

Research Paper

Reliability of Upper Limb Neurodynamic Tests: Median, Radial, and Ulnar Nerves

Milad Taheri¹, *Ghadamali Talebi², Mohammad Taghipour², Massoud Bahrami³, Hemmat Gholinia⁴

1. Department of Physiotherapy, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran.
2. Mobility Impairment Research Center, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran.
3. Clinical Research Development Unit, Shahid Beheshti Hospital, Babol, Iran.
4. Health Research Institute, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran.



Citation Taheri M, Talebi G, Taghipour M, Bahrami M, Gholinia H. [Reliability of Upper Limb Neurodynamic Tests: Median, Radial, and Ulnar Nerves (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2022; 23(3):334-351. <https://doi.org/10.32598/RJ.23.3.71.3>

doi <https://doi.org/10.32598/RJ.23.3.71.3>



ABSTRACT

Objective Upper limb neurodynamic tests are used to evaluate the mechanical sensitivity of the peripheral nerves. However, very little is known about the reliability of upper limb neurodynamic tests, especially for the radial and ulnar nerves. This study aimed to evaluate the reliability of neurodynamic tests of the upper extremities to test median, radial, and ulnar nerves.

Materials & Methods In this observational cross-sectional study, 25 asymptomatic subjects aged 19-45 years participated. They were selected using simple non-random sampling. Then two examiners performed the neurodynamic tests on them on two successive days. The goal was to assess the reliability of median, radial, and ulnar neurodynamic tests. During the neurodynamic tests, the participants reported the initial stretching pain and the moment of submaximal pain (substantially obvious pain) in related areas of the nerve distribution, including the anterior side of the elbow and forearm for the median nerve, posterolateral aspect of the elbow and forearm for radial nerve, and medial side of elbow and forearm for the ulnar nerve. At the starting point of painful stretching and the submaximal pain, the angle of elbow extension (for median and radial nerve tests) and shoulder abduction angle (for ulnar nerve test) were measured using a mechanical goniometer. The range between these two points was used to analyze the reliability. The intraclass correlation coefficient (ICC) and the standard error of measurement (SEM) were calculated to examine the relative and absolute reliability, respectively. Using t-test, the difference in the mean of the measurements was calculated.

Results No significant difference was found between the mean measurements of the two testers in intra-session and inter-session reliability. For examiners 1 and 2, was obtained 0.94 (SEM:2°) and 0.89 (SEM:2.85°) for the median nerve, 0.56 (SEM:6.36°) and 0.93 (SEM:1.82°) for radial nerve, and 0.42 (SEM:3.27°) and 0.79 (SEM:1.42°) for the ulnar nerve. Inter-tester intra-session reliability was obtained at 0.84 (SEM: 3.44°), 0.54 (SEM: 6.1°), and 0.55 (SEM: 2.75°), respectively, for median, radial, and ulnar nerves. Inter-tester inter-session reliability was obtained at 0.97 (SEM:1.43°), 0.69 (SEM:5.06°), and 0.51 (SEM: 2.8°), respectively, for median, radial, and ulnar nerves.

Conclusion The upper limb neurodynamic tests and measurement of the range between the onset of stretching pain and the point of submaximal pain have moderate to excellent reliability. Therefore, these clinical tests can be used in diagnostic evaluations and treatment interventions. Also, the median nerve neurodynamic test has higher relative reliability than radial and ulnar nerve neurodynamic tests.

Keywords Reproducibility of Results, Neurogenic Examination, Peripheral Nerves, Median Nerve, Radial Nerve, Ulnar Nerve

Received: 18 Oct 2021

Accepted: 13 Feb 2022

Available Online: 01 Oct 2022

* Corresponding Author:

Ghadamali Talebi, PhD

Address: Mobility Impairment Research Center, Babol University of medical sciences, Babol, Iran.

Tel: +98 (914) 3133431

E-Mail: talebiali2@yahoo.co.in

English Version

N

Introduction

Neurodynamic maneuvers are clinical evaluation tools and part of manual therapy.

They are used in various patients with disorders of the neuromuscular system [1-3]. Nerve problems can result from an extraneural (e.g. narrowing of the nerve context due to pressure caused by edema) or intraneural (e.g. following diabetes) pathology [4-7].

Neurodynamic tests in the lower and upper limbs are used in clinical evaluations of a wide range of patients to examine the mechanical sensitivity of the nerve. Positive responses to these tests usually appear as sensory perceptions, like changes in pain or paresthesia [8-10]. Of course, it should be noted that pain and sensory manifestations in response to neurodynamic tests can be seen both in patients with musculoskeletal problems [7, 11, 12] and in healthy people [13-15], and it is not always easy to determine whether the response to the test is normal or abnormal [8, 16, 17]. This reason shows why recent studies have investigated the validity of these techniques [18].

There are four neurodynamic tests in the upper limb [1]. Kleinrensink and his colleagues showed that median, radial, and ulnar nerve tension is more sensitive than other upper limb neurodynamic tests [7]. Hines and his colleagues found a low reproducibility between testers in the first resistance in performing the neurodynamic test [19]. Coppieters and colleagues showed strong intra-tester and inter-tester reproducibility in asymptomatic subjects and patients in one session [20]. In another study, Leoni and colleagues found that measuring the range between the moment of pain onset and submaximal pain has a higher reproducibility than the moment of pain onset and submaximal pain during neurodynamic evaluation [21].

A limited number of studies have examined the reproducibility of neurodynamic tests of the upper limb, and most of these studies have examined the reproducibility of the median nerve [14, 21-23]. There is little information about the reproducibility of the radial and ulnar nerves. In addition, there is no single method for measuring joint angles in radial and ulnar nerve examination [24-27]. Little information and the lack of a single measurement method cannot be a good criterion for review studies on the reproducibility of the radial and ulnar nerves [24-26, 28]. Therefore, this study investigates the reproducibility of upper limb neurodynamic tests, including the median, radial, and ulnar nerves, using a simple and clinical tool to measure the joint range of motion (mechanical goni-

ometer). If these tests have good reproducibility, they can be used as a diagnostic method for evaluating therapeutic effects in patients with neurodynamic disorders.

Materials and Methods

This cross-sectional study was observational, and study samples were collected by a simple, non-random method. A total of 25 asymptomatic people (9 women, 16 men) participated in this study. This study was conducted from February 7, 2020, to April 21, 2021, at the physiotherapy clinic of Shahid Beheshti Hospital in Babol City, Iran.

The inclusion criteria included people aged 19 to 45 years with a full and pain-free range of motion in the separate assessment of upper limb joints. The exclusion criteria include a history of the following problems or diseases: neck and upper limb pain in the past 6 months, upper limb surgery, chemotherapy or radiation therapy, diabetes, cognitive disorders, fractures of the upper limb, infection, neck radiculopathy, and peripheral neuropathies of the upper limb and other diseases of the nervous system [14, 21, 29].

The evaluation team consisted of two physiotherapists with at least 5 years of experience in the field of manual therapy and nerve mobilization. They were named tester 1 (E1) and tester 2 (E2). The reproducibility of upper limb neurodynamic tests was investigated in one intra-session and two inter-sessions. In the first session, tester 1 and then tester 2 repeated each test twice. There was a 1-minute rest period between each repetition of each test. In the second session and after 24 hours, at first, tester 2 and then tester 1 repeated each test once. The tests were conducted in the second session, similar to the first session.

The neurodynamic evaluation was performed using the standard method provided by Butler and Shacklock for the median (Figure 1), radial (Figure 2), and ulnar (Figure 3) nerves bilaterally for both upper limbs [4, 30].

Randomization was performed to select the evaluated side. Sealed envelopes were used for this purpose. Before starting the neurodynamic assessment, the participants were instructed to report the moment of onset of pain and submaximal pain in the relevant area (sensory distribution area of the relevant nerve) by saying the words "now" and "stop" during the assessment. In assessing the median nerve, the target area for reporting pain was the anterior forearm, wrist, and fingers. In evaluating the radial nerve, the target area for reporting pain was the outside of the elbow and forearm and the back of the wrist and fingers. In assessing the ulnar nerve, this area was the inside the



Figure 1. Neurodynamic test of median nerve Archives of Rehabilitation

elbow and forearm [30]. During the assessment, the moment of pain onset was considered when the minimal painful stretch was felt, and the moment of submaximal pain was when the painful stretch increased and became clear, and the participant wanted to stop the assessment [15]. If the participants did not report submaximal pain during the available range of motion or if they had sensory manifestations, such as tingling, they would be excluded from the study.

Joint angles were measured using a standard goniometer according to the method of Covill and Martinez (Figures 4, 5, and 6) [24, 31]. During the evaluation, the testers were unaware of each other's test results and joint angles. In the evaluation of the median and radial nerves, the extension angle of the elbow joint, the evaluation of the ulnar nerve, and the abduction angle of the shoulder joint were the measurement criteria.



Figure 3. Neurodynamic test of ulnar nerve Archives of Rehabilitation



Figure 2. Neurodynamic test of radial nerve Archives of Rehabilitation

Data collection

In this study, the range between the moment of pain onset and submaximal pain was measured and reported. This range was shown as R1E1MN, R2E1MN, and R3E1MN for tester 1 and the median nerve, which indicated the first and second repetition of the test in the first session and the repetition of the test in the second session, respectively.

Statistical analysis

Data were analyzed using SPSS software v.26. To determine the relative repeatability, the intraclass correlation coefficient-test (ICC) and 95% confidence interval (95% CI) were used [32]. To find out the absence of systematic bias, a paired t-test was used in the pre- and post-measurement of each tester, and an independent binomial t-test was used to compare the two testers. $P < 0.05$ was considered significant for all analyses. The average repetitions of each test by the testers in the first session and the average of the same test in the second session were used to calculate intra-tester reproducibility. To calculate the reproducibility of inter-testers in one session, the average repetitions of each test were used by tester 1 and tester 2 in the first session, and to calculate the reproducibility of intra-tester in two sessions, the average repetitions of each test by tester 1 was used in the first session, and the average repetitions of the same test by tester 2 were used in the second session [20, 22]. To check the absolute reproducibility of the standard error of measurement, it was calculated based on a function of sharing the standard deviation of groups and ICC ($SEM = SD_{\text{Pooled}} \times \sqrt{(1-ICC)}$) [33].

Results

Table 1 presents the characteristics and demographic information of the participants, and Table 2 presents the mean and range of the measurements. After randomiza-

Archives of
Rehabilitation**Figure 4.** Measuring the angle of the elbow joint for the median nerve

tion in selecting the evaluated side, it was evaluated in 14 right-handed and 11 left-handed participants.

The reproducibility values of the inter-tester 1 were 0.94 for the median nerve ($P=0.942$, 95% CI: 0.88-0.97; 95%) with a standard error of measurement of 2° , 0.56 for the radial nerve ($P=0.784$, 95% CI: 0.78-0.22) with a standard error of measurement of 6.36° , and 0.42 the ulnar nerve ($P=0.355$, 95% CI: 0.69-0.04) with a standard error of measurement 3.27° . These values were calculated for tester 2 as 0.89 for median nerve ($P=0.98$, 95% CI: 0.78-0.95), 0.93 for radial nerve ($P=0.056$, 95% CI: 0.96-0.84), and 0.79 for the ulnar nerve ($P=0.359$, 95% CI: 0.9-0.57) with standard errors of measurements of 2.85° , 1.82° , and 1.42° , respectively. In addition to the reproducibility between the average values of the first and second day, the reproducibility between two evaluations (with an interval of one minute) has been calculated. The results were 0.94 and 0.96 for the median nerve (E1 and E2, respectively), with standard errors of measurements of 2.05 and 1.78; 0.83 and 0.94 for the radial nerve, with standard errors of measurements of 4.61 and 1.69; and 0.87 and 0.7 for the

Archives of
Rehabilitation**Figure 6.** Measuring the angle of the shoulder joint for the ulnar nerveArchives of
Rehabilitation**Figure 5.** Measuring the angle of the elbow joint for the radial nerve

ulnar nerve, with standard errors of measurements of 1.8 and 1.86. The results of the paired t-test showed no statistically significant difference between the average measurements of tester 1 and tester 2 for the median, radial, and ulnar nerves.

Reproducibility rates between two testers in one session were 0.84 for median nerve ($P=0.942$, 95% CI: 0.93-0.68), 0.54 for radial nerve ($P=0.415$, 95% CI: 0.77-0.2), and 0.55 for the ulnar nerve ($P=0.626$, 95% CI: 0.2-0.77) with standard errors of measurements of 3.44° , 6.1° , and 2.75° , respectively. The reproducibility rates between two testers in two sessions were 0.97 for median nerve ($P=0.933$, 95% CI: 0.93-0.98, 0.97), 0.69 for radial nerve ($P=0.683$, 95% CI: 0.41-0.85), and 0.51 for the ulnar nerve ($P=0.412$, 95% CI: 0.15-0.75), respectively with standard errors of measurements of 1.43° , 5.06° and 2.8° . According to the independent binomial t-test results, no statistically significant difference was observed between the average measurements between the two testers for the median, radial, and ulnar nerves.

Discussion

In the evaluations conducted by two testers, no significant difference was found between the average measurements of elbow joint extension angle and shoulder joint abduction in one session and between two sessions. The reproducibility of neurodynamic tests of median, radial, and ulnar nerves was investigated in one session and between two sessions as intra-tester and inter-testers. To interpret the ICC in this study, Coppiters et al.'s criteria were used [20]. ICC less than 0.4 was considered poor, between 0.4 and 0.69 fair, between 0.7 and 0.89 good, and more than 0.9 excellent reproducibility.

Table 1. Demographic information of the participants

Characteristics	Median	Mean±SD
Age (y)	26.6	24±6.7
Body mass index (kg/m ²)	24.4	23.3±5

Archives of
Rehabilitation**Table 2.** Descriptive statistics

Measurement (Degree) Descriptive statistics	R1E1UN			R2E1UN			R3E1UN		
	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN
Median	8	8	8	12	10	11	11	10	12
Range	28	15	14	43	53	29	30	26	30

Measurement (Degree) Descriptive statistics	R1E2UN			R2E2UN			R3E2UN		
	R1E2UN	R2E2UN	R3E2UN	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN	R1E2UN	R2E2UN	R3E2UN
Median	9	8	8	10	11	12	11	10	11
Range	16	15	14	25	27	27	29	29	31

Archives of
Rehabilitation

Range, Examiner, Radial Nerve (RERN)

Range, Examiner, Ulnar Nerve (REUN)

Range, Examiner, Median Nerve (REMUN)

The results showed moderate to excellent inter-examiner reproducibility in all three nerves; however, the median nerve has higher reproducibility than the other two nerves. In examining the reproducibility between two testers in one session, the highest reproducibility was obtained for the median, then ulnar and radial nerves, respectively. Similar to the findings of Leoni et al., in the present study, the reproducibility of the neurodynamic test of the median nerve increased between two sessions compared to one session [21]. The slight improvement in reproducibility can be attributed to better coordination and cooperation between the tester and the participant during the implementation of the neurodynamic test.

Based on the study findings, the reproducibility of the median nerve neurodynamic test was higher than the radial and ulnar nerves; this finding is consistent with the results of previous studies that reported the highest reproducibility of the median nerve test among upper limb neurodynamic tests [7, 34, 35], which may be due to the more specific and easier implementation and control of the sequence of this test compared to the radial and ulnar nerve tests [7]. The sequence of the median nerve neurodynamic test is similar to the activities of the upper limbs of people in daily activities; also, therapists often use this

test in evaluation and treatment and are more skilled in its implementation.

The lower reproducibility of the radial and ulnar nerves between two testers may be due to the participants' lack of familiarity with the test sequence of the radial and ulnar nerves. In other words, these test sequences are not usually used in daily activities compared to the median nerve. Alternatively, the sequence of these tests is more difficult, for example, due to the difference in the amount of depression force applied on the shoulder belt by the testers. These factors cause the intrinsic changes of the radial and ulnar nerves to be higher than the median nerve. Also, if the shoulder girdle goes into protraction in the ulnar nerve test during the flexion phase of the elbow joint, it can affect the test result. Reproducibility of the radial and ulnar nerve test is probably related to the experience and clinical skill of the testers; recent studies have shown that the reproducibility rate is slightly higher for experienced testers [14, 29]. Measurement of the abduction angle of the shoulder joint is another factor that can contribute to the low reproducibility of the ulnar nerve test because it is more difficult to place and keep the goniometer on the shoulder joint during evaluation than on the elbow joint. However, the reproducibility of the ulnar nerve was mod-

erate between the two testers. The present study's findings showed that similar to the results of Pithak and Reisch's study [29, 36], in examining the reproducibility of the nerves of the upper limbs, the measurement of the elbow joint extension angle and shoulder joint abduction has moderate to excellent reproducibility.

The standard error of measurement is usually used to calculate the error related to repeated measurements [37-39]. In other words, by using the standard error of measurement, the very range is determined that is expected to be in the actual score of people by considering the amount of error associated with repeated measurements [40]. The smaller the measurement standard error, the higher the absolute reproducibility and the more stable the measurement [39].

The standard error of measurement of the intra-tester for the median nerve was calculated as 2° and 2.85°, which is similar to the results of the study by Talebi and Coppeters [20, 22]. Contrary to the findings of Coppeters et al., in the present study, the standard error of measurement between two testers for the median nerve calculated in one session was more than that in two sessions [20]. The standard error of measurement for the median nerve test was lower than other nerves, which shows that the median nerve neurodynamic test is more stable. As far as we know, the standard errors of measurements for radial and ulnar nerve neurodynamic tests have not been reported in previous studies; therefore, comparing the obtained results with other studies is impossible.

Similar to the findings of Leoni et al., the results of this study show that the moment of occurrence of pain and submaximal pain has good reproducibility, but the range between them has higher reproducibility [21]. In addition, the standard error of measurement for these two points is greater than the range between them. The results of this study show that the reproducibility and standard error of measurement for neurodynamic tests of the median, radial, and ulnar nerves are acceptable; therefore, we can use the neurodynamic tests, with confidence in the reproducibility of the aforementioned measurement method, for initial evaluation as well as checking the effects of treatment in patients with suspected neurological disorders.

Study limitations

Due to the COVID-19 pandemic, some samples were excluded from the study and the sampling period lasted longer than usual. Another limitation of this study was the small and constant consideration of rest time between the repetitions of tests. According to the possible effect

of repeating the test and creating a therapeutic effect on the results of subsequent repetitions, it is suggested to increase the rest time.

Suggestions for future research

It is suggested that in future studies, the sample size be increased, and people with symptoms, such as musculoskeletal pain syndromes, undergo neurodynamic evaluations to clarify the role and contribution of neurological disorders in the development of symptoms in these patients.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Babol University of Medical Sciences (Code: IR.MUBABOL.REC.1400.063). The participants were given the permission to cancel their participation at any stage of study. All participants were aware of the research process. Their information was kept confidential.

Funding

The paper was extracted from the MSc. thesis of the first author in Department of Physiotherapy, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran. Also, this study was supported of Vice President of Research and Technology of Babol University of Medical Sciences.

Authors' contributions

Conceptualization: Milad Taheri, Ghadamali Talebi, Mohammad Taghipour; Methodology and validation: Milad Taheri, Ghadamali Talebi, Mohammad Taghipour, Massoud Bahrami; Analysis and research: All authors; writing-original draft: Milad Taheri; Editing and finalization: Ghadamali Talebi, Mohammad Taghipour; Funding and resources: Vice President of Research and Technology Babol University of Medical Sciences.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors express their gratitude from the research participants and physiotherapy department staff of Shahid Beheshti hospital, specially physiotherapist Mahdi Hosseinpour. The authors are also grateful for assistance and support of Vice President of Research and Technology of Babol University of Medical Sciences.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

بررسی تکرارپذیری آزمون‌های نوروداینامیک اندام فوقانی: اعصاب مدین، رادیال و اولنار

میلاذ طاهری^۱، *قدمعلی طالبی^۲، محمد تقی پور^۲، مسعود بهرامی^۳، همت‌الله قلی‌نیا^۴

۱. گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران.

۲. گروه فیزیوتراپی، مرکز تحقیقات اختلالات حرکتی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران.

۳. واحد توسعه تحقیقات بالینی، بیمارستان شهید بهشتی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران.

۴. پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Taheri M, Talebi G, Taghipour M, Bahrami M, Gholinia H. Reliability of Upper Limb Neurodynamic Tests: Median, Radial, and Ulnar Nerves. [Reliability of Upper Limb Neurodynamic Tests: Median, Radial, and Ulnar Nerves (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2022; 23(3):334-351. <https://doi.org/10.32598/RJ.23.3.71.3>

doi: <https://doi.org/10.32598/RJ.23.3.71.3>



هدف در ارزیابی اعصاب محیطی، از آزمون‌های نوروداینامیک جهت ارزیابی حساسیت مکانیکی عصب استفاده می‌شود. با وجود این، در ارتباط با تکرارپذیری آزمون‌های نوروداینامیک اندام فوقانی، به‌ویژه برای اعصاب رادیال و اولنار، اطلاعات بسیار کمی وجود دارد. هدف از این مطالعه بررسی تکرارپذیری آزمون‌های نوروداینامیک اندام فوقانی شامل اعصاب مدین (میانه)، رادیال و اولنار بود.

روش بررسی در این مطالعه مقطعی، با استفاده از نمونه‌گیری غیر تصادفی ساده، ۲۵ شرکت‌کننده بدون علامت، با دامنه سنی ۱۹ تا ۴۵ سال، شرکت داشتند. تکرارپذیری هر یک از آزمون‌های نوروداینامیک اعصاب میانه، رادیال و اولنار بررسی شد. آزمون‌های نوروداینامیک را ۲ آزمونگر در ۲ جلسه، با فاصله ۲۴ ساعت انجام دادند. در طی انجام آزمون‌های نوروداینامیک، شرکت‌کنندگان لحظات شروع احساس کشش دردناک و نقطه واضح شدن درد در ناحیه قدامی آرنج و ساعد (برای عصب میانه)، در ناحیه خلفی خارجی آرنج و ساعد (برای عصب رادیال) و ناحیه داخلی ساعد (برای عصب اولنار) را گزارش کردند. در نقطه شروع احساس کشش دردناک و نقطه واضح شدن درد، با استفاده از گونیامتر مکانیکی، زاویه اکستنشن آرنج (برای آزمون اعصاب مدین و رادیال) و زاویه ابداکشن شانه (برای آزمون عصب اولنار) اندازه‌گیری شد. دامنه بین این ۲ نقطه، جهت بررسی تکرارپذیری محاسبه شد. به‌منظور بررسی تکرارپذیری نسبی و تکرارپذیری مطلق، به‌ترتیب، ضریب هم‌بستگی درون‌رده‌ای و خطای استاندارد اندازه‌گیری محاسبه شد. با استفاده از آزمون تی‌تست، تفاوت در میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده محاسبه شد.

یافته‌ها در تکرارپذیری یک جلسه و بین ۲ جلسه، اختلاف معناداری بین میانگین اندازه‌گیری‌های ۲ آزمونگر یافت نشد. تکرارپذیری درون‌آزمونگر ۱ و آزمونگر ۲ به‌ترتیب برای عصب میانه ۰/۹۴ درصد (۲° خطای استاندارد اندازه‌گیری)، ۰/۸۹ درصد (۲/۸۵° خطای استاندارد اندازه‌گیری)، برای عصب رادیال ۰/۵۶ درصد (۶/۳۶° خطای استاندارد اندازه‌گیری) و ۰/۹۳ درصد (۱/۸۳° خطای استاندارد اندازه‌گیری)، و برای عصب اولنار ۰/۴۲ درصد (۳/۲۷° خطای استاندارد اندازه‌گیری) و ۰/۷۹ درصد (۱/۴۲° خطای استاندارد اندازه‌گیری) بود. تکرارپذیری بین ۲ آزمونگر در یک جلسه برای عصب مدین ۰/۸۴ درصد (۳/۴۴° خطای استاندارد اندازه‌گیری)، برای عصب رادیال ۰/۵۴ درصد (۶/۱° خطای استاندارد اندازه‌گیری) و برای عصب اولنار ۰/۵۵ درصد (۲/۷۵° خطای استاندارد اندازه‌گیری) بود. تکرارپذیری بین ۲ آزمونگر در ۲ جلسه برای عصب مدین ۰/۹۷ درصد (۱/۴۳° خطای استاندارد اندازه‌گیری)، برای عصب رادیال ۰/۶۹ درصد (۵/۰۶° خطای استاندارد اندازه‌گیری)، و برای عصب اولنار ۰/۵۱ درصد (۲/۸° خطای استاندارد اندازه‌گیری) بود.

نتیجه‌گیری آزمون‌های نوروداینامیک اندام فوقانی و اندازه‌گیری دامنه بین لحظات شروع احساس درد کششی و واضح شدن آن (درد زیر بیشینه) از تکرارپذیری متوسط تا عالی برخوردارند. بنابراین می‌توان از این آزمون‌های بالینی در ارزیابی‌های تشخیصی و بررسی اثرات روش‌های درمانی استفاده کرد. همچنین آزمون نوروداینامیک عصب میانه، نسبت به آزمون‌های نوروداینامیک اعصاب رادیال و اولنار، تکرارپذیری نسبی بالاتری دارند.

کلیدواژه‌ها تکرارپذیری، آزمون نوروداینامیک، عصب میانه، عصب رادیال، عصب اولنار

تاریخ دریافت: ۲۶ مهر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲۴ بهمن ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۹ مهر ۱۴۰۱

* نویسنده مسئول:

دکتر قدمعلی طالبی

نشانی: بابل، دانشگاه علوم پزشکی بابل، مرکز تحقیقات اختلال حرکت، گروه فیزیوتراپی.

تلفن: ۳۱۳۳۴۳۱ (۹۱۴) ۹۸+

رایانامه: talebali2@yahoo.co.in

مقدمه

گرفتند. به استناد نتایج این مطالعه، در یک جلسه، تکرارپذیری قوی درون آزمونگر و بین ۲ آزمونگر در افراد بدون علامت و بیماران وجود دارد. همچنین این محققین دریافتند تحریک درد در طول آزمون نورودینامیک یک پدیده پایدار بوده است و به‌طور قابل‌اطمینانی لحظه شروع درد و درد زیربیشینه در طول اکستنشن آرنج را می‌توان هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در شرایط بالینی اندازه‌گیری کرد [۲۱]. در مطالعه‌ای دیگر لئون و همکارانش دریافتند هرگونه تغییر کوچک در وضعیت شرکت‌کنندگان بین جلسات ارزیابی می‌تواند زاویه لحظه شروع درد و درد زیربیشینه را تغییر دهد و همچنین پتانسیل این را دارد تا تکرارپذیری آزمون‌های نورودینامیک را تحت تأثیر قرار دهد. این مطالعه نشان داد اندازه‌گیری زاویه^۸ بین لحظه شروع درد و درد زیربیشینه، تکرارپذیری بالاتری نسبت به لحظه شروع درد و درد زیربیشینه در طول ارزیابی نورودینامیک دارد [۲۴].

به‌طور کلی، زمانی که از یک آزمون برای تشخیص استفاده می‌شود، به‌ویژه وقتی که آزمون در تعیین استراتژی درمان مؤثر باشد، تعیین تکرارپذیری آن بسیار اهمیت دارد. در بررسی تکرارپذیری می‌توان ماهیت آزمون، دقت ابزار اندازه‌گیری و فرد آزمونگر را سنجید. برخی از مطالعات اخیر احتمال همراهی اختلالات نورودینامیک را با سایر بیماری‌های عضلانی اسکلتی مطرح کرده‌اند [۲۵]. امروزه تنها ابزار بالینی جهت بررسی دخالت یا نقش احتمالی این همراهی، آزمون‌های نورودینامیک^۹ هستند که رویکرد نسبتاً جدیدی در حیطه ارزیابی و درمان به شمار می‌روند. به‌طور کلی، تعداد محدودی از مطالعات تکرارپذیری آزمون‌های نورودینامیک اندام فوقانی را بررسی کرده‌اند و بیشتر این مطالعات تکرارپذیری عصب میانه را بررسی کرده‌اند [۱۵، ۲۴، ۲۶، ۲۷] و اطلاعات کمی در ارتباط با تکرارپذیری اعصاب رادیال و اولنار وجود دارد. علاوه‌براین، روش واحدی به‌منظور اندازه‌گیری زوایای مفصلی در بررسی اعصاب رادیال و اولنار وجود ندارد [۲۸-۳۱]. پایین بودن میزان اطلاعات و عدم وجود روشی واحد در اندازه‌گیری، نمی‌تواند ملاک خوبی باشد تا مطالعات مروری در بررسی تکرارپذیری اعصاب رادیال و اولنار به آن استناد کنند [۲۸-۳۰، ۳۲]. همچنین در جدیدترین کتاب‌های رفرنس فیزیوتراپی، از تکنیک‌های نورودینامیک به‌عنوان ابزار ارزیابی و درمان نام برده‌اند اما به ضرورت بررسی‌های بیشتر برای تأیید تکرارپذیری این آزمون‌ها نیز اشاره شده است [۳۳]. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی تکرارپذیری آزمون‌های نورودینامیک اندام فوقانی شامل اعصاب میانه، رادیال و اولنار، با استفاده از ابزار بالینی و ساده اندازه‌گیری دامنه حرکتی مفصل (گونیا متر مکانیکی) است. در صورتی که این آزمون‌ها از تکرارپذیری خوبی برخوردار باشند می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک روش تشخیصی و ارزیابی اثرات درمانی در مبتلایان به اختلالات نورودینامیک استفاده کرد.

8. Angle between OP and SP
9. Neurodynamic tests

مانورهای نورودینامیک به‌عنوان یک ابزار ارزیابی بالینی و نیز به‌عنوان بخشی از درمان‌های دستی هستند که عموماً در طیف وسیعی از بیماران با اختلالات سیستم عصبی عضلانی به کار گرفته می‌شوند [۱-۳]. با تغییر موقعیت و حرکات ساختارهای آناتومیکی بدن، اعصاب محیطی از طریق وقایع مکانیکی از قبیل فشردگی، طول‌شدگی و لغزش، از خود انطباق نشان می‌دهند [۴-۶]. مشکلات عصب می‌تواند از یک پاتولوژی خارج عصب (مانند تنگ شدن بستر عصب بر اثر فشار ناشی از ادم یا داخل عصب مثلاً به دنبال دیابت) ناشی شود [۴، ۶-۸].

عموماً در ارزیابی‌های بالینی طیف وسیعی از بیماران، جهت بررسی میزان حساسیت مکانیکی عصب، از آزمون‌های نورودینامیک در اندام‌های تحتانی و فوقانی استفاده می‌شود. پاسخ مثبت به این آزمون‌ها معمولاً به‌صورت تظاهرات حسی مانند تغییرات درد یا پارستزیا پدیدار می‌شوند [۹-۱۱]. البته باید توجه داشت که درد و تظاهرات حسی در پاسخ به آزمون‌های نورودینامیک می‌تواند هم در مبتلایان به مشکلات عضلانی اسکلتی [۸، ۱۲، ۱۳] و هم در افراد سالم [۱۶-۱۴] دیده شود و تشخیص اینکه آیا پاسخ به آزمون، طبیعی است یا غیر طبیعی، همیشه آسان نیست [۱۷، ۱۸]. این دلیل به‌خوبی نشان می‌دهد که چرا مطالعات اخیر اعتبار این تکنیک‌ها را بررسی کرده‌اند [۱۹]. آزمون نورودینامیک زمانی مثبت در نظر گرفته می‌شود که با ایجاد تمایز ساختاری، علائم بیمار تغییر کند [۹، ۱۹، ۲۰]. حساسیت مکانیکی عصب، براساس مقایسه پاسخ‌های مختلف بین طرف دارای علامت و بدون علامت و نیز تفسیر یافته‌های بالینی هنگام انجام آزمون نورودینامیک (شامل درجه زاویه مفصل در لحظه شروع درد^۱ و درد زیربیشینه^۲ و میزان مقاومت بافتی یا محدودیت حرکتی) ارزیابی می‌شود [۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۲].

در اندام فوقانی ۴ آزمون نورودینامیک^۳ وجود دارد [۱]. کلاینر نسنینک و همکارانش در بررسی تنش عصب مدین یا میانه^۴، رادیال^۵ و اولنار^۶ نشان دادند عصب میانه، حساسیت بیشتری نسبت به سایر آزمون‌های نورودینامیک اندام فوقانی دارد [۸]. هاینز و همکارانش اولین مقاومت^۷ (نقطه‌ای که آزمونگر مقاومت اندکی در طول ارزیابی نورودینامیک احساس می‌کند) را به‌عنوان معیار اندازه‌گیری در نظر گرفتند. آن‌ها دریافتند در انجام آزمون نورودینامیک، در اولین مقاومت تکرارپذیری پایینی بین آزمونگرها وجود دارد [۲۳]. کاپیترز و همکارانش لحظه شروع درد و درد زیربیشینه را ملاک اندازه‌گیری در نظر

1. Pain Onset
2. Submaximal pain
3. Upper Limb Neurodynamic Tests (ULNTs)
4. Median nerve (MN)
5. Radial nerve (RN)
6. Ulnar nerve (UN)
7. First resistance

روش بررسی

نوع مطالعه و نمونه گیری

این مطالعه مقطعی، بخشی از یک طرح تحقیقاتی است که نمونه‌گیری آن به شکل غیرتصادفی ساده انجام شده است.

شرکت‌کنندگان

در این مطالعه، ۲۵ فرد بدون علامت (۹ زن و ۱۶ مرد) مشارکت داشتند. افراد داوطلب و واجد شرایط تعیین شده، جهت اندازه‌گیری‌ها و اجرای مرحله اصلی مطالعه، از تاریخ ۱۳۹۹/۱۱/۱۸ لغایت ۱۴۰۰/۲/۱ به درمانگاه فیزیوتراپی بیمارستان شهید بهشتی شهر بابل مراجعه می‌کردند.

معیار ورود به این مطالعه، فاصله سنی ۱۹ تا ۴۵ سال، برخوردار بودن از دامنه حرکتی کامل و بدون درد در ارزیابی مجزای مفاصل اندام فوقانی و نبود معیارهای خروج از مطالعه بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل داشتن سابقه درد در ناحیه گردن و اندام فوقانی در ۶ ماه گذشته، سابقه جراحی اندام فوقانی، سابقه شیمی‌درمانی یا پرتودرمانی، دیابت، اختلالات شناختی، شکستگی‌های اندام فوقانی، عفونت، رادیکولوپاتی گردن و نوروپاتی‌های محیطی اندام فوقانی و سایر بیماری‌های سیستم عصبی بود [۱۵، ۲۴، ۳۴].

آزمونگرها

تیم ارزیابی متشکل از ۲ فیزیوتراپیست، با تجربه حداقل ۵ سال در حوزه درمان دستی و موبیلیزاسیون^{۱۰} عصب بود که به ترتیب آزمونگر ۱^{۱۱} و آزمونگر ۲^{۱۲} نام‌گذاری شدند.

روش ارزیابی

تکرارپذیری آزمون‌های نوروداینامیک اندام فوقانی در یک جلسه^{۱۳} و بین ۲ جلسه^{۱۴} بررسی شدند. در جلسه اول، ابتدا آزمونگر ۱ و به دنبال آن آزمونگر ۲ هر آزمون را دوبار تکرار می‌کردند. بین تکرار هر آزمون ۱ دقیقه زمان استراحت وجود داشت. در جلسه دوم و پس از ۲۴ ساعت، ابتدا آزمونگر ۲ و سپس آزمونگر ۱ هر آزمون را یک بار تکرار می‌کردند. آزمون‌ها در جلسه دوم همانند جلسه اول انجام شدند.

ارزیابی نوروداینامیک مطابق با روش ارائه‌شده باتلر و شاکلوک انجام شد. بدین منظور شرکت‌کنندگان به صورت طاق‌باز دراز می‌کشیدند و یک بالشت کوچک زیر سرشان قرار داده می‌شد.

پاهایشان صاف بودند و دست‌هایشان روی شکم قرار داشتند [۷]. ۳۵. از آنجایی که ULTT1^{۱۵} تکرارپذیری بالاتری نسبت به ULTT2a^{۱۶} دارد از این آزمون به منظور بررسی عصب میانه استفاده شده است [۳۶].

آزمون نوروداینامیک با تثبیت‌سازی کمر بند شانه‌ای آغاز شد که از لوبیشن کمر بند شانه‌ای حین ابداکشن بازو جلوگیری می‌کرد. در ادامه بازو را به ۱۱۰ درجه ابداکشن برده و مفصل شانه تا دامنه موجود به خارج چرخانده شد. در صورتی که مفصل خیلی متحرک بود، این حرکت در ۹۰ درجه متوقف می‌شد. با حفظ این وضعیت، ساعد را به سوپینیشن و مچ دست و انگشتان را به اکستنشن برده و نهایتاً مفصل آرنج اکستنشن می‌شد (تصویر شماره ۷، ۱، ۳۵).

از آزمون ULTT2b^{۱۷} به منظور ارزیابی عصب رادیال^{۱۸} استفاده شد و در آن از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا کمی به شکل مورب روی تخت دراز بکشند تا آزمونگر بتواند با ران خود کمر بند شانه‌ای و اسکپولا را به دپریشن ببرد، سپس شانه به داخل چرخانده شد. در گام بعدی پرونیشن ساعد، فلکشن مچ دست و انگشتان، ابداکشن شانه و در انتها اکستنشن آرنج به ترتیب به توالی حرکات اضافه شدند [۷، ۳۵]. به دلیل اینکه اندازه‌گیری دامنه حرکتی اکستنشن آرنج از مچ دست آسان‌تر بوده و همچنین انجام اکستنشن آرنج به‌عنوان جزء آخر احتمالاً ایمن‌تر است، حرکت اکستنشن آرنج در انتهای آزمون به توالی حرکات اضافه شد (تصویر شماره ۲، ۵، ۷، ۹).

عصب اولنار^{۱۹} نیز به کمک آزمون ULTT3^{۲۰} مورد ارزیابی قرار گرفت و در آن، ابتدا دپریشن کمر بند شانه‌ای و اسکپولا انجام شد، سپس مچ دست و انگشتان را به اکستنشن برده و در مرحله بعد سوپینیشن ساعد، فلکشن آرنج، چرخش خارجی شانه و در نهایت ابداکشن شانه به توالی حرکات اضافه شدند (تصویر شماره ۳، ۷، ۳۵).

برای انتخاب سمت مورد ارزیابی، تصادفی‌سازی انجام شد. برای این کار از پاکت‌های مهر و موم شده استفاده شد. قبل از شروع، ارزیابی نوروداینامیک بر دست مخالف شرکت‌کنندگان اجرا شد و به آن‌ها آموزش داده شد تا در طول ارزیابی نوروداینامیک لحظه شروع درد و درد زیر بیشینه در ناحیه مرتبط (ناحیه توزیع حسی عصب مربوطه) را با بیان کلمات حالا و ایست گزارش کنند. در ارزیابی عصب میانه، ناحیه مورد نظر برای گزارش درد، ناحیه قدامی ساعد، مچ دست و انگشتان بود. در ارزیابی عصب رادیال، ناحیه مورد نظر برای گزارش درد، قسمت خارج آرنج و ساعد و پشت مچ دست و انگشتان بود. این ناحیه در ارزیابی

15. Upper Limb Tension Test1; MNT1
16. Upper Limb Tension Test; MNT2
17. Upper Limb Tension Test1; RNT
18. Radial nerve
19. Ulnar nerve
20. Upper Limb Tension Test1; UNT

10. Mobilization
11. Examiner 1
12. Examiner 2
13. Intra-session
14. Inter-session



توانبخشی

تصویر ۲. آزمون نورودینامیک عصب رادیال

اندازه‌گیری زوایای مفصلی به‌وسیله گونیامتر استاندارد و مطابق با روش کار کوویل و مارتینز انجام شد [۳۷، ۲۸]. در طول ارزیابی، آزمونگرها از نتایج آزمون‌های یکدیگر و زوایای مفصلی اطلاعی نداشتند. در ارزیابی عصب میانه و رادیال، زاویه اکستنشن مفصل آرنج و در ارزیابی عصب اولنار، زاویه ابداکشن مفصل شانه ملاک‌های اندازه‌گیری بودند. در بررسی عصب میانه محور، برای اندازه‌گیری زاویه اکستنشن مفصل آرنج، گونیامتر را روی اپی‌کوندیل داخلی هومروس و در بررسی عصب رادیال روی اپیکوندیل خارجی هومروس قرار داده شد. بازوی ثابت گونیامتر به موازات محور طولی استخوان هومروس و بازوی متحرک به موازات محور طولی ساعد قرار گرفت (تصویرهای شماره ۴ و ۵). برای اندازه‌گیری زاویه ابداکشن مفصل شانه، محور گونیامتر روی آکرومیان قرار داشت و بازوی ثابت گونیامتر به موازات محور طولی تنه و بازوی متحرک به موازات محور طولی استخوان هومروس قرار می‌گرفت (تصویر شماره ۶).

جمع‌آوری داده‌ها

در این مطالعه، دامنه^{۲۱} بین لحظه شروع درد و درد زیربیشینه اندازه‌گیری و گزارش شده است. این دامنه برای آزمونگر ۱ و عصب میانه به‌صورت R1E1MN، R2E1MN، R3E1MN نشان داده شد که به‌ترتیب بیانگر تکرار اول و دوم آزمون در جلسه اول و تکرار آزمون در جلسه دوم بود.

تحلیل آماری

تحلیل اطلاعات به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. به‌منظور تعیین تکرارپذیری نسبی از آزمون ضریب هم‌بستگی درون‌رده‌ای^{۲۲} و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (95 CIs) استفاده شد [۳۸]. به‌منظور پی بردن به نبود سوگیری سیستماتیک^{۲۳}، در

21. Range

22. Intraclass Correlation Coefficients (ICC_{2,1})

23. Systematic bias



توانبخشی

تصویر ۱. آزمون نورودینامیک عصب مدین

عصب اولنار، قسمت داخل آرنج و ساعد بود [۳۵]. در طی ارزیابی نورودینامیک، لحظه شروع درد، زمانی در نظر گرفته شد که حداقل کشش دردناک احساس می‌شد و لحظه درد زیربیشینه، زمانی بود که کشش دردناک افزایش می‌یافت و واضح می‌شد و شرکت‌کننده می‌خواست تا ارزیابی متوقف شود [۳۶، ۱۶].

درواقع لحظه شروع درد و درد زیربیشینه به‌وضوح می‌گویند که درد در چه نقطه‌ای از دامنه حرکتی شروع و در چه نقطه‌ای واضح شده است، درحالی‌که زاویه بین این ۲ نقطه نشان می‌دهد که درد از لحظه ایجاد در طول دامنه حرکتی، در چه دامنه‌ای واضح می‌شود و این بیشتر با مفهوم حساسیت مکانیکال مطابقت دارد [۲۴]. چنانچه شرکت‌کنندگان درد زیربیشینه را در طول دامنه حرکتی موجود گزارش نمی‌کردند و یا چنانچه تظاهرات حسی از قبیل گزگز یا مورمور داشتند از مطالعه کنار گذاشته می‌شدند.



توانبخشی

تصویر ۳. آزمون نورودینامیک عصب اولنار



توانبخشی تصویر ۵. نحوه اندازه‌گیری زاویه مفصل آرنج برای عصب رادیال



توانبخشی تصویر ۴. نحوه اندازه‌گیری زاویه مفصل آرنج برای عصب مدین

یافته‌ها

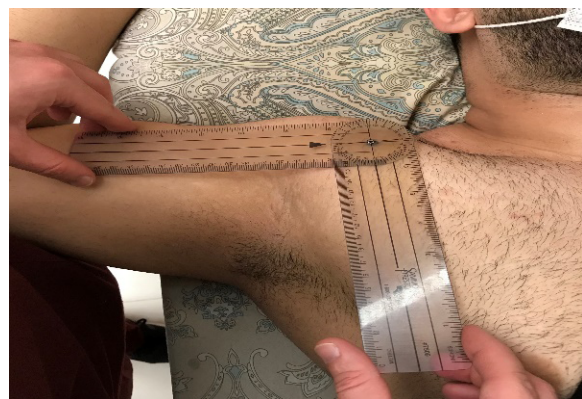
مشخصات و اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در جدول شماره ۱ و میانه و دامنه اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. به دنبال تصادفی‌سازی در انتخاب دست موردارزیابی، در ۱۴ شرکت‌کننده دست راست و در ۱۱ شرکت‌کننده دست چپ ارزیابی شد.

میزان تکرارپذیری درون‌آزمونگر ۱ برای عصب میانه، $P: 0/942$ ، $0/97 - 0/88$ (95% CI) درصد با خطای استاندارد اندازه‌گیری 2° ؛ برای عصب رادیال ($P: 0/784$ ، $0/78 - 0/22$ ، CI: $0/22 - 0/78$ ، $P: 0/355$) درصد با خطای استاندارد اندازه‌گیری $6/36^\circ$ و برای عصب اولنار ($P: 0/355$ ، $0/69 - 0/4$ ، CI: $0/4 - 0/69$ ، $P: 0/42$ درصد با خطای استاندارد اندازه‌گیری $3/27^\circ$ محاسبه شد. این میزان برای آزمونگر ۲، برای عصب میانه ($P: 0/98$ ، $0/95 - 0/89$ ، CI: $0/89 - 0/78$ درصد)؛ برای عصب رادیال ($P: 0/56$ ، $0/96 - 0/78$ ، CI: $0/78 - 0/96$ ، $P: 0/359$ ، $0/9 - 0/57$ ، CI: $0/57 - 0/9$ درصد) به ترتیب با خطای استاندارد اندازه‌گیری $2/85^\circ$ ، $1/82^\circ$ و $1/42^\circ$ به دست آمد. علاوه بر تکرارپذیری بین میانگین روز اول و دوم، تکرارپذیری بین دو ارزیابی (با فاصله ۱ دقیقه) محاسبه شده است که برای آزمونگر ۱ و آزمونگر ۲ به ترتیب برای عصب مدین، $0/94$ درصد و $0/96$ درصد با خطای استاندارد اندازه‌گیری $2/05^\circ$ و $1/78^\circ$ ، برای عصب رادیال، $0/83$ درصد و $0/94$ درصد با خطای استاندارد اندازه‌گیری $4/61^\circ$ و $1/69^\circ$ ، و برای عصب اولنار $0/87$ درصد و $0/7$ درصد با خطای استاندارد اندازه‌گیری $1/8^\circ$ و $1/86^\circ$ بود. نتایج آزمون تی‌تست زوجی نشان داد که بین میانگین اندازه‌گیری‌های متوالی آزمونگر ۱ و آزمونگر ۲ برای اعصاب میانه، رادیال و اولنار از نظر آماری اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P > 0/05$).

میزان تکرارپذیری بین ۲ آزمونگر در یک جلسه برای عصب میانه ($P: 0/942$ ، $0/93 - 0/68$ ، CI: $0/68 - 0/93$ درصد)؛ برای عصب رادیال ($P: 0/415$ ، $0/77 - 0/2$ ، CI: $0/2 - 0/77$ ، $P: 0/54$ درصد)

اندازه‌گیری قبل و بعد هر آزمونگر، از آزمون تی‌تست زوجی 24 ، و به منظور بررسی بین ۲ آزمونگر از آزمون تی‌تست دوجمله‌ای مستقل 25 استفاده شد. برای تمامی آنالیزها $P < 0/05$ معنادار در نظر گرفته شد. از میانگین تکرارهای هر آزمون توسط آزمونگرها در جلسه اول و میانگین همان آزمون در جلسه دوم برای محاسبه تکرارپذیری درون‌آزمونگر 26 استفاده شد. به منظور محاسبه تکرارپذیری بین ۱ آزمونگر 27 در ۱ جلسه، از میانگین تکرارهای هر آزمون توسط آزمونگر ۱ و آزمونگر ۲ در جلسه اول استفاده شد و برای محاسبه تکرارپذیری بین ۲ آزمونگر در ۲ جلسه، از میانگین تکرارهای هر آزمون توسط آزمونگر ۱ در جلسه اول و میانگین تکرارهای هر آزمون توسط آزمونگر ۲ در جلسه دوم استفاده شده است [۲۶، ۲۱]. جهت بررسی تکرارپذیری مطلق از خطای استاندارد اندازه‌گیری 28 ، براساس تابعی از اشتراک، انحراف از معیار گروه‌ها و ضریب همبستگی درون‌رده‌ای محاسبه شد $(SEM = SD_{\text{Pooled}} \times \sqrt{1 - ICC})$ [۳۹].

- 24. Paired t-test
- 25. independent t-test
- 26. Intra-tester
- 27. Inter-tester
- 28. Standard Error of Measurement (SEM)



توانبخشی تصویر ۶. نحوه اندازه‌گیری زاویه مفصل شانه برای عصب اولنار

جدول ۱. مشخصات و اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان

مشخصات	میانگین ± انحراف از معیار
سن (سال)	۲۶/۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۴/۴
	۲۳±۶/۷
	۲۲/۳± ۵

توانبخشی

جدول ۲. آمار توصیفی

آمار توصیفی	اندازه‌گیری (درجه)	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN
میانگین	۸	۸	۸	۱۲	۱۰	۱۱	۱۱	۱۰	۱۱	۱۲
دامنه	۲۸	۱۵	۱۴	۴۳	۵۳	۲۹	۲۹	۲۶	۳۰	۳۰

آمار توصیفی	اندازه‌گیری (درجه)	R1E2UN	R2E2UN	R3E2UN	R1E1UN	R2E1UN	R3E1UN	R1E2UN	R2E2UN	R3E2UN
میانگین	۹	۸	۸	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۱	۱۰	۱۱
دامنه	۱۶	۱۵	۱۴	۲۵	۲۷	۲۷	۲۷	۲۹	۲۹	۳۱

توانبخشی

درصد تکرارپذیری متوسط^{۲۰}، بین ۰/۷ درصد تا ۰/۸۹ درصد تکرارپذیری خوب^{۳۱} و بیشتر از ۰/۹ درصد تکرارپذیری عالی^{۳۲} در نظر گرفته شد.

نتایج نشان داد در بررسی هر سه عصب، تکرارپذیری متوسط تا عالی درون‌آزمونگر وجود دارد. باین حال عصب میانه تکرارپذیری بالاتری نسبت به ۲ اعصاب دیگر دارد. در بررسی تکرارپذیری بین ۲ آزمونگر در ۱ جلسه، بالاترین تکرارپذیری به ترتیب برای عصب میانه، سپس اولنار و رادیال به دست آمد. بررسی تکرارپذیری بین ۲ آزمونگر در ۲ جلسه این امکان را می‌دهد تا اثرات تغییر وضعیت شرکت‌کنندگان و شیوه اجرای آزمون‌های نورودینامیک بر نتایج بررسی شود. همانند یافته‌های لئونو و همکاران، در مطالعه حاضر میزان تکرارپذیری آزمون نورودینامیک عصب میانه بین ۲ جلسه نسبت به یک جلسه افزایش یافت [۲۴]. بهبودی اندک در میزان تکرارپذیری را می‌توان به هماهنگی و همکاری بهتر بین آزمونگر و شرکت‌کننده حین اجرای آزمون نورودینامیک نسبت داد.

براساس یافته‌های این مطالعه، میزان تکرارپذیری آزمون نورودینامیک عصب مدین از اعصاب رادیال و اولنار بیشتر بود، این یافته منطبق بر نتایج مطالعات گذشته است که نشان دادند در بین آزمون‌های نورودینامیک اندام فوقانی، عصب میانه بالاترین تکرارپذیری را دارد [۸، ۴۰، ۴۱] که ممکن است به

و برای عصب اولنار (P: ۰/۶۲۶، ۰/۷۷ - ۰/۲، CI: ۰/۹۵ درصد) ۰/۵۵ درصد به ترتیب با خطای استاندارد اندازه ۳/۴۴، ۳/۱۰ و ۶/۱۰ و ۲/۷۵ بود. میزان تکرارپذیری بین ۲ آزمونگر در ۲ جلسه، برای عصب مدین (P: ۰/۹۳۳، ۰/۹۸ - ۰/۹۳، CI: ۰/۹۵ درصد) ۰/۹۷ درصد، برای عصب رادیال (P: ۰/۶۸۳، ۰/۸۵ - ۰/۴۱، CI: ۰/۹۵ درصد) ۰/۶۹ درصد و برای عصب اولنار (P: ۰/۴۱۲، ۰/۷۵ - ۰/۱۵، CI: ۰/۹۵ درصد) ۰/۵۱ درصد، به ترتیب با خطای استاندارد اندازه‌گیری ۱/۴۳، ۵/۰۶ و ۲/۸۰ محاسبه شد. با استفاده از آزمون تی تست دو جمله‌ای مستقل مشخص شد که بین میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده بین ۲ آزمونگر برای اعصاب میانه، رادیال و اولنار از نظر آماری تفاوت معناداری وجود ندارد (P > ۰/۰۵).

بحث

در ارزیابی‌های انجام شده ۲ آزمونگر، اختلاف معناداری بین میانگین اندازه‌گیری‌های زاویه اکستنشن مفصل آرنج و ابداکشن مفصل شانه در ۱ جلسه و بین ۲ جلسه یافت نشد (P > ۰/۰۵). تکرارپذیری آزمون‌های نورودینامیک اعصاب مدین، رادیال و اولنار، در ۱ جلسه و بین ۲ جلسه به صورت درون‌آزمونگر و بین ۲ آزمونگر بررسی شد. به منظور تفسیر ضریب همبستگی درون‌رده‌ای در این مطالعه از معیارهای کاپیتیز و همکاران استفاده شده است [۲۱]. ضریب همبستگی درون‌رده‌ای کمتر از ۰/۴ درصد تکرارپذیری پایین^{۲۹}، بین ۰/۴ درصد تا ۰/۶۹

30. Fair
31. Good
32. Excellent

29. Poor

آزمون عصب مدین از اعصاب دیگر کمتر بود که نشان می‌دهد آزمون نوروداینامیک عصب میانه پایدارتر است. تا آنجا که ما اطلاع داریم خطای استاندارد اندازه‌گیری برای آزمون‌های نوروداینامیک اعصاب رادیال و اولنار در مطالعات گذشته گزارش نشده است، بنابراین مقایسه تطبیقی نتایج به‌دست‌آمده با مطالعات دیگران مقدور نیست.

همانند یافته‌های لئونی و همکاران، نتایج این مطالعه نشان داد که لحظه وقوع درد و درد زیربیشینه تکرارپذیری خوبی دارند، اما دامنه بین آن‌ها از تکرارپذیری بالاتری برخوردار است [۲۴]. علاوه بر این میزان خطای استاندارد اندازه‌گیری برای این دو نقطه از دامنه بین آن‌ها بیشتر است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد میزان تکرارپذیری و خطای استاندارد اندازه‌گیری برای آزمون‌های نوروداینامیک اعصاب میانه، رادیال و اولنار قابل قبول هستند. بنابراین می‌توانیم از آزمون‌های نوروداینامیک، با اطمینان از تکرارپذیری روش اندازه‌گیری مذکور، جهت ارزیابی اولیه و نیز بررسی اثرات درمان در بیماران مشکوک به اختلالات عصبی استفاده کنیم.

به دلیل شرایط پاندمی کووید-۱۹ تعدادی از نمونه‌ها از مطالعه خارج شدند و مدت‌زمان نمونه‌گیری، طولانی‌تر از حد معمول شد. از دیگر محدودیت‌های این مطالعه کم بودن و ثابت در نظر گرفتن زمان استراحت بین تکرار آزمون‌ها بود. با توجه به تأثیر احتمالی تکرار آزمون و ایجاد اثر درمانی بر نتایج تکرارهای بعدی، پیشنهاد می‌شود که زمان استراحت افزایش یابد.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، حجم نمونه بیشتر شود و افراد با علامت مثلاً بیماران مبتلا به سندرم‌های درد عضلانی‌اسکلتی تحت ارزیابی‌های نوروداینامیک قرار گیرند تا نقش و سهم اختلالات عصبی در ایجاد علائم، در این بیماران روشن شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

طرح پژوهشی حاضر را معاونت پژوهشی و کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی بابل با کد IR.MUBABOL.REC.1400.063 تأیید کرده است. شرکت‌کنندگان اجازه داشتند در صورت تمایل در هر زمان از پژوهش خارج شوند. همچنین همگی آن‌ها در جریان روند پژوهش بودند و اطلاعاتشان به‌صورت محرمانه نگه داشته شد.

علت اختصاصی‌تر بودن و نیز اجرا و کنترل راحت‌تر توالی این آزمون نسبت به آزمون اعصاب رادیال و اولنار باشد [۸]. در واقع توالی آزمون نوروداینامیک عصب میانه به گونه‌ای است که بیشتر به فعالیت‌های اندام فوقانی افراد در فعالیت‌های روزمره شباهت دارد و شرکت‌کنندگان آشنایی بیشتری با این توالی حرکات دارند. همچنین تراپیست‌ها اغلب از این آزمون در ارزیابی و درمان استفاده می‌کنند و مهارت بیشتری در اجرای آن دارند.

پایین‌تر بودن میزان تکرارپذیری اعصاب رادیال و اولنار بین دو آزمونگر ممکن است به دلیل عدم آشنایی کامل شرکت‌کنندگان به توالی آزمون اعصاب رادیال و اولنار باشد. همچنین می‌تواند به دلیل کاربرد کمتر توالی این آزمون‌ها در فعالیت‌های روزمره در مقایسه با عصب میانه و یا دشوارتر بودن کنترل توالی این آزمون‌ها (مثلاً ناشی از تفاوت در میزان نیروی دپرسیون اعمال‌شده بر کمر بند شانه‌ای توسط آزمونگرها) باشد. این عوامل باعث می‌شوند تا میزان تغییرات ذاتی اعصاب رادیال و اولنار در مقایسه با عصب میانه بیشتر باشد. همچنین اگر در آزمون عصب اولنار در مرحله فلکشن مفصل آرنج، کمر بند شانه‌ای به پروتر کشن برود می‌تواند روی نتیجه آزمون تأثیر بگذارد. تکرارپذیری آزمون اعصاب رادیال و اولنار احتمالاً با تجربه و مهارت بالینی آزمونگرها ارتباط دارد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که میزان تکرارپذیری برای آزمونگرهای متبحر کمی بالاتر است [۳۴، ۱۵]. اندازه‌گیری زاویه ابداکشن مفصل شانه عامل دیگری است که می‌تواند در پایین بودن میزان تکرارپذیری آزمون عصب اولنار نقش داشته باشد، زیرا قرار دادن و ثابت نگه داشتن گونیامتر بر روی مفصل شانه در طول ارزیابی از مفصل آرنج قدری دشوارتر است. باین‌حال میزان تکرارپذیری عصب اولنار بین ۲ آزمونگر متوسط بود. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد، همانند نتایج مطالعه پیتاک و رایش [۳۴، ۴۲]، در بررسی تکرارپذیری اعصاب اندام فوقانی، اندازه‌گیری زاویه اکستنشن مفصل آرنج و ابداکشن مفصل شانه از تکرارپذیری متوسط تا عالی برخوردار هستند.

از خطای استاندارد اندازه‌گیری معمولاً برای محاسبه خطای وابسته به اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده می‌کنند [۴۳-۴۵]. به عبارت دیگر اندازه‌گیری دامنه‌ای با استفاده از خطای استاندارد تعیین می‌شود و انتظار می‌رود نمره واقعی افراد با در نظر گرفتن میزان خطای همراه با اندازه‌گیری‌های مکرر در آن مشخص شود [۴۶]. هرچه میزان خطای معیار اندازه‌گیری کوچک‌تر باشد تکرارپذیری مطلق بالاتر است و اندازه‌گیری نیز پایدارتر خواهد بود [۴۵].

میزان خطای استاندارد اندازه‌گیری درون آزمونگر برای عصب میانه ۲ و ۲/۸۵ درجه محاسبه شد که منطبق با نتایج مطالعه طالبی و کاپیترز است [۲۶، ۲۱]. برخلاف یافته‌های کاپیترز و همکاران، در مطالعه حاضر میزان خطای استاندارد اندازه‌گیری بین ۲ آزمونگر برای عصب میانه در ۱ جلسه بیشتر از ۲ جلسه محاسبه شد [۲۱]. میزان خطای استاندارد اندازه‌گیری برای

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی‌ارشد نویسنده اول، در گروه فیزیوتراپی، دانشکده توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی بابل است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی: میلاد طاهری، قدمعلی طالبی و محمد تقی‌پور؛ روش‌شناسی و اعتبارسنجی: میلاد طاهری، قدمعلی طالبی، محمد تقی‌پور و مسعود بهرامی؛ تحلیل و تحقیق و بررسی: میلاد طاهری، قدمعلی طالبی، محمد تقی‌پور، مسعود بهرامی، همت قلی‌نیا؛ نگارش پیش‌نویس: میلاد طاهری؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: قدمعلی طالبی، محمد تقی‌پور؛ تأمین مالی: معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بابل

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان در پژوهش، پرسنل بخش فیزیوتراپی بیمارستان شهید بهشتی بابل و فیزیوتراپیست، مهدی حسین‌پور که در اجرای این مطالعه همکاری کردند تقدیر و تشکر می‌کنیم. همچنین از مساعدت و پشتیبانی همه‌جانبه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بابل کمال تشکر را داریم.

References

- [1] Shacklock M. Neurodynamics. Physiotherapy. 1995; 81(1):9-16. [DOI:10.1016/S0031-9406(05)67024-1]
- [2] Ekstrom RA, Holden K. Examination of and intervention for a patient with chronic lateral elbow pain with signs of nerve entrapment. *Physical Therapy*. 2002; 82(11):1077-86. [DOI:10.1093/ptj/82.11.1077] [PMID]
- [3] George SZ. Characteristics of patients with lower extremity symptoms treated with slump stretching: A case series. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2002; 32(8):391-8. [DOI:10.2519/jospt.2002.32.8.391] [PMID]
- [4] Elvey RL. Treatment of arm pain associated with abnormal brachial plexus tension. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1986; 32(4):225-30. [DOI:10.1016/S0004-9514(14)60655-3]
- [5] Butler DS. Mobilisation of the nervous system. London: Churchill Livingstone; 1991. [Link]
- [6] Walsh MT. Upper limb neural tension testing and mobilization. Fact, fiction, and a practical approach. *Journal of Hand Therapy*. 2005; 18(2):241-58. [DOI:10.1197/j.jht.2005.02.010] [PMID]
- [7] Butler D, Gifford L. The concept of adverse mechanical tension in the nervous system part 2: Examination and treatment. *Physiotherapy*. 1989; 75(11):629-36. [DOI:10.1016/S0031-9406(10)62375-9]
- [8] Kleinrensink GJ, Stoeckart R, Mulder PG, Hoek GV, Broek TH, Vleeming A, et al. Upper limb tension tests as tools in the diagnosis of nerve and plexus lesions: Anatomical and biomechanical aspects. *Clinical Biomechanics*. 2000; 15(1):9-14. [DOI:10.1016/S0268-0033(99)00042-X]
- [9] Butler DS. The sensitive nervous system. Adelaide: Noigroup Publications; 2000. [Link]
- [10] Greening J, Dille A, Lynn B. In vivo study of nerve movement and mechanosensitivity of the median nerve in whiplash and non-specific arm pain patients. *Pain*. 2005; 115(3):248-53. [DOI:10.1016/j.pain.2005.02.023] [PMID]
- [11] Schmid AB, Brunner F, Luomajoki H, Held U, Bachmann LM, Künzer S, et al. Reliability of clinical tests to evaluate nerve function and mechano sensitivity of the upper limb peripheral nervous system. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2009; 10:11. [DOI:10.1186/1471-2474-10-11] [PMID] [PMCID]
- [12] Coppiters MW, Alshami AM, Hodges PW. An experimental pain model to investigate the specificity of the neurodynamic test for the median nerve in the differential diagnosis of hand symptoms. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006; 87(10):1412-7. [DOI:10.1016/j.apmr.2006.06.012] [PMID]
- [13] Vicenzino B, Collins D, Wright A. The initial effects of a cervical spine manipulative physiotherapy treatment on the pain and dysfunction of lateral epicondylalgia. *Pain*. 1996; 68(1):69-74. [DOI:10.1016/S0304-3959(96)03221-6]
- [14] Coppiters MW, Stappaerts KH, Everaert DG, Staes FF. Addition of test components during neurodynamic testing: Effect on range of motion and sensory responses. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2001; 31(5):226-35; discussion 236-7. [DOI:10.2519/jospt.2001.31.5.226] [PMID]
- [15] Vanti C, Conteddu L, Guccione A, Morsillo F, Parazza S, Viti C, et al. The upper limb neurodynamic test 1: Intra- and intertester reliability and the effect of several repetitions on pain and resistance. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*. 2010; 33(4):292-9. [DOI:10.1016/j.jmpt.2010.03.003] [PMID]
- [16] Oliver GS, Rushton A. A study to explore the reliability and precision of intra and inter-rater measures of ULNT1 on an asymptomatic population. *Manual Therapy*. 2011; 16(2):203-6. [DOI:10.1016/j.math.2010.05.009] [PMID]
- [17] Gifford LS, Butler DS. The integration of pain sciences into clinical practice. *Journal of Hand Therapy*. 1997; 10(2):86-95. [DOI:10.1016/S0894-1130(97)80063-4]
- [18] Baron R. Peripheral neuropathic pain: From mechanisms to symptoms. *The Clinical Journal of Pain*. 2000. 16(2 Suppl):S12-20. [DOI:10.1097/00002508-200006001-00004] [PMID]
- [19] Nee RJ, Jull GA, Vicenzino B, Coppiters MW. The validity of upper-limb neurodynamic tests for detecting peripheral neuropathic pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012; 42(5):413-24. [DOI:10.2519/jospt.2012.3988] [PMID]
- [20] Elvey RL. Physical evaluation of the peripheral nervous system in disorders of pain and dysfunction. *Journal of Hand Therapy*. 1997; 10(2):122-9. [DOI:10.1016/S0894-1130(97)80066-X]
- [21] Coppiters M, Stappaerts K, Janssens K, Jull G. Reliability of detecting 'onset of pain' and 'submaximal pain' during neural provocation testing of the upper quadrant. *Physiotherapy Research International*. 2002; 7(3):146-56. [DOI:10.1002/pri.251] [PMID]
- [22] van der Heide B, Allison GT, Zusman M. Pain and muscular responses to a neural tissue provocation test in the upper limb. *Manual Therapy*. 2001; 6(3):154-62. [DOI:10.1054/math.2001.0406] [PMID]
- [23] Hines T, Noakes R, Manners B. The upper limb tension test: Inter-tester reliability for assessing the onset of passive resistance R 1. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. 1993; 1(3):95-8. [DOI:10.1179/jmt.1993.1.3.95]
- [24] Leoni D, Storer D, Gatti R, Egloff M, Barbero M. Upper limb neurodynamic test 1 on healthy individuals: Intra- and intersession reliability of the angle between pain onset and submaximal pain. *Pain Research and Management*. 2016; 2016:9607262. [DOI:10.1155/2016/9607262] [PMID] [PMCID]
- [25] Matocha MA, Baker RT, Nasypany AM, Seegmiller JG. Effects of neuromobilization on tendinopathy: Part II. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 2015; 20(2):41-7. [DOI:10.1123/ijatt.2014-0097]
- [26] Talebi GA, Oskouei AE, Shakori SK. Reliability of upper limb tension test 1 in normal subjects and patients with carpal tunnel syndrome. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2012; 25(3):209-14. [DOI:10.3233/BMR-2012-0330] [PMID]
- [27] Riley SP, Grimes JK, Calandra K, Foster K, Peet M, Walsh MT. Agreement and reliability of median neurodynamic test 1 and resting scapular position. *Journal of Chiropractic Medicine*. 2020; 19(4):203-12. [DOI:10.1016/j.jcm.2020.09.002] [PMID] [PMCID]

- [28] Martínez MD, Cubas CL, Gírbés EL. Ulnar nerve neurodynamic test: Study of the normal sensory response in asymptomatic individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2014; 44(6):450-6. [DOI:10.2519/jospt.2014.5207] [PMID]
- [29] Petersen SM, Covill LG. Reliability of the radial and ulnar nerve biased upper extremity neural tissue provocation tests. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2010; 26(7):476-82. [DOI:10.3109/09593981003607629] [PMID]
- [30] Petersen CM, Zimmermann CL, Hall KD, Przechera SJ, Julian JV, Coderre NN. Upper limb neurodynamic test of the radial nerve: A study of responses in symptomatic and asymptomatic subjects. *Journal of Hand Therapy*. 2009; 22(4):344-53; Quiz 354. [DOI: 10.1016/j.jht.2009.05.001] [PMID]
- [31] Lohman Bonfiglio CM, Gilbert KK, Brismée JM, Sobczak S, Hixson KM, James CR, et al. Upper limb neurodynamic testing with radial and ulnar nerve biases: An analysis of cervical spinal nerve mechanics. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2021; 52:102320. [DOI:10.1016/j.msksp.2021.102320] [PMID]
- [32] Koulidís K, Veremis Y, Anderson C, Heneghan NR. Diagnostic accuracy of upper limb neurodynamic tests for the assessment of peripheral neuropathic pain: A systematic review. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2019; 40:21-33. [DOI:10.1016/j.msksp.2019.01.001] [PMID]
- [33] Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. Philadelphia: Fa Davis; 2017. [Link]
- [34] Pithak R, Puntumetakul R, Buranruk O, Konharn K, Chalermman R, Saiklang P. Intratester and intertester reliability of measuring the upper limb neurodynamic test 1 in asymptomatic subjects. Paper presented at: MFUIC & KTCM 2016. 23-25 November 2016; Chiang Ray: Thailand. [Link]
- [35] Shacklock M. *Clinical neurodynamics: A new system of neuromusculoskeletal treatment*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2005. [Link]
- [36] Riley SP, Grimes JK, Ullucci PA, Boyle E, Kuruc B, Naef T. Reliability of elbow extension, sensory response, and structural differentiation of upper limb tension test A in a healthy, asymptomatic population. *Physiotherapy Practice and Research*. 2019; 40(2):95-104. [DOI:10.3233/PPR-190130]
- [37] Covill LG, Petersen SM. Upper extremity neurodynamic tests: Range of motion asymmetry may not indicate impairment. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2012; 28(7):535-41. [DOI:10.3109/09593985.2011.641198] [PMID]
- [38] Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*. 1979; 86(2):420-8. [DOI:10.1037/0033-2909.86.2.420] [PMID]
- [39] MJ Safrit, Wood TM. *Measurement concepts in physical education and exercise science*. Champaign: Human Kinetics Books; 1989. [Link]
- [40] Kleinrensink GJ, Stoeckart R, Vleeming A, Snijders CJ, Mulder PG. Mechanical tension in the median nerve. The effects of joint positions. *Clinical Biomechanics*. 1995; 10(5):240-4. [DOI:10.1016/0268-0033(95)99801-8]
- [41] Wright TW, Glowczewskie F, Wheeler D, Miller G, Cowin D. Excursion and strain of the median nerve. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1996; 78(12):1897-903. [DOI:10.2106/00004623-199612000-00013] [PMID]
- [42] Reisch R, Williams K, Nee RJ, Rutt RA. ULNT2—median nerve bias: Examiner reliability and sensory responses in asymptomatic subjects. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. 2005; 13(1):44-55. [DOI:10.1179/106698105790835804]
- [43] Pullos J. *The upper limb tension test*. Brisbane: University of Queensland; 1985.
- [44] Domholdt E. *Rehabilitation research principles and applications*. Philadelphia: Saunders; 2000. [Link]
- [45] Mathur S, Eng JJ, MacIntyre DL. Reliability of surface EMG during sustained contractions of the quadriceps. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2005; 15(1):102-10. [DOI:10.1016/j.jelekin.2004.06.003] [PMID]
- [46] Ross M. Test-retest reliability of the lateral step-up test in young adult healthy subjects. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1997; 25(2):128-32. [DOI:10.2519/jospt.1997.25.2.128] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank