

근전도 전자 망치를 이용한 깊은힘줄반사의 측정자 간 신뢰도

이정우 · 서태화[‡]

광주여자대학교 물리치료학과 교수

Inter-Rater Reliability of the Deep Tendon Reflex by using EMG Electric Reflex Hammer

Jeong-Woo Lee, PT, Ph.D · Tae-Hwa Seo, PT, Ph.D[‡]

Dept. of Physical Therapy, Kwangju Women's University, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to evaluate the reliability analysis of the deep tendon reflex by using electromyography (EMG).

Methods : The study was tested on 30 volunteers who are women in their 20s. Using an electronic reflective hammer of EMG, deep tendon reflex was measured on all subjects with the participation of three trained physical therapists as raters. First, the subjects were comfortably seated on a table with their knees bent at 90 °. The three raters tapped the electric hammer at intervals of 10 seconds to avoid habituation until a total of 10 compound muscle action potential records were collected. Intraclass correlation coefficients (ICCs) were calculated to assess the inter-rater reliability of the deep tendon reflex with the use of EMG. The items of analysis included amplitude (mV), latency (ms), duration (ms), and area (mV × ms) of the compound evoked potentials.

Results : Based on the average records of 10 compound muscle action potential, excellent reliability (ICC: .912) was achieved in terms of area, and there was good reliability in terms of latency (ICC: .795) and duration (ICC: .800). In the shortest latency of the compound muscle action potential, good reliability was achieved in terms of amplitude (ICC: .865), duration (ICC: .781), and area (ICC: .832). In the amplitude of peak-to-peak of compound muscle action potential, excellent reliability was recorded in terms of amplitude (ICC: .924), and good reliability was recorded in terms of duration (ICC: .801) and area (ICC: .874).

Conclusion : The findings in this study indicate that electromyography via an electric hammer is a reliable method of assessing and measuring deep tendon reflexes. Especially, it may be an excellent gauge in the area of average values of the compound muscle action potentials and the amplitude of peak-to-peak of compound muscle action potentials.

Key Words : compound muscle action potential, deep tendon reflex, EMG, intra-rater reliability, patellar tendon reflex

[‡]교신저자: seotaehwa@kwu.ac.kr

제출일 : 2022년 9월 29일 | 수정일 : 2022년 10월 21일 | 게재승인일 : 2022년 11월 4일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

반사 검사는 많은 신경근질환의 경우 정확한 진단 (bedside diagnosis)에 기여하며, 임상신경생리학적 및 신경 방사선학적 연구들(neuroradiological investigations)을 포함한 다른 방법으로는 얻기 어려운 국소 진단정보 (localising diagnostic information)를 제공한다(Lees & Hurwitz, 2019).

무릎힘줄반사(patellar tendon reflex)와 같은 깊은힘줄반사(deep tendon reflex)는 신경계 질환들을 찾아내기 위한 간단한 검사로서 폭넓게 받아들여지고 있으나 그러함에도 불구하고 등급 척도(grading scale)들은 주관적이고 이러한 검사들의 효용성과 신뢰성 향상을 위한 정량적 측정에 대한 새로운 기회들이 부여되고 있다(Steineman 등, 2016). 깊은힘줄반사는 비정상적인 경우 특히 초기질환에서 신경학적 진단에서 중요한 신체적 신호이며, 신경계의 임상 검사의 주요 구성요소 중 하나이다(Dick, 2003). 또한 무릎반사의 임상적 평가는 의사와 전문가들이 가장 자주 사용하는 진단방법 중의 하나이며 (Salazar-Muñoz 등, 2019), 임상 신경계 검사의 주요한 구성요소 중 하나로 저렴하고 빠른 방법이지만 평가가 주관적이고 정성적인 방법(qualitative method)이다(Tsuji 등, 2021).

깊은 힘줄반사를 측정하는 비정량적이며, 주관적인 측정 도구로는 Mayo clinic reflex scale과 미국 국립신경질환 뇌졸중연구소(the national institute of neurological disorders and stroke; NINDS) reflex scale이 있다(Kim & Weon, 2007). 이 중에서 NINDS reflex scale은 조금 더 간편한 반사 측정 도구로 0~4점 사이의 점수 범위로 구성되어 있으며, Litvan 등(1996)의 연구에서 NINDS myostatic reflex scale의 신뢰도가 중간 정도 측정자 간 신뢰도를 나타낸 것으로 보고되었다. 사람에 대한 깊은힘줄반사 검사를 정량화하기 어려운 단점이 있는데, 이 이유는 같은 대상자에 대한 검사에서 검사자의 타진 강도와 방향 및 위치 등 타진 방법의 차이와 대상자들이 주위 환경이나 날씨, 온도, 스트레스 등에 따라 민감하게 반응

하는 심리의 상태 때문이다(Kim & Weon, 2007). 또한, 임상에서 힘줄반사를 평가하는 기존의 방법은 주관적이며, 해석에서 적절하지 않을 수도 있는 범주형의 데이터를 제공하고 있다(Kareem 등, 2021). 따라서 깊은힘줄반사 검사의 유용성을 향상시키기 위해 개선된 측정 도구와 기술이 필요하다(Kareem 등, 2021). 이러한 필요성에 따라 깊은힘줄반사 측정방법에 대한 객관적이고 정량적인 평가를 위한 시도가 진행되고 있는데, 그중에서 근전도 기기와 전자 망치를 이용한 방법은 반사 정도를 수치로 정량화 시킬 수 있다. 따라서 전자 망치로 무릎 힘줄을 타진하여 반사를 유발하는 간단한 검사로 중추신경계 환자들의 강직(spasticity)의 정도를 평가하기 위한 방법으로도 사용되고 있다(Kim, 2001). 그러나 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사의 근전도 신뢰도와 관련한 연구는 측정자 간 복합근활동전위(compound muscle action potential)와 관련된 연구들로서 진폭값(amplitude)에 대한 신뢰도 비교 및 무릎 초기 신전 각도에 따른 관련성 연구(Kim, 2015; Kim & Weon, 2007)들이며, 신뢰도에 있어서 서로 상반된 결과를 제시하고 있기 때문에 복합근활동전위의 진폭값을 포함한 좀 더 다양한 적용 방법 및 분석항목에 대한 신뢰도를 비교 분석할 연구들이 필요한 실정이다.

2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 근전도의 전자 망치를 이용한 깊은 힘줄반사의 신뢰도를 연구하기 위한 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 00대학교에서 실험에 자발적으로 지원한 20대 정상 성인 여성 30명을 대상으로 실시하였다. 실험 대상자 표본의 크기는 인터넷의 표본 크기 계산기 (<https://wnarifin.github.io/ssc/ssicc.html>)를 이용하여 통계적 검정력 80 %, 측정자 수(number of raters) 3명, 최소 승

인 신뢰도(minimum acceptable reliability) .5, 기대 신뢰도(expected reliability, ICC) .75, 유의수준 .05(two-tailed)를 통해 계산된 30명을 선정하였다. 실험에 앞서 대상자들에게 실험에 대한 충분한 설명을 하고 실험 참여 동의를 받은 후에 실험을 진행하였다. 실험 대상자의 선정기

준은 신경근계 질환 및 이와 관련한 수술 등의 경험이 없는 성인으로 한정을 하였다. 제외 기준은 하지의 수술 경력이나 외상 또는 통증이 있는 자로 한정하였다. 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

(n=30)

	Mean±SD
Age (year)	21.33±.76
Height (cm)	160.53±4.85
Weight (kg)	56.00±7.88

2. 깊은힘줄반사 측정방법

깊은힘줄반사는 근전도(Neuro-MEP, Neurosoft, Russia)와 전자반사망치(Electric reflex hammer, Neurosoft, Russia)를 사용하였고 근전도 신호를 측정하기 위해 염화은(Ag/AgCl) 전극(REF-100, Neurosoft, Russia)을 사용하였다. 측정 시 주변 환경의 영향을 최대한 배제하기 위하여 실험실의 온도는 22~25 °C를 유지하였으며, 조용한 상태에서 30분 정도 휴식을 취하게 하고 동일 시간대에 대상자들을 측정하였다. 대상자의 측정 자세는 대상자의 다리가 자유롭게 움직일 수 있도록 앉을 수 있는 높이의 의자에서 시작하였고 무릎관절을 자연스럽게 90 °로 구부리고 앉아서 팔짱을 끼고 시선은 정면을 바라보도록 하였다(Fig 1).

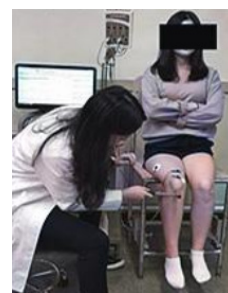


Fig 1. DTR test

표면 전극의 활성전극은 안쪽넓은근(vastus medialis muscle)의 이는 곳과 닿는 곳을 줄자로 이어서 한 가운데 지점인 힘살에 부착하고 참조전극(reference electrode)은 닿는 곳 아래 부위인 넓다리네갈래근(quadiceps muscle)의 힘살 3분의 1지점에 부착하였다. 잡음(noise)을 제거하기 위해 접지전극은 그 주변 부위인 가쪽 넓다리네갈래근(lateral vastus medialis)의 먼 쪽에 부착하였다. 깊은 힘줄반사를 측정할 연구자는 신경계 질환 관련 임상 물

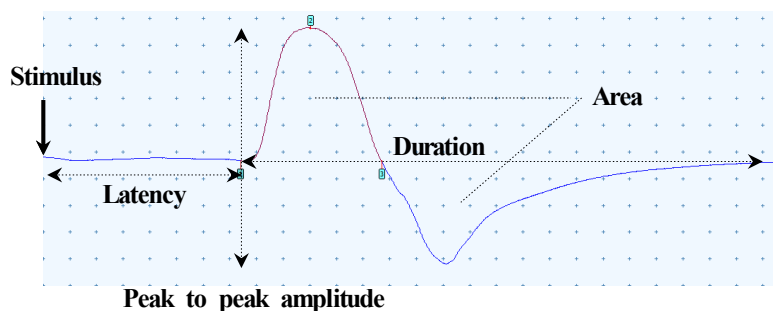


Fig 2. Compound muscle action potential

리치료사 3명(임상 경력 5년, 8년, 11년)을 임의로 선정하여 선행연구(Kim, 2001)를 참조하여 각각 대상자들의 무릎힘줄을 전자 망치로 10초 간격으로 타진을 하여 복합근활동전위가 총 10회 측정될 때까지 반복하여 진행하였다.

분석항목은 복합근활동전위(compound muscle action potential)의 잠복시(latency), 진폭(amplitude), 지속기간(duration), 면적(area), 타진 강도(intensity)였다(Fig 2).

측정자 간 신뢰도 분석방법은 총 세 가지였는데, 첫째로 10회 복합근활동전위 각 항목들의 평균값을 분석하여 측정자 간 신뢰도를 분석하였고 둘째로 10회의 복합근활동전위 중 최단 잠복시의 복합근활동전위의 값으로 측정자 간 신뢰도를 분석하였으며, 셋째로 10회의 복합근활동전위 중 양정점-음정점 최대 진폭값(peak to peak amplitude)인 복합근활동전위값을 분석하여 측정자 간 신뢰도를 분석하였다.

3. 자료 분석

통계학적 분석은 SPSS 21.0 for window를 사용하였으

며, 측정자 간 신뢰도를 분석하기 위해 각 측정 항목들의 급내 상관계수(intraclass correlation coefficients; ICC)를 분석하여 ICC(3, k) 방법을 사용하였다. 이때, 신뢰도 해석은 Koo와 Li(2016)가 적용한 방법으로 ICC가 .9 이상은 높은 신뢰도(excellent), .75에서 .9미만은 좋은 신뢰도(good), .5에서 .75미만은 보통 신뢰도(moderate), .5미만은 낮은 신뢰도(poor)로 평가하였다.

III. 결 과

1. 평균 복합근활동전위에 대한 신뢰도 분석

10회 평균 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도를 분석한 결과 급내상관계수는 각각 잠복시 .795, 진폭값 .519, 지속기간 .800, 면적 .912, 타진 강도 .300으로 나타났다. 면적은 높은 신뢰도, 잠복시와 지속기간은 좋은 신뢰도를 나타내었으며, 진폭값은 보통 신뢰도, 타진 강도는 낮은 신뢰도를 나타내었다(Table 2).

Table 2. Inter-rater reliability of the mean value of compound muscle action potential in 10 measurements

	Latency (ms)	Amplitude (mV)	Duration (ms)	Area (mV×ms)	Intensity (N)
Rater 1	20.42±2.19	.99±.79	14.50±2.43	8.51±6.42	3.43±.24
Rater 2	20.32±1.72	1.13±.79	15.35±3.85	9.85±6.34	3.30±.29
Rater 3	20.79±3.19	1.50±2.51	15.77±3.65	9.81±6.21	3.27±.22
ICC	.795	.519	.800	.912	.300
(95 % CI)	(.62~.90)	(.12~.76)	(.63~.90)	(.84~.96)	(-.28~.64)
<i>p</i>	.000	.009	.000	.000	.124

Mean±SD, CI; confidence interval

Table 3. Inter-rater reliability of compound muscle action potential at shortest latency

	Latency (ms)	Amplitude (mV)	Duration (ms)	Area (mV×ms)	Intensity (N)
Rater 1	18.33±2.67	1.01±.93	14.33±3.11	8.56±8.05	3.37±.26
Rater 2	17.90±3.18	1.13±1.13	14.34±3.04	9.53±8.35	3.28±.23
Rater 3	18.39±3.39	1.09±.77	15.07±4.07	9.04±6.28	3.30±.23
ICC	.688	.865	.781	.832	-.290
(95 % CI)	(.43~.84)	(.75~.93)	(.60~.89)	(.69~.91)	(-1.37~.34)
<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.770

Mean±SD, CI; confidence interval

2. 최단 잠복시 복합근활동전위에 대한 신뢰도 분석

최단 잠복시 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도를 분석한 결과 급간내상관계수는 각각 잠복시 .688, 진폭값 .865, 지속시간 .781, 면적 .832, 타진 강도 -.290으로 나타났다. 진폭값, 지속시간, 면적은 좋은 신뢰도를 나타내었으며, 잠복시는 보통 신뢰도, 타진강도는 낮은 신뢰도를 나타내었다(Table 3).

3. 양정점-음정점 최대 진폭 복합근활동전위에 대한 신뢰도 분석

양정점-음정점 최대 진폭 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도를 분석한 결과 급간내상관계수는 각각 잠복시 .819, 진폭값 .924, 지속시간 .801, 면적 .874, 타진 강도 .288로 나타났다. 진폭은 높은 신뢰도를 나타내었으며, 잠복시 및 지속시간과 면적은 좋은 신뢰도, 타진 강도는 낮은 신뢰도를 나타내었다(Table 4).

Table 4. Inter-rater reliability of compound muscle action potential at peak-to-peak amplitude

	Latency (ms)	Amplitude (mV)	Duration (ms)	Area (mV×ms)	Intensity (N)
Rater 1	21.29±5.10	1.40±1.07	15.56±3.49	11.91±8.23	3.43±.28
Rater 2	21.52±5.13	1.73±1.47	16.22±7.31	14.74±10.58	3.33±.25
Rater 3	21.33±4.88	1.55±1.11	16.23±5.42	14.67±9.27	3.28±.19
ICC	.819	.924	.801	.874	.288
(95 % CI)	(.67~.91)	(.86~.96)	(.64~.90)	(.77~.94)	(-.31~.64)
<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.135

Mean±SD, CI; confidence interval

IV. 고찰

무릎힘줄반사를 객관적으로 정량화하기 위해서 근전도와 MMG(mechanomyography)를 적용하는 것은 향후 임상 적용에서 간단하고 적절하며, 신경학적 질환을 진단하는데 도움을 줄 수 있다(Tsuji 등, 2021). 따라서 이때 사용되는 근전도는 신뢰도가 중요하기 때문에 본 연구는 전자 망치를 이용한 깊은힘줄반사 근전도의 신뢰도를 분석하고자 3명의 평가자 간의 복합근활동전위 분석항목들에 대한 신뢰도를 분석한 결과 다음과 같다.

10회 평균 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도는 면적에서만 .912(95 % CI: .84~.95)로 높은 신뢰도를 나타내었으며, 잠복시는 .795(95 % CI: .62~.90), 지속시간은 .800(95 % CI: .63~.90)으로 좋은 신뢰도를 나타내었다. 최단 잠복시 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도 분석에서는 진폭값은 .865(95 % CI: .75~.93), 지속시간은 .781(95 % CI: .60~.89), 면적은 .832(95 % CI: .69~.91)에

서 좋은 신뢰도를 보인 것으로 나타났으며, 양정점-음정점 최대 진폭 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도 분석에서는 진폭값은 .924(95 % CI: .86~.96)로 높은 신뢰도를 보였다. 또한, 잠복시는 .819(95 % CI: .67~.91), 지속시간은 .801(95 % CI: .64~.90), 면적은 .874(95 % CI: .77~.94)로 좋은 신뢰도를 보인 것으로 나타났다. Kim과 Weon (2007)이 정상 성인을 대상으로 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사 검사에서 진폭은 세 명의 측정자 간 급간내 상관계수가 .280으로 낮은 신뢰도를 나타낸 것으로 보고하였으나 Kim(2015)은 정상 성인에 대한 전자 망치를 이용한 실험에서 두 명의 측정자 간 평균 복합근활동전위 진폭은 측정 시 무릎 관절 각도와 관계 없이 모두 .90이상으로 높은 신뢰도를 나타내었다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서도 진폭은 보통의 신뢰도인 것으로 나타났으며, 세 명 이상 측정자 간의 평균 진폭값의 신뢰도에서는 보통 이하의 신뢰도인 것으로 분석되었기 때문에 전자 망치를 이용한 근전도 평균 복합근활동전위 진

폭값은 일부의 두 명 측정자 간 평균 진폭값의 신뢰도에 서는 높은 신뢰도를 보였지만 아직까지는 신뢰할 수 있는 도구로 평가하기 어려운 것으로 생각된다. 또한, Kim 과 Weon(2007)의 연구는 세 명의 측정자가 세 번의 측정을 통해 평균 복합근활동전위의 진폭값을 사용하여 분석된 것으로 측정 횟수 평균과 관계없이 신뢰하기 어려운 것으로 분석되었다. 그리고 본 연구는 지금까지의 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사 근전도 분석에서 시도하지 않았던 분석항목들에서 다양한 신뢰도를 보인 것으로 나타났다. 특히, 10회 복합근활동전위 평균 근전도 신호의 면적에서 높은 신뢰도와 잠복시 및 지속시간에서의 좋은 신뢰도를 보인 것으로 나타나 향후 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사 근전도에서는 평균 복합근활동전위에서는 진폭보다 면적, 잠복시, 지속시간 항목을 적용하는 것이 신뢰도에 있어서 좋을 것으로 생각된다. 또한, 근전도 전자 망치를 이용한 T 반사(tendon relfex; T-reflex) 기록은 통증이 없고 쉽게 수행되는 기법으로 특히, 말초 신경계가 성숙하는 동안 어린이의 몸쪽 전도 속도(proximal conduction velocity) 평가에 도움이 될 수 있다(Péron 등, 2004). 따라서 근전도 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사에서 잠복시가 좋은 신뢰도를 나타내어 전도 속도 평가에 신뢰할 수 있는 방법으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 최단잠복시 복합근활동전위를 이용할 경우에는 진폭값, 지속시간, 면적을 적용하는 것이 신뢰도에 있어서 좋을 것으로 생각되며, 양정점-음정점 최대 진폭 복합근활동전위를 이용할 경우에는 진폭값을 적용하는 것이 신뢰도에 있어서 가장 좋고 잠복시 및 지속시간과 면적도 적용 가능할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사에 대한 근전도 신뢰도와 관련한 선행연구들은 아직까지도 부족하며, 대부분 복합근활동전위 진폭에 대한 분석들이었으므로 이외에 근전도 신호의 지속시간, 면적, 타진 강도와 같은 요인에 대한 신뢰도의 비교 설명을 하기에는 한계점이 있었다.

V. 결 론

전자 망치를 이용한 깊은힘줄반사 근전도의 신뢰도를 분석하고자 3명의 평가자 간의 복합근활동전위 분석항목들에 대한 신뢰도를 분석한 결과 다음과 같다. 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사의 근전도 평가 시 10회 평균 복합근활동전위에서는 면적값이 높은 신뢰도를 나타내었으며, 잠복시와 지속시간은 좋은 신뢰도를 나타내었다. 최단 잠복시 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도 분석에서는 진폭값, 지속시간, 면적에서 좋은 신뢰도를 보인 것으로 나타났으며, 양정점-음정점 최대 진폭 복합근활동전위에 대한 측정자 간 신뢰도 분석에서는 진폭값이 높은 신뢰도, 잠복시 및 지속시간과 면적은 좋은 신뢰도를 보인 것으로 나타났다. 따라서, 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사의 근전도 평가는 10회 평균 복합근활동전위의 면적과 함께 양정점-음정점 최대 진폭 복합근활동전위의 진폭값을 평가하는 것이 가장 신뢰할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 이러한 자료는 향후 임상에서 전자 망치를 이용한 무릎힘줄반사의 근전도와 관련된 정량적 평가에서 더욱 신뢰도 높은 다양한 접근방법으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Dick JPR(2003). The deep tendon and the abdominal reflexes. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 74(2), 150-153. <https://doi.org/10.1136/jnnp.74.2.150>.
- Kareem SK, Dilara K, Maruthy KN, et al(2021). Characterization of the patellar tendon reflex response using an indigenously developed system and implementation of a strategic protocol to assess its clinical usefulness. *Clin Epidemiol Glob Health*, 12, Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2021.100881>.
- Kim YW(2001). Effects of therapeutic electrical stimulation of sensory nerve pathway on spasticity in patients. Graduate school of Yonsei University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim YW(2015). Clinical availability of the deep tendon reflex test using a novel apparatus in healthy subjects. *J*

- Phys Ther Sci, 27(2), 317-320. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.317>.
- Kim YW, Weon JH(2007). Inter-rater reliability of quantitative knee tendon reflex test for healthy subjects. Phys Ther Korea, 14(3), 57-63.
- Koo TK, Li MY(2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. J Chiropr Med, 15(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>.
- Lees AJ, Hurwitz B(2019). Testing the reflexes. BMJ, 366, Printed Online. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4830>.
- Litvan I, Mangone CA, Werden W, et al(1996). Reliability of the NINDS myotatic reflex scale. Neurology, 47(4), 969-972. <https://doi.org/10.1212/wnl.47.4.969>.
- Péron Y, Tich SNT, Fournier E, et al(2004). Electrophysiological recording of deep tendon reflexes: normative data in children and in adults. Neurophysiol Clin, 34(3-4), 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2004.04.005>.
- Salazar-Muñoz Y, López-Pérez GA, Garica-Caballero BE, et al(2019). Classification and assessment of the patellar reflex response through biomechanical measures. J Healthc Eng, 2019, Printed Online. <https://doi.org/10.1155/2019/1614963>.
- Steineman BD, Karra P, Park K(2016). Assessment of patellar tendon reflex responses using second-order system characteristics. Appl Bionics Biomech, 2016, Printed Online. <https://doi.org/10.1155/2016/7172948>.
- Tsuji H, Misawa H, Takigawa T, et al(2021). Quantification of patellar tendon reflex using portable mechanomyography and electromyography devices. Sci Rep, 27(11), Printed Online. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81874-5>.