

편마비 환자의 정상측과 마비측의 비복근 운동점에서의 근육 두께 차이

김동건, 도현경, 김현동, 황지선, 정규영, 정호중*

인제대학교 부산 백병원 재활의학과, 고신대학교 의과대학 재활의학과*

Differences of Muscle Thickness in the Motor Points of the Gastrocnemius between the Paretic and Non-paretic Legs in Hemiplegics

Dong-Gun Kim, Hyun-Kyung Do, Hyun-Dong Kim, Ji-Sun Hwang, Kyu-Young Jung, Ho-Joong Jeong

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Inje University College of Medicine, Busan Paik Hospital and Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

Abstract

Objective : To investigate any difference of muscle thickness in the motor points of the gastrocnemius between the paretic and non-paretic legs in hemiplegics.

Method : Ultrasonography was used to assess in vivo the gastrocnemius muscle thickness at the motor points in the paretic and non-paretic legs of twenty-four patients with stroke.

Results : Muscle thickness at the motor points were reduced in the paretic legs compared to the non-paretic legs ($p < 0.05$). There was no correlation between muscle thickness and duration of hemiplegia, site of hemiplegia. However, it did not take regular pattern of the muscular atrophy in the paretic legs.

Conclusion : The gastrocnemius muscle of the paretic leg had smaller thickness compared with the non-paretic leg. The present results indicate that paresis in hemiplegics may affect the accuracy of intramuscular injection of botulinum toxin A. Therefore, we recommend ultrasonography for visually controlled, anatomically precise injection of botulinum toxins.

Key words : Muscle thickness, Hemiplegics, Ultrasonography, Motor point

서론

편마비 환자에서 침족 보행은 가장 흔히 관찰되는 비정상적인 보행 양상의 하나로 비복근과 같은 족관절 족저 굴곡근의 경직에 의한 동적 변형이나 경직이 지속되어 구축으로 인해서 발생한다. 이러한 경직된 비복근에 대한 치료로는 약물요법, 물리요법 등의 보존적인 기존의 치료 이외에 페놀이나 보툴리눔 독소 등을 이용하여 근육 내 신경차단이나 근육의 운동점 차단, 수막내 baclofen 주입, 선택적 후신경근 절제술 등 보다 적극적인 방법들이 있다.¹⁾ 그 중 보툴리눔 독소 주사는 해당 근육의 팽대

부에 주입만 하면 되고 특별한 부작용이 발견되지 않는 점 등으로 최근 널리 쓰이고 있다. 하지만 근육의 운동점에 정확히 주입되면 차단의 지속기간이 더 오래 연장되고, 효과를 극대화 시키고 부작용을 최소화 시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.^{2,3)}

한편 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 경우에는 신경학적 또는 운동 기능의 장애가 발생하고 그 결과로 마비 근육의 구조학적 변화가 초래되어 근육 두께의 감소, 근섬유의 단축, 그리고 운동단위 개수의 감소 등이 일어나게 된다.⁴⁻⁶⁾ 특히 구조학적 변화로 인한 심한 근육의 위축은 정확한 근육의 두께를 알 수 없게 해서 비복근 경직 치료를 위한 보툴리눔 독소 주사 시 근육의 팽대부가 아닌 다른 지점이나 치료자가 원하지 않는 근육에 주사침이 위치할 수 있어 보툴리눔 독소 주사의 효과를 떨어뜨릴 수도 있다. 이러한 근육의 구조학적 변화들을 직접 측정할

교신저자 : 도현경

주소 : 614-735 부산광역시 진구 개금2동
인제대학교 부산백병원 재활의학과
TEL : 051-890-6754, FAX : 051-891-1430
E-mail : cool0023@hanmail.net

수 있는 방법들로는 컴퓨터 단층 촬영, 자기공명 영상술, 초음파 검사 등이 있으며 그 중에서 초음파 검사는 비침습적이며 방사선 조사의 위험이 없고, 적은 비용과 짧은 검사시간으로 외래에서 손쉽게 이용할 수 있다는 장점이 있다.⁷⁻⁹⁾ 따라서 간단한 초음파 검사를 통해서 편마비 환자의 근위축 정도가 어느 정도인지를 예상할 수 있다면 이를 이용하여 목표로 하는 근육에 주입하는 보툴리눔 독소 주사 치료의 효과를 극대화할 수 있을 것으로 예상된다.

이에 저자들은 편마비 환자에서 초음파 검사를 이용하여 정상측과 마비측의 비복근 운동점에서의 근육 두께를 측정하여 실제로 정상측에 대한 마비측 비복근의 위축 정도를 비교하였다.

연구 대상 및 방법

1) 연구대상

편마비 환자 24명을 대상으로 하였으며, 이들의 평균 연령은 54.5세였고, 남자 15명, 여자 9명이었다. 뇌출혈에 의한 경우가 16명, 뇌경색에 의한 경우가 8명이었다. 유병기간은 평균 20.7 ± 19.6 개월 이었으며, Brunnstrom 단계는 모두 3-4단계였다. 활동의 정도에 따른 혼란을 없애기 위해서 기능상태는 변형바텔지수 50-74점의 중등도의존인 환자로만 국한시켰다. 그리고 연구 대상에서 이전에 근육 내 신경차단이나 근육의 운동점 차단, 수막내

baclofen 주입, 선택적 후신경근 절제술 등을 시행 받았던 환자는 제외하였다.

2) 연구방법

초음파 검사는 복와위에서 검사 테이블의 가장자리에 발을 걸쳐 놓은 후 종축과 횡축으로 스캔하여 정확한 비복근의 위치를 확인한 후 4곳의 운동점에서 두께를 측정하였다. 비복근 운동점의 위치는 김민옥등¹⁰⁾의 연구에 따라 먼저 내외측 대퇴상과의 연결선에서 경골 내과 및 외과와의 연결선까지 길이를 하퇴길이로 정의하고 내외측 비복근의 근위부 운동점에서의 두께는 내, 외측 대퇴상과의 연결선에서 하퇴길이에 대해 각각 9.6%, 12.0%되는 지점에서 측정하였고, 내외측 비복근의 원위부 운동점에서의 두께는 각각 37.5%, 37.9%되는 지점에서 측정하여 4곳의 운동점에서 각각의 근육의 두께를 측정하였다(Fig. 1).

비복근의 두께 측정에는 LOGIQ P5 (GE healthcare, Milwaukee, USA) 초음파 기기를 사용하였고, 7.5 MHz 선형 탐침자(linear probe)를 이용하여 정상측과 마비측 각각 4곳의 비복근 운동점에서의 두께를 측정하였다. 모든 부위는 각각 2회씩 측정하여 평균을 구하였다(Fig. 2).

3) 통계분석

측정값의 분석은 SPSS version 10.0을 사용하였으며 측정결과는 평균표준편차로 표시하였다. 정상측과 마비측의 비복근 운동점에서의 두께 차이와 편마비 위치에 따른 두께 차이값의 비교는 student t-test를 이용하여 통계 분석하였고, 유병 기간에 따른 차이와 정상측에 대한 마비측의 근위축 비율의 분포 차이는 분산분석(ANOVA)을 이용하였으며 통계학적 유의수준은 p값을 0.05 이하로 하였다.

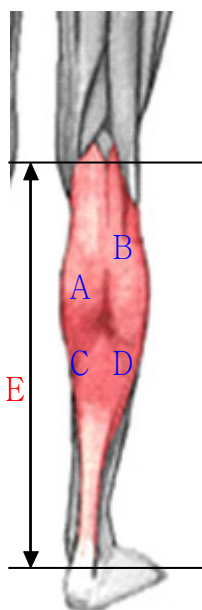


Fig. 1. The figure shows motor points of the right gastrocnemius muscle. A: Proximal medial point, 9.6% of the lower leg below the intercondylar line of the femur, B: proximal lateral point, 12.0% of the lower leg below the intercondylar line of the femur, C: distal medial point, 37.5% of the lower leg below the intercondylar line of the femur, D: distal lateral point, 37.9% of the lower leg below the intercondylar line of the femur, E: length of the lower leg, the distance from the intercondylar line of the femur to the intermalleolar line of the tibia

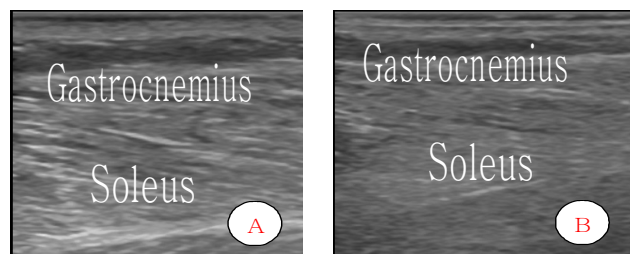


Fig. 2. The figures show the ultrasound scan of the medial gastrocnemius muscle. (A) non-paretic site, (B) paretic site.

결 과

1) 정상측과 마비측 비복근 운동점에서의 근육 두께 비교

근위부 내측 두께는 정상측/마비측 14.1mm/12.0mm, 근위부 외측 두께는 정상측/마비측 14.0mm/11.4mm, 원위부 내측 두께는 정상측/마비측 12.1mm/9.6mm, 원위부 외측 두께는 정상측/마비측 11.9mm/9.5mm로 4지점 모두에서 정상측에 비해 마비측에서 유의한 근육 축을 확인할 수 있었다($p<0.05$)(Fig. 3).

2) 편마비 위치에 따른 비복근 운동점에서의 근육 두께 비교

우측 편마비가 발생한 환자군과 좌측 편마비가 발생한 환자군으로 나누어 두 군간의 비복근 두께 차이를 비교하였을 때 우측 편마비가 발생한 환자군의 근육 두께는 근위부 내측 12.2mm, 근위부 외측 11.9mm, 원위부 내측 10.0mm, 원위부 외측 9.8mm이고 좌측 편마비가 발생한

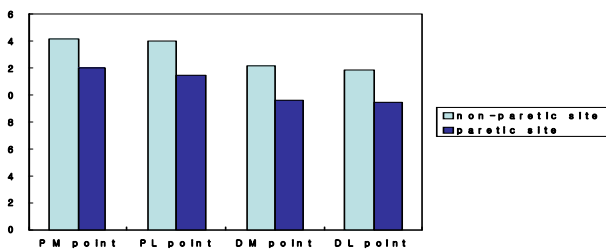


Fig. 3. The figure shows average gastrocnemius muscle thickness at the motor points between the paretic and non-paretic site. The thickness of paretic site at the all motor points were significantly lower than non-paretic site. PM: Proximal medial, PL: Proximal lateral, DM: Distal medial, DL: Distal lateral. Values are given as mean. * $p<0.05$

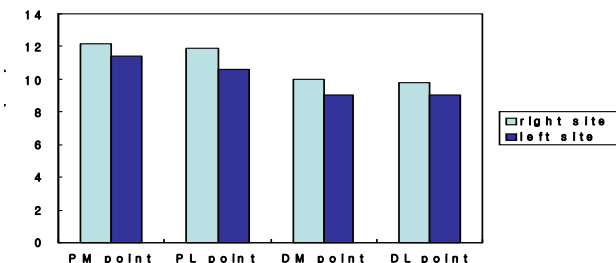


Fig. 4. The figure shows average gastrocnemius muscle thickness at the motor points between right and left hemiplegia. There are no difference of thickness at the all motor points between right and left site. PM: Proximal medial, PL: Proximal lateral, DM: Distal medial, DL: Distal lateral. Values are given as mean.

환자군의 근육 두께는 각각 11.4mm, 10.6mm, 9.1mm, 9.1mm로 두 군 간에 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 4).

Table 1. Differences of Gastrocnemius Muscle Thickness at the Motor Points according to Duration of Hemiplegia

Motor point Location	Duration of hemiplegia(months)				P-Value
	≤6	7~11	12~23	≥24	
PM point(mm)	11.9±1.2	12.1±1.6	11.6±2.0	11.7±1.7	0.75
PL point(mm)	11.0±0.9	10.7±1.9	10.6±1.4	11.2±1.8	0.54
DM point(mm)	9.8±1.5	9.2±1.2	9.7±1.4	9.1±1.3	0.68
DL point(mm)	9.2±1.4	9.5±1.3	9.1±0.9	9.4±1.4	0.72

Values are mean±S.D.

PM : Proximal medial, PL: Proximal lateral, DM: Distal medial, DL: Distal lateral

Table 2. Distribution of Ratio of the Paretic Site to the Non-paretic Site in Gastrocnemius Muscle Thickness at the Motor Points

Ratio [*] (%)	<10	10-19	20-29	30-39	>40
Numbers	21	31	26	14	4

*Ratio : (Thickness of the paretic site / thickness of the non-paretic site) X 100(%)

3) 유병 기간에 따른 마비측 비복근 운동점에서의 근육 두께 비교

유병 기간이 6개월 이하, 7개월에서 11개월 사이, 12개월에서 23개월 사이, 24개월 이상인 군에서 근위부 내측 두께는 각각 11.9mm, 12.1mm, 11.6mm, 11.7mm, 근위부 외측 두께는 각각 11.0mm, 10.7mm, 10.6mm, 11.2mm, 원위부 내측 두께는 각각 9.8mm, 9.2mm, 9.7mm, 9.1mm, 원위부 외측 두께는 각각 9.2mm, 9.5mm, 9.1mm, 9.4mm로 나타나 유병기간에 따른 마비측 근육의 두께에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 ($p>0.05$)(Table 1).

4) 정상측에 대한 마비측의 근위측 비율의 분포 비교

4지점의 운동점에서 각각 마비측의 근육 두께를 정상측 두께로 나눈 비율의 분포는 10%미만이 21지점, 10-19%가 31지점, 21-29%가 26지점, 30-39%가 14지점, 40-49%가 4지점으로 나타나 그 위축의 정도가 같은 근육 내에서도 일정하지 않았다($p>0.05$)(Table 2).

고 찰

뇌졸중은 심각한 신경학적 또는 운동학적 기능의 장애를 초래하며 이로 인해 마비된 근육의 형태학적인 변화

가 초래되어 근육의 기능에 영향을 미치게 된다.⁴⁾ 여러 연구에 따르면 뇌졸중 후에 근육 두께의 감소, 근섬유의 수축, 그리고 운동단위의 감소 등이 일어난다고 알려져 있다.^{5,6,11)} 이런 근육의 형태 변화는 근력 약화, 경직, 구축과 같은 마비 근육 증후군을 일으키게 되므로 근육의 형태 변화에 대한 연구는 진단이나 재활치료 측면에서 중요하다고 할 수 있겠다. 본 연구에서도 역시 마비측 비복근 운동점에서의 근육 두께가 정상측에 비하여 유의한 감소를 나타냈다. 이는 뇌졸중 후의 골격근의 비활성화에 따른 근육의 길이와 기계적 하중의 변화 또는 비활동성의 결과로 알려져 있다.^{4,11)}

근육 형태를 측정할 수 있는 영상검사로는 컴퓨터 단층 촬영, 자기공명 영상, 그리고 초음파 검사 등이 있으며 뇌졸중 환자에서 컴퓨터 단층 촬영이나 자기 공명 영상을 이용하여 마비측 근육의 위축을 확인한 몇몇 연구는 있었으나 초음파를 이용한 경우는 거의 없었다.^{4,7-9)} 특히 초음파 검사는 비록 정확한 검사를 위해서는 풍부한 경험을 필요로 하며 검사 기술의 습득시간이 오래 걸린다는 단점이 있으나 컴퓨터 단층 촬영이나 자기 공명 영상술에 비해 비교적 저렴한 비용에 빠르고 정확한 평가를 할 수 있으며 피검자에게 주는 신체적 또는 정신적 부담이 거의 없고, 짧은 검사 시간으로 외래에서 손쉽게 이용할 수 있다는 장점이 있어 본 연구에서도 초음파 검사를 이용하여 비복근의 두께를 측정하였다.

본 연구에서 유병기간은 마비측 근위축에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 환자군 선택 시에 근위축에 미치는 활동성의 효과를 배제하기 위해서 수정바텔지수 50-75의 중등도 의존인 환자로 한정하였는데 아마도 이것 때문으로 생각한다. 따라서 향후 수정바텔지수에 따른 근위축 정도에 대한 연구도 필요할 것으로 생각한다. 또한 우측 편마비가 발생한 환자군과 좌측 편마비가 발생한 환자군의 비복근의 두께를 비교하였을 때 두 군간에 의미있는 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 편마비 환자에서 뇌졸중 발병 후 마비가 발생하지 않은 하지를 주로 사용하게 되므로 우측과 좌측의 차이가 없어지기 때문으로 생각한다

본 연구에서는 비복근의 국소적 경직을 화학적 탈신경으로 치료하기 위한 사전 연구로 진행하였기에 김민욱등¹⁰⁾의 사체를 대상으로 한 하퇴삼두근 운동점의 해부학적 위치 연구에서 보고한 운동점 위치를 인용하였다. 김민욱등¹⁰⁾의 연구에 의하면 내측 비복근의 첫번째 운동점은 내외측 대퇴상과 연결선에서 하퇴 길이의 9.6%아래에 마

지막 운동점은 37.5%아래에 위치하였으며 외측 비복근의 첫번째 운동점은 내외측 대퇴상과 연결선에서 하퇴 길이의 12.0%에, 마지막 운동점은 37.9%에 위치하였기에 이를 바탕으로 내외측 비복근의 가장 근위부와 원위부 운동점에서의 비복근의 위축 정도를 비교하였다.

본 연구에서 정상측에 대한 마비측 근육 두께 비율이 4곳의 운동점에서 일정하지가 않았으며 심한 경우 정상측에 비해 40%이상 감소된 경우도 있었다. 즉 뇌졸중 후 마비측에서 같은 근육 내에서도 그 위축의 정도가 일정하지 않으며 정상측에 비해서 40%이상의 심한 위축도 있을 수 있다. 이런 경우 근위축이 있는 부위에 촉진 등의 수기 조작에 의한 보툴리눔 독소 주사 위치 선정 시에는 근육의 팽대부가 아닌 다른 지점이나 치료자가 원하지 않는 근육에 주사침이 위치할 수 있어 보툴리눔 독소 주사의 효과를 떨어뜨릴 수도 있다. 따라서 근위축이 의심되는 환자의 경우에는 근위축을 확인할 수 있는 초음파 검사 등이 보툴리눔 독소 주사 전에 필요하다.

본 연구에 참여한 환자들은 연구 참여 이전에 일정한 재활치료를 받고 있었으므로 실제적인 근위축의 정확한 수치가 과소 평가 되었을 수도 있다. 게다가 수정바텔지수가 중등도 의존인 환자와 Brunnstrom 단계가 3-4단계인 환자들을 대상으로 하였기 때문에 본 연구 결과가 전체 뇌졸중 환자의 근 위축 상태를 나타내는 것은 어려움이 있다는 제한점이 있어 향후 수정바텔지수, Brunnstrom 단계, 또는 경직 등의 다양한 척도에 따른 연구가 뒤따라야 할 것으로 생각한다. 또한 정확한 보툴리눔 독소 주사가 더 나은 기능적 결과를 야기하는지에 대한 연구도 필요할 것으로 생각한다.

다양한 중추 신경계 질환에서 관찰되는 경직된 근육의 병리학적 소견은 근육성 위축, 제 1형 근섬유가 제 2형 근섬유로의 전환 등이다.¹²⁾ 또한 경직과 근육 위축이 관계가 있다는 보고도 있다.¹³⁾ 따라서 본 연구에서 보인 근육의 위축이 환자들의 경직과 상관 관계가 있으며 근육 위축이 있는 경직된 근육에 대한 보톡스 주사 시에는 주의가 필요하다.

근육 두께 측정에 있어 초음파의 유용성은 여러 문헌들에서 입증되어 왔다. Miyatani 등¹⁴⁾은 슬관절 신전근의 근육 두께 측정에서 초음파의 유용성을 주장하였고 또한 Miyatani 등¹⁵⁾은 근육의 두께 측정이 근육 용적을 측정하는데 좋은 예상인자라고 주장하였다. Dupont 등¹⁶⁾은 실시간 초음파 검사가 정확한 이지지 프로토콜을 따르고 탐침의 지나친 압박을 피한다면 근육 두께 측정에 있어

CT나 MRI 만큼 정확성이 있다고 보고하였다.

연부조직에 대한 해상도를 높이기 위해서는 초음파의 주파수를 올리는 것이 좋으나 투과성이 떨어지기 때문에 측정하고자 하는 근육의 크기에 따라서 주파수의 선택이 다르다. 대퇴사두근과 같은 큰 근육을 연구한 대부분의 연구들에서는 5 MHz 이하의 주파수를 사용하여 왔고,¹⁷⁻²⁰⁾ 배부근이나 장딴지 근육등에서는 7.5MHz를 많이 사용하고 있으며,²¹⁻²²⁾ 족관절 인대 등 큰 투과성보다는 높은 해상도가 필요한 곳에서는 13MHz까지 고주파를 사용하기도 한다.²³⁾ 본 연구에서는 7.5MHz의 주파수를 사용하여 모든 연구 대상자들에게서 비복근의 두께를 측정할 수가 있었다.

초음파에 의한 근육 크기의 측정에 있어서 중요한 점은 탐침의 각도와 탐침을 누르는 정도에 따라서 크기가 달라질 수 있다는 점이다. 본 연구에서는 검사자 1인에 의해서 일관된 방법으로 시행이 되었고 초음파의 탐침 방향이 근육과 직각이 되게 하였다.

Howe등²⁴⁾은 대퇴사두근의 단면적을 초음파로 측정할 연구에서 검사자간에 측정치의 차이가 있음을 지적하면서 한 검사자 내에서의 측정치의 일관성이 매우 높아 다른 검사자가 얻은 측정치들을 서로 비교할 때 일정한 교정치를 곱해줌으로써 이 문제를 해결할 수가 있었다고 했다. 따라서 근육의 크기에 대해서 대상을 추적 검사할 경우 한 검사자에 의해서 일관된 방법으로 시행을 하여야 하며 여러 검사자가 한 대상을 추적할 경우에는 사전에 검사자간에 나타나는 차이를 알아야 한다는 것이 매우 중요하다.

결 론

편마비 환자에서는 정상측에 비해서 마비측의 비복근 위축이 심한 경우도 있으며 또한 위축의 정도가 같은 근육 내에서도 일정하지 않으므로 정확한 근육 내 보툴리눔 독소 주사를 위해서는 비침습적이며 짧은 검사 시간으로 외래에서 쉽게 이용할 수 있는 초음파를 이용한 주사치료가 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Dimitrijevic MR, Sherwood AM. Spasticity : medical and surgical treatment. *Neurology* 30: 19-27, 1980
- 2) Brin MF : Botulinum toxin: chemistry, pharmacology, toxicity, and immunology. *Muscle Nerve Suppl* 6: S146-168, 1997

- 3) Shaari CM, Sanders IRA : Quantifying how location and dose of botulinum toxin injections affect muscle paralysis. *Muscle Nerve* 16: 964-969, 1993
- 4) Li L, Tong KY, Hu X : The effect of poststroke impairments on brachialis muscle architecture as measured by ultrasound. *Arch Phys Med Rehabil* 88: 243-250, 2007
- 5) Becher JG, Harlaar J, Lankhorst GJ, Vogelaar TW : Measurement of impaired muscle function of the gastrocnemius, soleus, and tibialis anterior muscles in spastic hemiplegia: a preliminary study. *J Rehabil Res Dev* 35: 314-326, 1998
- 6) Metoki N, Sato Y, Satoh K, Okumura K, Iwamoto J. Muscular atrophy in the hemiplegic thigh in patients after stroke. *Am J Phys Med Rehabil* 82: 862-865, 2003
- 7) Chleboun GS, France AR, Crill MT, Braddock HK, Howell JN : In vivo measurement of fascicle length and pennation angle of the human biceps femoris muscle. *Cells Tissues Organs* 169: 401-409, 2001
- 8) Herbert RD, Gandevia SC : Changes in pennation with joint angle and muscle torque: in vivo measurements in human brachialis muscles. *J Physiol* 484: 523-532, 1995
- 9) Shortland AP, Harris CA, Gough M, Robinson RO : Architecture of the medial gastrocnemius in children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol* 44: 158-163, 2002
- 10) Kim MW, Kim JH, Ko YJ, Moon JS, Yang YJ : Anatomical locations of the motor points of the triceps surae muscles. *J Korean Acad Rehab Med* 27: 581-584, 2003
- 11) Mohagheghi AA, Khan T, Meadows TH, Giannikas K, Baltzopoulos V, Maganaris CN : Differences in gastrocnemius muscle architecture between the paretic and non-paretic legs in children with hemiplegic cerebral palsy. *Clin Biomech* 22: 718-724, 2007
- 12) Streichenberger N, Mertens P : Pathology of spastic muscles. Study of 26 patients. *Neurochirurgie* 49: 185-189, 2003
- 13) Edstrom L : Relation between spasticity and muscle atrophy pattern in upper motor neurone lesions. *Scand J Rehabil Med* 5: 170-171, 1973
- 14) Miyatani M, Kanehisa H, Kuno S, Nishijima T, Fukunaga T : Validity of ultrasonograph measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans *Eur J Appl Physiol* 86: 203-208, 2002
- 15) Miyatani M, Kanehisa H, Ito M, Kawakami Y, Fukunaga T : The accuracy of volume estimate using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. *Eur J Appl Physiol* 91: 264-272, 2004
- 16) Dupont AC, Sauerbrei EE, Fenton PV, Shragge PC, Loeb GE, Richmond FJ : Real-time sonography to estimate muscle thickness: comparison with MRI and CT. *J Chin Ultrasound* 29: 230-236, 2001
- 17) Hicks JE, Shawker TH, Jones BL, Linzer M, Gerber LH : Diagnostic ultrasound: its use in the evaluation of muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 65: 129-131, 1984
- 18) Kanehisa H, Ikegawa S, Tsunoda N, Fukunaga T : Strength and cross-sectional area of knee extensor muscles in children. *Eur J Appl Physiol* 68: 402-405, 1994
- 19) Sipila S, Suominen H : Ultrasound imaging of the quadriceps muscle in elderly athletes and untrained men. *Muscle Nerve* 14: 527-533, 1991

- 20) Sipila S, Suominen H : Muscle ultrasonography and computed tomography in elderly trained and untrained women. Muscle Nerve 16: 294-300, 1993
- 21) Hides JA, Richardson CA, Jull GA : Magnetic resonance imaging and ultrasound of the lumbar multifidus muscle. Spine 20: 54-58, 1995
- 22) Weiss LW, Clark FC : Ultrasound protocols for separately measuring subcutaneous fat and skeletal muscle thickness in the calf area. Phys Ther 65: 477-481, 1985
- 23) Milz P, Milz S, Putz R, Reiser M : 13 MHz high-frequency sonography of the lateral ankle joint ligaments and the tibiofibular syndesmosis in anatomic specimens. J Ultrasound Med 15: 277-284, 1996
- 24) Howe TE, Oldham JA : The reliability of measuring quadriceps cross-sectional area with compound B ultrasound scanning. Physiother Res Int 1: 112-126, 1996