

## Comparison of the Neck Extensor Muscles Dimensions and Echo Intensities between Patients with Whiplash Injury and Healthy Controls

Asghar RezaSoltani<sup>1\*</sup> , Mazaher Mokhtari<sup>2</sup>

1. Professor of Physical therapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Student Research Committee. MSc Student of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2018.September.01

Revised: 2018 September .18

Accepted: 2018 November .01

### Abstract

**Background and Aims:** Whiplash injury occurs due to acceleration-deceleration in neck following the accidents. Since neck extensor muscles play a crucial role in mobility and stabilization of neck, their injury might significantly affect continuation and progress of complications. The objective of the present study was to investigate the variations of size and echo intensity of neck extensor muscles in patients suffering from whiplash injury and healthy individuals.

**Materials and Methods:** An analytical-sectional study was carried out on 10 healthy persons and 10 patients suffering from whiplash injury whose disease had been confirmed by neurologists and/or orthopedists. Pain severity, neck disability index (NDI) questionnaire score, anterior-posterior diameter, and echo intensities of oblique capitis, posterior rectus capitis, semi-spinalis capitis, splenius capitis, levator scapula, and upper trapezius were measured and recorded.

**Results:** The present study indicated that thicknesses of rectus capitis and oblique capitis muscles in the patients were smaller as compared with those of the healthy individuals ( $p < 0.05$ ). Normalized echo intensity of the rectus capitis muscle was significantly lower in patients compared with the healthy individuals ( $p < 0.05$ ).

**Discussion and Conclusion:** The present study demonstrated that extensor muscles of the upper part of neck in the patients suffering from whiplash injury are narrower in terms of thickness and less severe in terms of echo intensity as compared with those of the healthy individuals. The abovementioned muscular alterations are effectively among the reasons associated with continuation of weakness and reduction in tolerance threshold of neck structures in the patients suffering from whiplash injuries.

**Keywords:** Muscle Dimensions; Echo Intensity; Neck; Whiplash

**Cite this article as:** Asghar RezaSoltani, Mazaher Mokhtari. Comparison of the Neck Extensor Muscles Dimensions and Echo Intensities between Patients with Whiplash Injury and Healthy Controls. *J Rehab Med.* 2019;8(2):221-232

\* **Corresponding Author:** Dr.Asghar RezaSoltani. Professor of Physical therapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
E-mail address: arezasoltani@yahoo.com

**DOI:** 10.22037/jrm.2019.111108.1765

## مقایسه‌ی ضخامت و شدت بازتاب عضلات اکستانسور گردنی بین بیماران دچار آسیب ویپلش و افراد سالم

اصغر رضاسلطانی<sup>۱\*</sup>، مظاهر مختاری<sup>۲</sup>

۱. مرکز تحقیقات فیزیوتراپی، استاد گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
۲. کمیته پژوهشی دانشجویان، دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۸/۱۰ \*

بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۶/۲۷

\* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۵/۱۰

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

آسیب ویپلش در اثر افزایش و کاهش شتاب در گردن به دنبال تصادف، افتادن و یا ضربه اتفاق می‌افتد. از آن جایی که عضلات اکستانسور گردن، نقش مهمی در تحرک و تامین ثبات گردن به عهده دارند، آسیب آن‌ها می‌تواند در تداوم و پیشرفت عوارض تاثیر بسزایی داشته باشد. هدف از مطالعه حاضر مقایسه تغییرات اندازه و شدت بازتاب عضلات اکستانسور گردن در بیماران با آسیب ویپلش و افراد سالم می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

مطالعه تحلیلی-مقطعی حاضر بر روی ۱۰ فرد سالم و ۱۰ بیمار مبتلا به آسیب ویپلش که بیماری آنها توسط متخصص نورولوژی و یا ارتوپدی تایید شده بود، انجام شد. شدت درد، نمره پرسش‌نامه شاخص ناتوانی درد (NDI)، قطر قدامی-خلفی و شدت بازتاب عضلات ابلیک کپیتیس، رکتوس کپیتیس پوسترور، سمی اسپاینالیس کپیتیس، اسپینوس کپیتیس، لویتور اسکپولا و تراپز فوقانی اندازه‌گیری و ثبت شد.

#### یافته‌ها

مطالعه حاضر نشان داد که ضخامت عضلات رکتوس کپیتیس و ابلیک کپی تیس بیماران در مقایسه با افراد سالم کمتر بود ( $p < 0.05$ ). شدت بازتاب نرمال‌یافته عضله رکتوس کپیتیس به طور معناداری در بیماران کمتر از افراد سالم بود ( $p < 0.05$ ).

#### نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عضلات اکستانسور بخش فوقانی گردن بیماران مبتلا به ویپلش از نظر ضخامت باریک‌تر و از نظر شدت بازتاب کمتر از افراد سالم بود. تغییرات عضلانی فوق ممکن است به طور موثری از علل مرتبط با تداوم ضعف و کاهش آستانه تحمل ساختارهای گردنی در بیماران مبتلا به صدمات ویپلش باشد.

#### کلمات کلیدی

ابعاد عضله؛ شدت بازتاب؛ گردن؛ ویپلش

نویسنده مسئول: دکتر اصغر رضاسلطانی، مرکز تحقیقات فیزیوتراپی، استاد گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
آدرس الکترونیکی: arezasoltani@yahoo.com

## مقدمه و اهداف

سالانه ۴ میلیون بزرگسال در آمریکا به دلیل آسیب‌های ناشی از تصادفات وسایل نقلیه نیاز به خدمات بهداشتی درمانی دارند.<sup>[۱]</sup> هزینه غیرمستقیم سالانه این تصادفات از جمله درمان پزشکی، توانبخشی و از بین رفتن توانایی‌های فرد تقریباً ۱۰۰ بیلیون دلار می‌باشد.<sup>[۱]</sup> نیمی از این آسیب‌دیدگان تصادف در یک سال اول بهبودی کامل می‌یابند، حال آنکه نیمی دیگر علائم خفیف اما مداومی را تجربه خواهند کرد.<sup>[۲]</sup> آسیب ویپلش یا بیماری‌های همراه با آسیب ویپلش<sup>۱</sup> از شایع‌ترین عوارض به جای مانده از تصادفات است که شدت مشکلات بالینی آن رابطه مستقیمی با شدت تصادف ندارد.<sup>[۳]</sup> می‌توان این عارضه را به عنوان مجموعه‌ای از علائم گردنی به دنبال تصادفات تعریف نمود. عبارات دیگری نیز برای توصیف این بیماری از قبیل اسپرین/استرین گردنی، آسیب افزایش-کاهش شتاب و بیماری‌های همراه با ویپلش به کار می‌رود.<sup>[۴]</sup> در دهه‌های اخیر شیوع این بیماری رو به افزایش است و برحسب منطقه جغرافیایی بین ۱۶ تا ۲۰ مورد در هر ۱۰۰ هزار نفر می‌باشد.<sup>[۵]</sup> علاوه بر این الگوی تصادفاتی که باعث بیماری می‌شوند رو به تغییر است، در حال حاضر این آسیب بیشتر در تصادفات کوچک انواع وسیله‌ها بیشتر رخ می‌دهد.<sup>[۶]</sup> همچنین افزایش بروز می‌تواند به دلیل افزایش حجم ترافیکی باشد.<sup>[۷]</sup> عوارض این آسیب شامل گردن درد، خشکی و دیسفانکشن گردنی، سردرد، سرگیجه، اختلال بینایی، اختلال در حافظه و تمرکز، اختلال در مفصل فکی گیجگاهی، دیسترس روانی<sup>[۸]</sup>، آرتروز مهره‌های گردن، ضعف، خستگی و آتروفی عضلانی، اختلال خواب، اضطراب، علائم رادیکولار، اختلال در اعصاب کرانیال ساقه مغز<sup>[۹]</sup>، شانه درد و کرختی اندام فوقانی<sup>[۱۰]</sup> می‌باشد. هرچه بیماران درد زودتر و علائم بیشتر و ناتوانی اولیه بیشتری را تجربه کنند، بهبودی آهسته‌تری خواهند داشت.<sup>[۱۱]</sup> WAD باعث بار اقتصادی و اجتماعی بزرگ بر جامعه و بیمار است؛ به طوری که ۵ نفر از هر ۱۰ نفر کاملاً خوب نمی‌شوند.<sup>[۱۲]</sup> بروز گردن درد ۸۴ تا ۹۰ درصد در سال اول و دوم می‌باشد. این میزان پس از ۱۷ سال ۵۵ درصد باقی می‌ماند.<sup>[۱۳]</sup> علائم متوسط تا شدید درد وابسته به ناتوانی در ۲۵٪ افراد باقی می‌ماند. نرخ بازگشت به کار این بیماران در یک سال اول ۳۴٪ و در ۳ سال بعد از بیماری ۴۳ درصد است، این در حالی است که در سایر بیماری‌های عضلانی-اسکلتی میزان بازگشت بین ۵۱ تا ۵۹ درصد می‌باشد.<sup>[۱۴]</sup> با وجود اهمیت این بیماری، پاتوفیزیولوژی ویپلش کاملاً روشن نیست، به طوری که ممکن است ناشی از آسیب‌های مرکب در زمان ضایعه بوده و یا ربطی به منشأ تصادف نداشته باشد و شاید همین مطلب دلیل طیف گسترده عوارض این آسیب باشد. اجزای عضلانی مجموعه سر و گردن نقش کلیدی در تخفیف آسیب در سطوح شتاب مثبت بالا دارد و محل اصلی آسیب در پدیده ویپلش می‌باشد. در مطالعه‌ای با استفاده از یک مدل *Biofidilic Whole Cervical Spine* که مشابه به مهره‌های گردنی و کابل‌هایی مشابه عضلات طراحی شده بود، آسیب عضلانی پس از اعمال نیروی مشابه ویپلش تأیید شد.<sup>[۱۵]</sup> مدارکی دال بر اختلال در عملکرد عضلات گردن در بیماران با اختلالات گردن وجود دارد که از آن جمله آتروفی عضلات عمقی فلکسور و اکستانسور گردن در این بیماران می‌باشد.<sup>[۱۶-۱۷]</sup> در بیماران مبتلا به گردن درد کاهش فعالیت در عضلات عمقی گردن شامل سمی اسپاینالیس سرویسیس و مولتی‌فیدوس با ارزیابی توسط ام‌آر‌آی عملکردی نشان داده شده است.<sup>[۱۸]</sup> کاهش فعالیت سمی اسپاینالیس سرویسیس با الکترومیوگرافی درون عضلانی هم نشان داده شده است.<sup>[۱۹]</sup> علاوه بر تغییرات در ساینز عضله تغییر فیبرها از نوع آهسته به سریع در عضلات فلکسور و اکستانسور (ساب آگسیپیتال، اسپلنیوس کپیتیس، تراپزیوس) در بیماران با گردن درد، بدون ارتباط داشتن به نوع پاتولوژی اتفاق می‌افتد که کاهش فیبرهای تونیک ممکن است به تظاهرات بیوالکتریک خستگی عضلات در بیماران با گردن درد برگردد.<sup>[۲۰]</sup> تغییرات ساختاری ذکرشده در گردن دردها ممکن است در اثر عدم استفاده، دنرواسیون مزمن، تطابق فانکشنال در پاسخ به فعالیت تغییر یافته عضلات دیگر و یا تروما به مفاصل فاست باشد.<sup>[۲۱-۲۳]</sup> بسته به مکانیسم آسیب، تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی عضلات اکستانسور، رفتار متفاوتی را نشان می‌دهند.<sup>[۲۴]</sup> عضلات سطحی اکستانسور گردن افزایش واضح فعالیت را در بیماران گردن درد نشان می‌دهند.<sup>[۲۵-۲۸]</sup> همچنین یک *Delayed Offset* پس از فعالیت در این عضلات در بیماران با گردن درد نشان داده شده است.<sup>[۲۹]</sup> با توجه به اینفیلتراسیون چربی که به طور گسترده در عضلات گردن بیماران ویپلش در سطوح متوسط تا شدید درد ماندگار گزارش شده است<sup>[۳۰]</sup> و مکانیسم آسیب ویپلش همچنین تغییر الگوی فعالیت عضلات گردن در بیماران WAD مزمن<sup>[۳۱-۳۲]</sup>، تغییر در شکل و عملکرد عضلات گردن می‌تواند قابل توجه باشد. روش‌های متنوعی جهت مطالعه فعالیت عضلات وجود دارد که می‌توان به ام‌آر‌آی، سی‌تی‌اسکن، الکترومیوگرافی و سونوگرافی اشاره کرد.

<sup>۱</sup> Whiplash Associated Disorders

استفاده از ام آر آی به عنوان یک روش استاندارد برای اندازه‌گیری سایز عضله گزارش شده است، ولی این ابزار یک روش گران می‌باشد و از طرفی دیگر، برای افراد با وزن‌های بالا نیز دارای محدودیت‌هایی است<sup>[۳۳]</sup>؛ همچنین به علت زمان‌بر بودن روش تصویربرداری و ماندن بیمار به صورت ثابت جهت تصویربرداری ممکن است برای همه بیماران با گردن درد و دارای مسائل روانی و خاطره ترس ناشی از ویدئو انجام‌پذیر نباشد، از طرفی دیگر، ام آر آی به راحتی برای همگان قابل دسترس نمی‌باشد.

سی‌تی‌اسکن نیز هنگامی که برای ارزیابی عضلانی به کار رود، یک روش گران است. همچنین بیمار در معرض اشعه یونیزان قرار می‌گیرد. سی‌تی‌اسکن قادر به تشخیص نفوذ چربی است، ولی قادر به تشخیص بافت فیبروز در عضلات سطحی و عمیق نیست.<sup>[۳۴]</sup> در مقایسه‌ای که بین اولتراسونوگرافی و سی‌تی‌اسکن انجام شد، عنوان شده است که اولتراسونوگرافی قادر به تشخیص تغییرات ساختاری در مراحل اولیه بوده، در صورتی که سی‌تی‌اسکن بافت را نرمال نشان داده بود.<sup>[۳۵]</sup>

اگرچه الکترومیوگرافی نیز یک روش مناسب برای تجزیه و تحلیل عضله است، اما ممکن است برای ارزیابی یک عضله منفرد تحت تأثیر عضلات مجاور قرار گیرد و مشکلاتی مانند نویز و تداخل سیگنال‌های EMG از عضلات کناری یا عمقی‌تر در نتیجه یافته‌ها تأثیرگذار باشد.<sup>[۳۶]</sup> ضمن این که انجام الکترومیوگرافی در کلینیک عملی معمول، سخت بوده و برای عضلات عمقی نیاز به الکترومیوگرافی سوزنی می‌باشد - باشد که یک روش نسبتاً تهاجمی می‌باشد.<sup>[۳۷]</sup>

مقالات پزشکی به نقش مهم اولتراسونوگرافی در ارزیابی ترومای وارده به عضله و تاندون اشاره کرده‌اند<sup>[۳۸][۳۴]</sup> و اولتراسونوگرافی را یک روش مقرون‌به‌صرفه و راحت برای ارزیابی دیداری بافت عضلانی معرفی کرده‌اند که در عین حال یک روش معتبر و تکرارپذیر در ارزیابی عضلات می‌باشد و همچنین نسبت به ام آر آی دارای مکمل‌های بالاتری بوده و یک روش غیرتهاجمی نسبت به EMG سوزنی می‌باشد.<sup>[۳۹][۴۰]</sup> تصویر اولتراسونوگرافیک یک تشخیص نسبتاً خوب بوده و به راحتی می‌تواند عضله را از بافت‌های اطراف مثل چربی زیر پوست، استخوان، عصب و عروق خونی تفکیک دهد.<sup>[۴۱][۴۲]</sup> بررسی عملکرد عضلات سطحی و عمقی به روش Real Time آن را تبدیل به یک روش جالب کرده است و در ارزیابی عضلات مختلف گردن به کار رفته است<sup>[۴۵]</sup> و یک روش غیرتهاجمی بصری برای بررسی ساختمانی عضلات عمقی گردن می‌باشد<sup>[۴۶][۴۷]</sup> و یک روش تکرارپذیر برای تعیین سایز عضلات مولتی‌فیدوس در سطح C4 در افراد سالم می‌باشد.<sup>[۴۷]</sup>

از تصاویر Real Time US جهت اندازه‌گیری عملکرد مکانیکال در عضله، به صورت تغییر شکل و سرعت تغییر شکل هم بهره برده شده است. عضلات مرتبط با آسیب و ویدئو مورد بررسی در مطالعه حاضر در منطقه از کرانیو سرویکال قرار دارند که بررسی آنها توسط اولتراسونوگرافی امکان‌پذیر می‌باشد؛ لذا با توجه به اینکه در این زمینه هنوز مطالعات اندک هستند و نهایتاً نتوانسته‌اند در مورد تغییرات عضلات اکستانسور در بیماران WAD مدرک مهمی ارائه کنند و همچنین برخی تناقض‌ها در مورد سطح مقطع و فرضیه‌های نفوذ چربی در عضلات اکستانسور گردن وجود دارد، لزوم بررسی دقیق‌تر و از زاویه دیگر (ابعاد و شدت بازتاب) با وسیله‌ای ارزان، در دسترس و کارآمد مانند اولتراسونوگرافی وجود دارد. هدف مطالعه حال حاضر مقایسه‌ی ابعاد و شدت بازتاب عضلات اکستانسور گردنی بین بیماران دچار آسیب ویدئو و افراد سالم می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

شرکت‌کنندگان در مطالعه مقطعی کنونی از دو گروه بیمار (۱۰ نفر) و سالم (۱۰ نفر) تشکیل شدند. حجم نمونه با توجه به انحراف معیار متغیر اصلی مطالعه از مقاله‌ای که موضوع مشابه با این طرح داشت<sup>[۴۵]</sup>، با فرض خطای نوع اول  $\alpha=0.05$  و  $Z_{1-\alpha/2}=1.96$  و خطای نوع دوم  $\beta=0.1$  یعنی توان آزمون ۹۰٪ ( $Z_{1-\beta}=1.28$ ) و استخراج مقادیر  $\mu_1=1.3$  و  $\mu_2=1.6$  و  $\sigma_1=0.2$  و  $\sigma_2=0.3$  محاسبه گردید. نمونه‌گیری به روش غیراحتمالی ساده در دسترس بود. در ابتدا با مراجعه به بایگانی سازمان پزشکی قانونی تهران و بیمارستان‌های امام حسین(ع)، رسول اکرم(ص) و میلاد، بررسی پرونده بیماران مصدوم مراجعه‌کننده به بخش اورژانس و بستری در این بیمارستان‌ها یا بخش معاینات سازمان پزشکی قانونی، آدرس و شماره تماس بیماران مورد نظر را یافته و سپس با برقراری تماس تلفنی و یا فراخوان آنها و درخواست برای شرکت در مطالعه بیماران انتخاب شدند. آسیب این افراد به تأیید متخصص ارتوپد یا نورولوژیست رسید.

شرایط ورود به مطالعه حاضر شامل سن ۱۸ تا ۷۰ سال، تأیید شدن سردرد، گردن‌درد مزمن و یا سایر علائم آسیب ویدئو توسط متخصص ارتوپد یا نورولوژیست، همچنین گذشت بیش از ۳ ماه آسیب به گردن و ادامه یافتن علائم بیماری بین ۳ تا ۴۸ ماه بود. علاوه بر این، بیماران

می‌بایست در طبقه‌بندی QTF<sup>۲</sup> در گرید ۱، ۲ یا ۳ WAD قرار می‌گرفتند<sup>[۱۰]</sup> و شکستگی یا دررفتگی فقرات گردنی و آسیب تروماتیک به مغز در زمان آسیب ویپلش نداشته باشند. افراد گروه سالم نیز در زمان مطالعه یا در گذشته مشکلات گردن، تروما به سر یا گردن و گردن درد نداشته باشند. افراد هر دو گروه نیز اختلالات رماتیسمی، اختلالات نورولوژیکال، اختلالات متابولیک و یا بیماری قبلی که گردن یا حلق را متأثر کرده باشد، نداشتند. عدم استفاده از الکل و یا مواد مخدر و عدم سابقه جراحی گردن از دیگر شرایط ورود به مطالعه بود. شرکت‌کنندگان با آگاهی کامل از مراحل و اهداف تحقیق و با رضایت خود در تحقیق شرکت کردند و می‌توانستند به میل خود در هر مقطعی از مطالعه خارج شوند. تمامی مراحل پژوهش حاضر به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی رسید و تأیید شد که هیچ‌یک از مراحل ضروری برای شرکت‌کنندگان ندارد.

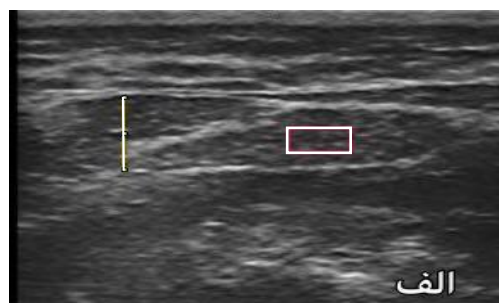
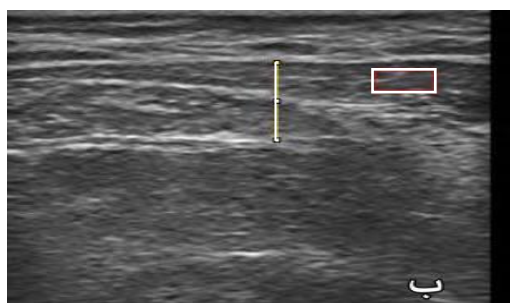
پس از کنترل شرایط رد یا قبول و انتخاب افراد، اهداف و نحوه اجرای تحقیق با بیان یکسان (متن از قبل آماده‌شده) برای تمام افراد توضیح داده شد. افراد با اطلاع یافتن و آگاهی اجمالی از طرح جهت مشارکت در آن تصمیم گرفتند. پس از اعلام نظر موافق، فرم رضایت‌نامه مشارکت در طرح به امضای افراد رسید. پس از آن پرسش‌نامه عمومی برای کسب اطلاعات زمینه‌ای توسط افراد شرکت‌کننده در طرح تکمیل شد. پس از اندازه‌گیری قد و وزن هر دو گروه، اطلاعات مربوط به شدت درد و میزان ناتوانی بیماران با استفاده از شاخص VAS و پرسش‌نامه شاخص ناتوانی گردن (NDI<sup>۳</sup>) ثبت گردید.

جهت ثبت شدت درد، پس از ارائه توضیحات لازم به بیمار، از وی خواسته شد نقطه‌ای را که نزدیکترین توصیف را از شدت درد او دارد، بین صفر (بدون درد) تا ۱۰ (بدترین درد قابل تصور) علامت‌گذاری کند. پرسش‌نامه NDI نیز یک پرسش‌نامه پایا و روا می‌باشد که به منظور سنجش میزان ناتوانی مبتلایان به گردن‌درد در انجام کارهای روزمره‌شان طراحی شده است. در مطالعه حاضر، نسخه فارسی آن که توسط موسوی و همکاران در سال ۲۰۰۷ ترجمه و بومی‌سازی شده است، استفاده شد.<sup>[۴۸]</sup> این پرسش‌نامه متشکل از ۱۰ سوال است که ۷ سوال آن راجع به فعالیت‌های روزمره، ۲ سوال مربوط به درد و ۱ سوال مربوط به تمرکز است. پاسخ هر سوال حاوی ۶ مورد می‌باشد که از ۰ تا ۵ امتیازبندی شده است و در کل، پرسش‌نامه ۵۰ امتیاز دارد. هرچه امتیاز فرد از پرسش‌نامه بیشتر باشد، به معنی ناتوانی بیشتر می‌باشد. نحوه محاسبه نمره این پرسش‌نامه به این صورت است که نمره کل کسب‌شده را بر کل نمره<sup>[۵۰]</sup> تقسیم و سپس در صد ضرب می‌کنیم.<sup>[۵۰]</sup> اگر نمره فرد بین ۲۸-۱۰ باشد، به معنی ناتوانی کم می‌باشد. نمره بین ۴۵-۳۰ نشانه ناتوانی متوسط، نمره ۶۸-۵۰ بیانگر ناتوانی شدید و نمره ۷۲ به بالا به معنی ناتوانی کامل خواهد بود.

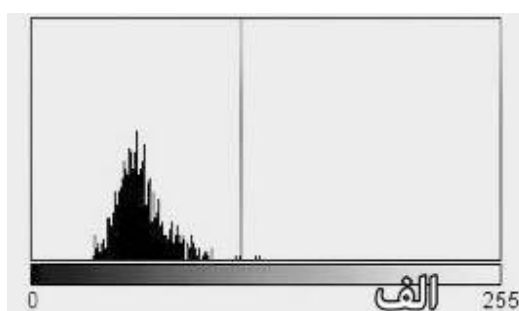
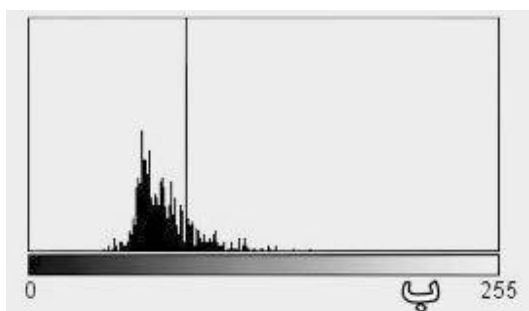
در مرحله بعدی اندازه‌گیری ابعاد و شدت بازتاب عضلات اکستانسور گردنی انجام شد. در زمان اندازه‌گیری عضلات، فرد در پوزیشن نشسته روی صندلی قرار گرفت، به نحوی که سر در وضعیت خنثی (بدون چرخش و در امتداد تنه) و دست‌ها کنار بدن قرار گیرد. در این وضعیت می‌بایست سوراخ گوش در نمای جانبی در امتداد قاعده بینی و عمود بر آن باشد و سپس عضلات سمت راست و چپ به کمک دستگاه اولتراسونوگرافی (Hunda 2100 ساخت ژاپن Hunda Co, Japan) و پروب Linear Array پنج سانتی‌متری و با فرکانس 7.5 MHZ و در سطح C2 و C4 مورد ارزیابی قرار گرفتند. در هر بار از هر یک از عضلات مد نظر سه بار اندازه‌گیری به عمل آمد و در هر اندازه‌گیری بعد از تثبیت تصاویر سه بار مقادیر APD (قطر قدامی-خلفی) و Echo Intensity (شدت بازتاب) مورد ارزیابی قرار گرفت و میانگین سه بار برای آنالیز آماری محاسبه شد. شدت بازتاب، مقدار اکوی برگشتی امواج اولتراسوند از عضله به ترانسدیوسر می‌باشد که سفیدی و یا تیرگی عضله را در تصویر سونوگرافی مشخص می‌کند و اندازه‌گیری کمی آن با استفاده از برنامه هیستوگرام اولتراسوند انجام می‌شود. به این منظور در عضلات رکتوس کپیتیس و ابلیک کپیتیس و تراپز فوقانی و لوبیتوراسکپولا با استفاده از نرم‌افزار Image.J کل سطح مقطع عرضی عضله به نحوی ترسیم شده که غشاء عضله را در بر نگرفته و نهایتاً با استفاده از نرم‌افزار فوق‌الذکر شدت بازتاب محاسبه گردیده و در مورد عضلات سمی اسپاینالیس کپیتیس و اسپلنیوس کپیتیس با توجه به اینکه امکان تصویربرداری کل مقطع عرضی این عضلات به علت بزرگ بودن عضله در یک تصویر اولتراسونوگرافی نبود، لذا پس از بررسی‌های لازم هیستوگرام در مستطیلی به ابعاد سه در دو میلی‌متر در مکان‌های مشابه عضلات مذکور گرفته شده و این کار در هر سه تصویر گرفته‌شده از یک عضله، تکرار شده است و از این سه مقدار میانگین گرفته می‌شود تا شدت بازتاب نهایی عضله محاسبه شود.

<sup>2</sup> Quebec Task Force

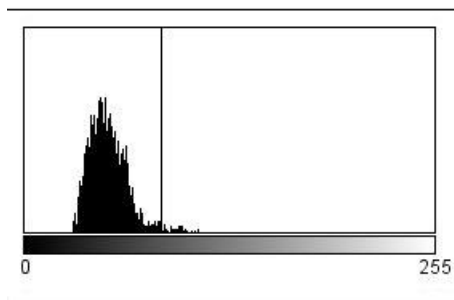
<sup>3</sup> Neck Disability Index



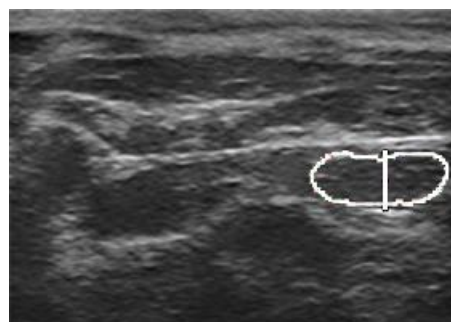
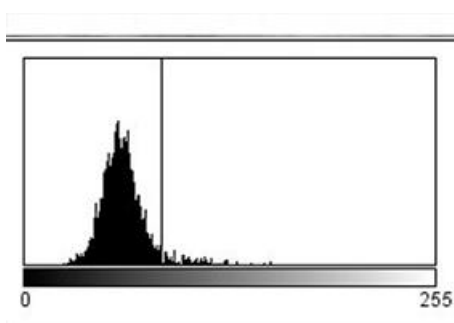
تصوير ۱: ضخامت عضله سمى اسپايناليس كيتيس، الف: بيمار ب: سالم



تصوير ۲: هيستوگرام عضله سمى اسپايناليس كيتيس، الف: بيمار ب: سالم



تصوير ۳: ضخامت و هيستوگرام عضله ركتوس كيتيس



تصوير ۴: ضخامت و هيستوگرام عضله ابليك كيتيس



جهت ثبت تصویر، عضلات ترانسدیوسر در سمت خلفی-جانبی گردن در حدود مهره C2 و C4 به صورت عرضی قرار گرفته و در صورت امکان همه عضلات ابلیک کپیتیس، رکتوس کپیتیس پوسترور، سمی اسپاینالیس کپیتیس، اسپلنیوس کپیتیس و تراپز فوقانی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای عضله لویتور اسکپولا در مهره‌های پائین‌تر گردن (C4) و پشت عضله استرنوکلیدومستویید این ارزیابی انجام گردید و سایر عضلات در حدود مهره C2 به صورت عرضی بررسی شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: در تحقیق کنونی از روش‌های آمار توصیفی و تحلیلی استفاده شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها برای مقایسه بین دو گروه از آزمون تی مستقل استفاده شد. جهت بررسی ارتباط درد و شاخص ناتوانی گردن بیماران با میزان ضخامت و هیستوگرام عضلات بررسی شده از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. مقدار P برای معنادار شدن اختلاف بین متغیرها در تمامی آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. آنالیز آماری با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

## یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (برحسب متر بر مجذور کیلوگرم) افراد مورد بررسی در گروه‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: متغیرهای زمینه‌ای در دو گروه: بیماران با آسیب ویپلش (n=۱۰) و گروه کنترل (n=۱۰)

متغیر	گروه بیماران (تعداد=۱۰ نفر)	گروه سالم (تعداد=۱۰ نفر)	سطح معناداری
سن	۴۲,۹±۱۱,۴۳	۴۳,۴۵±۱۱,۱۹	۰/۹۶۵
قد	۱۶۷,۳۰±۹,۴۷	۱۶۵,۶۰±۹,۷۴	۰/۸۳۸
وزن	۶۸,۶۳±۱۰,۳۶	۶۹,۴۸±۹,۳۹	۰/۸۰۹
شاخص توده بدنی	۲۴,۵۲±۳,۲۶	۲۵,۴۶±۳,۶۶	۰/۱۲۶

مقادیر، میانگین±انحراف معیار می‌باشند.

نتایج آزمون آماری برای متغیرهای جدول ۱ تفاوت آماری معناداری در بین فاکتورهای زمینه‌ای دو گروه نشان نداد. جدول ۲ آمار توصیفی ضخامت و هیستوگرام عضلات مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۲: آمار توصیفی ضخامت و شدت بازتاب عضلات در افراد بیمار و سالم

عضلات	ضخامت عضلات گروه بیمار	ضخامت عضلات گروه سالم	شدت بازتاب عضلات گروه بیمار	شدت بازتاب عضلات گروه سالم
رکتوس کپیتیس راست	۴.۶۸±۱.۷۹	۵.۹۰±۰.۷۳	۶۳.۹۰±۱۳.۴۳	۶۴.۵۶±۷.۲۱
رکتوس کپیتیس چپ	۵.۳۶±۲.۴۲	۵.۸۹±۱.۰۱	۶۴.۱۸±۱۳.۹۵	۶۴.۳۳±۹.۳۰
اَبلیک کپی تیس راست	۵.۵۷±۲.۰۲	۶.۳۷±۰.۶۸	۶۰.۷۳±۹.۹۷	۶۰.۹۹±۵.۰۳
اَبلیک کپی تیس چپ	۵.۳۵±۱.۵۳	۵.۷۳±۱.۱۳	۶۳.۳۳±۱۰.۸۳	۶۷.۷۸±۱۰.۵۵
سمی اسپاینالیس کپیتیس راست	۹.۲۸±۱.۱۵	۱۰.۱۹±۰.۸۴	۷۲.۱۴±۱۰.۰۶	۷۹.۷۸±۱۱.۶۲
سمی اسپاینالیس کپیتیس چپ	۹.۳۲±۲.۰۶	۱۰.۰۱±۱.۰۵	۷۲.۷۶±۱۳.۸۴	۷۹.۲۶±۱۱.۸۱
اسپلنیوس کپیتیس راست	۴.۶۴±۱.۴۳	۴.۶۴±۰.۷۳	۶۶.۲۰±۱۰.۳۲	۸۲.۶۸±۸.۹۶
اسپلنیوس کپیتیس چپ	۴.۶۱±۱.۱۴	۴.۵۳±۰.۸۶	۶۶.۲۲±۱۲.۳۸	۸۳.۲۴±۷.۱۳
تراپز فوقانی راست	۱.۷۳±۰.۶۹	۱.۵۳±۰.۵۳	۵۵.۲۷±۱۳.۶۹	۷۲.۳۴±۶.۸۴
تراپز فوقانی چپ	۱.۷۷±۰.۴۲	۱.۴۶±۰.۳۸	۵۴.۶۷±۱۰.۹۷	۷۳.۱۰±۹.۴۵
لویتور اسکپولا راست	۴.۶۵±۱.۲۸	۵.۲۶±۱.۴۲	۶۱.۰۷±۱۱.۰۴	۷۲.۳۴±۱۴.۱۱
لویتور اسکپولا چپ	۴.۹۷۹۰±۱.۲۰	۵.۱۶±۱.۰۸	۶۳.۹۷±۱۵.۵۶	۷۳.۱۰±۱۲.۶۵

جدول ۳. مقایسه نتایج حاصل از مقایسه بین دو گروه از نظر ضخامت عضلات اکستنسور

عضلات	سمت راست	سمت چپ	کم قطر به قطر	میانگین
رکتوس کپیتیس پوسترور	* 0.016	0.084	*0.006	0.055
سمی اسپاینالیس کپیتیس	0.362	0.111	0.054	0.124
اسپلنیوس کپیتیس	0.168	0.862	0.118	0.181
لویتور اسکپولا	0.784	0.724	0.742	0.761
تراپز فوقانی	0.768	0.481	*0.014	0.936

در مقایسه بین دو گروه، ضخامت عضلات ابلیک کپیتیس راست و رکتوس کپیتیس راست به طور معناداری در بیماران کمتر از افراد سالم بود ( $p < 0.05$ ). در مقایسه سایر عضلات تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. میانگین ضخامت عضله ابلیک کپیتیس سمت راست و چپ به طور معناداری در بیماران کمتر از افراد سالم بود ( $p < 0.05$ ). در سایر عضلات تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. به علاوه، در مقایسه هیستوگرام رکتوس راست و اسپلنیوس کپیتیس چپ و تراپز فوقانی راست بین دو گروه اختلاف معنادار وجود داشت ( $p < 0.05$ ). به منظور مقایسه بهتر علاوه بر بررسی مستقیم تفاوت مقادیر ضخامت و هیستوگرام عضلات بین دو گروه، از مقایسه میانگین مقادیر نرمالایز شده مانند نسبت ضخامت عضله کم قطرتر به قطرتر و میانگین نسبت مقادیر ضخامت و هیستوگرام عضلات به شاخص توده بدنی استفاده شد (جدول ۴). مقدار نرمالایز شده عضلات رکتوس کپیتیس و تراپز فوقانی به طور معناداری در بیماران کمتر از افراد سالم بود ( $p < 0.05$ ). در سایر عضلات تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد (هر دو). در جدول ۴ دو گروه از نظر شدت بازتاب سمت چپ و راست عضله، نسبت سمت کم قطر به قطر و میانگین مقایسه شده‌اند. مقادیر معنادار با \* مشخص شده است.

جدول ۴: مقایسه دو گروه از نظر شدت بازتاب عضلات اکستنسور

عضله ابلیک کپیتیس	سمت راست	سمت چپ	کم قطر به قطر	میانگین
عضله ابلیک کپیتیس	0.113	0.831	0.596	0.364
رکتوس کپیتیس پوسترور	*0.012	0.277	*0.003	0.650
سمی اسپاینالیس کپیتیس	0.975	0.357	0.056	0.941
اسپلنیوس کپیتیس	0.719	*0.026	0.056	0.300
لویتور اسکپولا	0.422	0.347	0.205	0.093
تراپز فوقانی	*0.015	0.648	0.414	0.956

بررسی نتایج مقایسه نسبت شدت بازتاب اولتراسونیک عضلات سمت کم قطرتر به سمت قطرتر در دو گروه «بیمار و سالم» نشان داد که شدت بازتاب نرمالایز شده عضله رکتوس کپیتیس به طور معناداری در بیماران کمتر بود ( $p < 0.05$ ). در سایر عضلات تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. محاسبه مقدار ضریب همبستگی بین شاخص‌های درد و ناتوانی با ضخامت و هیستوگرام عضلات نشان داد که بین میزان درد با ضخامت عضله اسپلنیوس کپیتیس راست و چپ با ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۷۶۶ و ۰/۷۱۷، لویتور اسکپولا چپ با ضریب همبستگی ۰/۶۹۸ رابطه معنادار وجود دارد ( $p < 0.05$ ).



## بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ضخامت اولتراسونیک و شدت بازتاب عضلات اکستانسور گردن بیماران مبتلا به ویپلش با افراد سالم به طور معناداری تفاوت دارد. ناحیه ساب اکسیپیتال یکی از پیچیده‌ترین ناحیه‌های بدن است که از مجموعه وسیع جمجمه، اطلس، آکسیس، عضلات عمقی گردنی مانند رکتوس کپیتیس مینور و ماژور، ابلیک کپیتیس فوقانی و تحتانی تشکیل شده است.<sup>[۴۹]</sup> در مطالعات متعددی به وجود اتصالات بافت نرم بین عضلات ساب اکسیپیتال به دورتر گردنی از طریق فضاهای اطلتواکسیپیتال و اطلتواکزیال اشاره کرده است. این اتصالات تحت عنوان پل عضلانی-دورایی (MDB<sup>۴</sup>) شناخته می‌شوند.<sup>[۲۱ و ۵۰]</sup> اهمیت عملکردی و مکانیسم آسیب‌شناسی این ساختار مکررا در مطالعات گردن درد تاکید شده است و بسیاری از مطالعات بیان کرده‌اند که MDB رابطه مستقیمی به وجود سردردهایی با منشا گردنی دارد.<sup>[۵۳-۵۱]</sup> در مطالعه حاضر نیز نشان داده شد که عضلات رکتوس کپیتیس و ابلیک کپیتیس بیماران آسیب‌دیده ویپلش به طور معناداری با افراد سالم تفاوت دارد؛ این گونه به نظر می‌رسد که تغییرات آناتومیکیال و فیزیولوژیکیال عضلات عمقی گردنی مانند کاهش ضخامت موجب انتقال نامتناسب نیروها به MDB و در نتیجه به دورای نخاعی حساس به درد می‌شود.<sup>[۵۴]</sup> علاوه بر این عضلات عمقی گردن فیدبک حس عمقی به فرد می‌دهند و در کنترل سگمانی بین مهره‌ای اهمیت دارند.<sup>[۵۵ و ۵۶]</sup> با وجود اهمیت عضلات ساب اکسیپیتال و دسترسی داشتن به این عضلات به وسیله اولتراسونوگرافی، تاکنون مطالعه‌ای به بررسی جامع این ناحیه نپرداخته بود، حال آنکه مطالعه حاضر نشان داد که بیماران در مقایسه با افراد سالم ضخامت عضلات رکتوس کپیتیس و ابلیک کپی تیس کمتر است. این ضخامت کم باعث می‌شود ساختارهای گردنی آسیب‌دیده در مقابل تحمل و توزیع بارهای معمول عاجز بوده و شرایط بیمار بفرنج شود.

تغییرات مشاهده شده در هیستوگرام عضله رکتوس کپیتیس نیز با نظریه الیوت هم‌خوانی دارد.<sup>[۲۱]</sup> به عقیده این محقق فیلتراسیون چربی در رکتوس کپیتیس بیماران مبتلا به سردرد با منشا گردنی توجیه‌کننده درد و ناتوانی افراد به دنبال تغییر در ساختار عضلانی است، چرا که فیلتراسیون چربی با واکنش التهابی و عدم استفاده کلی ای همراه است که این موارد می‌تواند باعث تغییرات عضلات ساب اکسیپیتال شود. نفوذ چربی و تغییرات شدت بازتاب ممکن است به دلیل آتروفی عدم استفاده و دنرواسیون مزمن رخ دهد.<sup>[۵۷]</sup> علاوه بر عوامل جسمانی، فاکتورهای روحی روانی مانند استرس، اضطراب، ترومای روحی بعد از آسیب می‌تواند پروسه‌های زیستی آزادسازی کورتیزول را فعال نماید. تبعات منفی افزایش کورتیزول باعث دنرواسیون عضلانی، اختلالات ادراکی-شناختی و افزایش فعالیت سیستم خودمختار می‌شود که کیفیت بافت عضله را تغییر می‌دهد.<sup>[۵۷]</sup> در مطالعه حاضر نیز نشان داده شد که رکتوس کپیتیس از نظر هیستوگرام نرمالایز شده، سمت کم‌قطرتر به سمت با قطر بیشتر به طور معناداری بین دو گروه بیماران و افراد سالم متفاوت است و بیماران شدت بازتاب عضله متفاوتی دارند.

علاوه بر عضلات اکستانسور عمقی گردنی تفاوت‌هایی نیز در بین دو گروه در عضلات تراپز فوقانی و لویاتور اسکپولا مشاهده شد. برهم خوردن راستای قامت و دامنه حرکتی ناحیه گردنی-سینه‌ای و سفتی عضله تراپز در بیماران در مطالعه Malmström ثابت شده است.<sup>[۵۸]</sup> همچنین در مطالعه Castaldo در سال ۲۰۱۷ وی نشان داد که بیماران مبتلا به ویپلش تریگر پوینت‌های فعال زیادی در عضله تراپز فوقانی دارند.<sup>[۵۹]</sup> تریگر پوینت‌هایی که به دنبال تغییر ساختار عضله به وجود می‌آیند یا فعال می‌شوند نسبت به تریگر پوینت‌های خفته غلظت مواد التهابی و دردزا مانند ماده P و سیتوکین بیشتری دارند.<sup>[۶۰]</sup> به نظر می‌رسد وجود همین تریگر پوینت‌ها خود باعث آتروفی و عدم استفاده و در نتیجه تفاوت نسبت به حالت سالم می‌شود؛ لذا میزان درد و ناتوانی فرد به ویژگی‌های این عضلات نیز ارتباط دارد.

در بیماران مبتلا به گردن درد کاهش فعالیت عضلات عمقی گردنی شامل سمی اسپاینالیس، مولتی‌فیدوس به وسیله الکترومیوگرافی درون عضلانی و الکترومیوگرافی نشان داده شده است.<sup>[۱۸ و ۱۹]</sup> علاوه بر تغییرات در فعالیت و سبزی عضله تغییر فیبرها از نوع آهسته به سریع در این عضله در بیماران با گردن درد، بدون ارتباط داشتن به نوع پاتولوژی اتفاق می‌افتد که کاهش فیبرهای تونیک ممکن است به تظاهرات بیوالکتریک خستگی عضلات در بیماران با گردن درد برگردد.<sup>[۲۰]</sup> در مطالعه حاضر نیز نشان داده شد که میزان ناتوانی فرد با ضخامت عضله اسپلنیوس گردنی رابطه دارد.

گرچه مطالعه حال حاضر اولین مطالعه در نوع خودش بود، اما محدودیت‌هایی نیز داشت. مطالعه حال حاضر از نوع مقطعی-تحلیلی بود؛ لذا به دلیل طبیعت طراحی آن رابطه علی-معلولی دقیقی را نمی‌تواند تبیین نماید. نتایج کلینیکی این مطالعه با توجه به حجم نمونه کم باید با احتیاط تفسیر شود. علاوه بر این پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی علاوه بر عضلات اکستانسور، عضلات فلکسور را در نظر بگیرند. همچنین لحاظ کردن فاکتورهای زمینه‌ای روحی-روانی مانند میزان اضطراب، افسردگی و تاثیرات صدمه ممکن است به بسط دانش بیشتر بیفزاید.

<sup>4</sup> Myodural Bridge

## نتیجه گیری

با توجه به یافته‌ها، می‌توان گفت ضخامت و شدت بازتاب عضلات ساب اکسپیتال و اکستنسور گردن بیماران و پیلش با افراد سالم متفاوت است و این تغییرات با میزان درد و ناتوانی بیماران رابطه دارد. چنانچه به تغییرات مورفولوژیکال و بافت‌شناسی این عضلات توجه نشود و توجه درمانگران صرفاً به کاهش درد بیماران بدون تقویت عضلانی، اصلاح پوسچر و ایجاد تعادل ساختاری معطوف شود، درمان بیماران جامع نخواهد بود. همچنین با توجه به مشهود بودن تغییرات در عضلات می‌توان از ابزار روا و پایایی سونوگرافی چه به منظور تمایز میان بیماران و افراد سالم و چه ایجاد پایه‌ای عینی و مشهود جهت آموزش و پیگیری تمرین‌درمانی و اصلاح قامت در برنامه توانبخشی بهره برد.

## تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیوتراپی جناب آقای مظاهر مختاری به راهنمایی دکتر اصغر رضاسلطانی و مشاوره دکتر فرشاد اخوتیان و دکتر علیرضا اکبرزاده باغبان می‌باشد. بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه مشاوران مدعو دکتر سیدعلیرضا بصام‌پور، دکتر بهنام صفرپورلیما، دکتر بهداد ندیمی و همکاری مسوولان محترم پزشکی قانونی تهران دکتر حسین سکوت آرانی، خانم دکتر آرام، دکتر فرزانه مسیحی و مسوولان بیمارستان امام حسین تهران سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

- 1) Naumann R , Dellinger A , Zaloshnja E , Lawrence B , Miller T . Incidence and total lifetime costs of motor vehicle-related fatal and nonfatal injury by road user type, United States, 2005. *Traffic Inj Prev* 2010; 11: 353–360.
- 2) Sterling M , Hendrikz J , Kenardy J , Kristjansson E , Dumas JP , Niere K et al. Assessment and validation of prognostic models for poor functional recovery 12 months after whiplash injury: a multicentre inception cohort study. *Pain* 2012; 153: 1727–1734.
- 3) Riley LH, Long D, Riley Jr LH. The science of whiplash. *Medicine*. 1995 Sep 1;74(5):298-9.
- 4) Pearce J (1989) Whiplash injury: a reappraisal. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 52(12):1329–1331
- 5) Pastakia K, Kumar S (2011) Acute whiplash associated disorders (WAD). *Open Access Emerg Med* 3:29–32
- 6) Malleson A (1994) Chronic whiplash syndrome. Psychosocial epidemic. *Can Fam Phys* 40:1906–1909
- 7) Livingston M (2000) Whiplash injury: why are we achieving so little? *J R Soc Med* 93(10):526–528
- 8) Arthur A.Rodriguez, Karen P.Barr, Stephen P.Burns. Whiplash: Pathophysiology, diagnosis, treatment, and prognosis. *Muscle Nerve* 29: 768-781, 2004.
- 9) Chen Hai-bin, King H YANG, WANG Zheng-guo. Biomechanics of whiplash injury. *Chinese Journal of Traumatology* 2009; 12(5): 305-314.
- 10) Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR, et al. Scientific monograph of the Quebec Task Force on Whiplash – associated Dis-orders: redefining "whiplash" and its management. *Spine* 1995; 20: 1S-73S.
- 11) Carroll LJ, Holm LW, Hogg-Johnson S, Côté P, Cassidy JD, Haldeman S, Nordin M, Hurwitz EL, Carragee EJ, van der Velde G, Peloso PM. Course and prognostic factors for neck pain in whiplash-associated disorders (WAD): results of the Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2009 Feb 28;32(2):S97-107
- 12) Elliot JM, Kerry R, Flynn T, Parrish TB. Cnotent not quantity is a better measure of muscle degeneration in whiplash. *Man Ther*. 2013; 18(6): 578-82.
- 13) Kyhlbäck M, Thierfelder T, Söderlund A. Prognostic factors in whiplash associated disorders. *Int J Rehabil Res* 2002;25:181–7.
- 14) Biering-Sørensen S, Møller A, Stoltenberg C, et al. The return-to-work process of individuals sick-listed because of whiplash-associated disorder: a three-year follow-up study in a Danish cohort of long-term sickness absentees. *BMC Public Health* 2014;14:113
- 15) Ivancic PC, Panjabi MM, Ito S, et al. Biofidilic whole cervical spine model with muscle force replication for whiplash simulation. *Eur spine J*. 2015; 14(4): 346-55.
- 16) Versteegen GJ, Kingma J, Meijler WJ, ten Duis HJ: Neck sprain in patients injured in car accidents: a retrospective study covering the period 1970- 1994. *Eur Spine J* 1998, 7(3): 195-200.
- 17) Insurance Bureau of Canada: Submission to the Superintendent, Financial Services, FSCO: Submitted for the review of Part VI of the Insurance Act. A submission by the Insurance Bureau of Canada 2008.

- 18) O'Leary S, Cagnie B, Reeve A, Jull G, Elliott JM. Is there altered activity of the extensor muscles in chronic mechanical neck pain? A functional magnetic resonance imaging study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2011a; 92:929e34. (Abstract)
- 19) Schomacher J, Farina D, Lindstroem R, Falla D. Chronic trauma-induced neck pain impairs the neural control of the deep semispinalis cervicis muscle. *Clinical Neurophysiology* 2012b; 123(7):1403e8.
- 20) Uhlig Y, Weber BR, Grob D, Muntener M. Fiber composition and fibre transformations in neck muscles of patients with dysfunction of the cervical spine. *Journal of Orthopaedic Research* 1995; 13:240e9.
- 21) Elliott JM, Jull G, Noteboom JT, Darnell R, Galloway G, Gibbon WW. Fatty infiltration in the cervical extensor muscles in persistent whiplash-associated disorders: a magnetic resonance imaging analysis. *Spine* 2006; 31:E847e55.
- 22) Andary MT, Hallgren RC, Greenman PE, Rechten JJ. Neurogenic atrophy of suboccipital muscles after a cervical injury: a case study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 1998; 77(6):545e9.
- 23) Elliott JM, Jull G, Noteboom JT, Galloway G. MRI study of the cross-sectional area for the cervical extensor musculature in patients with persistent whiplash associated disorders (WAD). *Manual Therapy* 2008a; 13:258e65.
- 24) Jochen Schomacher, Deborah Falla. Function and structure of the deep cervical extensor muscles in patients with neck pain. *Manual Therapy* 18 (2013) 360e366.
- 25) Johnston V, Jull G, Souvlis T, Jimmieson N. Neck movement and muscle activity characteristics in female office workers with neck pain. *Spine* 2008; 33(5): 555e63.
- 26) Kumar S, Narayan Y, Prasad N, Shuaib A, Siddiqui ZA. Cervical electromyogram profile differences between patients of neck pain and control. *Spine* 2007; 32(8):E246e53.
- 27) Lindstrøm R, Schomacher J, Farina D, Rechter L, Falla D. Association between neck muscle coactivation, pain, and strength in women with neck pain. *Manual Therapy* 2011; 16(1):80e6.
- 28) Szeto GPY, Straker LM, O'Sullivan PB. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work e 1: neck and shoulder muscle recruitment patterns. *Manual Therapy* 2005; 10:270e80.
- 29) Johnston V, Jull G, Souvlis T, Jimmieson N. Neck movement and muscle activity characteristics in female office workers with neck pain. *Spine* 2008; 33(5): 555e63.
- 30) Elliott J, Pedler A, Kenardy J, Galloway G, Jull G, Sterling M. The temporal development of fatty infiltrates in the neck muscles following whiplash injury: an association with pain and posttraumatic stress. *PLoS One* 2011; 6:e21194.
- 31) Woodhouse A, Vasseljen O. Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. *BMC Musculoskeletal Disord* 2008; 9:90.
- 32) Juul-Kristensen B, Clausen B, Ris I, et al. Increased neck muscle activity and impaired balance among females with whiplash-related chronic neck pain: a cross-sectional study. *J Rehabil Med.* 2013 Apr; 45(4): 376-84.
- 33) Murphy WA, Totty WG, Carroll JE. MRI of normal and pathologic skeletal muscle. *Am J Roentgenol* 1986; 146: 565-74.
- 34) Sigrid Pillen. Skeletal muscle ultrasound. *European Journal Translational Myology* 2010; 1 (4): 145-155.
- 35) Cady EB, Gardener JE, Edwards RH. Ultrasonic tissue characterisation of skeletal muscle. *Eur J Clin Invest* 1983; 13: 469-473.
- 36) Mayoux-Benhamou MA, Revel M, Vallee C. Selective electromyography of dorsal neck muscles in humans. *Exp Brain Res* 1997; 113:353-60.
- 37) Gunnel Peterson, David Nilsson, Simon Peterson, et al. Changes in dorsal neck muscle function in individuals with chronic whiplash – associated disorders: A Real-time ultrasound case – control study. *Ultrasound in Med. & Biol.*, Vol. -, No. -, pp. 1–13, 2016.
- 38) Cady EB, Gardener JE, Edwards RH. Ultrasonic tissue characterisation of skeletal muscle. *Eur J Clin Invest* 1983; 13: 469-473.
- 39) Jo-Ping Leea, Wen-Yih I. Tsengb, Yio-Wha Shau, et al. Measurement of segmental cervical multifidus contraction by ultrasonography in asymptomatic adults. *Manual Therapy* 12 (2007) 286–294.
- 40) Anneli Peolsson, Lars-Ake Brodin, Michael Peolsson. A tissue velocity ultrasound imaging investigation of the dorsal neck muscles during resisted isometric extension. *Manual Therapy* 15 (2010) 567-573.
- 41) Lamminen A, Jaaskelainen J, Rapola J, Suramo I. High-frequency ultrasonography of skeletal muscle in children with neuromuscular disease. *J Ultrasound Med* 1988; 7: 505-509.
- 42) Peetrans P. Ultrasound of muscles. *Eur Radiol* 2002; 12: 35-43.
- 43) Lopata RG, van Dijk JP, Pillen S, Nillesen MM, Maas H, Thijssen JM, et al. Dynamic imaging of skeletal muscle contraction in three orthogonal directions. *J Appl Physiol* 2010; 109:906e15.

- 44) Peolsson M, Lofstedt T, Vogt S, Stenlund H, Arndt A, Trygg J. Modelling human musculoskeletal functional movements using ultrasound imaging. *BMC Med Imaging* 2010; 10:9.
- 45) Khodabakhsh Javanshir, Mohammad Ali Mohseni-Bandpei, Asghar Rezasoltani, et al. Ultrasonography of longus colli muscle: A reliability study on healthy subjects and patients with chronic neck pain. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* (2011) 15, 50e56.
- 46) Esformes R, Narici MV. Measurement of human muscle volume using ultrasonography. *European Journal of Applied Physiology* 2002; 87:90–2.
- 47) Kristjansson E. Reliability of ultrasonography for the cervical multifidus muscle in asymptomatic and symptomatic subjects. *Manual Therapy* 2004; 9:83–8.
- 48) Mousavi SJ, Parnianpour M, Montazeri A, Mehdian H, Karimi A, Abedi M, et al. Translation and validation study of the Iranian versions of the Neck Disability Index and the Neck Pain and Disability Scale. *Spine*. 2007;32(26):E825-E31.
- 49) Nash L, Nicholson H, Lee AS, Johnson GM, Zhang M. Configuration of the connective tissue in the posterior atlanto-occipital interspace: a sheet plastination and confocal microscopy study. *Spine*. 2005 Jun 15;30(12):1359-66.
- 50) Elliott JM, Galloway GJ, Jull GA, Noteboom JT, Centeno CJ, Gibbon WW. Magnetic resonance imaging analysis of the upper cervical spine extensor musculature in an asymptomatic cohort: an index of fat within muscle. *Clinical radiology*. 2005 Mar 31;60(3):355-63.
- 51) Fernández-de-las-Penas C, Cuadrado ML, Arendt-Nielsen L, Ge HY, Pareja JA. Association of cross-sectional area of the rectus capitis posterior minor muscle with active trigger points in chronic tension-type headache: a pilot study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2008 Mar 1;87(3):197-203.
- 52) McPartland JM, Brodeur RR. Rectus capitis posterior minor: a small but important suboccipital muscle. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 1999 Jan 1;3(1):30-5.
- 53) Rix GD, Bagust J. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with chronic, nontraumatic cervical spine pain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2001 Jul 31;82(7):911-9.
- 54) Alix ME, Bates DK. A proposed etiology of cervicogenic headache: the neurophysiologic basis and anatomic relationship between the dura mater and the rectus posterior capitis minor muscle. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 1999 Oct 31;22(8):534-9.
- 55) Blouin JS, Siegmund GP, Carpenter MG, Inglis JT. Neural control of superficial and deep neck muscles in humans. *Journal of neurophysiology*. 2007 Aug 1;98(2):920-8.
- 56) Bexander CS, Mellor R, Hodges PW. Effect of gaze direction on neck muscle activity during cervical rotation. *Experimental brain research*. 2005 Dec 1;167(3):422.
- 57) Elliott JM. Are there implications for morphological changes in neck muscles after whiplash injury?. *Spine*. 2011 Dec 1;36:S205-10.
- 58) Malmström EM, Karlberg M, Melander A, Magnusson M, Moritz U. Cervicogenic dizziness—musculoskeletal findings before and after treatment and long-term outcome. *Disability and rehabilitation*. 2007 Jan 1;29(15):1193-205.
- 59) Castaldo M, Catena A, Chiarotto A, Villafañe JH, Fernández-de-Las-Peñas C, Arendt-Nielsen L. Association between Clinical and Neurophysiological Outcomes in Patients with Mechanical Neck Pain and Whiplash-associated Disorders. *The Clinical Journal of Pain*. 2017 Oct 26.
- 60) Shah JP, Danoff JV, Desai MJ, Parikh S, Nakamura LY, Phillips TM, Gerber LH. Biochemicals associated with pain and inflammation are elevated in sites near to and remote from active myofascial trigger points. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008 Jan 31;89(1):16-23.