

뇌졸중환자 내측 비복근의 초음파 영상 분석

서삼기

효인병원

The Analysis of Ultrasonography on Gastrocnemius Medialis of Patient with Stroke

Sam-Ki Seo, PT, MPT

Department of Physical Therapy, Hyoin Hospital

Purpose: The purpose of this study were to analyze ultrasonography on both sides of gastrocnemius medialis of stroke patient. **Methods:** In fourteen subjects with stroke, the gastrocnemius medialis(GM) muscle were scanned with ultrasonography at the muscle belly at rest at ankle angles of 0 degree(neutral position) and it were measured with ultrasonography on both sides of the leg. Muscle architecture(thickness, pennation angle, fascicle length, density, white area index) was examined using real-time B-mode ultrasonography with 7.5MHz linear-array prob. **Results:** Thickness of non-paratic side was significantly thicker than paratic side. Pennation angle of non-páratic side was significantly larger than paratic side. Fascicle length of non-paratic side was significantly smaller than paratic side. Density of non-paratic side was significantly smaller than paratic side. White area index of non-paratic side was significantly smaller than paratic side. **Conclusion:** This study showed that stroke have influenced on mechanical properties and quality properties of skeletal muscle architecture. (*J Kor Soc Phys Ther 2007;19(2):11-19*)

Key Words: Ultrasonography, Stroke, Muscle architecture, Pennation angle

1. 서 론

골격근은 인간의 활동능력을 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 하지만 뇌 손상 후 나타나는 손상은 강직과 비정상적 표피반사와 같은 양적(positive)인 것과 근력과 기민성 상실 등을 나타내는 부적(negative)인 것으로 분류할 수 있다. 이러한 양적이거나 부적의 손상으로 인해 뇌 손상 후 기능 회복에 있어 주된 걸림돌이 되며 (Refshauge, 2005), 활동의 감소로 근 위축을 초래

하고 일상생활활동에 장애를 주어 삶의 질을 감소시킨다(Sharp와 Brouwer, 1997). 그래서 물리치료 분야에서 노화나 질병 및 외상 등 다양한 원인에 의한 골격근의 기능변화에 대한 평가와 관리하는 중요한 연구영역 중에 하나이다(Felici 등, 1997; Sbriccoli 등, 2001).

골격근의 기능을 평가하고 분석하는데 있어서 구조적 특성인 근 섬유 크기나 두께, 섬유 형태 등을 파악하고 비교하는 연구가 매우 중요하다(Svantesson 등, 1998; Moore 등, 2002; Bilodeau 등, 2003). 따라서 골격근의 구조적 특성을 평가하기 위하여 컴퓨터 단층촬영(computerized tomography, CT), 자기공명영상(magnetic resonance image, MRI), 초음파 촬영(ultrasonography, US)과

논문접수일: 2006년 11월 10일
수정접수일: 2007년 2월 10일
게재승인일: 2007년 3월 12일
교신저자: 서삼기, hydropt@korea.com

같은 다양한 영상진단장치를 사용할 수 있다.

실시간 초음파 영상(real-time ultrasonography)은 인간의 근 구조(muscle architecture)를 생체 내(in vivo)에서 휴식시와 근수축시 비침습적인 방법으로 사용되며(Henriksson-Larsen 등, 1992; Kawakami 등, 1993; Kuno와 Fukunaga, 1995), 컴퓨터 단층촬영(computerized tomography; CT)이나 자기공명영상(magnetic resonance image; MRI) 보다 좀 더 값싸고 비교적 휴대성이 간편한 영상기법이며 근력의 측정과 관련될 수 있는 근육의 특징에 관한 질적이고 양적인 정보를 제공한다(Chi-Fishman 등, 2004). 최근 영상진단장비와 더불어 디지털 영상분석기술의 발달로 골격근 구조의 특성과 기능적인 능력의 변화에 대한 연구(Andersen 등, 2005; Karamanidis 등, 2005; Karamanidis 등, 2006)가 활발하게 진행되고 있다. 또한 초음파는 다양한 조직 구성에 따라 다르게 반영되는데 초음파 영상에서 근육조직은 어둡게 나타나는 반면에 뼈와 결합조직은 밝게 나타나는 데 초음파 영상을 통한 골격근 구조는 역학적 구조와 더불어 질적 구조에 대한 연구가 활발히 진행되어져 오고 있다. 근육의 사용을 제한할 때 근육 크기 감소에 비례해서 근력의 손실이 나타나므로 근력과 근육의 두께는 높은 상관관계를 가지는 것으로 볼 수 있다(Gollnick, 1983).

뇌졸중환자는 활동부족으로 마비측과 비마비측 모두에서 근 위축이 발생하며, 마비측은 신경지

배의 상실로 근 수축 작용이 결여되어 근 위축의 강도가 더 클 것으로 사료되지만 마비측과 비마비측에 대한 비교연구는 많지 않다(안경주 등, 2000).

따라서 본 연구의 목적은 초음파 영상을 이용하여 뇌졸중환자의 마비측과 비마비측에 대한 골격근의 두께와 우모각(pennation angle), 섬유속길이(fascicle length), 근육영상밀도(Density), 백색영역지수(Density)와 같은 다양한 디지털 영상분석 방법을 이용하여 구조적 특성과 질적 특성의 비교평가를 통해 뇌졸중환자에서 골격근의 기능적 변화를 이해하고, 뇌졸중환자의 임상적용에 대한 효율성을 도모하는데 있다.

II. 연구방법

1. 실험대상

본 연구는 뇌졸중환자 14명을 대상으로 실험절차에 따라 시행하였으며, 일반적 특성은 Table 1과 같다. 대상자의 선정 기준은 적절한 의사소통이 가능하고, 하지에 수술적 처치를 하지 않고 뇌졸중 발병 후 1년 이상의 환자를 선정하였다. 또한 실험에 참여하기 전에 모든 대상자에게 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 한 후 동의를 얻었다.

Table 1. Clinical characteristics of the 14 subjects after stroke

Subject	Age	Sex	Years post-injury	Affected side
1	67	F	1	L
2	77	F	4	L
3	80	M	1	R
4	51	M	2	R
5	74	F	1	R
6	53	M	2	R
7	70	M	7	L
8	57	M	6	L
9	64	M	1	L
10	50	M	1	L
11	48	F	1	L
12	74	F	3	L
13	74	F	1	L
14	58	F	1	R

Abbreviation: F, female; L, left; M, male; R, right

2. 실험방법

골격근 구조를 측정하기 위한 초음파 영상 수집은 SONOACE 9900(Medison Co., Korea)를 사용하였다. 이 장치의 주파수 변조 범위는 6-8.5MHz이고 gain의 범위는 20-80이다. 초음파 영상 측정에 사용된 초음파 변환기는 7.5MHz 선형탐촉자(linear transducer)이며, gain(G55)은 고정된 값으로 모든 검사에서 동일하게 적용하였다. 측정 자세는 대상자가 앉은 자세에서 무릎을 90도 굴곡하여 발바닥이 바닥면에 닿도록 한 자세에서 양측의 내측 비복근 근복 길이의 50%되는 지점에서 측정하였다. 이 후 얻어진 영상들은 Photoshop CS(Adobe, USA) 프로그램을 통해 8-bit Gray Scale(332 × 310 pixels)로 변환시킨 후 이 영상을 Image Pro Plus 4.1(Media Cybernetics, USA) 프로그램을 사용하여 분석하였다.

1) 골격근의 역학적 구조 측정

골격근의 역학적 구조를 측정하기 위해 두께, 우모각 그리고 섬유속 길이는 휴식시에 Figure 1과 같이 측정하였다. 근육 두께 및 섬유속 길이는 건막(aponeuroses)이 포함되지 않도록 하였고, 우모각은 심부 건막에 연결된 근섬유속의 각으로 측정하였다. 근 두께 측정 시 피부의 압박을 최소화하기 위하여 최대한 주의하였으며 충분한 양의 초음파겔(Dayo Medical, Co., PROGEL-II, Korea)을 변환기와 피부사이에 도포하였다. 만약 영상에서 섬유속이 획득된 초음파 영상 밖에 있을 경우, 보이지 않는 부분의 길이는 섬유속과 건막 양쪽으로 직선의 연장선을 그어 측정하였는데, 이러한 방법에 의한 오차는 대략 2.4% 혹은 그보다 더 적다고 알려져 있다(Narici 등, 2003; Reeves와 Narici, 2003).

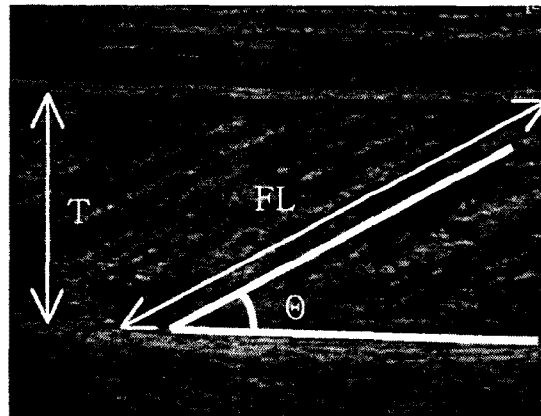


Figure 1. Mechanical properties measurement of gastrocnemius medialis muscle architecture. T: thickness, FL: fascicle length, Θ : pennation angle

2) 골격근의 질적 구조 측정

골격근의 질적 구조를 측정하기 위해 근육영상 밀도와 백색영역지수는 비복근의 내측에서 시상면(sagittal plane)으로 측정된 영상은 Figure 2와 같다. 영상을 획득한 후 건막이 포함되지 않도록 하여 사각형의 영역을 선택하여 이곳의 평균 화소값(pixel)을 구한 후, 이것을 근육영상밀도

(density)로 정하였다. 화소가 순수한 검정색이면 0이고 순수한 흰색이면 255가 된다. 백색영역지수는 근육내에서 에코발생도(echogenicity)가 높은 부분을 정량화하기 위해서 선택된 사각형의 영상에서 눈으로 백색으로 보이는 모든 영역(화소값이 130이상)의 숫자를 전체 화소수의 숫자로 나눈 값으로 하였다(Maurits 등, 2003).

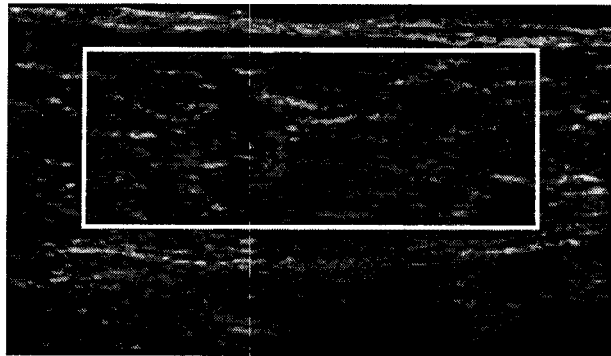


Figure 2. Quality properties measurement of gastrocnemius medialis architecture.

3. 통계방법

본 연구의 통계는 SPSS/PC 12.0 프로그램을 이용하여 처리하였다. 마비측과 비마비측의 골격근 구조에 대한 비교는 Wilcoxon 부호순위 검정을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 골격근의 역학적 구조의 비교

1) 근육두께의 비교

초음파 영상분석에서 마비측과 비마비측의 근 두께 비교는 Figure 3과 같다. 마비측의 근 두께는 평균 $9.05 \pm 2.53\text{mm}$, 비마비측의 근 두께는 평균 $11.54 \pm 3.10\text{mm}$ 로 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.001$).

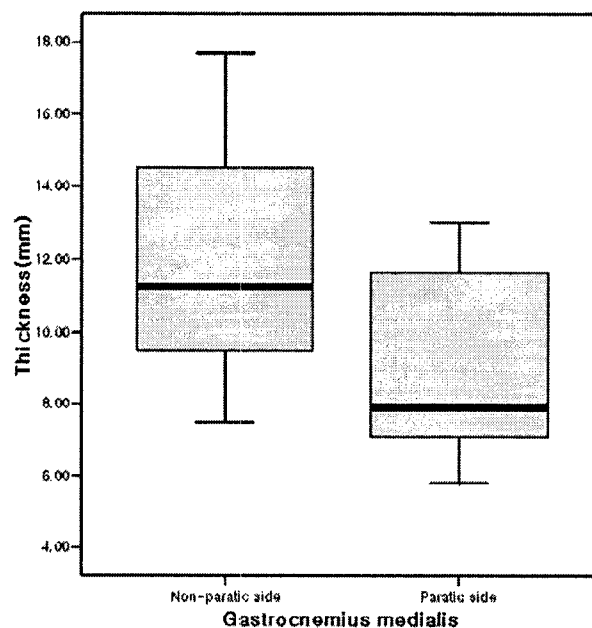


Figure 3. Comparison of gastrocnemius medialis thickness ($p < 0.001$).

2) 우모각의 비교

초음파 영상분석에서 마비측과 비마비측 우모각의 비교는 Figure 4와 같다. 마비측의 우모각은

평균 $15.43 \pm 3.72^\circ$, 비마비측의 우모각은 평균 $18.95 \pm 3.99^\circ$ 로 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.001$).

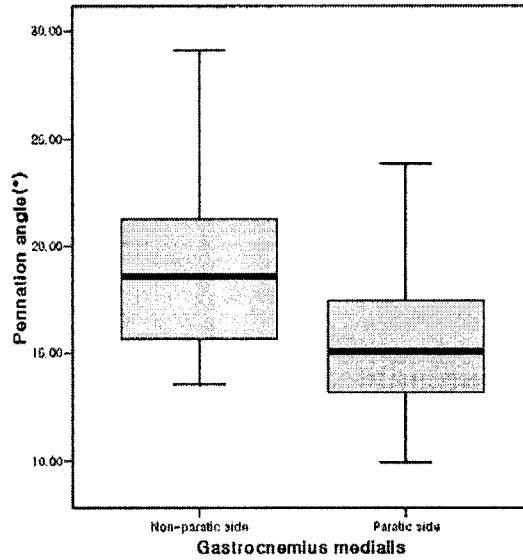


Figure 4. Comparison of gastrocnemius medialis pennation angle ($p < 0.001$).

3) 섬유속 길이의 비교

초음파 영상분석에서 마비측과 비마비측 섬유속 길이의 비교는 Figure 5와 같다. 마비측의 섬유

속 길이는 평균 $37.54 \pm 5.93\text{mm}$, 비마비측의 섬유속 길이는 평균 $34.64 \pm 6.45\text{mm}$ 로 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$).

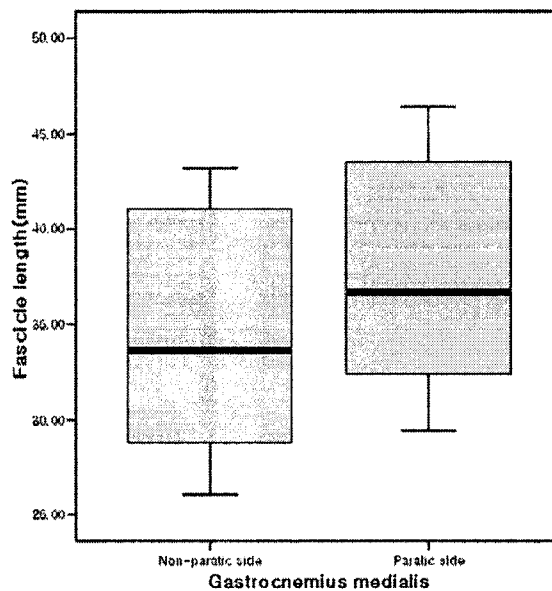


Figure 5. Comparison of gastrocnemius medialis fascicle length ($p < 0.01$).

2. 골격근의 질적 구조의 비교

1) 근육영상밀도의 비교

초음파 영상분석에서 마비측과 비마비측 근육

영상밀도의 비교는 Figure 6과 같다. 마비측의 근육영상밀도는 평균 65.97 ± 12.64 , 비마비측의 근육영상밀도는 평균 54.12 ± 9.44 로 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.001$).

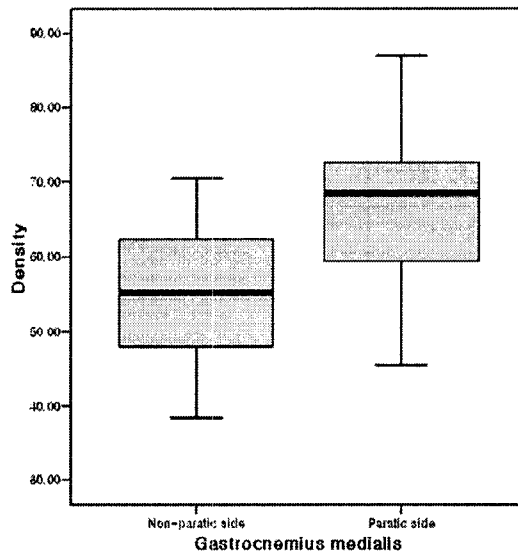


Figure 6. Comparison of gastrocnemiu medialis density ($p < 0.01$).

2) 백색영역지수의 비교

초음파 영상분석에서 마비측과 비마비측 백색영역지수의 비교는 Figure 7과 같다. 마비측의 백

색영역지수는 평균 0.0279 ± 0.02 , 비마비측의 백색영역지수는 평균 0.0085 ± 0.01 로 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$).

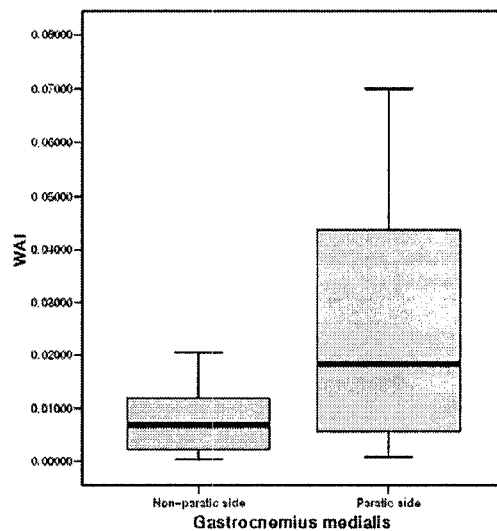


Figure 7. Comparison of gastrocnemius medialis white area index ($p < 0.01$).

IV. 고찰

본 연구는 초음파 영상분석을 이용하여 뇌졸중 환자의 내측 비복근의 구조적인 특성인 두께, 우모각, 섬유속 길이와 질적 특성인 근육영상밀도, 백색영역지수의 마비측과 비마비측의 비교평가를 통해 뇌졸중환자에서 골격근의 구조 변화를 알아보고자 하였다.

뇌졸중환자는 마비측에서 근체적의 감소, 근섬유의 단축, 운동단위의 감소로 인하여(Metoki 등, 2003) 마비측 근육의 형태학적 변화가 나타난다(Li 등, 2007). 이러한 근육의 변화는 근육의 약증, 강직(spasticity), 구축과 밀접한 관련성이 있는 것으로 보고되며(Chae 등, 2002; Patten 등, 2004), 뇌졸중환자의 근육 변화를 평가하는 것은 임상적으로 진단과 치료에 매우 중요하며 효율성을 도모할 수 있다.

초음파 영상분석은 골격근의 특성을 비침습적으로 정량적인 정보를 제공하는데 있어 자기공명영상, 컴퓨터 단층촬영 보다 사용이 간편하며 비용이 적게 드는 장점을 가지고 있다(Chi-Fishman 등, 2004).

뇌졸중환자와 같은 중추신경손상으로 인한 골격근의 변화를 초음파 영상분석으로 보고한 사례는 많지 않지만, 최근의 연구에서 Li 등(2007)은 뇌졸중환자 상완근의 마비측과 비마비측의 변화에 대한 초음파 영상분석에서 우모각은 마비측에서 유의하게 증가하였고, 섬유속 길이는 유의하게 감소하였다.

본 연구의 골격근의 구조분석에서도 마비측에서 두께는 비마비측보다 감소되어 나타났으며, 우모각은 비마비측보다 각이 크게 나타났고, 섬유속 길이는 길게 나타나 유의한 차이를 보였다.

또한 초음파는 다양한 조직 구성에 따라 다르게 반영되므로, 근육 조직은 어둡게 나타내며 뼈와 결합조직은 밝게 나타나며, 잘 훈련된 근육은 선이 밝고 뚜렷하고 어둡게 나타나지만 질병이 있는 근육은 구조가 더욱 산만하며 백색영역이 많이 나타난다(Nielsen 등, 2000). 골격근의 질적 특성에 관련된 근육영상밀도와 백색영역지수에 대한

선행연구에서 나이가 적을수록, 신경계 손상질환이 없는 근육일수록 근육영상밀도와 백색영역지수가 작게 나타났다(Maurits 등, 2004; 윤세원 등, 2006; 정진규 등, 2006; 이정우, 2007).

근육영상밀도와 백색영역지수에 대한 본 연구에서도 근육영상밀도는 비마비측이 마비측보다 높게 나타났으며, 백색영역지수는 비마비측이 마비측보다 높게 나타났다.

이러한 결과로 뇌졸중환자의 내측 비복근에서 마비측과 비마비측의 골격근 구조의 차이는 역학적 및 질적 구조 모두 차이가 있는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구에서는 뇌졸중환자의 마비측 및 비마비측 내측 비복근에 대한 초음파 촬영을 한 후 디지털 영상분석 방법을 이용하여 비교 분석하였다. 골격근 구조에 대한 역학적 특성을 비교 분석한 결과 근 두께, 우모각, 섬유속 길이 모두 차이가 나타났다. 마비측에서 비마비측에 비해 근 두께와 우모각은 작게 나타났으며, 섬유속 길이는 증가된 것으로 나타났다. 질적 특성을 비교 분석한 결과 근육영상밀도와 백색영역지수 모두 마비측에서 비마비측에 비해 높게 나타났다. 따라서 뇌졸중환자의 골격근 구조에서 마비측 골격근의 역학적 및 질적 구조의 변화가 모두 있는 것으로 나타났다. 본 연구의 통해 임상적으로 뇌졸중환자의 신경학적 변화뿐만 아니라 골격근의 변화를 이해하고, 또한 진단과 치료에 이를 고려해야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

안경주, 이윤경, 임지희 등. 지구력 운동이 급성기 뇌졸중 쥐의 뒷다리근 질량에 미치는 영향. 대한기초간호자연구학회. 2000;2(2):67-80.

- 윤세원, 황태연, 김용남 등. 제 2형 당뇨병환자의 말초신경 기능 및 골격근의 Echogenicity 분석. 대한임상전기생리학회지. 2006;4(1):13-25.
- 이정우. 신경근전기자극이 골격근 구조변화와 신경순응에 미치는 효과. 동신대학교 대학원 박사학위 논문. 2007.
- 정진규, 김태열, 김용남 등. 정상 골격근의 근전도 중앙주파수 및 초음파 영상 밀도 분석. 대한물리치료학회지. 2006;18(1):83-94.
- Andersen LL, Tufekovic G, Zebis MK et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism Clinical and Experimental*. 2005;54(2):151-6.
- Bilodeau M, Schindler-Ivens S, Williams DM et al. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(1):83-92.
- Chae J, Yang G, Park RK, Labatia I. Muscle weakness and co-contraction in upper limb hemiparesis: relationship to motor impairment and physical disability. *Neurohabil Neural Repair*, 2002;16:241-8.
- Chi-Fishman G, Hicks JE, Cintas HM et al. Ultrasound imaging distinguishes between normal and weak muscle. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(6):980-6.
- Felici F, Colace L, Sbriccoli P. Surface EMG modifications after eccentric exercise. *J Electromyogr Kinesiol*. 1997;7:193-202.
- Gollnick PD, Parsons D, Riedy M et al. Fiber number and size in overloaded chicken anterior latissimus dorsi muscle. *J Appl Physiol*. 1983;4:1292-7.
- Henriksson-Larsen K, Wretling ML, Lorentzon R et al. Do muscle fibre size and fibre angulation correlate in pennated human muscles? *Eur J Appl Physiol*. 1992;64(1):68-72.
- Karamanidis K, Arampatzis A. Mechanical and morphological properties of human quadriceps femoris and triceps surae muscle-tendon unit in relation to aging and running. *Journal of Biomechanics*. 2006;39(3):406-17.
- Karamanidis K, Stafilidis S, DeMonte G et al. Inevitable joint angular rotation affects muscle architecture during isometric contraction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2005;15(6):608-16.
- Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol*. 1993;74(6):2740-4.
- Kuno S, Fukunaga T. Measurement of muscle fibre displacement during contraction by real-time ultrasonography in humans. *Eur J Appl Physiol*. 1995;70(1):45-8.
- Li L, Tong KY, Hu X. The effect of poststroke impairments on brachialis muscle architecture as measured by ultrasound. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(2):243-50.
- Maurits NM, Beenakker EA, van Schaik DE et al. Muscle ultrasound in children: normal values and application to neuromuscular disorders. *Ultrasound in Med & Biol*. 2004;30(8):1017-27.
- Maurits NM, Bollen AE, Windhausen A et al. Muscle ultrasound analysis: normal values and differentiation between myopathies and neuropathies. *Ultrasound in Med & Biol*. 2003;29(2):215-25.
- Metoki N, Sato Y, Satoh K et al. Muscular atrophy in the hemiplegic thigh in patients after stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(11):862-5.
- Moore BD, Drouin J, Gansneder BM et al. The differential effects of fatigue on reflex response timing and amplitude in males and females. *J Electromyogr Kinesiol*. 2002;12(5):351-60.
- Narici MV, Maganaris CN, Reeves ND et al. Effect of aging on human muscle architecture. *J Appl Physiol*. 2003;95(6):2229-34.
- Nielsen PK, Jensen BR, Darvann T et al. Quantitative ultrasound image analysis of the supraspinatus muscle. *Clinical Biomechanics* 15 Suppl. 2000;1:S13-6.

- Patten C, Lexell J, Brown HE. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method, and efficacy. *J Rehabil Res Dev.* 2004;41:293-312.
- Reeves ND, Narici MV. Behavior of human muscle fascicles during shortening and lengthening contractions in vivo. *J Appl Physiol.* 2003; 95(3):1090-6.
- Refshauge K, Ada L, Ellis E. Science-based rehabilitation; Theories into practice. Butterworth-Heinemann, China. 2005.
- Sbriccoli P, Felici F, Rosponi A et al. Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG analysis and ultrasonography. *J Electromyogr Kinesiol.* 2001;11(2):73-83.
- Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78 (11):1231-6.
- Svantesson U, Osterberg U, Thomee R et al. Fatigue during repeated eccentric-concentric and pure concentric muscle actions of the plantar flexors. *Clin Biomech.* 1998;13(4-5):336-43.