차 치료에서 보행속도는 30초에서 24초로 6초 감소하였으며, 낙상 두려움 6에서 5로 감소하였고, 젖힌무릎의 횡수도 5회에서 1회로 줄었다.

IV. 고 찰

뇌졸중이나 외상성 뇌손상으로 인한 편마비 환자들의 약 50%가 보행 때 젖힌무릎 양상을 보인다(Hogue & McCandless, 1983). 젖힌무릎의 원인은 다양하지만 대표적인 원인으로 근력의 약화(복근, 볼기근, 무릎 굽힘근과 펴기근 등), 움직임의 제한(엉덩관절 펴기, 발등굽힘), 체중지지 때 유발되는 통증 그리고 무릎관절의 고유수용성감각의 결손 등을 들 수 있다

(Bleyenheuft et al, 2010). 생체역학적인 관점에서 무릎관절 펴기근의 약화는 보행의 부하반응(loading response) 때 무릎이 앞으로 쓰러지게 되는데, 이것을 방지하기 위한 보상전략으로 무릎을 미리 펴서 지면반발력(ground reaction force)의 벡터가 무릎보다 앞에 위치하도록 하는 것이다. 또한 하지에 경직(spasticity)이 있는 경우 무릎관절 굴곡의 원심성 조절이 어려워 정상적인 무릎관절 굽힘 대신 펴기 현상이 나타나기 때문에 젖힌무릎이 유발된다. 볼기근(gluteal muscle)의 약화나 복근의 약화는 골반의 전방경사(anterior tilt)와 요추부위에 전만(lordosis)를 증가시켜 선 자세에서 무릎관절의 과도한 펴기 현상을 유발하는데 특히 요추 5번의 손상으로 신경학적 문제가 있는 환자들에게서 전형적으로 나타나는 증상의 하나이다(Neumann, 2013). 젖힌무릎을 유발하는 또 다른 원인 중에 하나는 뒤넙다리 근육(hamstring muscles)의 약화이다. 뒤넙다리 근육은 짧아지는 경향을 보이는 근육으로 특히 뇌성마비 아동의 경우 치료를 위한 과도한 긴장으로 인하여 약해지는 경우가 있는데, 이 경우 선자세에서 뒤넙다리 근육의 적절한 수축력을 발휘하지 못해 젖힌무릎이 나타나게 된다(Gage, 2004). 보행 때 입각기에서 발목관절의 발등 굽힘은 정상적으로 약 5~10° 정도 나타나는데 종아리 근육 등의 단축으로 발목관절의 발등 굽힘이 제한 받게 될 경우 발목에서의 제한된 움직임을 보상하기 위해 무릎관절의 과도한 펴기 현상이 유발하게 된다(Perry & Burnfield, 2010). 이외에도 고유수용성 감각의 결여, 운동조절의 결손 또는 입각기 때 정강이의 전방이동으로 야기되는 통증도 젖힌무릎을 유발하는 주된 원인이 된다(Bleyenheuft et al, 2010; Perry & Burnfield, 2010). 이러한 다양한 원인에도 불구하고,

Table 3. Comparison of parameters between before and after treatments

		4m walking speed (sec.)	10-point visual analogue scale	Number of times of genu recurvatum
1 st treatment	pre-test	27	8	11
	post-test	32	7	6
2 nd treatment	pre-test	30	6	5
	post-test	24	5	1

뇌졸중 환자의 젖힌무릎을 치료하기 위해 보조기, 바이오피드백(biofeedback) 훈련 그리고 다채널 기능적 전기자극 등이 제안되어 왔다. Morinaka 등(1984)은 단하지 보조기는 뇌졸중환자의 젖힌무릎 치료에 효과적이지 않으며, 장하지 보조기가 효과적이라 제안하였다. 다른 연구에서 장하지 보조기를 약 20개월 정도 착용한 집단은 그렇지 않은 집단과 비교할 때 보행의 입각기의 시공간 지표가 유의하게 향상되었다(Boudarham et al, 2013). 전자관절각도계를 이용한 바이오피드백 훈련 연구에서 12회 치료 후 뇌졸중 환자들의 젖힌무릎의 각도가 유의하게 감소되었으며, 평균 효과가 12개월 정도 지속되었다(Basaglia et al, 1988). 그러나 이러한 치료법들은 환자가 가지고 있는 다양하고 복합적인 원인을 고려한 치료가 아니라 단순히 젖힌무릎의 증상을 없애기 위한 방법들이다(Bleyenheuft et al, 2010).

고유수용성신경근축진법은 근골격계 손상 환자의 관절가동범위 증진과 근력향상을 위해 널리 사용되어왔다(Kirmizigil et al, 2014). 그러나 최근 고유수용성신경근축진법을 적용한 신경계손상 환자의 신체기능과 일상생활활동의 증진에 대한 다양한 연구가 보고되고 있다. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서 고유수용성신경근축진법 치료 후 기능적 독립 측정(functional independence measure)을 이용한 운동기능 평가에서 유의한 향상을 보였다(Ribeiro et al, 2013). Klimkiewicz 등(2013)은 운동치료와 고유수용성신경근축진법을 병행한 치료가 운동치료만 수행한 집단보다 경직감소와 일상생활 향상에 더 효과적이라고 보고하였으며, 뇌졸중 환자를 대상으로 한 무작위 대조군 연구에서 키네시오 테핑을 병행한 고유수용성신경근축진법 치료를 하루 30분, 주 3회, 4주간 적용한 집단이 신경계운동치료만 적용한 집단보다 보행(10m 보행 속도)과 균형(버그균형척도)에서 유의한 향상을 보였다(Choi, 2013).

본 증례보고는 병원에서 운동치료를 받고 있는 뇌졸중 환자에게 45분간 고유수용성신경근축진법 치료(1차 치료)를 적용한 뒤 치료 전과 후의 보행속도, 보행

때 느끼는 낙상의 두려움, 젖힌무릎의 횡수 등의 변화를 측정하였다. 그 후 다시 6주간 신경계운동치료와 작업치료를 수행한 후 동일한 절차로 2차 치료를 하였으며, 치료 전, 후의 변화를 측정하였다. 1차 치료 후 대상자의 젖힌무릎의 횡수는 11회에서 6회로, 낙상 두려움은 8점에서 7점으로 감소하였다. 그러나 보행 속도는 27초에서 32초로 증가하였다. 하지 근력강화와 체중지지를 중심으로 한 고유수용성신경근축진법 치료 후 대상자의 보행 때 발생하는 젖힌무릎의 횡수가 감소되었지만 마비측 하지에 체중을 지지하는 시간이 증가하여 보행의 속도가 감소된 것으로 보인다(Burgess et al, 2010). 6주 뒤 시행한 2차 치료에서 보행 속도는 30초에서 24초로 6초 감소하였으며, 낙상 두려움은 6에서 5로 감소하였고, 젖힌무릎의 횡수도 5회에서 1회로 감소하였다. 1차 치료 후 6주간의 신경계운동치료와 작업치료도 보행속도, 낙상에 대한 두려움, 젖힌무릎 횡수 모두 각각 32초에서 30초, 7점에서 6점, 6회에서 5회로 감소되는 변화를 보였다. 이러한 변화가 2차 치료의 효과에 긍정적인 영향을 준 것으로 여겨진다. 고유수용성신경근축진법의 철학은 긍정적인 접근(positive approach), 기능적인 접근(function approach), 전체적인 사람(whole person), 잠재력의 가동(mobilize reserve) 그리고 운동조절 및 학습(motor control and learning)으로 구성 되어있다. 전체적인 사람의 관점에서 대상자의 약화된 하지 근력을 증가시키고 보행 때 체중지지 능력을 향상시키기 위해 비마비측의 강한 근력을 이용하여 마비측에 닫힌 사슬 자세에서 하지근력과 체중지지 능력을 향상시켰다. 기능적인 접근과 잠재력의 가동 관점에서 앉은 자세나 선자세에서 하지의 체중지지 능력을 향상시켰으며, 운동조절 및 학습관점에서 체중지지에 필요한 근육들의 동원순서와 적절한 수축 시기 등을 학습시켜 주어 대상자 스스로 조절할 수 있는 기회를 제공하였다. 이러한 치료적 접근이 대상자의 보행속도와 젖힌무릎 개선에 긍정적인 영향을 준 것으로 여겨진다.

본 증례보고는 측정구간을 짧게하여 근력의 변화를 자세히 평가하지 못한 제한점이 있으며, 향후 연구

에서는 고유수용성신경근축진법의 효과를 증명하기 위한 보다 세밀한 평가가 필요할 것으로 사료된다. Michaels(2005)은 임상치료사는 임상적인 치료의 측면을 기술하는 증례보고를 작성할 수 있는 이상적인 환경에 있으며, 증례보고는 미래의 연구방향을 발전시키는 기초를 제공할 수 있다고 강조하였다. 본 증례 보고는 단일 대상자의 치료효과를 보고한 것으로 치료효과의 근거를 충분히 제시하지 못하였으며, 상태와 병력이 다른 환자에게 일반화시키기에는 어려운 면이 있다. 향후 연구에서는 치료의 효과를 충분히 증명하기 위해 많은 대상자를 연구에 포함시키거나 단일피험자설계(single subject design) 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

V. 결론

본 연구(증례보고)는 뇌졸중 환자의 보행속도를 향상시키고, 보행 때 발생하는 젖힘무릎을 개선하기 위한 고유수용성신경근축진법의 임상적 적용방법과 그 효과를 알아보려고 하였다.

1차 고유수용성신경근축진법 치료 후 보행 때 느끼는 낙상의 두려움과 젖힘무릎의 횡수가 감소되었으며, 2차 고유수용성신경근축진법 치료 후에는 보행 때 느끼는 낙상의 두려움과 젖힘무릎의 횡수가 감소되었으며, 보행속도도 증가되었다.

향후 연구에서는 고유수용성신경근축진법의 효과를 증명하기 위한 보다 세밀한 평가나 단일피험자설계 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

Basaglia N, Mazzini N, Boldrini P, et al. Biofeedback treatment of genu-recurvatum using an electrogoniometric device with an acoustic signal. One-year follow-up. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*.

1998;21(3):125-130.

Bleyenheuft C, Bleyenheuft Y, Hanson P, et al. Treatment of genu recurvatum in hemiparetic adult patients: a systematic literature review. *Annals of physical and rehabilitation medicine*. 2010;53(3):189-199.

Bohannon R. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*. 1997;26(1):15-19.

Boudarham J, Zory R, Genet F, et al. Effects of a knee-ankle-foot orthosis on gait biomechanical characteristics of paretic and non-paretic limbs in hemiplegic patients with genu recurvatum. *Clinical Biomechanics*. 2013;28(1):73-78.

Burgess J, Weibel G, Brown D. Research Overground walking speed changes when subjected to body weight support conditions for nonimpaired and post stroke individuals. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2010;7(6):doi: 10.1186/1743-0003-7-6.

Choi Y, Nam C, Lee J, et al. The Effects of Taping Prior to PNF Treatment on Lower Extremity Proprioception of Hemiplegic Patients. *Journal of physical therapy science*. 2013;25(9):1119-1122.

Cooper A, Alghamdi G, Alghamdi M, et al. The relationship of lower limb muscle strength and knee joint hyperextension during the stance phase of gait in hemiparetic stroke patients. *Physiotherapy Research International*. 2012;17(3):150-156.

Fatone S, Gard S, Malas B. Effect of ankle-foot orthosis alignment and foot-plate length on the gait of adults with poststroke hemiplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2009;90(5):810-818.

Götz-Neumann K. Gehen verstehen: Ganganalyse in der Physiotherapie. *Georg Thieme Verlag*. 2011.

Gage J. The treatment of gait problems in cerebral palsy. *Mac Keith*. 2004.

Hellstrom K, Lindmark B. Fear of falling in patients with stroke: a reliability study. *Clinical rehabilitation*.

- 1999;13(6):509-517.
- Hogue R, McCandless S. 1983. Genu recurvatum: auditory biofeedback treatment for adult patients with stroke or head injuries. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1983;64(8):368-370.
- Kawahara K, Sekimoto T, Watanabe S, et al. Effect of genu recurvatum on the anterior cruciate ligament-deficient knee during gait. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2012;20(8):1479-1487.
- Kirmizigil B, Ozcaldiran B, Colakoglu M. Effects of Three Different Stretching Techniques on Vertical Jumping Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(5):1263-1271.
- Klimkiewicz P, Kubsik A, Jankowska A, et al. The effect of standard kinesiotherapy combined with proprioceptive neuromuscular facilitation method and standard kinesiotherapy only on the functional state and muscle tone in patients after ischaemic stroke. *Polski merkurusz lekarski*. 2013;35(209):268-271.
- Kon S, Patel M, Canavan J, et al. Reliability and validity of 4-metre gait speed in COPD. *The European respiratory journal*. 2013;42(2):333-340.
- Lee K, Chao Y, Yiin J, et al. Evidence that music listening reduces preoperative patients' anxiety. *Biological research for nursing*. 2012;14(1):78-84.
- Michaels M. Research in the era of evidence-based practice, In: Connolly & Montgomery P(ed): Therapeutic exercise in developmental disabilities 3rd. SLACK. 2005.
- Morinaka Y, Matsuo Y, Nojima M, et al. Biomechanical study of a knee-ankle-foot-orthosis for hemiplegic patients. *Prosthetics and orthotics international*. 1984;8(2): 97-99.
- Morris M, Bach T, Goldie P. Electrogoniometric feedback: its effect on genu recurvatum in stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1992;73(12): 1-10.
- Muñoz-Mendoza C, Cabañero-Martínez M, Millán-Calenti J, et al. Reliability of 4-m and 6-m walking speed tests in elderly people with cognitive impairment. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2011;52(2):e67-e70.
- Neumann D. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. Elsevier Health Sciences. 2013.
- Perry J, Burnfield J. Gait analysis: normal and pathological function. 2nd edition. Slack. 2010.
- Ribeiro T, Britto H, Oliveira D, et al. Effects of treadmill training with partial body weight support and the proprioceptive neuromuscular facilitation method on hemiparetic gait: a randomized controlled study. *European journal of physical and rehabilitation medicine*. 2013;49(4):451-461.
- Sheng-hai G, Chao-min N, Rui H, et al. Preventive and therapeutic effect of early isolated and resisted movement training on stroke genu recurvatum and hemiplegic gait. *Chinese Journal of Clinical Rehabilitation*. 2006;10(36):33-35.
- Wilson C, Kostsuca S, Boura J. Utilization of a 5-Meter Walk Test in Evaluating Self-selected Gait Speed during Preoperative Screening of Patients Scheduled for Cardiac Surgery. *Cardiopulmonary physical therapy journal*. 2013;24(3):36-43.