

Original Article

Open Access

고유수용성신경근촉진법을 적용한 상하지 협응 운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력에 미치는 효과

조혁신 · 차현규[†] · 신효섭²

익산미소재활병원 재활센터, ¹경북전문대학교 물리치료과, ²익산병원 재활센터

The Effects of PNF Upper- and Lower-Limb Coordinated Exercise on the Balancing and Walking-Abilities in Stroke Patients

Hyuk-Shin Cho · Hyun-Gyu Cha[†] · Hyo-Seop Shin²

Rehabilitation center, Iksan Miso Rehabilitation Hospital

¹Department of Physical Therapy, Kyungbuk College

²Rehabilitation center, Iksan Hospital

Received: November 1, 2016 / Revised: November 28, 2016 / Accepted: November 28, 2016

© 2017 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: This study examined the effects of upper- and lower-limb coordinated exercise with proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) on stroke patients' recovery of their balancing and walking abilities.

Methods: This study was conducted with 30 patients aged at least 60 years and diagnosed with stroke. The patients were randomly assigned to either a PNF upper- and lower-limb coordinated exercise group of 15 patients or an aero-step balance exercise group of 15 patients. To test the subjects' balancing and walking abilities, balancing ability tests and 10-m walking speed tests were conducted before and after the interventions. The patients performed their respective exercises for 30 minutes per session, three times per week for four weeks. The PNF exercise group performed six stages of exercise consisting of a combination of PNF patterns such as sprinting, skating, and striking. The six stages (right striking, right skating, right sprinting, left striking, left skating, and left sprinting) were performed continuously with a rest period of 1 min. after training for 4 min. The exercises for the aero-step balance group consisted of balancing in a two-leg standing position, weight shifting in a two-leg standing position, one-leg standing, squat exercises, marching in place, and squatting on an aero step.

Results: The PNF exercise group showed significant improvements in their balancing ability evaluations compared to the aero-step balance group and also showed significant improvements in their 10-m walking speed tests.

Conclusion: Based on the results of this study, PNF upper- and lower-limb coordinated exercise resulted in clinical improvements of stroke patients' balancing and walking abilities. Therefore, this type of exercise is recommended as a clinical

[†]Corresponding Author : Hyun-Gyu Cha (guychk@naver.com)

intervention for the recovery of stroke patients' lower-limb function. Future studies should be conducted with longer intervention periods and more subjects to generalize the study results.

Key Words: Balance, Gait, Inter-limb coordinated exercise

I. 서론

뇌졸중 환자의 보행은 중추신경계의 손상으로 인해 균형 및 자세조절 장애가 나타난다. 이러한 이유로 마비측 하지의 운동조절 능력을 보상하기 위해 비마비측 하지의 대상작용이 나타나면서 정상적인 보행능력에 어려움을 나타낸다(Bensoussan et al., 2006). 뇌졸중 생존자의 2/3가 보행 장애를 가지며(Shaughnessy et al., 2005), 정상인과 비교하여 나타나는 보행의 가장 큰 특징은 보행속도와 분당걸음수의 감소, 보장의 감소, 그리고 양 하지의 비대칭성이다(Melvyn et al., 2007). 이로 인한 비정상적인 보행은 뇌졸중 환자의 독립된 일상생활능력과 질병예후에 부정적인 영향을 나타낸다(Barbeau & Visintin, 2003). 따라서 뇌졸중 환자의 독립적인 보행 능력은 기능적 회복에서 가장 중점적으로 고려하는 요인 중 하나이다(Duncan et al., 2003).

균형은 최소한의 동요(perturbation)로 지지면내에서 신체의 중력 중심을 유지하는 능력으로, 균형을 유지하기 위해서는 정상적인 감각입력, 고위중추에서의 하지 근육 약화는 균형 유지에 부정적 영향을 미치는 중요한 요인 중의 하나로, 낙상의 위험을 증가시키게 된다. 뇌졸중 환자의 하지 근력 증진을 통해 균형을 향상시키는 재활 치료적 접근 방법으로는 시각적 피드백 훈련, 과제 지향 훈련, 보바스 접근법, 고유수용성 신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF) 등이 널리 사용되고 있다(Bottomley & Lewis, 2003). 이러한 치료 방법들 중 PNF는 특유의 나선형 및 대각선 패턴을 사용하여 고유수용기를 자극함으로써 신경근 반응을 촉진하여 기능적 움직임을 증진시키는 방법으로 신경근육계 자극 반응을 통해 협응력을 증가시켜 운동단위가 최대한 반응하도록 함으로써

근력, 유연성, 균형 능력을 증진시킬 수 있는 효과적인 기법으로 알려져 있다. 그 중 PNF를 이용한 상하지 협응 운동은 Dietz (2009)가 스프린터, 스케이트 타는 사람을 형상화하여 상하지 협응 운동을 체계화 하였다. 또한 스프린터, 스케이터에 PNF의 내려치기(chopping)를 추가하여 순환식 운동 프로그램을 정형화 하였고, 이 운동 프로그램을 협응 운동이라 하였다. 협응 운동은 상하지의 상호 교대적 및 대칭성 협응패턴의 연속적 실행이다. 선행연구에서 스프린터와 스케이터를 여성노인에게 적용한 결과 보행, 균형, 하지 근력, 도구적 일상생활수행능력에 긍정적인 효과가 있었고(Kim, 2012), 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF 상하지 협응 운동을 적용한 결과 보행과 균형능력 향상에 도움이 되었다고 보고하였다(Cho, 2014).

임상에서 뇌졸중 환자의 보행 및 이동능력을 증진시키는 다양한 물리치료적 접근이 이루어지고 있다. 그 중 에어로 스텝을 이용한 균형운동이 이루어지고 있으며, 이는 무게 중심이 고정되지 않아 다 방향성 운동으로 간주 된다. 불안정한 지지면에 대응하여 균형을 유지함으로써 몸감각계, 안뜰계를 자연스럽게 활성화시키고, 신경근의 활성화에 효과적이라고 보고 하였다(Lee, 2007). 또한 뇌졸중 환자의 균형능력 및 고유수용성감각 근력을 회복하는데 효과적이다(Ruiz & Richardson, 2005).

대부분의 PNF 협응 운동은 주로 양쪽 상지의 협응에 초점이 맞추어졌으며, 양쪽 하지의 협응 또한 국한적으로 다루어져 왔다. 하지만 같은 쪽 다리와 팔의 조합을 통한 협응 운동인 동측성 협응(ipsilateral coordination) 운동과 서로 다른 쪽의 다리와 팔의 조합을 이용한 대칭성 협응(contralateral coordination) 운동과 같은 사지 간 협응 훈련에 대한 연구는 미비하였다.

협응 운동에 관한 기존 선행 연구들은 상지 또는 하지의 동종 협응 훈련에 초점을 맞추었고, 팔 다리를 이용한 사지 간 협응 훈련도 멈추어 있는 자세에서의 동작의 반복에 머물러 있었다는 제한점을 가지고 있다. 본 연구는 선행 연구들의 제한점을 해결하기 위해서 사지 간 협응 체계를 보행의 주기에 맞는 협응적 패턴 운동을 이용하였다.

PNF에서 제시했던 각 분절 패턴을 통합하여 사지 간 협응 체계로 정형화 한 것이 스프린터(sprinter), 스케이터(skater)이다(Dietz, 2009). 본 연구는 협응의 여러 형태 중 대칭성 사지 간 협응 체계를 정상 보행의 특성에 맞게 체계화하였으며, 이러한 상하지 협응 운동이 뇌졸중 환자의 균형과 보행 능력에 미치는 효과를 입증하기 위하여 실시되었다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 발병 후 3개월 이상 경과한 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 하였으며, 보조기구 없이 독립 보행이 가능한 자, 간이 정신상태 검사(mini-mental state examination-Korean version) 점수가 24점 이상인 자, 연구 결과에 영향을 미칠 수 있는 심·호흡계 질환이나 정형외과적 질환이 없는 자, 그리고 실험에 참여할 것을 서면으로 동의한 자로 하였다. 실험 전 대상자들에게 실험 절차에 대하여 충분한 설명을 하였으며, 프로그램의 초기 평가나 최종 평가에 누락된 경우와 출석률이 50% 이하인 경우는 연구에서 제외하였다.

2. 측정 방법 및 도구

1) 균형능력평가

동적 균형 능력을 측정하기 위하여 균형 측정기를 이용하였다. 대상자의 동적 균형 능력(Balance system, Biodex, USA)은 안정 지수(stability index)로 나타냈으며, 이는 생체역학을 기준으로 몸의 중심으로부터 벗

어난 이탈 각도를 의미한다. 안정지수로 균형 능력의 변화를 알 수 있으며, 수치가 높을수록 자세 동요(disturbance)가 많이 일어났다는 것을 의미한다. 검사 전 대상자는 고정된 발판에 올라가 양 발로 서도록 한 다음 장비에 적용할 수 있도록 3번의 준비 연습을 한 후 검사를 시작하였다. 검사는 30초 동안 진행되었으며 낙상의 위험 요소가 가장 적은 레벨 8에서 검사를 실시하였다. 또한 치료 전과 후에 각각 3회 측정하여 균형 능력의 평균값을 산출하였다.

2) 10m 보행 속도 검사

보행 속도를 알아보기 위해 10m 걷기 검사를 실시하였으며, 총 13m의 구간을 걸어가는 동안 미리 정해 놓은 출발지점과 도착지점에서 각각 1.5m의 구간을 제외한 10m 구간을 이동하는데 소요된 시간을 초시계를 이용하여 측정하였다. 실험 대상자들은 평상시의 보행속도로 보행로의 마지막 도착지점까지 걸을 것을 사전에 교육하였다. 10m 거리에 대한 보행 속도의 측정은 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도($r=0.89\sim 0.100$)가 높은 것으로 보고되었다.

3. 실험 절차

연구 대상자들은 동전 던지기를 통한 무작위 방법에 따라 실험군 15명, 대조군 15명을 무작위로 배정하였다. 실험군은 PNF 상하지 협응 운동을 실시하였고, 대조군은 에어로스텝 균형운동을 실시하였다. 두 군 모두 하루 30분씩 주 3회, 총 4주간 각각 훈련을 실시하였다.

중재기간 동안 실험군에게 상하지 협응적 패턴 운동을 실시하였다. 실험군의 실험은 스프린터, 스케이터 운동 방법과 협응적 패턴 운동에 대한 이론 교육과 실기 교육을 45시간 이상 이수한 자로, 실험 전 5시간의 추가교육을 받은 2년차 이상의 물리치료사로 하였다. 중재 기간은 4주, 주 3회 진행되었으며, 1회 30분이었다. 중재 시간 중 초기 10분은 균형과 보행에 목적을 둔 일반적인 중추신경계 발달 치료를 진행하였으며, 20분 동안 상하지 협응적 패턴 운동을 실시하였다.

상하지 협응적 패턴 운동은 4주 동안 점진적으로 난이도를 조절하였다. 초기 1-2주는 앉은 자세 협응적 패턴 운동 10분, 선 자세 협응적 패턴 운동 10분 진행되었으며, 3-4주는 선 자세 협응적 패턴 운동 10분, 순환식 협응적 패턴 운동 10분 실시하였다.

협응적 패턴 운동은 앉은 자세와 선 자세에서 각각 오른쪽 스프린터, 왼쪽 스프린터, 오른쪽 스케이터, 왼쪽 스케이터, 오른쪽과 왼쪽 스프린터 교대 운동, 오른쪽과 왼쪽 스케이터 교대 운동, 오른쪽 스프린터와 스케이터 교대 운동, 왼쪽 스프린터와 스케이터 교대운동 8단계를 각각 10회 3세트 진행되었고, 순환식 협응적 패턴 운동에서는 오른쪽 내려치기, 오른쪽 스케이터, 오른쪽 스프린터, 왼쪽 내려치기, 왼쪽 스케이터, 왼쪽 스프린터를 실제 보행주기에 맞게 연속적으로 시행하였으며, 4분 훈련 후 1분의 휴식이 주어졌다. 중재기간 동안 대조군에게는 준비 운동, 양발서기 균형 잡기, 양발 서서 중심 이동하기, 한발서기, 스퀴트 운동, 제자리 걷기, 쪼그려 앉기, 정리운동과 같은 에어로 스텝 균형 운동이 적용되었다. 4분 훈련 후 1분의 휴식 시간이 주어졌다(Cho, 2014).

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 18.0 for Windows 프로그램을 이용하여 통계처리 하였다. 각 군의 중재 전·후의 차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정 (paired t-test)을 실시하였으며, 두 군 간의 전·후 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참가한 참가자들은 60세 이상 뇌졸중 환자는 총 30명이었다. 대상자들의 평균나이는 실험군 67.24±6.57세, 대조군 69.34±3.84세, 신장은 실험군 166.92±5.62cm, 대조군 168.12±3.96cm, 몸무게는 실험

군 63.54±2.41kg, 대조군 62.87±4.36kg 이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects (Mean±SD)

	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)
Age (yrs)	67.24±6.57	69.34±3.84
Height (cm)	166.92±5.62	168.12±3.96
Weight (kg)	63.54±2.41	62.87±4.36

2. 중재 전·후 균형 능력 비교

각 군 간 비교에서 중재 전후 두군 모두 모든 변수에서 유의한 감소를 보였으며(p<0.05), 두 군 간 비교에서 실험군이 대조군보다 균형능력과 보행능력에서 유의한 감소를 보였다(p<0.05)(Table 2)(Fig. 1).

Table 2. Comparison of balance and walking ability between group

	Experiment group ^a (n=15)	Control group ^b (n=15)	t
Balance (degree)			
Pre	8.75±6.23 ^c	9.63±5.51	1.24
Post	6.12±3.56	8.62±4.57	2.38*
t	2.12*	3.24*	
Walking speed (sec)			
Pre	35.62±12.65	36.54±13.64	2.28
Post	30.38±9.37	34.69±10.95	1.76*
t	2.67*	2.87*	

^aPNF coordinated exercise group

^bAero step exercise

^cMean±SD, *p<.05

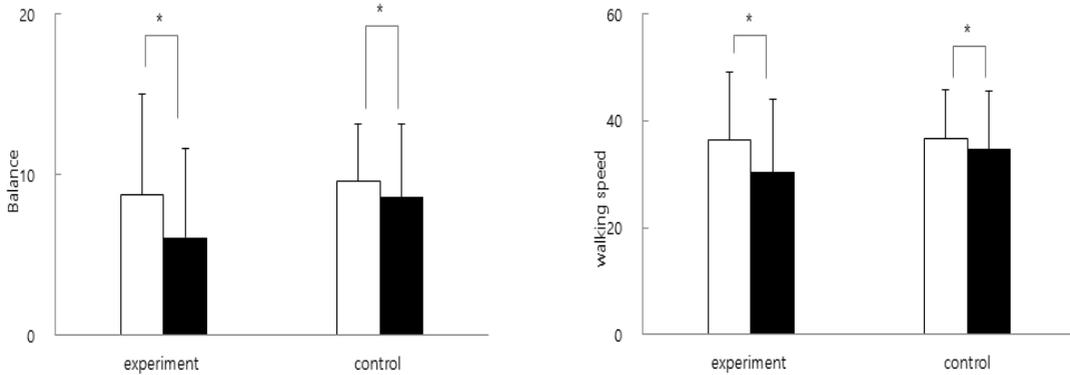


Fig. 1. Comparison of balance and walking ability between group.

IV. 고찰

PNF 상하지 협응 운동은 사지 분절 내, 사지 분절 간에서 이루어지는 조화로운 움직임을 말한다(Shim et al., 2011). 인체는 운동과제를 수행할 때 여러 개의 근육과 관절 및 많은 구조들을 적절히 통제하고 단순화하여 자유도를 제어할 수 있다(Verrel et al., 2013). 스프린터 스케이터 패턴은 양쪽의 사지를 훈련시키는 양측성 운동으로써 협응적 구조를 가장 단순화함으로써 운동 패턴을 쉽게 기억 및 저장할 수 있으며, 비대칭적인 자세를 수정하는 데 효과적인 운동이다(Kim, 2006).

균형능력과 보행능력의 감소는 비정상적인 보행패턴이나 낙상을 쉽게 일으키며, 독립적인 생활이 감소되어 삶의 질을 매우 감소시키는 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2010). 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 기능을 회복시키기 위한 효과적인 중재방법을 알아보고자 시행되었다. 본 연구는 65세 이상의 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF 상하지 협응 운동과 에어로스텝 균형운동을 각 각 두 군으로 나누어 적용하여 보행 및 균형능력에 미치는 효과를 규명함으로써, 임상적으로 적합한 중재방법을 제시하고자 한다. 본 연구결과 PNF 상하지 협응운동이 에어로스텝 균형운동보다 보행 및 균형능력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다.

본 연구에서는 균형 능력을 알아보기 위해 균형능

력평가를 이용하였으며, 보행능력을 측정하기 위하여 10m 보행속도검사를 사용하였다.

선행연구에서 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF 운동을 시행한 결과 정적 선 자세 균형, 동적 선 자세 균형과 자가-자신감의 유의한 향상이 되었다고 보고하였다(Kwon et al., 2007). 뇌졸중환자를 대상으로 PNF 스프린터 패턴 운동을 실시한 결과 FICSIT-4, FSST, TUG 점수가 향상되어 정적, 동적 균형 능력이 향상되었다고 보고하였다(Lee et al., 2012). 또 다른 연구에서 뇌졸중 환자에게 PNF 결합패턴을 적용한 결과 10MWT, F8WT 점수가 향상되어 직선, 곡선 보행 능력이 개선되었다고 보고하였다(Jung et al., 2011). 뇌졸중 환자에게 PNF 결합패턴을 적용한 결과 FICSIT-4와 FSST 점수가 향상되어 정적, 균형 능력이 개선되었다고 보고하였다(Lee et al., 2009).

PNF의 적용으로 인해 근력, 가동범위, 그리고 협응력이 증가되고 신경근 골격계의 작용, 운동학습, 운동 조절력, 생역학적 작용 그리고 인지력을 증가됨으로써 편마비 환자들의 균형능력이 향상되었다고 보고하였다. 이는 균형 및 보행 속도가 유의하게 향상되었다고 한 본 연구 결과와 유사하며, 균형 및 보행 능력이 향상된 이유는 고유수용성감각을 회복시키고 마비측 하지 근력이 강화되어 신체의 대칭적 자세조절 능력이 향상되었기 때문이라고 판단된다.

본 연구는 비교적 적은 환자를 대상으로 하였기

때문에 모든 뇌졸중 환자들에게 일반화시키는데 제한이 따를 것이다. 첫 째, 연구 대상자 수가 많지 않기 때문에 모든 뇌졸중 환자들에게 일반화하기에는 어려움이 있다. 둘째, 중재 기간 및 빈도수가 적은 관계로 실제 효과가 얼마나 지속되었는지를 알 수 없다. 셋 째, 뇌졸중 환자들의 마비측 하지의 근력 및 근 긴장도와 같은 환자 개개인의 전반적인 신체 특성을 고려하지 않았다. 넷 째, 병원에 입원중인 환자를 대상으로 하였기 때문에 작업치료, 전기치료 등 여러 중재들을 통제하는데 제한점을 가지고 있다. 이는 곧 연구 결과에 영향을 미치는 요인으로 작용할 수도 있을 것이다. 향후 연구는 이러한 제한점 등을 보완하여 더 많은 대상자 수를 포함시키고, 중재 빈도 및 기간을 다양하게 적용하여 단·장기 효과를 알아보고, 뇌졸중 환자 개개인의 의학적 특성과의 관련성을 알아보는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 PNF 상하지 협응 운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력 증진에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 진행되었다. 연구 결과 PNF 상하지 협응 운동은 균형능력 및 보행속도에서 통계적으로 유의한 향상을 가져왔다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자에게 적용한 PNF 상하지 협응 운동이 하지 기능회복에 긍정적인 결과를 줄 수 있음을 알 수 있는 계기가 되었으며, 임상적으로 뇌졸중 재활의 유용한 방법으로 제시할 수 있다.

References

- Barbeau H, Visintin M. Optimal outcomes obtained with body weight support combined with treadmill training in stroke subjects. *Archiver of Physical Medicine and Rehhabilitation*. 2003;84(10):1458-1465.
- Bensoussan L, Mesure S, Viton JM, et al. Kinematic and kinetic asymmetries in hemiplegic patients gait initiation patterns. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2006;38(5):287-294.
- Bottomley J, Lewis CB. Geriatric physical therapy: a clinical approach, 3rd ed. Prentice Hall. Elsevier Sales & Deals. 2003.
- Cho HS. The effect of coordinative pattern exercise of upper and lower extremities for balance and gait in chronic stroke patients. Daejeon University. Dissertation of Doctorate Degree. 2014.
- Dietz B. Let's sprint, let's skate : innovationen im PNF-Konzept. Heidelberg. Springer. 2009.
- Duncan P, Studenski S, Richards L, et al. Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke*. 2003;34(9):2173-2180.
- Jeong WS, Park SK, Park JH, et al. Effect of PNF combination patterns on muscle activity of the lower extremities and gait ability in stroke patients. *International journal of contents*. 2012;12(1):318-328.
- Kim MC, Ahn CS, Kim YS. The effect of exercise program for falls prevention on balance and quality of life in the elderly women. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2010;5(2):245-254.
- Kim SH. The effect of PNF exercise on body functions and fall efficacy of elderly women. Chonnam University. Dissertation of Doctorate Degree. 2012.
- Kim TY. The effect of strengthening exercise using the sprinter/skater patterns. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2006;4(1):71-79.
- Kwon KH, Jung YW, Bae SS. Effect of lower extremity patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance ability in patients with hemiplegia. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2007;5(2):21-35.
- Lee JS, Nam KW, Kim KY, et al. Effect of weight bearing

- exercise on weight bearing and balance for patients with chronic stroke. *The journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2012;24(4):253-561.
- Lee MK, Lee JS, Jeong WS, et al. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance ability in patients with hemiparetic. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2009;7(1):9-16.
- Lee SH. The differences between aero step exercises and weight training on posture, physical fitness, balance, and hormone levels in the elderly. Ewha Womans University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
- Melvyn R, Claudine L, Gert K, et al. Gait coordination after stroke: benefits of acoustically paced treadmill walking. *Physical Therapy*. 2007;87(8):1009-1022.
- Ruiz R, Richardson MT. Functional balance training using domed device. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;27(1):50-55.
- Shaughnessy M, Michael KM, Sorkin JD, et al. Steps after stroke-capturing ambulatory recovery. *Stroke*. 2005;36(3):1305-1307.
- Shim JK, Park JB, Kim MJ, et al. Motor variability and synergy research through uncontrolled manifold analysis. *Korean Society of Sport Psychology*. 2011;22(4):127-142.
- Verrel J, Pologe S, Manselle W, et al. Coordination of degrees of freedom and stabilization of task variables in a complex motor skill: extertise-related defferences in cello bowing. *Experimental brain research*. 2013; 224(3):323-334.