

ارتباط سونوگرافی و بررسی الکترودیآگنوز در تشخیص و نتایج درمان سندروم کانال مچی

* دکتر شهین نارویی، ** دکتر امیررضا صادقی فر، *** دکتر عالیبا آیت‌اللهی موسوی، * دکتر علیرضا سعید

«دانشگاه علوم پزشکی کرمان»

خلاصه

پیش‌زمینه: تشخیص سندروم کانال مچی با معاینات بالینی و تایید تشخیص با یافته‌های الکترودیآگنوستیک انجام می‌شود. سونوگرافی نیز یک روش غیرتهاجمی برای تشخیص این بیماری می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی ارتباط سونوگرافی و مطالعات الکترودیآگنوز در تشخیص این سندروم بود.

مواد و روش‌ها: در یک مطالعه آینده‌نگر ۷۶ دست کاندید عمل جراحی سندروم کانال مچی ایدیوپاتیک (گروه مطالعه) و ۸۰ دست سالم (گروه شاهد) در یک مرکز درمانی کرمان مقایسه شدند. سطح مقطع عصب با سونوگرافی مدیان تعیین و تست‌های الکترودیآگنوستیک و نمره «داش» (DASH) در گروه مطالعه قبل از عمل و ۶ ماه پس از عمل انجام شد. در گروه شاهد نیز مقطع عصب با سونوگرافی تعیین گردید. ارتباط یافته‌های سونوگرافی با تست‌های الکترودیآگنوز و نمره «داش» در بیماران بررسی و با گروه شاهد مقایسه شدند.

یافته‌ها: بین اندازه عصب مدیان در سونوگرافی در دو گروه ($p=0/001$)؛ و بین نمره «داش» در گروه بیمار قبل از جراحی و آخرین پیگیری ($p=0/001$) تفاوت معنی‌دار وجود داشت. سونوگرافی در تشخیص سندروم کانال مچی ۹۵٪ حساسیت داشت و ۹۳٪ اختصاصی بود. بین یافته‌های سونوگرافی و شدت بیماری در مطالعات الکترودیآگنوستیک همبستگی ضعیف وجود داشت ($p=0/01$ و $r=0/38$). بین سطح مقطع عصب و یا شدت بیماری در مطالعات الکترودیآگنوز با نمره «داش» قبل و بعد از عمل ارتباط معنی‌دار مشاهده نشد ($p \geq 0/05$).

نتیجه‌گیری: سونوگرافی وسیله تشخیصی مناسب در سندروم کانال مچی می‌باشد، ولی بین میزان سطح مقطع عصب و یافته‌های الکترودیآگنوز با نمره عملکرد رابطه وجود ندارد. در این مورد که آیا سونوگرافی می‌تواند جایگزین مطالعات الکترودیآگنوز باشد، تحقیقات بیشتری لازم است.

واژه‌های کلیدی: سندروم کانال مچی، الکترودیآگنوز، اولتراسونوگرافی

دریافت مقاله: ۸ ماه قبل از چاپ؛ مراحل اصلاح و بازنگری: ۲ بار؛ پذیرش مقاله: ۲۵ روز قبل از چاپ

The Role of Sonography Compared with Electrodiagnostic Tests in Diagnosis and Surgical Outcome in Carpal Tunnel Syndrome

*Shahin Narooiyi, MD; **Amirreza Sadeghifar, MD; ***Alia Ayatollahi Moussavi, MD; **Alireza Saied, MD

Abstract

Background: Diagnosis of carpal tunnel syndrome is based on clinical findings and these findings are used to confirm the diagnosis. Sonography is also a noninvasive method for diagnosis of carpal tunnel syndrome. The purpose of this study was to investigate the role of sonography and electrodiagnostic studies in diagnosis of this syndrome.

Methods: In a prospective study, 76 hands with diagnosis of carpal tunnel syndrome (study group) were compared with 80 hands (control group) in a training hospital in Kerman-Iran. In both groups the diameter of median nerve was measured by sonography and electrodiagnostic studies were performed only on the study group. The study group, post surgery, was followed up for 6 months and the DASH preoperative functional scoring was compared with post operative scores.

Results: The difference between the diameters of the median nerve measured by sonography ($p=0.001$); and also the difference between before and after-operation Dash Score in the patient group ($p=0.001$) were statistically significant. Sonography was 95% sensitive and 93% specific for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. A weak correlation was found between the severity of the disease in electrodiagnostic studies and sonography ($p<0.01$, $r=0.38$). No correlation was proved between the sonographic or electrodiagnostic findings and Dash score before and after the operation ($p \geq 0.05$).

Conclusion: sonography might be a suitable module for the diagnosis of carpal tunnel syndrome, but there were no correlation between its findings or electrodiagnostic findings and functional scores. Whether or not sonography could be substitute for electrodiagnostic tests, will need further investigation.

Keywords: Carpal tunnel syndrome; Electrodiagnosis; Ultrasonography

Received: 8 months before printing ; Accepted: 25 days before printing

*Radiologist, Department of Radiology and Diagnostic Imaging, Medical Informatics Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN.

**Orthopaedic Surgeon, Neuroscience Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN.

***General Practitioner, Students' Research Committee, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN.

Corresponding author: Alireza Saied, MD

Dr. Bahonar Hospital, Neuroscience Research Center, Tahmasseb-abad Four way, Kerman, Iran.

E-mail: arsaied@kmu.ac.ir

مقدمه

سندروم کانال مچی^۱ (تاندل کارپ) اصطلاحی است که برای توصیف گروهی از علائم در همراهی با فشرده شدن عصب مدیان در مچ دست بکار می‌رود و شایع‌ترین محل شناخته شده کمپرسیون عصبی در اندام فوقانی است^(۱). پنج درصد جمعیت دچار این عارضه می‌شوند و شیوع آن در زنان تقریباً ده برابر مردان است. علائم این بیماری عبارتند از احساس درد و گزگز در مسیر عصب مدیان (سه و نیم انگشت خارجی) و یا کل دست که به‌خصوص در شب شدت آن بیشتر می‌شود. تشخیص سندروم کانال مچی عمدتاً به‌صورت معاینه بالینی و با انجام تست‌های تینل، فانیل یا فشار بر روی عصب^۲ انجام می‌گیرد^(۲)، ولی برای تأیید تشخیص از یافته‌های الکترودیآگنوستیک استفاده می‌شود^(۳). اگرچه این مطالعات بسیار اختصاصی هستند^(۴) ولی در بعضی از آنها به ۱۰ تا ۲۰٪ مثبت و منفی کاذب هم اشاره شده است^(۵،۶،۷). انجام این تست‌ها نیاز به تجربه زیاد آزمون‌گر دارد، زمان زیادی را صرف می‌کنند و برای بیمار دردناک هستند. از طرف دیگر در سال‌های اخیر به سونوگرافی به‌عنوان یک روش غیرتهاجمی برای تشخیص سندروم کانال مچی توجه بسیار زیادی شده است^(۸،۹). هدف از مطالعه فعلی بررسی ارزش سونوگرافی در تشخیص سندروم کانال مچی و تعیین پیش‌آگهی پاسخ به درمان جراحی این بیماری در مقایسه با مطالعات الکترودیآگنوستیک بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت آینده‌نگر در بیمارستان شهید دکتر باهنر کرمان انجام شد. ابتدا طرح اولیه تصویب و مجوز اجرا از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمان دریافت گردید. ۸۰ دست مبتلا به سندروم کانال مچی (۶۰ بیمار) که کاندید عمل جراحی بودند در گروه مطالعه و ۸۰ دست از افراد داوطلب فاقد هرگونه علائم بالینی در گروه شاهد قرار گرفتند. نمونه‌های سالم از نظر سن، جنس و وزن با گروه بیمار هم‌تا شدند.

شرایط ورود به بررسی برای گروه مطالعه عبارت بودند از: سن بالای ۱۸ سال، رضایت کتبی برای شرکت در مطالعه، عمل جراحی یک‌طرفه، انجام تست‌های سونوگرافی و الکترودیآگنوز قبل از عمل و نیاز به عمل جراحی برای سندروم کانال مچی ایدیوپاتیک. تشخیص سندروم کانال مچی و تصمیم‌گیری برای عمل جراحی تنها براساس علائم بالینی انجام شد و در مواردی که بیمار تصمیم به عمل جراحی گرفت، تست‌های الکترودیآگنوز و سونوگرافی انجام و صرف‌نظر از نتیجه آنها عمل جراحی انجام شد؛ مگر آن‌که براساس جواب مطالعات الکترودیآگنوز و با معاینه مجدد تشخیص تغییر کرد (مانند دنده گردنی واضح، سندروم توراسیک آلت). هدف از این پروتکل این بود که از درست بودن تشخیص سندروم کانال مچی ایدیوپاتیک اطمینان حاصل شود.

برای ارزیابی ناتوانی‌های سیستم عضلانی استخوانی در اندام فوقانی از مقیاس نمره‌دهی «داش»^۳ استفاده شد. نمره «داش» با تکمیل یک پرسشنامه ۳۰ سوالی توسط بیمار به‌دست می‌آید^(۱۰). در گروه مطالعه اطلاعات سن، جنس، نتیجه سونوگرافی و مطالعات الکترودیآگنوستیک و نمره «داش» قبل از عمل و در آخرین پیگیری بیمار (حداقل شش ماه بعد از عمل) ثبت شد. بین انجام مطالعات الکترودیآگنوز و سونوگرافی و عمل جراحی بیش از یک هفته فاصله نبود. در سونوگرافی، سطح مقطع عصب مدیان بلافاصله قبل از ورود به داخل رتیناکولوم خم‌کننده اندازه‌گیری شد. براساس مطالعات الکترودیآگنوستیک بیمار در یکی از سه گروه خفیف، متوسط یا شدید قرار گرفت.

سونوگرافیست در تمامی مراحل تحقیق تغییر نکرد و از قرارگیری فرد در گروه مطالعه یا شاهد اطلاع نداشت. فیزیوتراپیست نیز از اجرای طرح بی‌خبر بود. تمامی مطالعات الکترودیآگنوستیک توسط یک فرد انجام شد.

به‌منظور بررسی پایایی بین و درون مشاهده‌گر(ان)، ۱۶ مچ دست افراد داوطلب خارج از مطالعه، توسط دو سونوگرافیست خارج از مطالعه در دو مرحله سونوگرافی شدند و با مقایسه

1. Carpal tunnel syndrome

2. Tinnel, phanel and nerve compression tests

3. Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH Score)

(۰/۹۰ تا ۰/۹۹ ارتباط قوی، ۰/۸۰ تا ۰/۸۹ ارتباط خوب، ۰/۷۰ تا ۰/۷۹ ارتباط متوسط و زیر ۰/۶۹ ارتباط ضعیف).

بین سطح مقطع عصب و نمره «دش» قبل و بعد از عمل ارتباط معنی داری وجود نداشت ($r_{\text{preDASH,nerve}}=0/152$) ، $r_{\text{postDASH,nerve}}=0/44$ ، $p \geq 0/05$. بین سطح مقطع عصب در سونوگرافی و شدت بیماری در الکترودیگنوز ارتباط معنی دار مستقیم و ضعیف ($r=0/38$ ، $p=0/001$) ، و بین نمره «دش» قبل و بعد از عمل ارتباط معنی دار معکوس و ضعیف وجود داشت ($r=0/228$ ، $p=0/047$).

تمامی بیماران اظهار داشتند که برای انجام مطالعات الکترو دیگنوستیک، درجات متفاوتی از «درد» را متحمل شدند و ۳۰٪ آنان تا چند روز بعد دردشان ادامه یافت. هیچ بیماری از سونوگرافی شکایت نداشت. هزینه انجام مطالعات الکترو دیگنوستیک بدون احتساب بیمه ۴ برابر سونوگرافی بود. میانگین زمان سونوگرافی تقریباً نصف انجام مطالعات الکترو دیگنوستیک گزارش شد.

بین میزان سطح مقطع عصب در گروه مطالعه و شاهد ارتباط معنی دار وجود داشت ($p=0/0001$) . بین سطح مقطع عصب سمت چپ و راست در گروه شاهد ارتباط معنی داری مشاهده نشد ($p \geq 0/05$) . بین میانگین نمرات «دش» قبل و بعد از عمل ارتباط معنی دار بود ($p=0/001$).

میزان حساسیت و اختصاصی بودن سطح مقطع عصب در سونوگرافی به عنوان معیارهای تشخیص سندروم کانال مچی در نظر گرفته شد (جدول ۱).

جدول ۱. معیارهای تشخیصی سندروم کانال مچی با استفاده از مقادیر سطح مقطع عصب در سونوگرافی

نمره برش (میلی متر)	حساسیت (%)	اختصاصی بودن (%)	نسبت درست‌نمایی مثبت
۶/۵	۱۰۰	۳۲/۵	۱/۴۸
۷/۵	۹۷/۴	۷۲/۵	۳/۵۴
۸/۵	۹۴/۷	۹۲/۵	۱۲/۶
۹/۵	۹۲/۱	۱۰۰	غیرقابل اجرا

نتایج دو بار اندازه‌گیری تکرار شده^۱، پایایی بین و درون اندازه‌گیرها محاسبه گردید. مطالعات الکترودیگنوستیک تنها در گروه مطالعه و فقط یکبار انجام شد. جهت پی‌بردن به ارزش تشخیصی سونوگرافی حساسیت، ویژگی و نسبت درست‌نمایی مثبت محاسبه گردید. تشخیص بالینی و پاسخ به درمان به عنوان معیار طلایی جهت ارزیابی سونوگرافی بود. سطح زیر منحنی^۲ که میزان دقت آزمون شونده را نشان می‌دهد نیز محاسبه گردید.

یافته‌ها

در مجموع ۷۶ «دست» دچار سندروم کانال مچی بودند. میانگین زمان پیگیری $14 \pm 4/65$ ماه (۱۵-۶ ماه) بود و سونوگرافی کنترل بر روی ۸۰ دست انجام شد. در گروه مطالعه ۶۸ دست زن و ۱۲ مرد؛ و در گروه شاهد ۷۰ دست زن و ۱۰ مرد وجود داشت. میانگین سنی گروه مطالعه $48/11 \pm 12/31$ و در گروه شاهد $46/55 \pm 10/50$ سال بود. بین دو گروه از نظر سن، جنس، وزن و قد تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت ($p \geq 0/05$).

در سونوگرافی گروه مطالعه میانگین سطح مقطع عصب مدیان $15 \pm 3/67$ میلی‌متر مربع و در گروه کنترل $6/85 \pm 1/19$ بود ($p=0/0001$) . اختلاف نمره «دش» قبل ($125/03 \pm 16/638$) و بعد از عمل جراحی ($48/47 \pm 9/383$) معنی دار بود ($p=0/001$).

با در نظر گرفتن سطح مقطع $8/5$ میلی‌متر به عنوان نقطه برش، سونوگرافی ۹۵٪ برای تشخیص سندروم کانال مچی حساسیت داشت و ۹۳٪ اختصاصی بود. سطح زیر منحنی با دامنه اطمینان^۳ $0/96-1/0$ و احتمال $0/95$ به میزان $0/98$ محاسبه گردید.

همبستگی بین مشاهده‌گر و مشاهده‌گران به ترتیب $0/78$ (دامنه اطمینان $0/85-0/22$ و احتمال $0/95$) و $0/62$ (دامنه اطمینان $0/88-0/49$ و احتمال $0/95$) محاسبه شد. باتوجه به استانداردهای تعریف شده^(۱۱) پایایی متوسط و ضعیف بود

1. Intraclass correlation coefficient (ICC)

2. Area Under the Curve (AUC)

سطح زیر منحنی اجازه می‌دهد متغیرها در یکدیگر ادغام شده و به صورت یک سطح نشان داده شوند و به این ترتیب محاسبات و درک آماری بسیار ساده‌تر می‌گردد.

3. Confidence interval (CI)

بحث

هدف این مطالعه بررسی ارتباط بین یافته‌های سونوگرافی و مطالعات الکترودیآگنوستیک با نمره عملکرد بیمار مبتلا به سندروم کانال مچی بود و یافته‌های این بررسی نشان داد که هیچ ارتباطی بین این دو وجود نداشت. این در حالی بود که سونوگرافی به‌عنوان یک روش غیرتهاجمی ارزان در تشخیص سندروم کانال مچی خود را بسیار مفید نشان داد.

مفید و قابل اعتماد بودن سونوگرافی در تشخیص سندروم کانال مچی با یافته بسیاری از مولفین همسو است^(۸،۹،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶) در عین حال نکته جالب عدم توافق مطالعات انجام شده در مورد میزان طبیعی سطح مقطع عصب در سونوگرافی است و به عبارتی از چه سطح مقطعی به بالا سندروم تانل کارپ تعریف می‌شود؟ مطالعات قبلی به اعداد ۹ تا ۱۲ میلی‌متر (۱۷ تا ۲۰) و حتی ۱۵ میلی‌متر^(۱۷) رسیده‌اند و به این ترتیب عدد ۸/۵ در مطالعه فعلی به یافته بعضی مطالعات نزدیک است.

در این مطالعه عدد سطح زیر منحنی ۰/۹۸ محاسبه شد. این یافته با نتایج بسیاری از مطالعات^(۸،۹،۱۴،۱۵،۱۸) همسو می‌باشد و ارزش تشخیصی عالی برای سونوگرافی می‌باشد (سطح زیر منحنی بین ۰/۹ تا ۱ ارزش تشخیصی عالی، بین ۰/۸ تا ۰/۹ خوب، بین ۰/۷ تا ۰/۸ بد و زیر آن بی‌ارزش).

در این مطالعه برای به‌دست‌آمدن پایایی پایین بین مشاهده‌گر و مشاهده‌گران در اندازه‌گیری عصب مدیان با سونوگرافی توجیه خاصی یافت نشد. این یافته با نتایج سه مطالعه دیگر در تضاد است که دو بررسی به این موضوع پرداخته^(۱۹،۲۰) و دیگری به آن اشاره کرده است^(۲۱). تمامی این مطالعات به توافق بالای درون و بین مشاهده‌گران اشاره کردند. شاید حجم نمونه کم در این بررسی، تجربه سونوگرافیست‌ها و تفاوت بین دستگاه‌های سونوگرافی توجیه‌کننده این اختلاف باشد و شاید نیاز باشد یک مطالعه وسیع با حجم نمونه بیشتر انجام شود. از طرف دیگر وجود پایایی متوسط در مشاهده‌گر و پایایی ضعیف در مشاهده‌گران باعث می‌شود که ارزش تست سونوگرافی در این مطالعه پایین و ضعیف باشد. این نکته را باید در نظر گرفت که

در هیچ موردی تفاوت بین اعداد اندازه‌گیری شده در حدی نبود که باعث انتقال فرد از گروه شاهد به گروه مطالعه گردد.

در بررسی حاضر بین یافته‌های سونوگرافی و مطالعات الکترودیآگنوز ارتباط مستقیم ضعیف وجود داشت. در مطالعات دیگر هم به این ارتباط پرداخته شده است. «محمدی» و همکاران در یک بررسی به این نتیجه رسیدند بین این دو متغیر ارتباط وجود نداشت^(۲۲). در مطالعه «مران»^۱ و همکاران که بر روی ۷۲ دست مشکوک به سندروم کانال مچی انجام شد نیز بین یافته‌های سونوگرافی و الکترودیآگنوز ارتباطی یافت نشد^(۲۳). در حالی که «کارداج»^۲ و همکاران در یک بررسی بر روی ۹۹ مچ دست به ارتباط بسیار قوی دست یافتند^(۲۴). به نظر می‌رسد یک مطالعه بزرگ‌تر و با حجم نمونه بالاتر بتواند این مسئله را روشن سازد.

در مطالعه «کادزیلسکی»^۳ و همکاران ارتباط یافته‌های سونوگرافی و الکترودیآگنوز با عملکرد بیمار بعد از عمل جراحی آزادسازی کانال مچی بررسی شد. در این مطالعه نمره «دش» ۶ ماه پس از عمل جراحی به‌طور میانگین ۲۲ واحد کاهش و بهبودی معنی‌دار نشان داد^(۲۵). یافته‌های مطالعه حاضر نیز چنین بود. ولی در حد اطلاع محققان، بررسی حاضر اولین مطالعه‌ای است که به ارتباط بین یافته‌های الکترودیآگنوز و سونوگرافی با نمره «دش» قبل و بعد از عمل پرداخت. این بررسی نشان داد که شدت بیماری در الکترودیآگنوز یا سطح مقطع عصب در سونوگرافی، بالا بودن نمره «دش» قبل از عمل یا کاهش آن بعد از عمل را پیش‌بینی نمی‌کند. به علاوه بین نمره «دش» قبل و بعد از عمل ارتباط منفی وجود داشت و به‌عبارت دیگر از نظر عملکرد بیمارانی که قبل از عمل نمره بدتری داشتند از عمل سود بیشتری بردند. این یافته با تنها مطالعه‌ای که محققان این بررسی به آن دست یافتند، تفاوت داشت^(۲۵).

همان‌گونه که اشاره شد در بیشتر مطالعات، سونوگرافی به عنوان وسیله مناسبی برای تشخیص سندروم کانال مچی بود، ولی «کوان»^۴ و همکاران دریافتند که سونوگرافی نمی‌تواند جایگزین مطالعات الکترودیآگنوستیک باشد، زیرا اگرچه به همان

1. Moran
2. Karadağ
3. Kadzielski
4. Kwon

مهم‌ترین محدودیت‌های مطالعه فعلی این بود که تنها بیمارانی وارد مطالعه شدند که قصد عمل جراحی داشتند. در واقع به نظر محققان این تنها راهی بود که از وجود سندروم کانال مچی ایدیوپاتیک اطمینان حاصل شد. دیگر آن که سونوگرافی فقط یک بار انجام شد و بعد از عمل انجام نگردید.

نتیجه‌گیری

سونوگرافی می‌تواند یک وسیله تشخیصی خوب در سندروم کانال مچی باشد، ولی سطح مقطع عصب اندازه‌گیری شده در سونوگرافی و یافته‌های الکترودیآگنوز با نمره عملکرد بیمار ارتباط نداشتند. در مورد این که آیا سونوگرافی می‌تواند جایگزین مطالعات الکترودیآگنوستیک باشد، تحقیقات بیشتری لازم است.

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتر مهدی یوسفی دستیار گروه ارتوپدی دانشگاه علوم پزشکی کرمان به شماره ۳۸۲۴ است که نام ایشان با رضایت خود از ردیف نویسندگان حذف شد.

اندازه حساس است ولی اختصاصی نیست^(۲۶). در مطالعه فعلی تست‌های الکترودیآگنوستیک وجود بیماری را در تمامی بیماران تأیید کرد و به عبارتی از یک حساسیت ۱۰۰٪ برخوردار بودند، در حالی که در برخی مطالعات چنین نبوده است. مطالعه «کوان» و همکاران بر روی ۴۱ دست سونوگرافی حساسیت ۶۶٪ و اختصاصی بودن ۶۳٪ را نشان داد^(۲۶). در واقع عقیده ما بر آن است که تشخیص سندروم کانال مچی بایستی براساس یافته‌های بالینی بیمار انجام و با مطالعات الکترودیآگنوز یا سونوگرافی تأیید شود و سونوگرافی به‌تنهایی برای تشخیص این سندروم کافی نیست، به‌خصوص که با مطالعات موجود، قضاوت نهایی در مورد این روش زود است و سونوگرافی توان تفکیک موارد دابل کراش را نیز ندارد. از آنجا که بررسی اختصاصی بودن الکترودیآگنوز در تشخیص این بیماری از اهداف مطالعه حاضر نبود، و تست بر روی افراد گروه شاهد انجام نشد، نمی‌توان در این خصوص اظهارنظر کرد.

References

- 1. Mackinnon SE, Novak CB.** Compression neuropathies. In: Wolf SW, Hotchkiss RN, Pederson WC, (eds). Green's Operative Hand Surgery. 6th ed. Churchill Livingstone; 2010. p 1009.
- 2. Phalen GS.** The carpal-tunnel syndrome. Clinical evaluation of 598 hands. *Clin Orthop Relat Res.* 1972;83:29-40.
- 3. Wright II P.E.** Carpal tunnel, ulnar Tunnel and stenosing tenosynovitis. In: Canale ST, Beaty JH, eds. Campbell's Operative Orthopaedics. 11th ed. Philadelphia: Mosby St Louis; 2008. p 4285-98.
- 4. Nathan PA, Keniston RC, Meadows KD, Lockwood RS.** Predictive value of nerve conduction measurements at the carpal tunnel. *Muscle Nerve.* 1993;16(12):1377-82.
- 5. MacKinnen SE.** Surgery of the Peripheral Nerve. NY: Thieme Medical Publishers; 1988. p 74-9.
- 6. Grundberg AB.** Carpal tunnel decompression in spite of normal electromyography. *J Hand Surg Am.* 1983;8(3):348-9.
- 7. Redmond MD, Rivner MH.** False positive electrodiagnostic tests in carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve.* 1988;11(5):511-8.
- 8. Yesildag A, Kutluhan S, Sengul N, Koyuncuoglu HR, Oyar O, Guler K, Gulsoy UK.** The role of ultrasonographic measurements of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Clin Radiol.* 2004;59(10):910-5.
- 9. Wiesler ER, Chloros GD, Cartwright MS, Smith BP, Rushing J, Walker FO.** The use of diagnostic ultrasound in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am.* 2006;31(5):726-32.
- 10. De Smet L.** The DASH questionnaire and score in the evaluation of hand and wrist disorders. *Acta Orthop Belg.* 2008;74(5):575-81.
- 11. Blesh TE, Fess EE, Moran CA.** Cited by Currier DP in Elements of research in physical therapy. 3rd ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 1990. p 65.
- 12. Buchberger W, Judmaier W, Birbamer G, Lener M, Schmidauer C.** Carpal tunnel syndrome: diagnosis with high-resolution sonography. *AJR Am J Roentgenol.* 1992; 159(4):793-8.
- 13. Duncan I, Sullivan P, Lomas F.** Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *AJR Am J Roentgenol.* 1999;173(3):681-4.
- 14. Sarría L, Cabada T, Cozcolluela R, Martínez-Berganza T, García S.** Carpal tunnel syndrome: usefulness of sonography. *Eur Radiol.* 2000;10(12):1920-5.
- 15. Kamolz LP, Schrögendorfer KF, Rab M, Girsch W, Gruber H, Frey M.** The precision of ultrasound imaging and its relevance for carpal tunnel syndrome. *Surg Radiol Anat.* 2001;23(2):117-21.
- 16. Mondelli M, Filippou G, Gallo A, Frediani B.** Diagnostic utility of ultrasonography versus nerve conduction studies in mild carpal tunnel syndrome. *Arthritis Rheum.* 2008;59(3):357-66.
- 17. Lee D, van Holsbeeck MT, Janevski PK, Ganos DL, Ditmars DM, Darian VB.** Diagnosis of carpal syndrome.

Ultrasound versus electromyography. *Radiol Clin North Am.* 1999;37(4):859-72, x.

18. Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science.* 1988;240(4857):1285-93.

19. Alemán L, Berná JD, Reus M, Martínez F, Doménech-Ratto G, Campos M. Reproducibility of sonographic measurements of the median nerve. *J Ultrasound Med.* 2008;27(2):193-7.

20. Kluge S, Kreuziger J, Hennecke B, Vögelin E. Inter- and intraobserver reliability of predefined diagnostic levels in high-resolution sonography of the carpal tunnel syndrome - a validation study on healthy volunteers. *Ultraschall Med.* 2010;31(1):43-7.

21. El Miedany YM, Aty SA, Ashour S. Ultrasonography versus nerve conduction study in patients with carpal tunnel syndrome: substantive or complementary tests? *Rheumatology (Oxford).* 2004;43(7):887-95.

22. Mohammadi A, Afshar A, Etemadi A, Masoudi S, Baghizadeh A. Diagnostic value of cross-sectional area

of median nerve in grading severity of carpal tunnel syndrome. *Arch Iran Med.* 2010;13(6):516-21.

23. Moran L, Perez M, Esteban A, Bellon J, Arranz B, del Cerro M. Sonographic measurement of cross-sectional area of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: correlation with nerve conduction studies. *J Clin Ultrasound.* 2009;37(3):125-31.

24. Karadağ YS, Karadağ O, Çiçekli E, Oztürk S, Kiraz S, Ozbakir S, Filippucci E, Grassi W. Severity of Carpal tunnel syndrome assessed with high frequency ultrasonography. *Rheumatol Int.* 2010;30(6):761-5.

25. Kadzielski J, Malhotra LR, Zurakowski D, Lee SG, Jupiter JB, Ring D. Evaluation of preoperative expectations and patient satisfaction after carpal tunnel release. *J Hand Surg Am.* 2008;33(10):1783-8.

26. Kwon BC, Jung KI, Baek GH. Comparison of sonography and electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am.* 2008;33(1):65-71.