

## การศึกษาลักษณะของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อโดยเข็มชนิดชั่วคราว

รุ่งทิพย์ โชคไพโรสิน พ.บ.

กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลเลิดสิน กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

### ABSTRACT

#### Characteristics of motor unit action potentials (MUAPs) by monopolar needles

Chokpraisin R.

Rehabilitation Medicine Division, Lerdsin General Hospital, Department of Health Service, Ministry of Public Health

**Objectives:** To determine the electromyographic characteristics of MUAPs by monopolar needles and to compare them with normal data from foreign studies.

**Subjects:** Forty-four healthy volunteers, 22 males and 22 females with mean age of 39 years, working at Lerdsin General Hospital

**Methods:** By using the monopolar needles, amplitudes, durations and phases of MUAPs of abductor digiti minimi (ADM), deltoid, biceps brachii, extensor digitorum communis (EDC) and tibialis anterior (TA) muscles on the right side were collected and compared with normal data from other studies.

**Results:** Most of the subjects were non-regular exercisers and right-handed. When compared with the foreign data, the amplitudes of MUAPs in our subjects were significantly 2-3 times less in all muscles except of

biceps brachii muscles. Regarding durations and phases, results were nearly the same.

**Conclusion:** The characteristics of MUAPs by monopolar needles in healthy Thai population were the same as those reported in foreign studies except amplitudes which were 2-3 times smaller in all muscles.

**Keywords:** electromyography, motor unit action potentials, monopolar needles, normal data

*J Thai Rehabil Med 2008; 18(3): 105-108*

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาลักษณะหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ (motor unit action potentials, MUAPs) ที่ได้จากกล้ามเนื้อของอาสาสมัครที่ปกติโดยใช้เข็มชนิดชั่วคราว และเปรียบเทียบกับค่าปกติของต่างประเทศ

**รูปแบบการวิจัย:** การวิจัยเชิงพรรณนา  
**สถานที่ทำการวิจัย:** กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลเลิดสิน

**กลุ่มประชากร:** อาสาสมัครจำนวน 44 ราย เป็นชาย 22 ราย และหญิง 22 ราย ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลเลิดสินมีอายุเฉลี่ย 39 ปี สุขภาพแข็งแรงและไม่มีโรคทางระบบประสาท

**วิธีการศึกษา:** ใช้อิเล็กโทรดชนิดเข็มชั่วคราว ศึกษาหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ จากกล้ามเนื้อซีกขวาของร่างกายจำนวน 5 มัด ได้แก่ กล้ามเนื้อ abductor digiti minimi, deltoid, biceps brachii, extensor digitorum communis และ tibialis anterior โดยวัดแอมพลิจูด

ความกว้างช่วงคลื่น และจำนวนเฟส ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบน จากนั้นเปรียบเทียบกับค่าปกติที่รายงานจากต่างประเทศ

**ผลการศึกษา:** อาสาสมัครส่วนใหญ่ อดทนทำงานหนัก แต่ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ พบว่าลักษณะของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อจากกล้ามเนื้อทั้ง 5 มัด มีขนาดแอมพลิจูดเล็กกว่าที่รายงานจากต่างประเทศ 2-3 เท่า ยกเว้นจากกล้ามเนื้อ biceps brachii เท่านั้น ส่วนความกว้างช่วงคลื่นและจำนวนเฟสนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

**สรุป:** เมื่อใช้อิเล็กโทรดชนิดเข็มชั่วคราวบันทึกหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อพบว่าแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของอาสาสมัครคนไทยปกติมีขนาดเล็กกว่าของต่างประเทศ ส่วนความกว้างช่วงคลื่นและจำนวนเฟสนั้นมีค่าใกล้เคียงกับของต่างประเทศ

**คำสำคัญ:** คลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ, หน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ, อิเล็กโทรดชนิดเข็มชั่วคราว, ค่าปกติ

*เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 2551; 18(3): 105-108*

### บทนำ

ไฟฟ้าวินิจฉัย หรือ electrodiagnosis เป็นการประยุกต์ประสาทสรีรวิทยามาใช้ทางคลินิกเพื่อตรวจการทำงาน ช่วยวินิจฉัยให้การพยากรณ์โรคและพยาธิสภาพที่เกิดกับระบบประสาทและ/หรือกล้ามเนื้อ<sup>(1)</sup> โดยทั่วไป การตรวจการทำงานของระบบประสาทส่วนปลายรวมทั้งกล้ามเนื้อ (lower motor neuron) ประกอบด้วย การตรวจการชักนำประสาทโดยการกระตุ้น

Correspondence to: Dr. Rungtip Chokpraisin, Rehabilitation Medicine Division, Lerdsin General Hospital, Silom road, Bangrak, Bangkok, 10500.  
E-mail : rchokpraisin@yahoo.com

เส้นประสาทด้วยไฟฟ้า (nerve conduction study) และการใช้อิเล็กโทรดรับคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ (electromyography) ซึ่งใช้อิเล็กโทรดชนิดเข็มบันทึกคลื่นไฟฟ้าดังกล่าว และเข็มที่นิยมใช้ทางคลินิกนิยมมี 2 ชนิด คือ 1) ชนิดมาตรฐาน coaxial concentric ซึ่งมีขั้วรับ (active electrode) คลื่นไฟฟ้าอยู่ตรงกลาง ส่วนปลายของตัวเข็มทำหน้าที่เป็นขั้วอ้างอิง (reference electrode) และ 2) ชนิด monopolar หรือเข็มชนิดขั้วเดี่ยว ซึ่งเป็นเข็มต้นทำจากสแตนเลส เคลือบด้วยเทฟลอน ส่วนปลายเปลี่ยนทำหน้าที่เป็นขั้วรับ ส่วนขั้วอ้างอิงเป็นอิเล็กโทรดชนิดแผ่นติดที่ผิวหนัง ในประเทศไทยนั้นแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูนิยมใช้เข็มชนิดขั้วเดี่ยว ซึ่งมีข้อดีคือ ราคาไม่แพง และผู้ถูกตรวจรู้สึกเจ็บน้อยกว่า<sup>(2,3)</sup>

ที่ผ่านมา ยังไม่มีรายงานการศึกษาลักษณะของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ หรือ motor unit action potentials (MUAPs) ของคนปกติในประเทศไทย ทำให้คลินิกไฟฟ้าวินิจฉัยต่างๆ ต้องอาศัยค่าปกติที่ได้จากต่างประเทศ ดังนั้น เพื่อให้มีค่าปกติของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยจึงศึกษาลักษณะหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของอาสาสมัครปกติซึ่งข้อมูลที่ได้อาจเป็นตัวแทนค่าปกติของคนไทยและสามารถใช้เป็นเกณฑ์ช่วยวินิจฉัยโรคและพยากรณ์สภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

## วิธีการศึกษา

### กลุ่มประชากร

อาสาสมัครซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลผลิตสินที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจำนวน 44 ราย เป็นชาย 22 ราย หญิง 22 ราย เกณฑ์การคัดเลือก

- ไม่มีโรคประจำตัวทางระบบประสาท
  - กำลังกล้ามเนื้ออยู่ในเกณฑ์ปกติ
- เกณฑ์การคัดออก
- มีประวัติได้รับการบาดเจ็บบริเวณแขนขาขวา

- มีภาวะเลือดออกไม่หยุดหลังมีบาดแผล

### เกณฑ์ยุติการศึกษา

- ขอดถอนตัวขณะทำการศึกษา

### เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องตรวจกล้ามเนื้อและเส้นประสาทด้วยไฟฟ้า ยี่ห้อ Medelec รุ่น Synergy T5EP
- อิเล็กโทรดแบบเข็มชนิดขั้วเดี่ยวสำหรับตรวจคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ ยี่ห้อ TECA พื้นผิวรับสัญญาณไฟฟ้า 500 ตารางไมโครมิลลิเมตร ความยาว 27 และ 35 มิลลิเมตร

### ขั้นตอนการวิจัย

- บันทึกข้อมูลประวัติ ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร ได้แก่ อายุ เพศ อาชีพ การออกกำลังกาย มือถนัด
- ใช้โปรแกรม Multi MUP บันทึกหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ โดยตั้งค่า band pass filter เป็น 20 Hz – 10 KHz<sup>(4)</sup>
- ปักเข็มที่กล้ามเนื้อ 5 มัดคือ abductor digiti minimi (ADM), deltoid, biceps brachii, extensor digitorum communis (EDC) และกล้ามเนื้อ tibialis anterior (TA) บริเวณด้านขวาของอาสาสมัคร โดยอาศัยตำแหน่งที่อ้างอิงในหนังสือคู่มือ Anatomical Guide for The Electromyographer<sup>(5)</sup> และติดขั้วอิเล็กโทรดอ้างอิงห่างจากเข็ม 1 เซนติเมตร

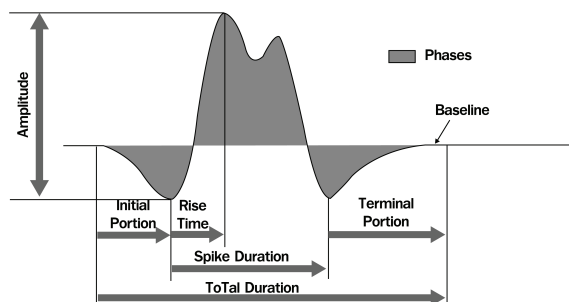
- ให้อาสาสมัครออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อเบา ๆ (minimal voluntary contraction) แล้วบันทึก MUAPs จำนวน 2-6 ตัวต่อกล้ามเนื้อ 1 มัด แล้วรวบรวมข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ของ MUAP<sup>(6,7,8)</sup> (ดูรูปที่ 1) ได้แก่ แอมพลิจูด (amplitude) ซึ่งวัดจากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุดของคลื่น มีหน่วยเป็นไมโครโวลท์หรือมิลลิโวลท์, ความกว้างช่วงคลื่น (duration) ซึ่งวัดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดของคลื่น มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที จำนวนเฟส (phases) และร้อยละของจำนวนหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อชนิดโพลีเฟส (polyphasic potentials) ซึ่งมีจำนวนเฟสมากกว่า 4 เฟสขึ้นไป

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- หาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบน (standard deviation) ของพารามิเตอร์ดังกล่าว
- เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของกล้ามเนื้อมัดต่างๆ ที่ได้จากอาสาสมัครไทยกับที่รายงานจากต่างประเทศ<sup>(3,10-13)</sup>

### ผลการศึกษา

อาสาสมัครมีอายุเฉลี่ย 39 ปี (21-56 ปี) ส่วนใหญ่ทำงานหนักแต่ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ มีส่วนน้อยที่ถนัดซ้าย ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของหน่วยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อแต่ละมัดขณะออกแรงเกร็งเบา ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1-5



รูปที่ 1 แสดง Motor unit action potential (MUAP)

รูปภาพดัดแปลงมาจากหนังสือ Electrodiagnosis Medicine ของ Dumitru<sup>(6)</sup>

	ค่าเฉลี่ย +/- ค่าเบี่ยงเบน			ร้อยละ
	ขนาด	ความกว้างช่วงคลื่น	จำนวน	
	(มิลลิโวลต์)	(มิลลิวินาที)	เฟส	
การศึกษานี้	0.61±0.42	11.07±2.43	3.46±0.79	polyphasic potentials
Nelson <sup>(9)</sup>	1.76±0.90	7.80±0.24	3.11±0.09	ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 1 แสดงพารามิเตอร์ของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ abductor digiti minimi (ADM)

	ค่าเฉลี่ย +/- ค่าเบี่ยงเบน			ร้อยละ
	ขนาด	ความกว้างช่วงคลื่น	จำนวน	
	(มิลลิโวลต์)	(มิลลิวินาที)	เฟส	
การศึกษานี้	0.42±0.28	13.81±4.07	3.35±0.90	polyphasic potentials
Chu-Andrews <sup>(3)</sup>	0.9 ±0.5	12.7±1.9	3.4 ±1.4	19.0
Nelson <sup>(9)</sup>	1.5±0.6	6.2±2.2	2.9±0.8	ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 2 แสดงพารามิเตอร์ของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ deltoid

	ค่าเฉลี่ย +/- ค่าเบี่ยงเบน			ร้อยละ
	ขนาด	ความกว้างช่วงคลื่น	จำนวน	
	(มิลลิโวลต์)	(มิลลิวินาที)	เฟส	
การศึกษานี้	0.49±0.35	14.39±4.21	3.60±0.91	polyphasic potentials
Chu-Andrews <sup>(3)</sup>	0.7±0.4	14.9±3.9	3.3 ±1.0	14.2
Howard <sup>(10)</sup>	0.8±0.2	9.5±1.4	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 3 แสดงพารามิเตอร์ของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ biceps brachii

	ค่าเฉลี่ย +/- ค่าเบี่ยงเบน			ร้อยละ
	ขนาด	ความกว้างช่วงคลื่น	จำนวน	
	(มิลลิโวลต์)	(มิลลิวินาที)	เฟส	
การศึกษานี้	0.47±0.24	12.50±3.18	3.74±0.96	polyphasic potentials
Chu-Andrews <sup>(3)</sup>	1.0± 0.6	14.5 ±4.9	3.6±1.1	19.2
Pease <sup>(11)</sup>	1.0±0.4	10.8±2.0	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4 แสดงพารามิเตอร์ของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ extensor digitorum communis

	ค่าเฉลี่ย +/- ค่าเบี่ยงเบน			ร้อยละ
	ขนาด	ความกว้างช่วงคลื่น	จำนวน	
	(มิลลิโวลต์)	(มิลลิวินาที)	เฟส	
การศึกษานี้	0.63±0.45	14.01±3.44	3.65±1.15	polyphasic potentials
Chu-Andrews <sup>(3)</sup>	1.2±0.7	16.2±5.2	3.6±1.1	18.6
Howard <sup>(10)</sup>	1.1±0.3	11.2±1.7	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
Chan <sup>(12)</sup>	0.83±0.44	14.7±4.02	3.8±1.45	ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 5 แสดงพารามิเตอร์ของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ tibialis anterior

## บทวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อทั้ง 5 มัด ของคนไทยปกติพบว่า ค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.4-0.6 มิลลิโวลต์ ค่าความกว้างช่วงคลื่นเฉลี่ยมากกว่า 10 มิลลิวินาที แต่น้อยกว่า 15 มิลลิวินาที จำนวนเฟสประมาณ 3 เฟส และพบหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อชนิดโพลีเฟสน้อยกว่าร้อยละ 10

เมื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์ระหว่างกล้ามเนื้อส่วนต้นและกล้ามเนื้อส่วนปลาย รายงานพบว่า MUAPs ของกล้ามเนื้อในเท้าซึ่งมีแอมพลิจูดขนาดเล็กกว่ากล้ามเนื้อหน้าแข้ง แต่กล้ามเนื้อภายในมือซึ่งมีขนาดเล็กกลับมีค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยสูงกว่าของกล้ามเนื้อต้นแขนซึ่งมีขนาดใหญ่ ซึ่งต่างจากค่าที่ได้จากการศึกษาของต่างประเทศที่มักพบว่ากล้ามเนื้อมัดเล็กในรายงานส่วนปลายมักมีค่าแอมพลิจูดเล็กกว่ากล้ามเนื้อมัดใหญ่ในรายงานส่วนต้น ทั้งนี้เป็นเพราะแอมพลิจูดของ MUAPs ขึ้นกับจำนวนความหนาแน่นของใยกล้ามเนื้อต่อหน่วยประสาทสั่งการ (motor unit) และจำนวน motor end plate ของใยกล้ามเนื้อที่อยู่ในระยะที่เชื่อมอิเล็กโทรดสามารถรับศักย์ไฟฟ้าได้<sup>(13,14)</sup> และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติของต่างประเทศพบว่า แอมพลิจูดของ MUAPs ที่ได้จากการศึกษานี้มีขนาดเล็กกว่าของต่างประเทศ หรือ MUAPs ที่รายงานจากต่างประเทศมีแอมพลิจูดใหญ่กว่าเท่าตัว ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุจากรูปร่างและขนาดกล้ามเนื้อของคนทางซีกโลกตะวันตกมีขนาดใหญ่กว่าคนไทย ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความกว้างช่วงคลื่น ได้แก่ อัตราความเร็วการชักนำกระแสประสาทสั่งการของเส้นประสาท<sup>(13,15)</sup> โดยทั่วไปความกว้างช่วงคลื่นของ MUAPs ปกติจากรายงานของต่างชาติมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7-16 มิลลิวินาที และแคบที่สุดคือ MUAPs ของกล้ามเนื้อ ADM<sup>(9)</sup> ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้ก็สอดคล้องกับของต่างประเทศ

อนึ่ง ความแตกต่างที่เกิดจากการศึกษาแต่ละแห่งนั้น อาจนำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้ เพราะมีการใช้เครื่องยี่ห้อต่างกัน ซึ่งอาจตั้งค่าความถี่การกรองสัญญาณ (band pass filter) ต่างกัน เช่น Chu-Andrews<sup>(3)</sup>1986 ได้ใช้เครื่องของ TECA Corporation และวิเคราะห์โดย Swedish Electrophysiologic Software นอกจากนี้ เทคนิคการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อต่างกัน เช่น บางคนดูด้วยสายตาซึ่งขึ้นกับความชำนาญของผู้ตรวจ และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่เครื่องตั้งไว้ การศึกษาครั้งนี้ได้พยายามลดความลำเอียงที่อาจเกิดจากการวิเคราะห์ด้วยสายตา ด้วยการใช้โปรแกรม Multi-MUP ที่เครื่องบันทึกให้ แต่โดยทั่วไปแล้วให้ได้อย่างน้อย 20 ตัว เลือกตัวที่น่าเชื่อถือไว้ และลบตัวที่ไม่น่าเชื่อถือออกอีกทั้งปรับเครื่องหมายที่วัดระยะต่าง ๆ ก่อนนำค่าพารามิเตอร์ที่เครื่องคำนวณไว้มาเฉลี่ย ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีข้อด้อยคือ บันทึกจำนวน MUAPs จากกล้ามเนื้อแต่ละมัดน้อยเกินไป จึงอาจส่งผลทำให้ค่าที่ได้ อาจไม่เป็นตัวแทนของ MUAPs ที่แท้จริงหรือทำให้ค่าปกติที่ได้ครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือลดลง ดังนั้น ถ้ามีการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการบันทึกจำนวน MUAPs ให้มากเพียงพอ และนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้

สรุป การศึกษาลักษณะหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของอาสาสมัครคนไทยปกติโดยใช้อิเล็กโทรดชนิดเข็มชั่วคราว พบว่าแอมพลิจูดมีขนาดต่ำกว่า 1 มิลลิโวลต์ ความกว้างช่วงคลื่นน้อยกว่า 15 มิลลิวินาที มีจำนวน 3-4 เฟส และหน่วยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อชนิดโพลีเฟสิกพบน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งพารามิเตอร์ดังกล่าวส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับรายงานของต่างประเทศยกเว้นแอมพลิจูดซึ่งของคนไทยมีขนาดเล็กกว่า

#### เอกสารอ้างอิง

1. เพ็ญฟ้า คุณาธร. การตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย. ใน: เสก อักษรานุเคราะห์. ตำราเวชศาสตร์-ฟื้นฟู. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เทคนิค 19; 2539: หน้า 57-73
2. Dumitru D. Instrumentation. In: Dumitru D, editor. Electrodiagnosis medicine. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc; 1995. p. 69-72.
3. Chu J. Principles of Electrodiagnostic Consultation. In: Chu J, Johnson R, editors. Electrodiagnosis: an anatomical and clinical approach. Philadelphia: J.B. Lippincott Company; 1986. p. 222.
4. Chu J, Chan RC. Changes in motor unit action potential parameters in monopolar recordings related to filter settings of the EMG Amplifier. Arch Phys Med Rehabil 1985; 66: 601-4.
5. Delagi EF. Anatomical guide for the electromyographer. Illinois: Charles C Thomas publisher; 1994.
6. Dumitru D. Volume conduction. In: Dumitru D, editor. Electrodiagnosis medicine. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc; 1995. p. 53, 226.
7. Preston DC, Shapiro BE. Needle electromyography: fundamentals, normal and abnormal patterns. Neurol Clin 2002; 20: 1-22.
8. Chu J. Principles of Electrodiagnostic Consultation In: Chu J, Johnson R, editors. Electrodiagnosis: an anatomical and clinical approach. Philadelphia: J.B. Lippincott Company; 1986. p. 220-35.
9. Nelson RM, Shedlock M, Kaczmarek C, Gahrs J, MacLaughlin H. Comparison of motor unit action potentials using monopolar vs. concentric needle electrodes in the middle deltoid and abductor digiti minimi muscles. Electromyogr Clin Neurophysiol 2003; 43: 459-64.
10. Howard JE, Mcgill KC, Dorfman LJ. Properties of motor unit action potentials recorded with concentric and monopolar needle electrodes: ADEMG analysis. Muscle and Nerve 1988; 11: 1051-5.
11. Pease WS, Bowyer BL. Motor unit analysis: comparison between concentric and monopolar electrodes. Am J Phys Med Rehabil 1988; 67: 2-6.
12. Chan RC, Hsu TC. Quantitative comparison of motor unit potential parameter between monopolar and concentric needles. Muscle and Nerve 1991; 14: 1028-32.
13. Dumitru D. Pitfalls. In: Dumitru D, editor. Electrodiagnosis medicine. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc; 1995. p. 437.
14. Dumitru D. Needle EMG. In: Dumitru D, editor. Electrodiagnosis medicine. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc; 1995. p. 211.
15. Nandedkar SD, Sanders DB. Recording characteristics of monopolar EMG electrodes. Muscle and Nerve 1991; 14: 108-12.