표면 근전도와 전기 탐침기를 이용한 상완이두근의 운동점 표지 비교 연구

박재원 · 금동호

동국대학교 한의과대학 한방재활의학과교실

Comparison Study about Surface Mapping of Motor Points in Biceps Brachii Muscle Using Surface EMG and Electric Probe

Jaewon Park, K.M.D., Dongho Keum, K.M.D.

Department of Rehabilitation Medicine of Korean Medicine, College of Korean Medicine, Dongguk University

Objectives This study was performed to compare the electrical methods of motor points mapping using surface EMG and electric probe (Pointer Excel II).

Methods 32 healthy adults (male 16, female 16) were selected, and classified into two groups; surface EMG group, electric probe (Pointer Excel II) group. In surface EMG group, motor points were searched by recoding the compound muscle potentials. In electric probe (Pointer Excel II) group, motor points were searched by scanning the skin with Pointer Excel II at low level stimulation. The locations of the motor points were expressed as X and Y values in relation to the reference line. The horizontal reference line was set as elbow crease and the vertical reference line was set as the line connecting coracoid process to the center of the horizontal reference line. The data was analyzed by 'Independent T-test' and 'equivalence test'.

Results 1. The motor points of short head and long head of biceps brachii muscle were located at about 2/3 length of the vertical reference line from coracoid process and about 1/5 ~ 1/4 length of the half of the horizontal reference line from the vertical reference line in both group. 2. The motor points of the short head were located more distally and close to the vertical reference line ($p < 0.001$). 3. In surface EMG group, the motor points of the long head were located more laterally in the female than male. And the motor points of the long head were located more distally in the left side than right side ($p < 0.05$). In electric probe (Pointer Excel II) group, similar tendency was observed but there was no statistically significant difference ($p > 0.05$). 4. As a result of the equivalence test between surface EMG group and electric probe (Pointer Excel II) group, the confidence intervals of the difference were within the equivalence limit. Therefore, the locations of the motor points searched by two ways are equal ($p > 0.05$, equivalence interval=3%).

Conclusions The results indicate that electric probe (Pointer Excel II) can be used to search the motor points instead of surface EMG. This might improve the clinical efficiency when using the motor points to treat muscle dysfunction. (*J Korean Med Rehabil* 2018;28(1):85-96)

RECEIVED November 7, 2017
REVISED November 27, 2017
ACCEPTED December 6, 2017

CORRESPONDING TO
Dongho Keum, Department of
Rehabilitation Medicine of Korean
Medicine, College of Korean
Medicine, Dongguk University, 268
Buljeong-ro, Bundang-gu, Seongnam
13601, Korea

TEL (031) 710-3728
FAX (031) 710-3780
E-mail keumdh660@naver.com

Copyright © 2018 The Society of
Korean Medicine Rehabilitation

Key words Motor Point, Electric probe, Pointer Excel, Surface EMG, Biceps brachii

서론»»»

골격근의 운동점은 피부를 통한 최소한의 전기적 자극으로도 근육의 수축이 유발되는 피부 위의 한 지점이다. 이는 곧 운동 역치가 가장 낮은 근육 위 피부의 지점을 의미한다^{1,2)}. 이 지점은 해부학적으로는 운동신경섬유의 말단이 가장 밀집되어 있는 곳으로 정의된다³⁾.

따라서 운동점을 통한 자극은 적은 세기의 자극으로도 운동신경의 흥분을 유발할 수 있지만, 운동점 외의 지역에서 운동신경의 흥분을 유발하기 위해서는 더 높은 자극이 필요하며, 그 과정에서 감각 섬유를 자극하여 통증과 같은 불편감을 유발할 수 있다²⁾. 이러한 특성으로, 운동점은 근육의 기능 이상과 관련된 질환의 치료에 많이 응용되고 있다.

근육의 기능 이상은 임상적으로 강직 혹은 약화의 형태로 많은 질환에서 나타날 수 있는데, 서양 의학에서는 이러한 임상증상의 치료에 운동점을 이용한 연구들이 다양하게 보고되고 있다^{2,4,6)}. 한의학에서는 운동점과 관련된 연구가 거의 이루어지지 않았으나, 최근에는 강직의 침 치료에 운동점을 활용한 연구가 보고된 바 있다⁷⁾. 이러한 연구와 서양 의학에서 운동점이 강직이나 약화된 근육의 재활에 많이 활용되고 있다는 점에 근거하여 볼 때, 근육의 기능 이상에 대한 한의학적 치료에도 충분히 운동점이 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 이를 위해서는 우선적으로 피부 표면에서 운동점을 탐색할 수 있는 간편한 방법이 필요할 것으로 생각된다.

운동점의 위치 탐색에 관해서는 많은 연구들이 보고되고 있는데, 해부학적인 방법⁸⁻¹¹⁾, 조직화적인 염색 방법^{12,13)}, 전기적인 방법^{1,2,14,15)} 등 다양한 방법을 이용한 연구들이 보고되고 있다. 그러나 현재까지 보고된 방법들은 임상에서 침 치료 등에 활용하기에는 시간과 방법적인 측면에서 비효율적이다.

본 연구에서 사용된 전기 탐침기인 Pointer Excel II는 경피신경전기자극기(TENS)의 일종으로, 피부 표면에 부착하는 다양한 크기의 패드가 사용되는 일반적인 TENS와는 달리, 2 mm 혹은 4 mm 직경의 둥근 펜 모양의 금속 probe가 자극 전극으로 사용된다¹⁶⁾. 전기적인 방법을 이용해 운동점을 표지한 연구들^{1,2,14,15)}을 참고하였을 때, 펜 모양의 전극을 가진 전기 탐침기인 Pointer Excel II는 피부 위의 국소적인 지점인 운동점을 표지하는데 쉽게 사용

할 수 있을 것으로 생각된다.

이에 저자는 pilot test로서 건강인의 표면 근전도를 이용하여 탐색한 상완이두근의 운동점들의 위치가 전기 탐침기(Pointer Excel II)를 이용하여 탐색한 운동점들의 위치와 일치하는지에 대해 알아보았으며, 이를 통해 운동점 표지에 대한 전기 탐침기(Pointer Excel II)의 활용 가능성에 대해 의미 있는 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

대상 및 방법»»»

1. 연구대상

2017년 05월 15일부터 2017년 8월 30일까지 동국대학교 분당한방병원 원내 모집 공고를 통해 자발적으로 내원한 만 18세 이상 50세 이하의 건강한 성인 남녀 32명(남자 16, 여자 16)을 대상으로 하였다. 아래의 제외기준에 해당하는 자는 제외하였으며, 각 피험자는 연구방법에 대한 설명을 직접 듣고 동의서에 서명하였다. 모집된 연구대상자들은 R 3.4.2 for windows (R foundation, Vienna, Austria)를 이용한 Stratified block randomization (stratification variable=gender)을 통해 남녀 같은 비율로 표면 근전도군과 전기 탐침기(Pointer Excel II)군에 배정되어 연구를 진행하였다. 임상시험은 동국대학교 분당한방병원의 기관윤리심의위원회(IRB No. 2017-0006)의 승인을 받은 후 실시하였다.

1) 표면 근전도군

표면 근전도군은 Stratified block randomization을 통해 배정된 남자 8명, 여자 8명을 대상으로 하였는데, 각 연구 대상자들의 좌측 상지, 우측 상지를 대상으로 하여 총 32개의 상지를 대상으로 하였다. 본 연구에 대한 설명을 듣고 동의서를 작성한 16명이 참가하였으며 탈락자는 없었다.

2) 전기 탐침기(Pointer Excel II)군

전기 탐침기(Pointer Excel II)군은 Stratified block randomization을 통해 배정된 남자 8명, 여자 8명을 대상으로 하였는데, 각 연구 대상자들의 좌측 상지, 우측 상지를 대상으로 하여 총 32개의 상지를 대상으로 하였다. 본 연

구에 대한 설명을 듣고 동의서를 작성한 16명이 참가하였으며 탈락자는 없었다.

3) 제외기준

- ① 경추 추간관 탈출증 등의 경추 질환으로 상지의 신경학적 증상(근력 저하, 통증 등)을 호소하는 자
- ② 상완의 외상, 골절, 종양 및 수술 등의 과거력이 있는 자
- ③ 이전에 경추 관련 수술을 받은 적이 있는 환자
- ④ 최근 1개월 이내 교통사고 등의 급격한 손상 병력으로 경향통 혹은 상완의 통증이 있는 자
- ⑤ 기타 상완이두근의 신경 분포에 영향을 미칠 수 있는 손상이나 질환, 수술의 기왕력이 있는 자
- ⑥ 기타 신체상의 문제로 연구에 참여가 불가하다고 판단되는 자

2. 연구방법

1) 연구 설계

본 연구는 실험군-대조군 비교 연구로 실험군은 전기 탐침기(Pointer Excel II)군, 대조군은 표면 근전도군으로 설정하였다. 선정된 연구 대상자들은 Stratified block randomization (stratification variable=gender)을 통해 남녀 같은 비율로 표면 근전도군과 전기 탐침기(Pointer excel II)군에 배정되어 연구를 진행하였다.

각 연구 대상자들은 1회 방문하여 배정된 군에 따라

좌측, 우측 상완이두근의 장두, 단두의 운동점을 표지하였다.

2) 운동점 기록 방법

각각의 운동점은 기준선에 대한 비율(X%, Y%)로 기록되었다. 기준선은 다음과 같다(Fig. 1).

- ① 세로 기준선: 오구돌기에서 팔오금의 중점을 잇는 선
- ② 가로 기준선: 팔오금의 양 끝을 잇는 선
- ③ X 좌표: 표지된 운동점에서 가로 기준선에 수평인 선을 그어, 이 선과 세로 기준선이 만나는 부위에서 운동점까지의 거리를 가로 기준선 길이의 절반에 대한 %로 환산하고 이 값을 X 값으로 정한다.
- ④ Y 좌표: 표지된 운동점에서 가로 기준선에 수평인 선을 그어, 이 선과 세로 기준선이 만나는 부위에서 오구돌기까지의 거리를 세로 기준선의 길이에 대한 %로 환산하고 이 값을 Y 값으로 정한다.

3) 표면 근전도군의 운동점 표지 방법

Medelec Synergy PIU (Viasys Healthcare UK Ltd) 근전도 기계를 이용하여 상완이두근 표면의 복합근육활동전위(Compound muscle action potential, CMAP)를 측정하여 운동점을 표지하였다. 측정은 양측 상완이두근의 장두, 단두 총 4부위에 걸쳐 이루어졌다(Fig. 2).

- ① 대상자는 양와위로 누워 어깨를 45° 외전, 팔꿈치는 신전, 전완은 외회전한 상태를 취하여 상지의 내측면이 잘 드러나도록 한다.

Fig. 1. Reference lines of the location of the motor point of the biceps brachii. AB: Vertical reference line, BC: Half of the horizontal reference line.

Fig. 2. Motor point mapping method using surface EMG.

② 피부와 전극 사이의 저항을 최소화하고 완전 밀착시키기 위해 전극을 부착할 부위를 알콜솜으로 닦는다.

③ 상완이두근의 CMAP 측정을 위해 3개의 원반모양의 전극을 사용하였는데, Active electrode는 검사하려는 부위의 가장 두드러진 근육 뿔대부에, Reference electrode는 팔오금 근처 요골 내측면의 상완이두근의 건부착 부위에, Ground electrode는 전완의 가운데 부착한다.

④ 상완골 근위부 전면 내측의 대흉근 부착부위 부근 깊숙이 자극 전극을 위치시키고 근피신경을 자극한다. 자극은 1초에 1번씩 10-30 mA의 세기로 가하며, 상완이두근의 수축으로 근피신경의 자극이 확인되지 않을 경우에만 세기를 증가시킨다.

⑤ 근피신경의 자극을 확인한 후, 최대상 자극(50~70 mA)를 1초에 1번씩 가하며 그에 따른 Active electrode의 CMAP를 관찰한다.

⑥ Active electrode를 상하좌우로 옮겨가며, CMAP가 가장 높게 나타나는 부위를 찾는다.

⑦ 해당 부위를 기준선에 대한 비율(X%, Y%)로 기록한다.

4) 전기 탐침기(Pointer Excel II)군의 운동점 표시 방법

Pointer Excel II (Lhasa OMS, Inc., Weymouth, MA, USA)를 이용하여 상완이두근의 시각적인 수축을 관찰하여 운동점을 표시하였다. 측정은 양측 상완이두근의 장두, 단두 총 4부위에 걸쳐 이루어졌다(Fig. 3, 4).

① 대상자는 양와위로 누워 어깨를 45° 외전, 팔꿈치는 신전, 전완은 외회전한 상태를 취하여 상지의 내측면이

잘 드러나도록 한다.

② 피부와 전극 사이의 저항을 최소화하기 위해 자극을 가할 부위를 알콜솜으로 닦고, 전도를 증가시키기 위해 Surg-gelle을 얇게 도포한다.

③ Ground pole을 측정하는 쪽의 손바닥 위에 위치시킨다.

④ 2 mA, 3 Hz의 세기로 상완이두근의 근복을 자극한다. 자극 전극을 이동시키면서 근육의 수축이 가장 크게 나타나는 부위를 찾는다.

⑤ 근육의 수축이 나타나지 않을 경우에만 자극의 세기를 증가시키며 최대 10 mA까지 증가시킨다.

⑥ 해당 부위를 기준선에 대한 비율(X%, Y%)로 기록한다.

3. 통계처리

수집된 자료는 SPSS 12.0 for windows¹⁰ (SPSS Inc, IL, USA)을 사용하여 처리하였으며, 모든 측정값은 평균±표준편차로 표시하였다. 표면 근전도군과 전기 탐침기(Pointer Excel II)군간 운동점들의 위치를 비교하고 각 군내에서 남녀, 좌우의 차이를 분석하기 위해, 각 변수의 정규성 검정을 시행하여 정규분포를 확인한 후 Independent T-test를 시행하였다. 또한 두 군의 동등성을 비교하기 위해 동등성 한계를 3%로 설정하고 동등성 검정을 시행하였다. 모든 경우에 있어 p-value가 0.05 미만인 경우 통계적 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

Fig. 3. Appearance of electric probe (Pointer Excel II).

Fig. 4. Motor point mapping method using electric probe (Pointer Excel II).

결과»»»»

1. 표면 근전도군

1) 일반적 특성

표면 근전도군 16명의 평균 연령을 보면 28.63 ± 3.00 세로 나타났고, 성별 분포에서는 Stratified block randomization를 통해 균등하게 배정되었으므로 남성이 50%, 여성이 50%를 차지하였다(Table I).

2) 운동점 위치의 평균

표면 근전도군에서 표지된 운동점들의 위치의 평균은

단두는($17.26 \pm 3.74\%$, $68.92 \pm 2.60\%$)로 나타났고, 장두는($24.68 \pm 3.90\%$, $66.82 \pm 2.44\%$)로 나타났다. 단두가 장두에 비해 보다 아래쪽에 위치하였고, 세로 기준선에 가깝게 위치하였다(Table II, Fig. 5).

3) 남녀/좌우의 비교

표면 근전도군에서 각 변수의 정규성 검정 결과 모두 정규분포를 따르는 것을 확인하였다. 남녀, 좌우를 비교해보았을 때, 여자에서 장두의 운동점이 남자에 비해 외측에 위치하고 있는 것으로 나타났으며, 좌측의 장두의 운동점이 우측에 비해 아래쪽에 위치하고 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$)(Table III, IV).

Table I. Distribution of Age and Gender in Surface EMG Group

Group	Healthy Group
Age	28.63 ± 3.00
Gender	
Male n (%)	8 (50.0)
Female n (%)	8 (50.0)

Values are mean $\pm$ S.D.

Table II. Mean Distance of Motor Points of the Biceps Brachii in Surface EMG Group

	Short head	Long head
Horizontal distance (%)	17.26 ± 3.74	24.68 ± 3.90
Vertical distance (%)	68.92 ± 2.60	66.82 ± 2.44

Values are mean $\pm$ S.D.

Fig. 5. A plot of the location of the motor points in the biceps brachii in surface EMG group.
SH: Short head, LH: Long head.

Table III. Mean Distance of Motor Points of the Biceps Brachii in Male and Female Cases in Surface EMG Group

Sex (cases)	Short head (%)		Long head (%)	
	X	Y	X	Y
Male (16)	18.17 ± 3.21	69.36 ± 3.00	23.13 ± 3.83	67.01 ± 2.86
Female (16)	16.35 ± 4.09	68.48 ± 2.14	26.22 ± 3.41	66.63 ± 2.03
p-value	0.172	0.347	0.022	0.672

Values are mean $\pm$ S.D.

p-value was calculated by Independent T-test.

Table IV. Mean Distance of Motor Points of the Biceps Brachii in Right and Left Sides in Surface EMG Group

Sex (cases)	Short head (%)		Long head (%)	
	X	Y	X	Y
Left (16)	17.53 ± 3.53	69.21 ± 2.40	24.84 ± 3.38	67.71 ± 2.40
Right (16)	16.98 ± 4.03	68.63 ± 2.84	24.51 ± 4.46	65.93 ± 2.22
p-value	0.683	0.531	0.812	0.038

Values are mean $\pm$ S.D.

p-value was calculated by Independent T-test.

Table V. Distribution of Age and Gender in Electric Probe (Pointer Excel II) Group

Group	Healthy Group
Age	29.69 ± 4.07
Gender	
Male n (%)	8 (50.0)
Female n (%)	8 (50.0)

Values are mean $\pm$ S.D.

2. 전기 탐침기(Pointer Excel II)군

1) 일반적 특성

전기 탐침기(Pointer Excel II)군 16명의 평균 연령을 보면 29.69 ± 4.07 세로 나타났고, 성별 분포에서는 Stratified block randomization를 통해 균등하게 배정되었으므로 남성이 50%, 여성이 50%를 차지하였다(Table V).

2) 운동점 위치의 평균

전기 탐침기(Pointer Excel II)군에서 표지된 운동점들의 위치의 평균은 단두는($17.11 \pm 3.89\%$, $69.08 \pm 2.43\%$)로 나타났고, 장두는($24.44 \pm 4.20\%$, $66.44 \pm 2.47\%$)로 나타났다. 단두가 장두에 비해 보다 아래쪽에 위치하였고, 세로 기준선에 가깝게 위치하였다(Table VI, Fig. 6).

3) 남녀/좌우의 비교

전기 탐침기(Pointer Excel II)군에서 각 변수의 정규성 검정 결과 모두 정규분포를 따르는 것을 확인하였다. 남녀, 좌우를 비교해보았을 때, 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$)(Table VII, VIII).

Table VI. Mean Distance of Motor Points of the Biceps Brachii in Electric Probe (Pointer Excel II) Group

	Short head	Long head
Horizontal distance (%)	17.11 ± 3.89	24.44 ± 4.20
Vertical distance (%)	69.08 ± 2.43	66.44 ± 2.47

Values are mean $\pm$ S.D.

Fig. 6. A plot of the location of the motor points in the biceps brachii in electric probe (Pointer Excel II) group. SH: Short head, LH: Long head.

3. 표면 근전도군과 전기 탐침기(Pointer Excel II)군의 비교

동등성 검정을 위해 운동점에 대한 조직학적 연구에 근거하여 운동점의 너비를 최대 1 cm로 설정하고, 1 cm를 전체 피험자들의 가로 기준선의 절반의 평균(X'), 세로 기준선 길이의 평균(Y')에 대한 %로 환산하니 X' 에 대해서는 15.64%, Y' 에 대해서는 3.26%로 계산되었다. 이 중 작은 값을 기준으로 동등성 한계를 $\pm 3\%$ 로 설정하였다.

Table VII. Mean Distance of Motor Points of the Biceps Brachii in Male and Female Cases in Electric Probe (Pointer Excel II) Group

Sex (cases)	Short head (%)		Long head (%)	
	X	Y	X	Y
Male (16)	16.82 ± 2.88	69.08 ± 2.13	23.71 ± 4.14	67.27 ± 2.17
Female (16)	17.39 ± 4.78	69.08 ± 2.77	25.18 ± 4.27	65.61 ± 2.54
p-value	0.686	1.000	0.333	0.056

Values are mean $\pm$ S.D.

p-value was calculated by Independent T-test.

Table VIII. Mean Distance of Motor Points of the Biceps Brachii in Right and Left Sides in Electric Probe (Pointer Excel II) Group

Side (cases)	Short head (%)		Long head (%)	
	X	Y	X	Y
Left (16)	17.86 ± 3.95	69.17 ± 2.24	24.47 ± 4.92	67.03 ± 2.54
Right (16)	16.36 ± 3.81	68.99 ± 2.68	24.42 ± 3.50	65.85 ± 2.33
p-value	0.285	0.837	0.970	0.184

Values are mean $\pm$ S.D.

p-value was calculated by Independent T-test.

Table IX. Two Sample Equivalence Test Between Surface EMG Group and Electric Probe (Pointer Excel II) Group

	95% Confidence Interval of the Difference					
	X			Y		
	Lower	Upper	p-value	Lower	Upper	p-value
Short head	-1.759	2.056	0.877	-1.417	1.104	0.805
Long head	-1.796	2.259	0.820	-0.850	1.612	0.538

Values are mean $\pm$ S.D.

p-value and 95% CI was calculated by Independent T-test.

CI is within the equivalence interval of (-3.00, +3.00) can claim equivalence.

이 후 두 군간 Independent T-test 시행하여 차이의 95% 신뢰구간의 상한값, 하한값을 확인한 결과, 단두, 장두의(X,Y)의 상한값, 하한값이 모두 -3~3 사이로 위에서 설정한 동등성 한계 내에 속하였고, 두 군은 통계적으로 동등하다고 볼 수 있었다(Table IX).

고찰»»»»

운동점은 전기생리학적으로 근육에서 가장 흥분성이 높은 지점 혹은 최소한의 전기자극으로도 근수축이 일어나는 피부 표면의 한 지점으로 정의된다²⁾. 1858년 G Remak은 국소적으로 예민하게 반응하는 지점은 신경이 근육에 들어가는 지점이라고 주장하였고, 1923년 G Bourguignon이 운동점 부위를 절단하여 관찰한 결과 운동신경이 근섬유로 퍼지기 직전 신경이 들어가는 부위임을 보여주었고 토끼의 피부에 잉크로 표시하여 운동점의 분포를 제시하였다. 이후 1955년 C Coers는 신경근접합부의 조직을 생검 은염색하여 운동점을 관찰하는 방법을 제시하였는데, 이에 따라 피부에 있는 최대흥분역의 바로 밑의 표면근육에는 운동종판이 밀집되어 있는 것이 관찰되었고 이 연구로 인해 운동점이 실제로 존재하는 해부학적 단위임이 확인되었다¹⁷⁾.

운동점이 가장 많이 활용되는 임상증상인 강직은 뇌졸중, 뇌성마비, 척수 손상 등과 같은 다양한 중추신경계 질환들에서 흔히 관찰되는데, 이는 근육과 관절의 구축을 야기함으로써 일상생활 기능의 수행 및 재활을 방해하여 많은 장애를 초래한다¹⁸⁾.

이에 서양 의학에서는, phenol이나 botulinum toxin 주사를 강직 완화 치료에 많이 사용하고 있다¹⁴⁾. 둘의 작용기전은 차이가 있는데, phenol은 신경의 변성을 유발하여 신경 전도를 방해함으로써 강직을 완화시키는 효과를 나타내는 반면¹⁹⁾, botulinum toxin은 신경근 접합부의 신경 말단에 작용하여 아세틸콜린의 분비를 차단함으로써 신경 전도를 억제하는 효과를 나타낸다. 근래에는 보다 부작용이 적은 것으로 알려진 botulinum toxin 주사가 강직의 치료에 더욱 많이 사용되고 있다²⁰⁾.

Botulinum toxin은 주입 후 국소적으로 확산이 되는데, 확산의 정도는 주사되는 toxin의 농도와 부피에 비례하여 증가하는 양상을 보인다²¹⁾. 그러나 이러한 국소적인 확산

에도 불구하고, 주사의 효과는 신경근 접합부의 운동종판의 시냅스전막에서 독소가 흡수되는 정도에 따라 달라지므로 botulinum toxin의 주사는 운동종판이 밀집되어 있는 지역인 운동점에 주사되어야 가장 큰 효과를 얻을 수 있다²²⁾. 이러한 사실은 주사 위치에 따른 치료 효과를 비교한 여러 연구에서도 확인할 수 있다^{21,23)}.

이처럼 치료과정에서 운동점의 중요성이 강조되는 임상증상인 강직은 속도 의존성인 신장 반사(stretch reflex)의 과흥분성에 기인한다¹⁸⁾. 신장 반사는 고유수용성 척수반사의 하나로 근육의 길이 조정에 관여하는데, 근육이 외부 움직임의 변화에 의해 기준점보다 신장된 경우 해당 근육을 수축하는데 관계한다^{24,25)}. 이러한 작용은 근육내 근방추에 존재하는 감각 수용체들과 추내근 섬유에 연결하는 γ -motor neuron, 추외근 섬유에 연결하는 α -motor neuron이 관련된 근긴장성 피드백 회로에 의해 이루어진다^{25,27)}.

만일 급성 염좌와 같이 특정 역치 이상의 자극이 추내근 섬유에 가해지면 추내근 섬유의 장력을 지배하는 γ -muscle spindle system이 활성화되고, 이는 장력에 대한 근방추의 감수성을 과민하게 하여 신장 반사의 과흥분을 통한 근육의 강직상태를 유지시킨다^{28,29)}. 또한 근강직이 지속되면 근육 내 혈류가 감소하고 이온과 대사물질의 생산 및 배출이 증가하여 근육 내 화학적 구심성 신경이 활성화되고, 이는 γ -muscle spindle system을 더욱 활성화하여 α -motor neuron의 흥분성 또한 더욱 증가하게 된다^{29,31)}. 결과적으로 이러한 상황은 만성적인 근강직 및 통증을 야기한다.

이처럼, 근육의 강직은 중추신경계 질환 이외에도 편타성 손상이나 기타 다양한 상황의 급/만성 염좌와 같이 γ -muscle spindle system을 과활성화하는 특정 역치 이상의 자극이 가해지면 유발될 수 있다. 이는 결과적으로 근육을 수축시키는 α -motor neuron의 과흥분을 유발하여 강직을 야기하는 것이므로 근육내 운동종판이 밀집되어 있는 운동점은, 급/만성적인 근육의 긴장 이상과 관련된 다양한 통증성 질환의 치료에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

이 외에도, 운동점은 약화되거나 손상된 근육의 재활 치료에도 활용될 수 있는데, 신경근전기자극(Neuromuscular Electrical Stimulation, NMES)을 이용한 치료가 대표적이다. 신경근전기자극은 병리적인 원인에 의해 저하된 근육의 기능을 향상시키기 위해 낮은 수준의 전기적 전류를 사용하는 비침습적인 치료양식으로 흔히 불수의

적인 근수축을 야기시키는 α -motor neuron을 자극하여 근육의 수축을 도모한다³²⁾. 이와 관련하여 하퇴삼두근, 광배근, 상완이두근 등 다양한 부위에서 근육의 기능향상에 효과가 있었다는 연구들이 보고되어왔다³³⁻³⁵⁾. 신경근 전기자극에서 전극의 부착부위는 일반적으로 기기의 개발 업체에서 사용 설명서와 함께 제공되는데, Gobbo 등²⁾은 정확한 운동점에 전극을 부착하는 것이 치료시 환자의 불편감을 줄이면서, 적은 강도의 자극으로도 치료의 효과를 높일 수 있다고 하여 운동점의 중요성을 강조하였다.

이처럼 서양 의학에서는 강직이나 약화된 근육의 치료에서 운동점의 중요성을 강조하고, 이를 이용한 많은 연구가 보고되어 왔으나, 한의학에서는 이들의 치료에 운동점을 활용한 연구가 부족한 실정이다. 강직의 감소를 위한 한의학적 치료법은 운동점이 아닌 경혈점에 대한 침 치료 및 전침 치료가 시도되어왔고, 주로 뇌졸중 환자를 대상으로 이러한 치료가 강직의 완화에 효과가 있었다는 다양한 연구들이 보고되고 있다^{18,36,37)}. 또한 신장 반사의 과흥분에 의한 강직의 기전과 관련하여, 고 등²⁴⁾은 근육에 대한 자침과 염전 자극이 근육과 건에 수동적인 장력을 형성하여 근방추와 골지건기관에 대한 활성화를 유도하고, γ -motor neuron의 조절을 통해 부적절하게 설정된 근긴장성 피드백 회로의 기준점을 재설정할 수 있다고 보고하기도 하였다. 이 외에도 경근이완요법³⁸⁾, 봉침³⁹⁾, 약침⁴⁰⁾ 등이 강직의 완화에 효과가 있다고 보고되었다.

근육의 기능 향상과 관련한 한의학적 치료법에 관해서도 주로 뇌졸중 환자의 재활과 관련하여 경혈점에 대한 침, 전침 치료를 포함한 치료가 운동 회복에 유의한 효과를 보인다는 연구들이 많이 보고되어 왔다. 이와 관련하여, 류 등⁴¹⁾은 뇌경색 후 상지의 운동기능이 손상된 환자를 대상으로 전침 치료군과 일반 치료군으로 나누어 비교한 결과 전침 치료를 병행하는 것이 견관절, 주관절의 운동기능 회복에 더욱 유의한 치료 효과를 나타내었다고 보고하였고, Alexander 등⁴²⁾의 연구에서는 뇌졸중 환자에서 침 치료를 병행하는 것이 하지의 운동기능 회복에 더욱 큰 효과를 나타냈다고 보고하였다.

이처럼 강직의 해소나 근육의 기능 향상을 위한 한의학적 치료는 주로 경혈점에 대하여 이루어졌으나, 최근 Wang 등⁷⁾이 뇌졸중 후 견관절 외전에 기능장애가 있는 환자를 대상으로 일반적인 경혈점과 운동점에 대한 침 치료의 효과를 비교한 결과, ROM 및 MMT 평가에서 운

동점에 대해 침 치료를 시행한 군이 경혈점에 침 치료를 시행한 군에 비해 유의한 효과를 나타냈다고 보고하였다. 이에 근거하여, 일반적인 경혈점 이외에 강직 및 운동 기능 회복의 치료에 널리 활용되는 운동점을 한의학적 치료에 이용한다면 더욱 큰 치료효과를 얻을 수 있다고 생각되었고, 그를 위해 운동점의 간편한 탐색 방법을 찾기 위해 본 연구를 계획하게 되었다.

본 연구에서는 운동점을 표지할 대상 근육으로 상완이두근을 선택하였는데, 이는 임상에서 강직성 마비환자들의 주관절 강직에서 상완근과 함께 주요한 원인이 되는 근육이며²⁰⁾, 표면에 위치하여 촉진하기가 쉽고, 운동점 기록을 위한 기준선의 설정이 용이할 것으로 생각되었기 때문이다.

상완이두근의 운동점 표지에 대해서는 국소 해부학적, 조직학적 염색, 전기생리학적인 방법 등 다양한 방법에 의한 연구들이 보고되어 왔다. 해부학적인 방법으로 운동점을 표지한 연구들을 살펴보면, 사체의 상지를 국소적으로 해부하여, 상완이두근을 지배하는 신경인 근피신경의 분지를 추적하여 신경이 근육에 들어가는 지점의 위치를 주로 상완의 길이에 대한 비율로 나타내었다. Buchanan과 Erickson⁸⁾은 13구의 사체, 26개의 상지에 대해 연구한 결과, 상완이두근의 운동점이 평균적으로 주관절 외과로부터 위쪽으로 상완 길이의 약 1/2인 53%의 위치에 분포한다고 보고하였고, Kim 등⁹⁾도 5구의 사체, 9개의 상지에 대해 연구한 결과 상완이두근의 운동점은 평균적으로 상완 길이의 약 1/2의 위치에 분포한다고 보고하였다. 이와 비슷하게, Park 등¹⁰⁾의 연구에서도, 12구의 사체, 23개의 상지에 대해 연구한 결과, 오구돌기에서 주관절 외과를 잇는 선을 기준으로 하였을 때, 상완이두근 단독의 운동점은 오구돌기에서 평균 48%의 위치에, 장두의 운동점은 평균 53%의 위치에 분포한다고 보고하였다.

이와는 약간 다르게 Lee 등¹¹⁾은 30구의 사체의 56개의 상지에 대해, 근피신경이 처음으로 근육으로 들어가는 부위인 motor entry point (MEP)와, 여기에서 분지되어 갈라지는 신경가지말단들의 위치 중 가장 가까운 쪽인 proximal limit of the intramuscular motor point (PIMP)와 가장 먼 쪽인 distal limit of the intramuscular motor point (DIMP)에 대해 연구하였다. 그리고 PIMP와 DIMP의 가운데 지점이 근육 내 운동신경종말이 가장 밀도 있게 분포되어 있는 부분이라고 하였다. 이 연구에서는 기준점을 주관절 내과와 오구돌기를 잇는 선으로 설정하였는데, 상완이

두근 단두의 MEP는 평균적으로 오구돌기로부터 44.3%의 위치에, PIMP는 44.6%의 위치에 분포하였고, 장두의 MEP는 47.9%의 위치에, PIMP는 45.5%에 위치하였다. DIMP는 장두, 단두 모두 76%의 위치에 분포하였다. 또한 PIMP와 DIMP의 가운데 지점, 즉 운동신경종말이 가장 밀도 있게 분포하는 부분은 64.6%~70.3%라고 보고하였다.

조직학적인 염색을 통해 운동점을 표지한 연구들을 살펴보면 주로 cholinesterase의 염색을 통해 운동점을 표지하였는데, 이것은 운동점을 운동종판이 밀집되어 있는 부분으로 정의하고, 신경전달물질인 acetylcholine을 분해하는 효소인 cholinesterase가 신경근 접합부에 가장 많이 분포한다는 사실에 근거한 것이다. 이와 관련하여, Aquilonius 등¹²⁾은 4구의 사체의 3개의 상지의 상완이두근에 대한 국소해부와 동결절단 및 ChE stain을 시행한 결과, 상완이두근의 운동종판들은 5~10 mm 너비의 띠 모양으로 4~6 cm 길이의 지역에 걸쳐서 분포하고 있으며, 그 너비가 약 10 mm를 넘지 않는다고 보고하였다. Amirali 등¹³⁾의 연구에서는 5개의 상완이두근을 대상으로 3개의 근육은 Sihler's stain으로, 2개의 근육은 AChE stain으로 처리한 결과, 척골 주두에서 견봉까지를 기준선으로 하였을 때, 단두, 장두 모두 운동종판은 위로부터 약 2/3 지점에 밀집되어 있었으며, 그 폭이 1 cm를 넘지 않는다고 보고하였다.

이 외에 전기적인 방법을 통해 운동점을 표지한 연구들도 보고되고 있다. Behringer 등¹⁵⁾은 30명의 건강한 성인 남녀(남15, 여15)를 대상으로 표면 전기자극을 통한 상반신 근육들의 운동점을 표지하는 연구를 시행하였는데, 이들 중 상완이두근의 운동점은 견봉에서 팔오금을 기준선으로 하였을 때, 장두는 견봉으로부터 71~72%, 기준선으로부터 내측으로 팔 둘레의 6% 지점에 위치하였고, 단두는 견봉으로부터 69%, 기준선으로부터 내측으로 팔 둘레의 15% 지점에 위치하였다. 또한 Moon 등¹⁴⁾의 연구에서는 40명의 건강한 성인남녀를 대상으로 표면근전도를 이용해 근육의 CMAPs를 측정하여 상완이두근의 운동점을 표지한 결과, 오구돌기에서 팔오금을 세로 기준선으로, 팔오금을 가로 기준선으로 하였을 때 단두의 운동점은 오구돌기로부터 69%, 세로 기준선으로부터 내측으로 가로 기준선 길이 절반의 19.1%에 위치하였고, 장두의 운동점은 오구돌기로부터 67.3%, 세로 기준선으로부터 외측으로 21.4%에 위치한다고 보고하였다.

본 연구에서 사용된 전기 탐침기인 Pointer excel II는

2 mm 혹은 4 mm 직경의 둥근 펜 모양의 금속 probe가 자극 전극으로 사용되는데, 이런 크기가 작은 probe에 의해 국소적인 경혈점 혹은 trigger point의 치료에 용이하도록 만들어진 경피신경전기자극기(TENS)의 일종이다¹⁶⁾. 이는 통증 인지 경로를 방해하여 통증을 조절하는데 많이 사용되는 일반적인 TENS와 유사한 목적으로 사용되나 이와 관련된 연구는 아직까지 보고된 바가 없다. 앞서 서술한 운동점을 표지한 여러 가지 연구들을 종합해보면, 운동점은 운동신경이 분지되어 근육에 분포하는 운동종판들이 가장 밀집되어 있는 부분이며, 따라서 전기적 자극에 가장 민감하게 반응하는 지점이라고 정의할 수 있다. 따라서 휴대가 용이하고 조작이 간편한 전기자극기의 일종인 Pointer Excel II를 통해서도, 표면 자극을 통한 운동점의 표지가 가능할 것으로 생각되었다.

이에 본 연구는 pilot test로서 건강한 성인남녀를 대상으로, 표면 근전도를 이용하여 표지한 상완이두근의 운동점과, 전기 탐침기(Pointer Excel II)를 이용하여 표지한 상완이두근의 운동점을 비교하여, 전기 탐침기(Pointer Excel II)가 운동점 표지에 활용될 수 있는지를 알아보고자 진행하였다. 2017년 05월 15일부터 08월 30일까지 동국대학교 분당한방병원 한방재활의학과에 자발적으로 내원하여 연구에 대한 설명을 듣고 동의서를 작성한 자 중에서 상완이두근의 신경 분포에 영향을 줄 수 있는 경추 및 상완과 관련된 질환의 과거력이 없는 건강한 성인남녀 32명을 대상으로 하였다. 연구 대상자들은 표면 근전도군과 전기 탐침기(Pointer Excel II)군으로 나뉘어 연구가 진행되었는데, 각 군의 남녀 성비를 동일하게 하기 위해 R 프로그램을 이용한 Stratified block randomization을 실시하여 각 군당 남성 8명, 여성 8명이 배정되었다. 연구 대상자의 연령은 21세부터 39세까지로, 표면 근전도군은 평균 28.63 ± 3.00 세, 전기 탐침기(Pointer Excel II)군은 평균 29.69 ± 4.07 세로 두 군간 평균 연령은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

표면 근전도군에서 표지된 운동점들의 위치의 평균은 단두는 오구돌기에서 아래로 $68.92 \pm 2.60\%$, 세로 기준선에서 내측으로 $17.26 \pm 3.74\%$ 로 나타났고, 장두는 오구돌기에서 아래로 $66.82 \pm 2.44\%$, 세로 기준선에서 외측으로 $24.68 \pm 3.90\%$ 로 나타났다. 단두가 장두에 비해 아래쪽에, 세로 기준선에 가깝게 위치하였다. 남녀 비교에서는 여자에서 장두의 운동점이 남자에 비해 외측에 위치하

고 있는 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 좌우 비교에서는 좌측의 장두의 운동점이 우측에 비해 아래쪽에 위치하고 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

전기 탐침기(Pointer Excel II)군에서 표지된 운동점들의 위치의 평균은, 단두는 오구돌기에서 아래로 $69.08 \pm 2.43\%$, 세로 기준선에서 내측으로 $17.11 \pm 3.89\%$ 로 나타났고, 장두는 오구돌기에서 아래로 $66.44 \pm 2.47\%$, 세로 기준선에서 외측으로 $24.44 \pm 4.20\%$ 로 나타났다. 전기 탐침기(Pointer Excel II)군에서도 근전도군과 유사하게 남녀 비교에서 여자의 장두의 운동점이 남자에 비해 외측에 위치하는 경향성과, 좌우 비교에서 좌측의 장두의 운동점이 우측에 비해 아래쪽에 위치하는 경향성이 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

두 군 모두에서 단두의 운동점이 장두에 비해 아래쪽에 위치하는 경향성을 나타냈는데, 이는 Behringer 등¹⁵⁾의 표면 전기 자극을 이용한 연구에서 장두의 운동점이 더 아래쪽에 위치한다는 결과와는 상반되는 결과이나, 표면 근전도를 이용한 Moon 등¹⁴⁾의 연구에서 단두의 운동점이 장두의 운동점에 비해 더 아래쪽에 위치한다는 결과와는 일치하였다. 또한 Behringer 등¹⁵⁾의 연구에서는 장두, 단두의 운동점이 모두 세로 기준선에서 내측으로 위치한다고 보고하였는데, 이는 견봉에서 팔오금에 이르는 선을 세로 기준선으로 정하였기 때문에, 본 연구에서 정한 세로 기준선보다 더욱 외측에 기준선이 위치하기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구에서 표지된 운동점들의 위치는, 두 군 모두에서 오구돌기로부터 아래로 상완 길이의 약 2/3 지점에 위치하였는데, 이는 기존에 보고된 해부학적 방법을 이용한 연구¹¹⁾와, 조직학적 염색을 이용한 연구¹²⁾, 전기적인 방법을 이용한 연구들^{14,15)}의 결과와 유사한 결과이다. 그러나 이 결과들과는 다르게, 초기의 해부학적 연구들⁸⁻¹⁰⁾에서는 상완이두근의 운동점이 상완길이의 약 1/2에 위치하고 있다고 보고하였는데, 이는 운동점에 대한 정의의 차이에 따른 것으로 생각된다. 상완이두근의 운동점이 상완길이의 약 1/2에 위치한다고 보고한 연구들에서는 근피신경의 분지가 상완이두근에 처음으로 들어가는 부위를 운동점으로 정의하였는데, 이렇게 근육으로 들어간 신경은 근육 내에서 더 작은 가지들로 분지된다. 상완이두근의 운동점이 위로부터 상완길이의 약 2/3 지점에 위치한다고 보고한 연구들은, 이렇게 근육 내에서 분지된 신경 말단들이

가장 많이 분포되어 있는 지점을 운동점으로 정의하였다.

운동점 표지에 대한 기존의 연구들을 종합해 보았을 때, 피부 표면에서 전기자극을 통해 표지한 운동점의 위치는 해부학적으로 근육 내 운동신경 말단들이 가장 밀집되어 있는 부위라고 결론지을 수 있으며, 표면 근전도와 전기 탐침기인 Pointer Excel II를 이용해 표지한 운동점들의 위치도 이와 일치하는 결과를 보였다.

마지막으로, 두 군에 의해 표지된 운동점들의 위치에 차이가 있는지를 알아보기 위해서 동등성 검정을 시행하였는데, 동등성 한계를 설정하기 위해 기존의 조직학적 염색을 통한 연구 결과를 참고하였다. Aquilonius 등¹²⁾과 Amirali 등¹³⁾의 연구에서는 상완이두근 내 운동종판들은 띠 모양으로 산재되어 있는데, 그 너비가 1 cm를 넘지 않는다고 하였다. 따라서 운동점 위치의 동등성 한계를 1 cm로 설정하고, 이를 %로 환산하였다. 연구 대상자들의 상지 128개의 가로 기준선 절반 길이의 평균은 6.39 cm, 세로 기준선 길이의 평균은 30.62 cm였고, 1 cm를 이에 대한 %로 환산하면 가로는 15.64%, 세로는 3.26%로 계산되었다. 이 중 작은 값을 기준으로 동등성 한계를 $\pm 3\%$ 로 설정한 후 Independent T-test를 이용한 동등성 검정을 시행하였다. 그 결과 단두, 장두의 (X,Y)에서 차이의 95% 신뢰구간의 상한값, 하한값이 모두 $-3 \sim 3$ 사이로, 앞서 설정한 동등성 한계 내에 속하였고, 두 군은 통계적으로 동등하다고 볼 수 있었다.

표면 근전도군과의 비교를 위해 사용된 전기 탐침기인 Pointer Excel II는 조작 방법이 간편하고, 근피신경을 직접 자극하는 표면 근전도와는 달리 근육을 자극하는 방법으로, 연구 대상자들이 자극으로 인한 불편감을 거의 호소하지 않았다. 또한 측정 전극을 옮기는 방법이 표면 근전도에 비해 용이하여 적은 시간이 소요되는 등의 이점이 있었다. 따라서 임상에서 근육의 기능 이상에 대한 한의학적 치료에 운동점을 활용할 경우에, 운동점 탐색의 효율성을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 연구 결과를 종합해보면, 전기 탐침기(Pointer Excel II)를 통해 표지한 운동점들의 위치는, 표면 근전도를 통해 표지한 운동점들의 위치와 통계적으로 유의한 차이가 없으며, 동등하다고 결론지을 수 있었다. 그러므로 강직의 해소나 근육의 기능 향상을 위한 한의학적 치료에 운동점을 활용할 경우에, 운동점의 간편한 표지 방법으로서 전기 탐침기(Pointer Excel II)를 사용할 수 있을 것으

로 생각된다.

그러나 본 연구는 표본 수가 적고, 연령이나 근육의 부피, 지방층의 두께 등 성별을 제외한 전기 전도에 영향을 미칠 수 있는 기타 요인들을 고려하지 않았다는 한계점을 지닌다. 향후 이를 보완한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료되며, 더 나아가서 관련 질환들에 운동점을 활용한 한방적 치료 효과에 대한 검증도 필요할 것으로 사료된다.

결론»»»»

건강인 32명을 대상으로 표면 근전도군과 전기 탐침기(Pointer Excel II)군의 두 군으로 나누어 상완이두근의 운동점을 가로, 세로 기준선에 대한 비율(X%,Y%)로 표지한 후 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 상완에서 가로 기준선을 팔오금의 양 끝을 이은 선으로 하고, 세로 기준선을 오구돌기와 팔오금의 중점을 이은 선을 기준으로 하였을 때, 상완이두근 단두와 장두의 운동점은 표면 근전도군 및 전기 탐침기(Pointer Excel II)군 모두에서 오구돌기에서 약 2/3 지점에, 세로 기준선에서 양쪽으로 가로 기준선 길이 절반의 약 1/5~1/4 지점에 위치하였다.

2. 단두의 운동점의 위치는 장두에 비해 보다 아래쪽에, 세로 기준선에 보다 가깝게 위치하였다($p < 0.001$).

3. 남녀, 좌우간 운동점의 위치를 비교한 결과 표면 근전도군에서는 여자의 장두의 운동점이 남자에 비해 보다 외측에 위치하는 것으로 나타났고, 좌측의 장두의 운동점이 우측에 비해 아래쪽에 위치하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 전기 탐침기(Pointer Excel II)군에서도 비슷한 경향이 나타났으나 통계적으로는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

4. 표면 근전도군과 전기 탐침기(Pointer Excel II)군에서 표지한 운동점의 위치는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 동등성 검정 결과 두 가지 방법에 의해 표지한 운동점의 위치는 동등하다고 볼 수 있었다($p > 0.05$, equivalence interval=3%).

References»»»»

1. Botter A, Operandi G, Lanfranco F, Allasia S, Maffiuletti NA, Minetto MA. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:2461-71.
2. Gobbo M, Maffiuletti NA, Orizio C, Minetto MA. Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014;11:17.
3. Kim MW, Kim JH, Yang YJ, Ko YJ. Anatomic Localization of Motor Points in Gastrocnemius and Soleus Muscles. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*. 2005;84:680-3.
4. Chironna RL, Hecht JS. Subscapularis motor point block for the painful hemiplegic shoulder, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1990;71(6):428-9.
5. Uchikawa K, Toikawa H, Liu M. Subscapularis motor point block for spastic shoulders in patients with cervical cord injury. *Spinal Cord*. 2009;47:249-51.
6. Hara Y, Ogawa S, Muraoka Y. Hybrid Power-Assisted Functional Electrical Stimulation to Improve Hemiparetic Upper-Extremity Function. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006;85:977-85.
7. Wang ZJ, Xing YL, Gao X, Hu XY, Zhang L, Li J, Guan Y, Robinson N. Motor entry point acupuncture compared with the standard acupuncture for treatment of shoulder abduction dysfunction after stroke: A randomized clinical trial. *European Journal of Integrative Medicine*. 2015;7S:26.
8. Buchanan TS, Erickson JC. Selective block of the brachialis motor point, An Anatomic Investigation of Musculocutaneous Nerve Branching, *Regional Anesthesia*. 1996;21(2):89-92.
9. Kim JS, Gwon JY, Kang SY, Park JW. Anatomical Locations of the motor Points of the Biceps and Brachialis Muscles. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2004;28(6):592-5.
10. Park BK, Shin YB, Ko HY, Park JH, Baek SY. Anatomic Motor Point Localization of the Biceps Brachii and Brachialis Muscles. *J Korean Med Sci*. 2007;22:459-62.
11. Lee JH, Kim HW, Im S, An X, Lee MS, Lee UY, Han SH. Localization of motor entry points and terminal intramuscular nerve endings of the musculocutaneous nerve to biceps and brachialis muscles. *Surg Radiol Anat*. 2010;32:213-20.
12. Aquilonius SM, Askmark H, Gillberg PG, Nandedkar S, Olsson Y, Stalberg E. Topographical Localization of Motor Endplates in Cryosections of Whole Human Muscles. *MUSCLE&NERVE*. 1983;7:287-93.
13. Amirali A, Mu L, Gracies JM, Simpson DM. Anatomical Localization of Motor Endplate Bands in the Human Biceps Brachii. *Journal of Clinical Neuromuscular Disease*. 2007;9(2):306-12.
14. Moon JY, Hwang TS, Sim SJ, Chun SI, Kim MY. Surface

- Mapping of Motor Points in Biceps Brachii Muscle. *Ann Rehabil Med*. 2012;36:187-96.
15. Behringer M, Franz A, McCourt M, Mester J. Motor point map of upper body muscles. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114:1605-17.
16. Pointer Excel II Instruction manual, Lhasa OMS, Inc., Weymouth, MA, USA
17. Lee JH. Electrotherapy. Seoul: Daehakseolim. 1995:176-7.
18. Lee SW, Yun JM, Son JW, Kang BG, Park SM, Yun HJ, Kim DJ, Kim TJ, Lee I, Shin YI, Moon BS. The effect of electroacupuncture on upper-extremity spasticity of stroke patients. *Korean J. Orient. Int. Med*. 2007;28(3):492-501.
19. McCrea PH, Eng JJ, Willms R. Phenol Reduces Hypertonia and Enhances Strength: A Longitudinal Case Study. *Neurorehabil Neural Repair*. 2004;18(2):112-6.
20. Lee JH, Kim HW, Im S, An X, Lee MS, Lee UY, Han SH. Localization of motor entry points and terminal intramuscular nerve endings of the musculocutaneous nerve to biceps and brachialis muscles. *Surg Radiol Anat*. 2010;32:213-20.
21. Shaari C, Sanders I. Quantifying how location and dose of botulinum toxin injections affect muscle paralysis. *MUSCLE&NERVE*. 1993;16:964-9.
22. Campenhout AV, Molenaers G. Localization of the motor endplate zone in human skeletal muscles of the lower limb: anatomical guidelines for injection with botulinum toxin. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2011;53(2):108-18.
23. Gracies JM, Lugassy M, Weisz DJ, Vecchio M, Flanagan S, Simpson DM. Botulinum Toxin Dilution and Endplate Targeting in Spasticity: A Double-Blind Controlled Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90:9-16.
24. Ko ES, Lee JH, Song YK. A study of manipulative treatments for musculoskeletal problems applying proprioceptive spinal reflex. *The Journal of Korea CHUNA Manual Medicine for Spine&Nerves*. 2006;1(2):81-92.
25. Binder MD, Hirokawa N, Windhorst U. *Encyclopedia of Neuroscience*. Springer. 2008:3865.
26. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. *Neuroscience Exploring the brain*. 2nd edition. London: Lippincott Williams&Wilkins. 2001:437-63.
27. Martini FH. *Fundamentals of Anatomy and Physiology*. 4th edition. New Jersey: Prentice Hall. 1998:416-43.
28. Wadell I, Johansson H, Sjölander P, Sojka P, Djupsjöbacka M, Niechaj A. Fusimotor reflexes influencing secondary muscle spindle afferents from flexor and extensor muscles in the hind limb of the cat. *Journal de Physiologie*. 1991;85(4):223-34.
29. Sjölander P, Johansson H, Djupsjöbacka M. Spinal and supraspinal effects of activity in ligament afferents. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2002;12(3):162-76.
30. Johansson H, Djupsjöbacka M, Sjölander P. Influences on the γ -muscle spindle system from muscle afferents stimulated by KCl and lactic acid. *Neuroscience Research*. 1993;16:49-57.
31. Djupsjöbacka M, Johansson H, Bergenheim M. Influences on the γ -muscle spindle system from muscle afferents stimulated by increased intramuscular concentrations of arachidonic acid. *Brain Research* 663. 1994:293-302.
32. DA Canapp. Select modalities. *Clin Tech Small Anim Pract*. 2007;22(4):160-5.
33. Martin L, Cometti G, Pousson M, Morlon B. Effect of electrical stimulation training on the contractile characteristics of the triceps surae muscle. *Eur J Appl Physiol*. 1993;67:457-61.
34. Girold S, Jalab C, Bernard O, Carette P, Kemoun G, Dugue B. Dry-Land Strength Training vs. Electrical Stimulation in Sprint Swimming Performance. *J Strength Cond Res*. 2012;26(2):497-505.
35. Colson S, Martin A, Van Hoecke J. Re-Examination of Training Effects by Electrostimulation in the Human Elbow Musculoskeletal System. *Int J Sports Med*. 2000;21:281-8.
36. Zhao JG, Cao CH, Liu CZ, Han BJ, Zhang J, Li ZG, Yu Tao, Wang XH, Zhao H, Xu ZH. Effect of acupuncture treatment on spastic states of stroke patients. *Journal of the Neurological Sciences*. 2009;276:143-7.
37. Mukherjee M, McPeak LK, Redford JB, Sun C, Liu W. The Effect of Electro-Acupuncture on Spasticity of the Wrist Joint in Chronic Stroke Survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88:159-66.
38. Sim WJ, Moon SH, Ryu HJ, Jung SH, Kim SS, Lee JS. The effects of the muscles a long meridians release therapy to spastic patients after stroke. *The Journal of Korean rehabilitation*. 2004;14(1):63-75.
39. Noh JH, Park JA, Cho SW, Youn HM, Jang KJ, Sone CH, Ahn CB, Kim CH. Effect of Bee-venom acupuncture on upper limb spasticity of stroke patients. *The Journal of Korean acupuncture&moxibustion society*. 2010;27(4):115-25.
40. Noh JH, Park JA, Youn HM, Jang KJ, Song CH, Ahn CB, Kim CH. The effect of hominis placenta pharmacopuncture on leg spasticity of stroke patients. *The Journal of Korean pharmacopuncture institute*. 2009;12(4):97-110.
41. Ryu SH, Lee KS, Kim TK, Choi YS, Yun SP, Jang JC, Moon SK, Ko CN, Cho KH, Kim YS, Bae HS. Effects of electroacupuncture on the hemiplegic upper extremity after stroke. *J Korean Oriental Med*. 2002;23(2):180-9.
42. Alexander DN, Cen S, Sullivan KJ, Bhavnani G, Ma X, Azen SP. Effects of Acupuncture Treatment on Post-stroke Motor Recovery and Physical Function: A Pilot Study. *Neurorehabil Neural Repair*. 2004;18:259-67.