

Research Article

Open Access

경직성 양하지 마비아의 5가지 치료적 운동시 핵심 안정성과 관련된 근활동 비교 분석

서혜정 · 김중휘[†] · 신현희² · 유성환²

대구가톨릭대학교 대학원 물리치료학과, ¹대구가톨릭대학교 물리치료학과, ²보바스어린이병원 물리치료실

Comparative Analysis of Muscles Activation relate to Core Stability during 5 Therapeutic Exercise in Children with Spastic Diplegia

Hye-Jung Seo, PT, MPH, Joong-Hwi Kim, PT, PhD[†], Hyun-Hee Shin, PT², Sung-Hwan Yoo, PT²

Department of Physical Therapy, Graduate School, Catholic University of Daegu

¹Department of Physical Therapy, Catholic University of Daegu

²Department of Physical Therapy, Bobath Children's Hospital

Received: September 3, 2013 / Revised: October 9, 2013 / Accepted: October 13, 2013

© 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: This study aimed to investigate muscles activation relate to core stability during 5 therapeutic exercise in children with spastic diplegia.

METHODS: The subjects of this study were 8 children with typical development and 12 children with spastic diplegia who have been treated in Bobath children's hospital, all of whom agreed to participate in the study. All subjects were measured to see their muscles activation of rectus abdominalis, external oblique abdominalis, elector spinae, gluteus maximus, rectus femoris, and semitendinosus with surface EMG.

RESULTS: The results of this study were as follows : 1) There were statistically significant difference in the root mean square(RMS) of all muscles according to 5 therapeutic exercise in children with spastic diplegia. 2) There were statistically significant difference in the RMS of all muscles

according to 5 therapeutic exercise in children with typical development. 3) Significant differences of the RMS between diplegic children and normal children were found in elector spinae and rectus femoris only curl-up exercise.

CONCLUSION: As the above results, we suggest that 5 therapeutic exercises could be used for a core stability or core strengthening program. Depending on the individual needs of children with cerebral palsy, some of exercises may be more beneficial than others for achieving strength.

Key Words: Spastic diplegia, Core stability, Therapeutic exercise, Muscles activation

I. 서론

뇌성마비는 여러 가지 원인에 의하여 발생하는 미성숙 뇌의 비진행성 병변 또는 결손에 의한 뇌기능의 장애로 다양한 임상증상이 나타나는 임상증후군이다

[†]Corresponding Author : ibobath@hanmail.net

(Ingram, 1984). 국소적인 중추 신경의 손상은 발달과 성장 과정을 통해 결국 근육, 뼈, 관절 등의 말초부위의 손상을 야기한다(Gage, 1991). 이로 인한 근 약화 혹은 근력의 부족은 뇌성마비 아동에 있어 주요한 장애이다(Damiano 등, 1995). 경직성 뇌성마비 아동 중에 기능이 좋은 경우에도 정상아동과 비교 시 하지의 근력약화가 나타난다고 하였으며(Damiano 등, 1995; Wiley와 Damiano, 1998), 이러한 뇌성마비 아동의 근력 약화는 주로 원위부에서 보였으며, 고관절 굴곡근과 족관절 저축굴곡근은 길항근에 비하여 근력이 강화되어져 있다 보고하였다(Brown 등, 1991). 이는 뇌성마비 아동의 하지 근육의 불균형 발달을 보여주는 증거가 된다. 또한 뇌성마비 아동의 경우 팔다리 근육의 약화 뿐 아니라 체간 근육의 약화도 나타난다(Burtner 등, 1998). 이러한 체간 근육의 약화로 인해 균형 있는 앉기의 어려움이 나타나며, 균형유지를 어렵게 하여 보행이나 몸을 바로 세운 자세에서의 동작에 문제를 야기한다(Lee와 Kim, 2011).

이처럼 일상생활 중에서 다양한 자세를 유지하기 위하여 체간근의 적절한 근력과 지구력의 유지는 매우 중요하며, 복근과 체간근은 핵심 안정성(core stability)과 관계가 있으며, 이러한 핵심 안정성은 체간 안정성을 강화시키고, 자세 조절을 증진시키는데 효과가 있다(Kim 등, 2009). 핵심 안정성은 능동적인 안정성인 근육의 동시 수축으로 성취되며, 앞쪽에 복근, 뒤쪽에는 부척추근과 둔근, 위쪽에는 횡격막, 아래쪽에는 골반저근육(pelvic floor muscle)과 하지대(hip girdle) 근육으로 이루어진 상자 형태의 근육들의 조화에 달려있다(Kim과 Cho, 2013). 핵심 안정성을 위한 운동으로는 골반경사 운동, 네발기기 운동, 복부 당기기(abdominal hollowing), 교각 운동 등이 일반적으로 제시되고 있으며(Hubley-Kozey와 Vezina, 2002), 성인과 소아 치료에서도 많이 사용되어지고 있다. 특히 소아에서는 소단위 및 대단위 운동 조절에 도움을 주기위해 응용되어 사용되어지며, 보행, 균형 및 자세조절을 향상시킬뿐 아니라 자세긴장도 감소에도 영향을 준다(Dodd 등, 2002).

최근 뇌성마비 아동의 대단위 운동 능력과 가동성을 증진시키기 위한 임상적 연구로 근력강화에 대해 활발하게 이루어지고 있는 실정이다(Lee와 Kim, 2011). 과

거에는 근력 강화 운동이 비정상적 근육의 긴장도를 생성하는 것에 대한 두려움이 있었으나(Semans, 1967), 최근 연구에서는 이러한 현상은 발견되지 않았으며, 근력 강화 훈련이 근육의 힘 생성을 증가시키며, 뇌성마비 아동의 기능을 증진시킴을 뒷받침해 주고 있다(Damiano와 Abel, 1998; Dodd 등, 2003; Macphail과 Kramer, 1995).

이러한 근력 강화를 위한 재활 프로그램은 특정 근골격계 필요에 맞는 특정 자세 적응이 제공되어야 한다는 원칙에 기초를 두고 있다(Ekstrom 등, 2007). 약화된 근육의 근력과 지구력 향상을 위해 고안된 특정 운동은 개인의 참여도가 중요한 영향을 주게 되며, 임상가들은 개인에 맞는 최적의 운동 프로그램을 제공하려고 노력하고 있다(Ekstrom 등, 2007). 이와 같이 뇌성마비 아동의 개인 특성에 맞는 근력 강화를 위한 운동들이 제공되어야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 뇌성마비 아동 치료에서 주로 사용하는 근력 강화 운동 중, 핵심 안정성과 관련된 치료 운동 5가지를 선택하여 핵심 안정성에 관련된 근육인 체간 및 하지 근육의 근활성 정도를 근전도 기기를 사용하여 비교함으로써 각 운동에서의 근 활성도를 규명하고, 또한 정상아동과의 근활성도 차이를 비교함으로써 아동의 필요에 맞는 보다 효율적인 운동 프로그램을 제공하는데 기초 자료로서의 근거를 마련하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 2013년 5월부터 2013년 6월까지 경기도 성남시에 소재한 보바스어린이병원에서 외래를 통한 치료를 하고 있는 경직성 양하지 마비 아동 12명과 정상 아동 8명, 총 20명의 아동을 대상으로 하였다. 연구 참가자 전원의 보호자로부터 동의서를 받고 실시하였다.

구체적인 연구 대상자의 선정 조건은 다음과 같다.

보조 장비 없이 독립보행 가능한 아동(GMFCS 1 level), 연구자의 지시를 따를 수 있는 정도의 인지 능력을 가진 아동, 탈구와 같은 근골격계 이상이 없고 최근

몇 개월 외과적 수술 및 약물 투입 등을 하지 않은 아동으로 하였다.

2. 실험 방법 및 절차

1) 표면근전도(surface electromyogram) 수집과 기본 신호처리

근육의 근전도 신호를 측정하기 위해 신경과 근섬유에서 나오는 복합 활동전위를 기록하는 표면근전도계를 사용하였다. 사용한 표면근전도계는 WEMG-8(LXM5308, LAXTHA, Korea)로 input impedance가 $10^{12}\Omega$, CMRR (common mode rejection ratio)을 110dB로 설정하여 근전도 신호를 수집하였다. 측정된 표면근전도 신호(sample rate=1,024Hz)는 TeleScan(ver 2.0) 프로그램을 이용하여 표면근전도 신호 원자료를 산출하였고, IIR bandpass digital filter(band-width=50-300Hz)로 걸러준 다음, 분석에 필요한 6개 근육에 대한 피험자별 평균 RMS(root mean square) 값을 산출하였다.

2) 전극 부착 부위

핵심 안정성과 관련된 체간 및 하지 근육의 근활동을 알아보기 위해 우세측 복직근(전상장골극 높이, 배꼽 외측 1-2cm), 외복사근(늑골 하부각 바로 아래부위 사선방향), 척추 기립근(요추 1번 극돌기 외측으로 1-2개 손가락 너비), 대둔근(천추와 대전자 사이 중간부위), 대퇴 직근(전상장골극과 슬개골 사이 중간부위), 반건양근(좌골조면과 내측 경골상과 사이 중간부위)에 표면 전극을 대고 근육활동을 측정하였다. 각각의 근육 부착 지점은 Prosser 등(2010)의 연구를 참고하여 선택하였으며, 전극과 피부사이의 임계저항을 줄이기 위해 피부를 부드러운 사포로 문질러 각질을 제거해준 후 알코올로 닦아낸 다음 전극을 부착하였다. 한 쌍의 전극은 전극의 중심과 중심 사이가 20mm 거리로 근육섬유의 주행방향에 평행하게 부착하였고 기준전극은 측정근육이 주행하지 않는 근처 뼈 부위에 부착하였다. 모든 표면 근전도 측정은 각각 10초간 유지 3회씩 반복 측정하였으며 측정 후 앞, 뒤를 제외한 중간 3초 값의 평균을 얻었다.

3) 검사 자세 및 절차

본 연구에 들어가기에 앞서 운동 동작의 이해를 돕기 위해 연구 참가자에게 5가지 운동에 대한 설명을 한 후 검사를 실시하였다. 각 운동들을 10초 동안 유지하도록 하였으며, 각 운동이 끝날 때 마다 1분씩 쉬게 하였다. 또한 5가지 운동의 순서를 다르게 하여 학습에 의한 효과를 상쇄시켰다. 각 운동 자세의 구체적인 방법은 다음과 같다.

(1) 윗몸일으키기 운동(Curl-up exercise)

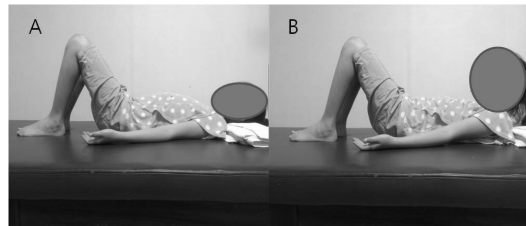


Fig 1. Curl-up exercise

- ① 아동을 바로 누운 자세를 취하게 한다. 이 때 고개와 몸을 가운데 유지하도록 정렬을 맞춘다.
- ② 치료사는 아동의 무릎을 구부려서 발바닥이 바닥에 닿도록 유지시킨다. 이때 뒷꿈치가 지면에 닿은 상태로 유지하게 하며, 골반은 후방경사로 유지하게 한다.
- ③ 시선을 아래쪽으로 향하게 하여 목 굴곡과 동시에 머리를 들어올려 10초 유지하게 한다. 이 때 상지의 보상 작용이 일어나지 않도록 아동에게 주의시킨다.

2) 교각 운동(Bridge exercise)

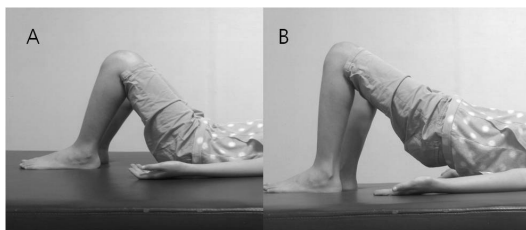


Fig 2. Bridge exercise

- ① 아동을 바로 누운 자세를 취하게 한다. 이 때 고개와 몸을 가운데 유지하도록 정렬을 맞춘다.
- ② 치료사는 아동의 무릎을 구부려서 발바닥이 바닥에 닿도록 유지시킨다. 이때 뒷꿈치가 지면에 닿은 상태로 유지하게 한다.
- ③ 허리와 엉덩이를 들어 올려 일직선이 된 상태에서 10초간 유지하게 한다.

3) 응용된 편측 교각 운동(Modified unilateral bridge exercise)

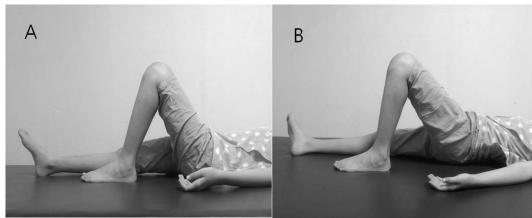


Fig 3. Unilateral bridge exercise

- ① 아동을 바로 누운 자세를 취하게 한다. 이 때 고개와 몸을 가운데 유지하도록 정렬을 맞춘다.
- ② 치료사는 아동의 한쪽 다리는 지면에 신전한 상태로 두고, 반대쪽 다리는 무릎을 구부려서 뒷꿈치와 발바닥이 바닥에 닿도록 유지시킨다.
- ③ 한쪽 허리와 엉덩이를 들어 올려 일직선이 된 상태에서 10초간 유지하게 한다.

4) 응용된 옆드린 교각 운동(Modified prone bridge exercise)

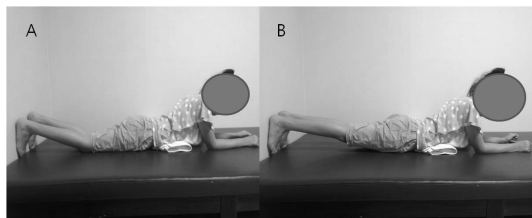


Fig 4. Modified prone bridge exercise

- ① 아동을 어깨 넓이 정도를 전완을 지지한 상태로

옆드려 누운 자세를 취하게 한다.

- ② 양 발은 골반 넓이만큼 벌리고 90도 배측 굴곡상태로 받침점에 닿도록 한다. 체간 안정성의 부족을 보완하기 위해 골반 및 가슴에 수건을 받쳐 안정성을 제공한다.
- ③ 골반과 무릎을 신전시켜 머리, 척추, 골반의 높이가 일직선이 되도록 하고 10초간 유지하게 한다.

5) 응용된 네발기기에서 한쪽 다리 들기 운동(Modified quadruped position with lower extremity lift)

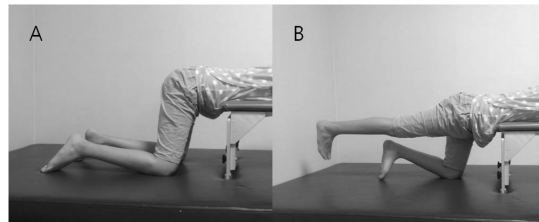


Fig 5. Modified quadruped position with lower extremity lift

- ① 불완전한 원위부의 지지와 체간 안정성의 부족을 보완하기 위해 체간과 상지를 지지하여 응용된 네발기기 자세를 취한다.
- ② 한쪽 다리를 체간과 골반, 다리가 일직선이 되도록 든 후 10초간 유지하게 한다.

3. 분석방법

자료의 분석은 SPSS for Windows(Ver. 19.0)의 통계 프로그램을 이용하였고, 통계학적 유의수준은 .05로 하였다. 경직성 양하지마비 아동군과 정상 아동군의 연령, 체중, 신장에 대한 평균값과 표준편차를 구하였으며, 각 군의 5가지 운동에 따른 각 근육들의 근육 활성 정도를 비교하기 위해서 일원배치분석(One-way ANOVA)을 사용하였으며 본페로니 수정법(Bonferroni's correction)을 이용하여 사후 각 변인의 변화를 비교하였다. 두 군의 5가지 운동 시 RMS값에 대한 측정값의 차이를 비교하기 위해서 독립 t 검정 (independent t-test)을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 경직성 양하지 마비 아동군의 일반적 특성을 살펴보면, 평균 연령은 8.17세, 신장은

119.08cm, 몸무게는 21.42kg이었으며, 남자가 7명, 여자가 5명이었다. 정상 아동군에서는 평균 연령은 7.25세, 신장은 116.38cm, 몸무게는 22kg이었으며, 남자가 3명, 여자가 5명이었다. 두 집단 간의 연령, 키, 몸무게는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

Variable	Diplegic children (n=12)	Normal children (n=8)	t	p
Age(years)	8.17±1.19	7.25±0.89	1.852	0.080
Hight(cm)	119.08±9.09	116.38±8.73	0.114	0.911
Weight(kg)	21.42±4.1	22±4.28	-0.224	0.825
Gender(male/female)	7/5	3/5		

2. 경직성 양하지 마비 아동군의 5가지 운동에 따른 각 근육들의 근활성도 비교

경직성 양하지 마비 아동군의 5가지 운동에 따른 핵심 안정성에 관련된 근육들의 근활성도 비교하기 위해 RMS 측정값을 살펴본 결과, 운동에 따라 기립근, 대둔근, 복직근, 복사근, 반건양근, 대퇴직근의 근활성도 모두에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 2). 기립근의 경우 교각 운동과 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 근활성도가 높았으며($p<.05$), 대둔근은 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 가장 활성도가 높았다($p<.05$). 복직근은 윗몸일으키기 운

동에서 가장 활성도가 높았으며($p<.05$), 복사근의 경우 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동과 윗몸일으키기 운동에서 근 활성도가 높았다($p<.05$). 반건양근은 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 가장 높았으며, 교각 운동에서도 높은 활성도를 보였다($p<.05$). 대퇴직근의 경우 응용된 엎드린 교각 운동과 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 높은 활성도를 보였다($p<.05$). 5가지 운동에서의 각 근육의 근활성도의 세부적인 비교를 위해 사후 검정한 결과는 Fig 6에 나타내었다.

Table 2. The mean difference of RMS of core muscles during 5 exercise in children with spastic diplegia

	Curl-up	Bridge	Modified unilateral bridge	Modified prone bridge	Modified quadruped position	F	p
ES	6.24±1.52	56.73±16.38	25.00±16.28	17.36±11.64	45.07±16.49	26.91	0.000*
GM	4.90±3.50	15.20±9.24	18.48±11.55	18.48±25.43	32.18±18.18	4.73	0.002*
RA	66.29±33.25	6.06±2.45	5.25±1.14	6.37±4.95	5.36±1.98	38.53	0.000*
EO	18.39±11.12	10.60±3.44	11.20±5.20	13.96±8.40	25.97±8.10	8.11	0.000*
ST	4.47±1.37	21.35±8.63	20.10±8.62	10.35±4.46	54.42±24.47	29.21	0.000*
RF	8.62±4.19	7.19±2.82	8.64±4.95	36.00±22.59	27.93±15.34	13.47	0.000*

Mean±SD. * $p<.05$

ES: extensor spinea, GM: gluteus maximus, RA: rectus abdominalis, EO: external oblique, ST: semitendinosus, RF: rectus femoris

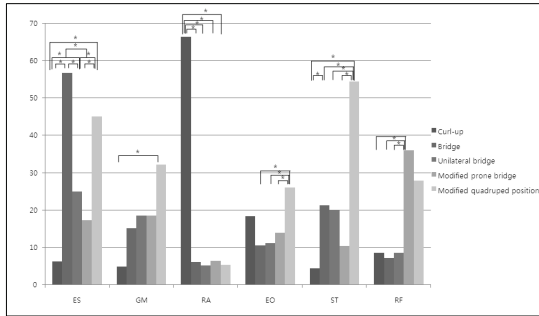


Fig 6. The comparison of difference values in core muscles during 5 exercise in children with spastic diplegia

3. 정상 아동군의 5가지 운동에 따른 각 근육들의 근활성도 비교

정상 아동군의 5가지 운동에 따른 핵심 안정성에 관련된 근육들의 근활성도 비교하기 위해 RMS 측정값

을 살펴본 결과, 운동에 따라 기립근, 대둔근, 복직근, 복사근, 반건양근, 대퇴직근의 근활성도 모두에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 3). 기립근의 경우 교각 운동과 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 근활성도가 높았으며($p < .05$), 대둔근은 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 가장 활성도가 높았다($p < .05$). 복직근은 윗몸일으키기 운동에서 가장 활성도가 높았으며($p < .05$), 복사근의 경우 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 근 활성도가 높았다($p < .05$). 반건양근은 응용된 네발기기에서 한쪽 다리들기 운동에서 가장 높았으며($p < .05$), 대퇴직근의 경우 응용된 엎드린 교각 운동에서 높은 활성도를 보였다($p < .05$). 5가지 운동에서의 각 근육의 근활성도의 세부적인 비교를 위해 사후 검정한 결과는 Fig 7에 나타내었다.

Table 3. The mean difference of RMS of core muscles during 5 exercise in normal children

	Curl-up	Bridge	Modified unilateral bridge	Modified prone bridge	Modified quadruped position	F	p
ES	12.28±4.48	73.47±21.31	27.78±14.19	22.58±15.89	52.22±28.17	14.31	0.000*
GM	3.90±1.29	13.76±10.10	15.60±15.30	6.86±5.15	30.28±15.88	6.82	0.000*
RA	82.55±71.98	4.65±0.86	4.56±0.95	5.04±2.08	4.58±1.10	9.34	0.000*
EO	33.83±31.26	9.19±3.95	10.81±5.50	9.90±7.27	19.28±13.93	3.44	0.018*
ST	8.11±8.28	18.15±10.46	18.19±10.97	10.49±3.69	59.40±33.13	12.42	0.000*
RF	4.56±2.71	5.82±1.92	7.24±7.85	43.22±19.57	19.33±16.54	14.58	0.000*

Mean±SD. * $p < .05$

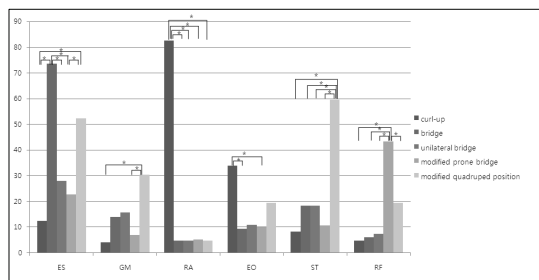


Fig 7. The comparison of difference values in core muscles during 5 exercise in normal children

4. 경직성 양하지 마비 아동군과 정상아동군의 5가지 운동 시 근활성도 측정값의 차이 비교

경직성 양하지마비 아동군과 정상아동군과의 5가지 운동 시 근활성도 측정값의 차이 비교는 Table 4와 같다. 윗몸일으키기 운동에서 기립근과 대퇴직근에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 기립근의 경우 정상아동군에서 경직성 양하지마비 아동군에 비해 평균값이 더 높았으며, 대퇴직근은 경직성 양하지 마비 아동군에서 더 높게 나타났다.

Table 4. The mean difference of RMS of core muscles during 5 exercise between spastic diplegia and normal children

	Curl-up		Bridge		Modified unilateral bridge		Modified prone bridge		Modified quadruped position	
	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
ES	-4.36	0.000*	-1.99	0.062	-0.39	0.699	-0.85	0.407	-0.72	0.482
GM	0.77	0.454	0.32	0.746	0.48	0.637	1.27	0.222	0.24	0.813
RA	-0.69	0.501	1.56	0.137	1.41	0.177	0.72	0.484	1.02	0.321
EO	-1.59	0.130	0.85	0.407	0.16	0.878	1.11	0.280	1.36	0.190
ST	-1.51	0.148	0.75	0.464	0.44	0.668	-0.07	0.944	-0.39	0.703
RF	2.42	0.026*	1.20	0.247	0.49	0.629	-0.74	0.471	1.19	0.249

Mean±SD. * p<.05

IV. 고 찰

자세와 움직임 조절에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있으며, 특히 핵심 안정성(core-stability)에 관련된 다양한 연구들이 많은 관심을 받고 있다(Akuthota와 Nalder, 2004; Page, 2006). 외부저항에 대한 체간의 회전에 대하여 척추의 중립자세를 유지하려는 복근의 운동이 복직근의 수축을 최소화시키면서 복횡근과 복사근의 동시수축을 유발시켜 체간안정화 운동으로 적합하며, 복근의 활성화는 고관절 근육들이 당기는 힘에 대하여 골반을 안정화 시키는데 있어 필수적인 요소로 작용을 하며, 골반이 안정된 상태에서 체간에 미치는 힘들은 고관절과 하지로 효율적으로 전달된다(Lee, 2012). 이러한 이론을 바탕으로 교각운동이 체간의 안정성에 미치는 영향에 대한 연구(Arokoski 등, 2004)와 같이 여러 논문에서 움직임의 안정성에 관련된 체간과 하지의 근육들이 미치는 영향에 대해 연구하였다. 고관절의 내, 외전 수축을 동반하여 교각 운동시 중둔근과 대내전근의 수축이 복부 근육과 하지 근육에 미치는 영향에 대해 연구되었고(Lee, 2012), 여러 가지 자세에서 골반운동을 실시하고 편마비 환자의 족저압을 측정하여 여러 가지 자세에서의 골반운동이 발 접촉양상에 미치는 영향을 연구하였으며(Jang 등, 2010), 슬관절의 다양한 굴곡 각도에 따른 교각 운동시 체간 근육의 활성화도와 대근육과 국소근육간의 활성화 비율을 알아보았다(Kim 등, 2010).

그러나 이러한 연구들은 성인에 국한된 연구가 대부분이어서 소아에 적용하기가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 소아를 대상으로 5가지 치료적 운동을 분석하고, 각 운동이 핵심 안정성과 관련된 근육 활성화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였으며, 경직성 양하지 마비 아동과 정상아동을 비교하여 어떠한 근육에서 다르게 활성화되는지를 비교 분석하였다.

그 결과 경직성 양하지 마비 아동의 윗몸 일으키기 운동에서는 복직근에서 다른 운동과의 비교에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며(Table 2, Fig 6), 정상 아동의 경우 복직근과 복사근에서 차이가 있었다(Table 3, Fig 7). 이것은 건강한 성인의 윗몸 일으키기가 복직근 활성화도와 매우 높은 연관성이 있음을 보고한 Kavcic 등(2004)의 선행연구 결과와 일치한다. 또한 윗몸 일으키기 운동은 운동역학에서 체간 굴곡 단계와 고관절 굴곡 단계로 나뉘며, 체간 굴곡 단계는 일차적으로 복근, 특히 복직근의 수축에 의해서 유발되고, 고관절 굴곡근의 근활성도는 고관절과 슬관절의 위치에 관계없이 비교적 낮게 나타났다고 하였다(Kavcic 등, 2004). 이와 같이 본 연구에서의 윗몸 일으키기 운동이 체간 굴곡 단계로만 제한하였기 때문에 복직근의 근활성도가 가장 높게 나타난 것으로 사료된다. 그러나 경직성 양하지 마비 아동과 정상아동의 비교에서 정상 아동은 기립근에서, 경직성 양하지 마비 아동은 대퇴직근에서는 근활성도가 높게 나타났는데, 이는 복근이 중등도로 약화된 경우 윗몸 일으키기를 시작하는 시기

에는 고관절 굴곡근의 활동이 우세하게 나타난다고 보고한 Neumann(2010)의 연구와 같이 부족한 복근의 활동을 보상하기 위해 경직성 양하지마비 아동은 대퇴직근을, 정상아동은 복사근과 기립근을 동시 활성화(co-activation)한 것이라 사료된다.

교각 운동에서는 경직성 양하지 마비 아동군과 정상 아동군 모두에서 다른 운동과의 비교에서 기립근에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며, 대둔근과 반건양근의 근활성도 비율이 비교적 높았다(Table 2와 3, Fig 6과 7). 성인을 대상으로 한 Ekstrom 등(2007)연구에서도 기립근이 가장 높게, 중둔근, 대둔근, 슬괵근 순으로 근활성도가 높게 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였으나, 기립근의 활성도가 다른 근육에 비해 2배 정도 차이가 난 선행연구의 결과와는 달리 본 연구에서는 3.4배 정도의 과활동이 나타났다. 이는 교각 운동시 심부 근육의 동시수축이 먼저 수행 되지 않으면 과도한 대상작용으로 인한 요부 전만이 증가한다고 한 연구(Richardson과 Jull, 1995)에서와 같이 본 연구에서 교각 운동 시 골반의 안정화가 되지 못하여 기립근의 과도한 대상작용이 나타난 것으로 사료된다. 이는 뇌성마비 아동의 교각 운동시 골반의 위치를 잘 고려해야 함을 보여주고 있다.

일반적인 편측 교각 운동은 교각 운동 자세에서 한쪽 다리를 들고 유지하는 운동으로 교각 운동보다 다리를 펴고 유지하기 위해 중둔근, 대둔근, 슬괵근, 내측광근에서 높은 근활성도가 나타난다(Ekstrom 등, 2007). 본 연구에서는 뇌성마비 아동에 맞추어 응용된 편측 교각 운동을 고안하여 근활성도를 본 결과, 대체적으로 근활성도의 비율이 고루 분포 되었으며 그 중에서 기립근, 반건양근, 대둔근의 근활성도가 높았다. 또한 교각 운동과 비교하여 척추기립근의 근활성도가 적은 반면 대둔근과 복사근의 근활성도가 높은 것으로 나타나 응용된 편측 교각 운동이 과도한 척추기립근의 활성을 제한하면서 하지와 체간 운동 강화에 적절하게 사용 할 수 있음을 보여주고 있다.

Ekstrom 등(2007)의 연구에서 엎드린 교각 운동이 복직근과 복사근의 활성 비율이 높았으며 이 근육의 지구력을 높이는 운동으로 적당하다고 보고하였다. 본

연구에서는 뇌성마비 아동이 GMFCS 1단계에 해당하는 아동이었으나 대부분이 발목 긴장도와 불안정 혹은 변형으로 인해 원위부 안정성이 부족하였으며, 뇌성마비 아동의 체간근 약화와 운동 시 체간근의 동시활성의 부족으로 성인에서 실시한 엎드린 교각 운동을 유지할 수 없었다. 이를 보완하기 위하여 본 연구에서는 응용된 엎드린 교각 운동을 고안하여 근활성도를 본 결과, 대퇴직근과 대둔근의 근활성도가 높았다. 이는 아동이 슬관절을 신전하기 위하여 대퇴직근과 대둔근을 이용하였기 때문으로 생각되며, 복직근과 복사근 다음으로 내측광근과 슬괵근의 비율이 높게 나타났던 선행 연구와도 유사한 결과이다.

네발기기 자세에서 실시하는 안정화 운동은 팔과 다리를 상호적으로 뺏어서 체간근을 강화시키고, 특별한 체간 근육의 동원 패턴을 훈련할 수 있으므로 임상에서 널리 사용되고 있다(Lee, 2010). 이런 이점 때문에 본 연구에서도 이 운동을 선택하였으나, 건강한 성인과는 다르게 체간근 약화로 인하여 그 자세를 취할 수 없거나 상지에서 과도한 보상패턴이 나타나는 뇌성마비 아동에게 맞추어 응용된 네발기기 자세에서 한쪽다리 들기 운동을 고안하여 근활성도를 비교하였다. 성인을 대상으로 한 선행연구에서는 대둔근, 척추 기립근, 슬괵근, 외복사근의 순서로 근활성도가 높았으나(Ekstrom 등, 2007), 본 연구에서는 반건양근의 근활성도가 가장 높았으며 척추 기립근, 대둔근, 대퇴직근의 순서로 근활성도가 높았다. 이는 뇌성마비 아동이 일반적으로 구부러지고 내회전된 보행(crouched, internally rotated gait)을 하며 이것은 내측슬괵근과 내전근의 과활동에 의한 것이라고 주장한 Chong 등(1978)의 연구와 같이 이 운동을 수행할 때에도 쉽게 과활동되는 반건양근을 사용하여 하지를 들고 슬관절의 신전을 유지하였기 때문으로 사료된다. 그러나 다른 운동에 비해 대둔근, 슬괵근 및 대퇴직근의 근활성도가 높은 것으로 보아 하지 근력 강화를 위해서는 응용된 네발기기 자세에서 한쪽다리 들기 운동이 도움이 될 것으로 생각된다.

마지막으로 경직성 양하지 마비 아동과 정상 아동과의 비교에서는 윗몸일으키기 운동에서의 기립근과 대퇴직근을 제외한 모든 운동에서 약간의 평균값의 차이

는 있었지만 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 7). 이는 본 연구에 참가한 경직성 양하지 마비 아동 모두가 독립보행 및 계단 오르내리기도 자유롭게 가능한 GMFCS 1단계에 해당하는 아동이어서 정상 아동과 기능 수준으로 큰 차이가 없어서 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다. 본 연구는 경기도 분당 보바스어린이병원에 있는 아동으로 한정되어 있으며, 경직성 양하지 마비아 12명, 정상아동 8명의 적은 인원과 특정 연령대를 연구 대상으로 하였기 때문에 연구결과를 일반화하기에는 제한이 있다. 앞으로의 연구에서는 경직성 아동 뿐 아니라 무정위형이나 실조형 등 다양한 형태의 뇌성마비 아동에서 연구를 확대할 필요가 있으며, 나이가 들면서 아동은 신체가 성장하므로 연령에 따른 근활성도 변화에 관한 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 소아 치료에서 사용하는 핵심 안정성 강화를 위한 운동 중 5가지 운동을 선택하여 핵심 안정성과 관련된 근육의 근활성도를 경직성 양하지 마비 아동군과 정상 아동군에서 측정하여 비교 분석하였다.

첫째, 경직성 양하지 마비 아동군에서 운동에 따른 기립근, 대둔근, 복직근, 복사근, 반건양근, 대퇴직근의 근활성도 모두에서 유의한 차이가 있었다. 각 운동에서의 특징적 근활성도를 살펴보면, 윗몸일으키기에서는 복직근의 근활성도가 높았으며, 교각운동에서는 기립근의 근활성도가 가장 높았으며, 대둔근과 반건양근의 근활성도도 높게 나타났다. 응용된 편측 교각 운동에서는 기립근, 반건양근, 대둔근, 복사근의 근활성도가 높았으며, 응용된 엎드린 교각 운동에서는 대퇴직근과 대둔근의 근활성도가 높았다. 응용된 네발기기에서 한 쪽 다리 들기 운동은 반건양근의 근활성도가 가장 높았으며 척추 기립근, 대둔근, 대퇴직근의 순서로 근활성도가 높았다.

둘째, 정상 아동군에서 운동에 따른 기립근, 대둔근, 복직근, 복사근, 반건양근, 대퇴직근의 근활성도 모두에서 유의한 차이가 있었다.

셋째, 경직성 양하지 마비 아동군과 정상 아동군의 비교에서는 윗몸일으키기 운동에서만 기립근과 대퇴직근에서 유의한 차이가 있었으며, 나머지 운동에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

이러한 결과를 바탕으로 뇌성마비 아동의 핵심 안정성 강화를 위한 5가지 치료적 운동 시 각 운동에 따른 특징적 근육의 근활성도를 알 수 있었으며, 정상아동과 비슷한 패턴으로 근활성도가 나타나, 본 연구에서 연구된 5가지 치료적 운동은 핵심 안정성 강화를 위한 운동 프로그램으로서 임상에서 아동의 필요에 맞는 활용에 대한 기초적 근거자료로 제공될 수 있을 것이다.

References

- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(3):86-92.
- Arokoski JP, Valta T, Kankaanpää M, et al. Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(5):823-32.
- Brown JK, Rodda J, Walsh EG, et al. Neurophysiology of lower limb function in hemiplegic children. *Dev Med Child Neurol.* 1991;33:1037-47.
- Burtner PA, Qualls C, Woollacott MH. Muscle activation characteristics of stance balance control in children with spastic cerebral palsy. *Gait Posture.* 1998;8(3):163-74.
- Chong KC, Vojnic CD, Quanbury AO, et al. The assessment of the internal rotation gait in cerebral palsy: an electromyographic gait analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1978;132:145-50.
- Damiano DL, Vaughan CL, Abel MF. Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1995;37(8):731-9.
- Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.*

- 1998;79(2):119-25.
- Dodd K, Taylor N, Damiano DL. Systemic review of strengthening for individuals with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:1157-64.
- Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2003;45(10):652-7.
- Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy.* 2007;37(12):754-62.
- Gage JR. *Gait Analysis in Cerebral Palsy*, Mac Keith Press, NY. 1991.
- Hubley-Kozey CL, Vezina MJ. Muscle activation during exercises to improve trunk stability in men with low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(8):1100-8.
- Ingram TTS. *A Historical Review of the Definition of Cerebral Palsy. The Epidemiology of the Cerebral Palsies*(ed. by F.A.E. Stanley). Lippincott Co, Philadelphia, PA. 1984;1-11.
- Jang SH, Park SJ, Kim MH, et al. The Effect of Pelvic Tilt Exercise with Changing the Body Position on Foot Contact Pattern in Hemiplegic Patients. *J Korea Phys Med.* 2010;5(3):445-53.
- Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine.* 2004;29(20):2319-29.
- Kim CY, Cho SH. Review on the role of core stability and core exercise program in postural control. *J Kor Soc Heal Sci.* 2013;10(1):53-68.
- Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The Effect of Core Strength Exercises on Balance and Walking in Patients with Stroke. *J Korean Phys Ther.* 2009;21(4):17-22.
- Kim KH, Park RJ, Jang JH, et al. The effect of trunk muscle activity on bridging exercise according to the knee joint angle. *J Korea Phys Med.* 2010;5(3):405-12.
- Lee EJ, Kim JS. The Changes of Gross Motor Function and Balance Ability in Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy by Trunk Muscle Strengthening Exercise : Single Group Repeated Measure Study. *J Korea Phys Med.* 2011;6(2):189-97.
- Lee HO. Activation of trunk muscles during stabilization exercises in four-point kneeling. *J Korea Phys Ther.* 2010;22(5):33-8.
- Lee SY. The Correlation of Hip Abductor, Adductor and Abdominis, Low Limb Muscle Activation during Bridging Exercise with Hip Abductor and Adductor Contraction. *J Korea Phys Med.* 2012;7(2):199-203.
- MacPhail HEA, Kramer JF. Effect of isokinetic strength training on functional ability and walking efficiency in adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1995;37(9):763-75.
- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for physical rehabilitation* 2nd ed. Singapore. Mosby Elsevier. 2010.
- Page P. Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *J Body Mov Ther.* 2006;10(1):77-84.
- Prosser LA, Lee SCK, VanSant AF, et al. Trunk and hip muscle activation patterns are different during walking in young children with and without cerebral palsy. *Phys Ther.* 2010;90(7):986-97.
- Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain: What exercise would you prescribe? *Man Ther.* 1995;1(1):2-10.
- Semans S. The Bobath concept in treatment of neurological disorders; a neuro-developmental treatment. *Am J Phys Med.* 1967;46(1):732-85.
- Wiley ME, Damiano DL. Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1998;40(2):100-7.