

Research Paper

Effect of Corrective Exercises on Posture, Upper Extremity Muscle Activity, and Shoulder Kinematics in Male Handball Players With Upper Cross Syndrome



*Ainollah Sakinepoor¹ , Malihe Hadadnezhad¹ , Seyed Sadredin Shojaedin¹ , Amir Letafatkar¹ , Mehdi Khaleghi Tazji¹

1. Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Science, Kharazmi University, Tehran, Iran.



Citation Sakinepoor A, Hadadnezhad M, Shojaedin SS, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M. [Effect of Corrective Exercises on Posture, Upper Extremity Muscle Activity, and Shoulder Kinematics in Male Handball Players With Upper Cross Syndrome (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 12(6):1080-1097. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.6.2980>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.6.2980>

ABSTRACT

Background and Aims Abnormal posture and alterations in movement and muscle activity patterns have been reported in people with upper cross syndrome (UCS). These changes can lead to imbalance in muscle activation, altered movement patterns, and biomechanical changes. The present study aims to investigate the effect of corrective exercises on posture, upper extremity muscle activity, and shoulder kinematics in male handball players with UCS.

Methods This quasi-experimental study was conducted on 30 male handball players with UCS who were randomly divided into exercise (n=15) and control (n=15) groups. The variables including upper extremity muscle activation patterns, shoulder kinematics, forward head posture, forward shoulder posture, and kyphosis were evaluated before and after intervention. Shoulder kinematics and activation patterns of upper extremity muscles (supraspinatus, lumbar erector spinae, upper trapezius, middle trapezius, latissimus dorsi, pectoralis major) were recorded using electromyography and motion analyzer. The angles of forward head and forward shoulder were assessed using photographic method taken from lateral view, and Kyphosis angle was measured using a flexible ruler before and after exercises. The exercise group performed the comprehensive corrective exercises for 8 weeks (3 sessions per week), but the control group did not receive any intervention. To analyze the data, two-way analysis of variance and Bonferroni test were used. The significant level was set at 0.05.

Results Forward head posture ($P=0.001$), forward shoulder posture ($P=0.003$), and kyphosis ($P=0.002$) showed significant improvements in the exercise group compared to the control group from pretest to post-test phase. In the preparatory and throw phases (slow and fast throwing), higher activities of supraspinatus, lumbar erector spinae, upper trapezius, middle trapezius, latissimus dorsi, and pectoralis major were observed in the exercise group compared to the control group ($P=0.05$). Moreover, in the preparatory and throw phases, higher range of motion of shoulder flexion, forward flexion of shoulder, internal rotation of shoulder, external rotation of shoulder, and shoulder abduction were observed in the exercise group compared to the control group ($P=0.05$).

Conclusion Corrective exercises can significantly alter shoulder kinematics and upper extremity muscle activity patterns in male handball players with UCS, which can be used in future studies to prevent UCS in handball players during throwing the ball.

Keywords Upper cross syndrome, Shoulder kinematics, Muscle activity, Corrective exercises

Received: 07 Jan 2022

Accepted: 22 Jan 2022

Available Online: 21 Jan 2024

* Corresponding Author:

Ainollah Sakinepoor

Address: Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical education and Sport Science, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (936) 1511374

E-Mail: asakenapoor@yahoo.com



Copyright © 2024 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Human posture is affected by factors such as age, gender, and physical activity. Many studies have shown that sports activities affect the posture of athletes. The spine undergoes certain changes in handball players, depending on the type and nature of the activities. Handball is a sport where asymmetrical elements (passing, throwing) dominate symmetrical elements (running, catching). Research has shown that athletes are more prone to postural deviations than non-athletes. Forward head and thoracic kyphosis are the most common deformities in overhead athletes. Another deformity is the upper crossed syndrome (UCS), which refers to specific altered muscle activation and movement patterns along with some postural deviations. Alterations in muscle activation include over-activity of the upper trapezius, levator scapula, and pectorals muscles and under-activity of the deep cervical flexors, middle and lower trapezius, and serratus anterior. Abnormal posture and altered movement and muscle activity patterns has been reported in people with UCS. These changes can lead to imbalance in muscle activation, altered movement patterns, and biomechanical changes. The present study aims to investigate the effect of corrective exercises on posture, upper extremity muscle activity patterns, and shoulder kinematics in male handball players with UCS.

Materials and Methods

In this study, 30 male handball players (aged 14-20 years) with UCS in Eslamabad-e-Gharb county, Iran were selected based on the inclusion and exclusion criteria, and using a convenience sampling method. The sample size was determined using Gpower software, and assuming $\alpha = 0.05$, $1 - \beta = 0.8$, and effect Size = 0.95. The participants were randomly divided into two groups of control (n=15) and exercise (n=15). Electromyographic and kinematic data of the upper extremity were recorded while throwing balls to the goal three times consecutively before and after the intervention. The exercise group performed corrective exercises for 8 weeks (3 sessions a week), but the control group did not receive any intervention. Two-way analysis of variance and Bonferroni test were used to analyze the data. The significant level was set at 0.05.

Results

Forward head posture ($P=0.001$), forward shoulder posture ($P=0.003$), and kyphosis ($P=0.002$) showed signifi-

cant improvements in the exercise group compared to the control group from pretest to posttest phase. In the preparatory and throw phases (slow and fast throwing), higher activities of supraspinatus, lumbar erector spinae, upper trapezius, middle trapezius, latissimus dorsi, and pectoralis major were observed in the exercise group compared to the control group ($P=0.05$). Moreover, in the preparatory and throw phases, higher range of motion of shoulder flexion, forward flexion of shoulder, internal rotation of shoulder, external rotation of shoulder, and shoulder abduction were observed in the exercise group compared to the control group ($P=0.05$).

Conclusion

Corrective exercises can significantly alter shoulder kinematics and upper extremity muscle activity patterns in male handball players with UCS, which can be used in future studies to prevent UCS in handball players during throwing the ball.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The ethical principles, such as obtaining informed consent from the participants, the confidentiality of their information, giving them the right to leave the study, were observed in this research. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of [Sport Sciences Research Institute](#) of Iran. (Code: IR.SSRI.REC.1399.922).

Funding

This study was extracted from the PhD thesis of first author approved by the Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical education and Sport Science, [Kharazmi University](#), Tehran, Iran. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all patients for their cooperation in this study.

This Page Intentionally Left Blank



مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات اصلاحی بر پوسچر، فعالیت عضلانی و کینماتیک شانه در هندبالیست‌های دارای سندرم متقاطع فوقانی

* عین اله سکینه پور^۱، ملیحه حدادنژاد^۱، سید صدرالدین شجاع الدین^۱، امیر لطافت کار^۱، مهدی خالقی تازجی^۱

۱. گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Sakinepoor A, Hadadnezhad M, Shojaedin SS, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M. [Effect of Corrective Exercises on Posture, Upper Extremity Muscle Activity, and Shoulder Kinematics in Male Handball Players With Upper Cross Syndrome (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 12(6):1080-1097. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.6.2980>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.6.2980>

چکیده

مقدمه و اهداف در افراد با ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی پوسچر ناهنجار، تغییرات الگوی فعالیت عضله و الگوی حرکتی گزارش شده است. این تغییرات می‌تواند به عدم تعادل فعالیت عضلانی، الگوی حرکتی و تغییرات بیومکانیکی منجر شود. هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی بر پوسچر، فعالیت عضلانی و کینماتیک شانه در هندبالیست‌های مرد دارای سندرم متقاطع فوقانی بود.

مواد و روش‌ها این مطالعه نیمه‌تجربی بر روی ۳۰ هندبالیست مرد با ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی انجام شد که به صورت تصادفی به ۲ گروه آزمایش (۱۵ نفر)، و کنترل (۱۵ نفر)، تقسیم شدند. متغیرهای الگوی فعالیت عضلات اندام فوقانی، کینماتیک شانه، سربه جلو، شانه گرد و کایفوز قبل و بعد از مداخله در هنگام پرتاپ توپ ارزیابی شدند. کینماتیک شانه و الگوی فعالیت عضلات اندام فوقانی (فوق خاری، راست‌کننده ستون مهره‌ها، دوزنقه فوقانی، دوزنقه میانی، پشتی بزرگ، سینه‌ای بزرگ)، با استفاده از الکترومیوگرافی و سیستم آنالیز حرکت ثبت شد. زوایای سر به جلو و شانه به جلو آزمودنی‌ها به روش عکس‌برداری از نمای جانبی و زاویه کایفوز توسط خط‌کش منعطف قبل و بعد از ۸ هفته تمرین اصلاحی جامع اندازه‌گیری شد. گروه تمرین به مدت ۸ هفته (۳ جلسه در هفته)، در برنامه تمرینات اصلاحی جامع شرکت کردند، اما گروه کنترل در هیچ برنامه تمرینی‌ای شرکت نکردند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری آنالیز واریانس دوطرفه و بونفرنی در سطح معناداری $P=0.05$ استفاده شد.

یافته‌ها ناهنجاری‌های سر به جلو ($P=0.001$)، شانه به جلو ($P=0.003$)، و کایفوز ($P=0.002$)، در گروه آزمایش، بهبود قابل توجهی در مقایسه با گروه کنترل در پیش‌آزمون و پس‌آزمون داشتند. در مرحله آمادگی پرتاپ و پرتاپ (پرتاپ با سرعت آهسته و سریع) در گروه تمرینات اصلاحی، فعالیت بالایی در عضلات فوق خاری، راست‌کننده ستون مهره‌های کمری، دوزنقه فوقانی، دوزنقه میانی، پشتی بزرگ و سینه‌ای بزرگ نسبت به گروه کنترل مشاهده شد ($P<0.05$). همچنین در مرحله آمادگی پرتاپ و پرتاپ (پرتاپ با سرعت آهسته و سریع) در گروه تمرینات اصلاحی جامع، دامنه حرکتی بالایی در فلکشن شانه، فوروارد فلکشن شانه، اینترنال روتیشن شانه و اکسترنال روتیشن شانه، آبداکشن، نسبت به گروه کنترل مشاهده شد ($P<0.05$).

نتیجه‌گیری نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات اصلاحی به‌طور قابل توجهی متغیرهای کینماتیکی و الگوی فعالیت عضلات را تغییر داد که این موضوع می‌تواند به‌منظور پیشگیری از آسیب اندام فوقانی در هنگام پرتاپ در تحقیقات آینده مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها سندرم متقاطع فوقانی، کینماتیک شانه، الگوی فعالیت عضلانی، تمرینات اصلاحی

تاریخ دریافت: ۷ دی ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲ بهمن ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۰ بهمن ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

عین اله سکینه پور

نشانی: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی.

تلفن: ۱۵۱۱۳۷۴ (۹۳۶) ۹۸+

رایانامه: asakenapoor@yahoo.com



Copyright © 2024 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

می‌کند و سبب برخی‌ها آسیب‌ها، مانند ایمپینجمنت شانه^۲، گیرافتادگی عصب^۳ و سندرم خروجی قفسه سینه^۴ [۱۶] می‌شود. فعالیت نرمال عضلات بخش فوقانی و تحتانی تراپزیوس، سراتوس آنتریور و اسکاپولاتوراسیک، به الگوی حرکتی نرمال کتف و شانه کمک می‌کند [۱۷].

نقش اساسی کتف در فعالیت طبیعی شانه کاملاً پذیرفته شده است. توالی زمان فراخوانی عضلات و شدتی که هر کدام از عضلات در حین حرکت دارند، برای حرکت هماهنگ کتف و بالا بردن سر استخوان بازو بسیار مهم است [۱۸]. بنابراین باتوجه به مطالب پیش گفت حفظ تعادل عضلانی اندام فوقانی و همچنین توالی زمان فراخوانی عضلات کمر بند شانه یک ضرورت برای الگوی طبیعی کتف و شانه است و مداخلات تمرینی با هدف تقویت عضلات ضعیف و کشش عضلات سفت شده می‌تواند ناهنجاری سر به جلو و شانه گرد را بهبود بخشد و تعادل عضلانی را برگرداند [۱۹]. همچنین مداخلات تمرینی با هدف بازیابی کنترل حرکتی و ایجاد تعادل در فعالیت عضلات کتف در ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی به کار می‌رود [۲۰]. نشان داده شده است که تمرینات ثبات‌دهنده کتف، فعالیت عضلانی را نرمال می‌کند که این عامل می‌تواند به بهبود پوسچر کمک کند [۲۱]. همچنین نرمال کردن فعالیت عضلانی بخش فوقانی و تحتانی تراپزیوس و سراتوس آنتریور و عضلات اسکاپولاتوراسیک می‌تواند به بهبود الگوی نرمال کتف و شانه کمک کند [۲۲]. بنابراین تمرینات اصلاحی برای افراد مبتلا به سندرم متقاطع فوقانی ممکن است فعالیت عضلانی را در حین پرتاب نرمال کند که این می‌تواند یک پتانسیل برای جبران ضعف عضلات و الگوی غیرنرمال کتف و شانه باشد.

تمرینات اصلاحی برای ایجاد الگوی نرمال کتف و شانه در هنگام پرتاب یک فاکتور کلینیکی مهم برای برنامه توانبخشی افراد مبتلا به سندرم متقاطع فوقانی است. در مطالعات گذشته تمرینات مختلفی برای افراد با ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی ارائه شده است [۲۳، ۲۴]. در مطالعات گذشته، تمرکز مداخلات تمرینی بیشتر بر کشش عضلات کوتاه شده و تقویت عضلات ضعیف شده بوده است [۲۳، ۲۴]. درحالی که در این مداخلات به جنبه‌های عصب‌شناختی^۵ مشکلات اسکلتی عضلانی و سیستم‌های عصبی مرکزی و محیطی که حرکت را کنترل می‌کنند، توجه نشده است [۲۵، ۲۶]. در رویکرد عصب‌شناختی نقش عملکرد حرکتی در مشکلات اسکلتی عضلانی خیلی مهم است. به علاوه تغییر در راستا، فقط تغییر در طول و قدرت عضله نیست، بلکه بیشتر تغییرات در فاکتورهای عصبی عضلانی، مانند به کارگیری عضله است [۲۷]. درحقیقت، اختلال در واحدهای

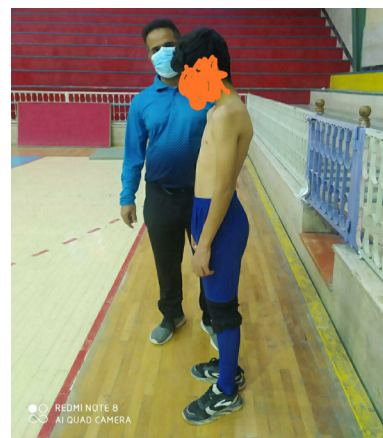
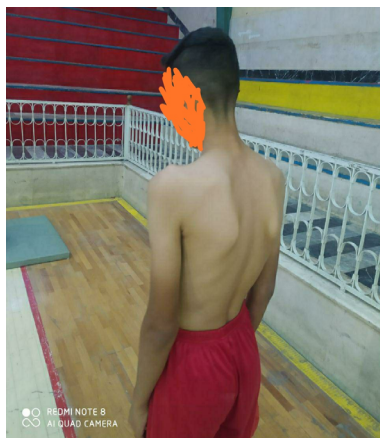
پوسچر یا وضعیت بدنی مناسب به بسیاری از متغیرهای بیومکانیکی، کنترل حرکتی و متغیرهای عملکردی مرتبط است، همچنین پوسچر مناسب برای فعالیت‌های عملکردی بسیار مهم و ضروری است [۱]. انحراف از پوسچر سالم، باعث بروز تعادل عصبی عضلانی می‌شود و اختلالات اسکلتی عضلانی را نشان می‌دهد [۲]. پوسچر انسان تحت تأثیر عواملی مانند سن، جنس [۳] و فعالیت فیزیکی قرار دارد [۴]. عادات نادرست و تکرار آن‌ها موجب بروز ناهنجاری‌های بدنی می‌شود. در عین حال هر ورزشکار بسته به نوع فعالیتش، مستعد انواع خاصی از ناهنجاری‌هاست [۵]. ستون فقرات در رشته‌های ورزشی، متناسب با نوع و ماهیت فعالیت‌های آن دچار تغییرات خاصی می‌شود [۵]. به‌ویژه در ورزشکاران جوان به دلیل هم‌زمان بودن فرایند رشد با ورزش حرفه‌ای، بدن وضعیت خاص متناسب با آن رشته ورزشی را به خود می‌گیرد. به عبارت دیگر بدن با وضعیت‌های قامتی مورد نیاز آن فعالیت بدنی تطابق می‌یابد [۶]. تحقیقات نشان داده‌اند ورزشکاران بیشتر از غیر ورزشکاران مستعد ابتلا به انحرافات پوسچرال هستند [۶]. بسیاری از تحقیقات تأیید کرده‌اند فعالیت فیزیکی با سطح بالا به صورت تمرینات منظم تأثیر مهمی بر توسعه فیزیکی ساختار بدنی افراد جوان [۷] و وضعیت بدنی آن‌ها دارد [۸].

در ورزش‌هایی که بیشتر یک طرف اندام غالب است، اختلالات وضعیتی بیشتر از رشته‌هایی اتفاق می‌افتد که تمرینات متقارن دارند. به علاوه ورزشکاران با انحراف پوسچر ممکن است بیشتر مستعد آسیب باشند [۹]. هندبال یکی از رشته‌های ورزشی است که در آن عناصر نامتقارن (پاس، پرتاب به سمت دروازه)، بر عناصر متقارن (دویدن، گرفتن)، غالب است. همچنین در هندبال انواع گوناگونی از ناهنجاری‌هایی که از نمای قدامی و خلفی مشاهده می‌شود، شکل می‌گیرد [۱۰]. ناهنجاری سر به جلو و تغییرات شانه و ستون فقرات از شایع‌ترین ناهنجاری‌ها در ورزشکاران دارای فعالیت‌های حرکتی بالای سر^۱ است [۱۱].

سندرم متقاطع فوقانی از جمله ناهنجاری‌هایی است که با تغییرات سر و شانه و ستون فقرات همراه است [۱۱]. در این ناهنجاری به دنبال تغییر الگوی عضلانی [۱۲] و کوتاهی و ضعف در عضلات [۱۳] (کوتاهی عضلات سینه‌ای کوچک و بزرگ، تراپزیوس فوقانی، بالابرنده کتف [۱۴]، جناغی چنبری پستانی و ضعف عضلات متوازی الاضلاع، تراپزیوس میانی و تحتانی، دندان‌های قدامی و فلکسورهای عمقی گردن)، تغییر در بیومکانیک مفصل گلنوهومرال و کتف، نیز اتفاق می‌افتد. این تغییرات در حین پرتاب استرس طولانی را روی شانه و کتف [۱۵] ایجاد

2. Shoulder impingement
3. Nerve entrapments
4. Thoracic outlet syndrome
5. Neurological

1. Overhead movement



تصویر ۱. راستای استاتیک افراد با سندرم متقاطع فوقانی

طب توانبخش

معیارهای ورود به تحقیق

داشتن ناهنجاری سر به جلو بزرگتر از ۴۶ درجه [۲۹]، شانه به جلو بزرگتر از ۵۲ درجه [۲۹]، کایفوز بزرگتر از ۴۲ درجه [۳۰]، محدوده سنی ۱۴ تا ۲۰ سال، شاخص توده بدنی نرمال، مذکر بودن، سابقه فعالیت ۵ سال هندیال.

معیارهای خروج از تحقیق

مشاهده علائم پاتولوژی مرتبط با سابقه شکستگی، جراحی یا بیماری‌های مفصلی ستون فقرات، دارا بودن ناهنجاری تأثیرگذار بر روند تحقیق به‌جز سندرم متقاطع فوقانی، داشتن هرگونه درد در ناحیه گردن یا اندام فوقانی، عدم اتمام برنامه تمرینی براساس تحقیق، عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه شرکت در تحقیق، عدم شرکت آزمودنی در ۲ جلسه تمرین متوالی، آسیب‌دیدگی حین اجرای تمرینات [۳۱].

به‌طورکلی آزمودنی‌ها در هر ۲ گروه (کنترل و آزمایش)، تکلیف پرتاب توپ را ۳ مرتبه به‌صورت متوالی و آهسته و ۳ مرتبه به‌صورت متوالی و سریع در پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام دادند. در هنگام پرتاب توپ در پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای کینماتیکی و فعالیت عضلات در هر ۲ گروه اندازه‌گیری شد. پس‌آزمون پس از ۸ هفته تمرینات اصلاحی جامع انجام شد. در تکلیف حرکتی پرتاب توپ، از شرکت‌کنندگان خواسته شد ابتدا پای غالب در جلو و پای غیرغالب را عقب بگذارند، سپس دست را بالای سر برده و بدون اینکه پا از زمین جدا شود، پرتاب خود را انجام دهند [۳۲].

قبل از ثبت داده‌ها، به شرکت‌کنندگان در رابطه با میزان قدرت و سرعت پرتاب توپ توضیحاتی داده شد. در حین انجام تکلیف حرکتی، اطلاعات کینماتیکی اندام تحتانی در هر ۳ صفحه حرکتی و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات فوق خاری، ارکتور اسپاینه، دوزنقه فوقانی، میانی، پشتی بزرگ، سینه‌ای بزرگ در ۳ حرکت پرتاب توپ

کنترل حرکتی با تغییر در فعالیت عضلانی و بالطبع ثبات‌پذیری همراه خواهد بود [۲۸]. این تغییرات در به‌کارگیری واحد حرکتی، تعادل عضلانی، الگوی حرکتی و سرانجام برنامه حرکتی را تغییر خواهد داد. در تحقیقات گذشته، بیشتر بر تأثیر تمرینات بر پوسچر افراد با سندرم متقاطع فوقانی کار شده است و زوایای سر به جلو و شانه گرد و کایفوز و تأثیر تمرینات اصلاحی را بر این زوایا بررسی کرده‌اند. تا آنجایی که مطالعه شده است، هنوز مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی بر روی فعالیت عضلات و کینماتیک کتف و شانه در هنگام پرتاب توپ هندیال نپرداخته است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی بر پوسچر، فعالیت عضلانی و کینماتیک شانه در هندیالیست‌های دارای سندرم متقاطع فوقانی است. 1-β

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح تحقیق پیش‌آزمون پس‌آزمون در ۲ گروه کنترل و آزمایش است. همچنین جامعه آماری پژوهش حاضر دانش‌آموزان پسر هندیالیست در دامنه سنی ۱۴ تا ۲۰ و دارای ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی بودند. با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور^۶ و با فرض $\alpha=0/05$ ، $1-\beta=0/8$ و $\text{Effect Size}=0/95$ ، ۳۰ نفر از دانش‌آموزان پسر هندیالیست شهرستان اسلام‌آباد غرب دارای ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی با توجه به معیارهای ورود و خروج از تحقیق و با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند و سپس به‌صورت تصادفی و با نسبت ۱:۱ در ۲ گروه کنترل ($n=15$) و تمرینات اصلاحی جامع ($n=15$)، تقسیم شدند. قبل از اجرای آزمون و تمرینات، فرم رضایت‌نامه آگاهانه توسط شرکت‌کنندگان و اولیای آن‌ها تکمیل شد. همچنین این مطالعه کد اخلاق را از پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دریافت کرد.

6. G. power (G*power, Franz Faul University of Kiel, Germany)



طب توانبخشی

تصویر ۲. انجام تکلیف حرکتی پرتاب توپ هندبال در افراد با ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی

داده‌های ثبت‌شده با استفاده از شیوه ریشه میانگین مجذور^۹ جهت تعیین میزان فعالیت امواج تجزیه و تحلیل شد. به منظور نرمال‌سازی داده‌ها، فعالیت هر عضله براساس درصدی از بیشترین ریشه میانگین مجذور سیگنال در طول فعالیت نرمال و بیان شد. همچنین برای تحلیل سیگنال‌های خام از نرم‌افزار متلب^{۱۰} استفاده شد [۳۴].

به منظور ثبت متغیرهای کینماتیکی از سیستم آنالیز حرکت (مدل Vicon، ساخت کشور انگلستان)، مجهز به ۱۰ دوربین استفاده و فرکانس نمونه‌برداری ۲۵۰ هرتز در نظر گرفته شد. داده‌های حاصل از ثبت کینماتیک اندام تحتانی در هر ۳ صفحه حرکتی حین پرتاب توپ هندبال با استفاده از نرم‌افزار Nexus (نسخه ۲/۵)، محاسبه و میانگین زوایای موردنظر تعیین شد. همچنین جهت ارزیابی کینماتیک اندام فوقانی حین پرتاب توپ هندبال پس از کالیبراسیون سیستم و قبل از انجام تست، ۱۴ مارکر بازتابنده آناتومیکی با قطر ۱۵ میلی‌متر در طرف راست و یا چپ اندام فوقانی (بستگی به راست‌دست بودن و چپ‌دست بودن، مارکرها یا در قسمت چپ و یا راست قرار می‌گرفت)، به روش پلاگین گیت^{۱۱} [۳۵]، بر روی نقاط آکرومیوکلویکولار، آکرومیون (۳ مارکر)، زاویه آکرومیال، اپی کندیل داخلی و خارجی بازو، زائده استیلوئید رادیوس و اولنا^{۱۲}، دومین استخوان متارکال، زائده مهره هفتم گردنی و دهم پشتی، بخش فوقانی دسته استخوان جناغ سینه، انتهای تحتانی استخوان جناغ، سر دومین متاتارسال انگشت، در هر فرد نصب شد [۳۶].

آهسته و پرتاب توپ سریع در ۲ مرحله آمادگی و پرتاب ثبت و تجزیه و تحلیل شد. مرحله آمادگی از لحظه‌ای که فرد توپ را از پهلوی بالا آورد تا زمانی که شانه او حداکثر چرخش خارجی را می‌گرفت و مرحله پرتاب از لحظه حداکثر چرخش خارجی شانه تا ایجاد چرخش داخلی و رها شدن توپ در نظر گرفته شد.

قبل از اجرای تکلیف حرکتی، جهت گرم کردن از شرکت‌کنندگان خواسته شد ۱۰ دقیقه دویدن آرام و حرکات کششی بالاتنه داشته باشند. همچنین تحقیق حاضر در آزمایشگاه بیومکانیک ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان انجام شد.

قبل از اجرای آزمون در مرحله الکتروگذاری، از الکترودهای سطحی نقره-کلراید یک‌بار مصرف مدل F-RG ساخت شرکت Skintact کشور آلمان استفاده شد. فاصله مرکز تا مرکز الکترودها تقریباً ۲/۵ بود که در جهت فیبرهای عضلات بر روی دست برتر براساس پروتکل SENIAM قرار گرفت [۳۳]. جهت مشخص کردن دست برتر آزمودنی‌ها، با توجه به راست‌دست بودن و یا چپ‌دست بودن آزمودنی‌ها دست برتر آن‌ها مشخص شد. آزمودنی‌هایی که راست‌دست بودند، دست برتر آن‌ها راست انتخاب شد و این افراد باید در هنگام پرتاب پای چپ را جلو می‌گذاشتند و برعکس. همچنین جهت کاهش مقاومت پوست^۷ و جهت افزایش کیفیت دریافت بیوسگنال‌های عضلانی، سطح پوست تراشیده، سمباده کشیده و با الکل ۷۰٪ تمیز شد. سیگنال‌های الکتریکی عضلات با استفاده از سیستم الکترومایوگرافی وایرلس برند myon (۱۶ کاناله، ساخت کشور سوئیس)، با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت و سپس نویز داده‌ها با پهنای باند ۱۰ تا ۴۵۰ هرتز فیلتر^۸ شد (تصاویر شماره ۱، ۲).

9. Root Mean Squared (RMS)

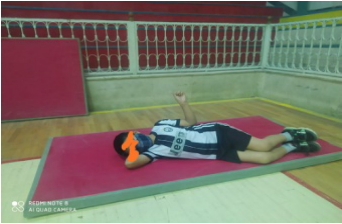
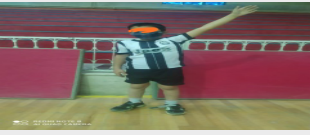
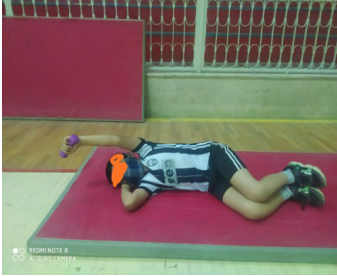
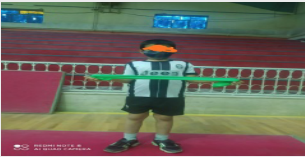
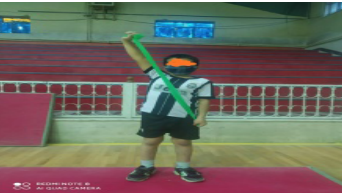
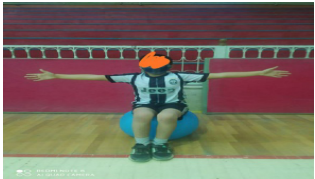
10. Matlab (Mathworks, Natick version 7.12.0, USA);

11. Plug-in-gait

12. Styloid processes of the ulna and radius

7. Reduce skin impedance

8. Band-pass filtered

تمرین	شکل حرکت	تمرین	شکل حرکت
خوابیدن به پهلو چرخش خارجی		خوابیدن به پهلو و فوروارد فلکشن	
تمرین ایستادن و فلکشن مورب		تمرین پرس نظامی	
تمرین خوابیدن به پهلو و چرخش خارجی با دمبل		خوابیدن به پهلو و فوروارد فلکشن با دمبل	
ایستادن و فلکشن مورب با دمبل		ایستادن و چرخش خارجی با تراباند	
ایستادن و فلکشن مورب با تراباند		آبداکشن بازو در وضعیت نشسته روی توپ جیم بال	

تصویر ۳. خلاصه‌ای از پروتکل تمرینی

طب توانبخشی

تمرینات اصلاحی جامع

تمرینات اصلاحی جامع به مدت ۸ هفته ۳ بار در هفته و هر جلسه به مدت ۱ ساعت (۱۰ دقیقه، گرم کردن و ۴۵ دقیقه تمرین اصلی، ۵ دقیقه سرد کردن)، برای گروه آزمایش انجام شد (تصویر شماره ۳). گروه کنترل طی ۸ هفته تحت هیچ گونه برنامه درمانی قرار نگرفتند. تمرین اصلاحی جامع براساس پروتکل پایه مطالعات پیشین انتخاب شد [۳۷، ۳۸]. در برنامه تمرینی این پژوهش، تمرینات تقویتی با لود کم و در ۲ ست و ۱۰ تکرار در هفته اول تا دوم شروع شد و سپس به طور تدریجی و کم شدت، ست و تکرارها افزایش پیدا کرد. در هفته سوم تا پنجم، تمرینات به ۳ ست و ۱۲ تکرار افزایش پیدا کرد و سرانجام از هفته ششم تا هشتم، تمرینات به ۳ ست و ۱۵ تکرار افزایش پیدا کرد. استراحت بین هر ست ۳۰ ثانیه بود. تمرینات

کششی با ۱۴ ثانیه نگه داشتن حرکت شروع شد و سپس هر هفته ۲ ثانیه، نگه داشتن حرکت کششی افزایش داشت و ست‌های حرکات کششی مانند حرکات تقویتی افزایش داشت. زمان استراحت بین ست‌های حرکات کششی ۳۰ ثانیه بود. تفاوت این برنامه تمرینی با تمرینات پیشین در این بود که این تمرینات، ترکیبی از ۲ نوع تمرینات مطالعات پیشین بود [۳۸، ۳۹].

به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌های خام به دست آمده از تحقیق، از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. برای توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها از میانگین توصیفی و انحراف معیار و جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان (آزمون آماری تی مستقل)

متغیر	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار		P ^a
		تمرینات اصلاحی جامع	کنترل	
سن (سال)		۱۷/۶۰ $\pm$ ۱/۸۰	۱۶/۶۶ $\pm$ ۱/۸۷	۰/۲۱۳
وزن (کیلوگرم)		۷۰/۱۳۳ $\pm$ ۹/۹۷	۶۹/۸۰ $\pm$ ۹/۹۴	۰/۱۶۱
قد (سانتی‌متر)		۱۷۳/۰۶ $\pm$ ۴/۳۱	۱۷۱/۴۶ $\pm$ ۵/۳۸	۰/۲۳۴
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)		۲۳/۰۷ $\pm$ ۱/۱۰	۲۳/۶۵ $\pm$ ۰/۳۶	۰/۳۴۲

^a P=۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

طبتوانبخش

در میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی شرکت‌کنندگان بین ۲ گروه از نظر آماری تفاوت معناداری وجود ندارد ($P=۰/۰۵$). (جدول شماره ۱). نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های زاویه سر به جلو، شانه گرد و کایفوز براساس آزمون آماری آنووا دوطرفه حاکی از عدم تفاوت معناداری در اثر متقابل گروه و زمان و اثر اصلی گروه در پارامترهای مورد ارزیابی بود، اما اثر اصلی زمان در زوایای سر به جلو، شانه گرد و کایفوز معنادار بود. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی بونفرونی حاکی از کاهش زوایای سر به جلو، شانه گرد و کایفوز بعد از مداخله نسبت به قبل از مداخله در گروه تمرینات اصلاحی جامع بود ($P<۰/۰۵$) (جدول شماره ۲).

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های الکترومیوگرافی عضلات براساس آزمون آماری آنووا حاکی از عدم تفاوت معناداری در اثر متقابل گروه و زمان، در تمام متغیرهای مورد ارزیابی بود. همچنین عدم تفاوت معناداری در اثر اصلی گروه در متغیرهای راست‌کننده ستون مهره‌های کمری (فاز پرتاب-حالت آهسته)، دوزنقه فوقانی (فاز آمادگی پرتاب-حالت آهسته)، دوزنقه میانی (فاز پرتاب-حالت آهسته)، لاتسمی دورسی (فاز آمادگی-حالت آهسته)، پشتی بزرگ (فاز پرتاب-حالت آهسته)، سینه‌ای بزرگ (فاز آمادگی-حالت آهسته)، مشاهده شد. به علاوه عدم تفاوت معناداری در اثر اصلی زمان در متغیرهای راست‌کننده ستون مهره‌های کمری (فاز آمادگی-حالت سریع)، دوزنقه فوقانی (فاز پرتاب-حالت آهسته)، سینه‌ای بزرگ (فاز پرتاب-حالت سریع)، مشاهده شد.

از آزمون شاپیرو ویلک^{۱۳} استفاده شد. باتوجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، پس از تحلیل، نرمال‌سازی و فیلترینگ داده‌های حاصل از ثبت فعالیت الکترومیوگرافی عضلات مورد مطالعه و کینماتیک اندام فوقانی، با استفاده از نرم‌افزار متلب از آزمون آماری میکس آنووا (Mixed Model ANOVA 2×2) برای بررسی متغیرهای تحقیق استفاده شد. همچنین در صورت معناداری اثرات اصلی یا اثر متقابل (زمان $\times$ گروه)، جهت بررسی تفاوت‌های درونی از آزمون بونفرونی^{۱۴} استفاده شد. عامل درون گروهی (قبل و بعد از مداخله)، به عنوان اثر اصلی زمان و عامل بین گروهی (گروه کنترل و تمرینات اصلاحی جامع)، به عنوان اثر اصلی گروه در نظر گرفته شد. داده‌های خام حاصل از تحقیق در برنامه اکسل^{۱۵} جمع‌بندی و با برنامه SPSS نسخه ۲۲^{۱۶} مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سطح معناداری در تحقیق حاضر در سطح ۹۵ درصد با میزان آلفای کوچک‌تر و یا مساوی با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در پژوهش حاضر ۳۰ نفر دانش‌آموز هندبال‌یست مرد دارای سندرم متقاطع فوقانی در ۲ گروه آزمایش و کنترل مورد مطالعه قرار گرفتند. بررسی مشخصه‌های جمعیت‌شناختی نشان داد

13. Shapiro-Wilk Test
14. Bonferroni
15. Excel
16. SPSS version 22, Microsoft Corp. Redmond, WA

جدول ۲. نتایج زوایای سر به جلو، شانه گرد، کایفوز قبل و بعد از تمرینات اصلاحی جامع در ۲ گروه کنترل و آزمایش (آزمون تعقیبی بونفرونی)

متغیرها	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار				P	
		تمرینات جامع		کنترل			
		قبل از مداخله	بعد از مداخله	قبل از مداخله	بعد از مداخله		
زاویه سر به جلو (درجه)		۴۸/۲۰ $\pm$ ۱/۱۶	۴۳/۹۴ $\pm$ ۲/۰۵	۴۷/۸۶ $\pm$ ۱/۱۰	۴۸/۲۳ $\pm$ ۲/۱۳	۰/۰۰۱*	اثر اصلی
زاویه شانه به جلو (درجه)		۵۴/۱۶ $\pm$ ۲/۰۸	۴۶/۴۲ $\pm$ ۲/۲۳	۵۳/۸۵ $\pm$ ۱/۴۹	۵۴/۴۸ $\pm$ ۲/۳۳	۰/۰۰۱*	اثر اصلی
زاویه کایفوز (درجه)		۴۵/۱۲ $\pm$ ۲/۲۲	۳۶/۸۲ $\pm$ ۱/۱۸	۴۵/۵۱ $\pm$ ۱/۹۱	۴۶/۶۴ $\pm$ ۲/۶۲	۰/۰۰۱*	اثر اصلی
							اثر متقابل
							گروه $\times$ زمان

^a P<۰/۰۵ اختلاف معناداری، ^b تفاوت درون گروهی، ^c تفاوت بین گروهی

طبتوانبخش

جدول ۳. نتایج فعالیت عضلات حین پرتاپ توپ قبل و بعد مداخله در ۲ گروه کنترل و آزمایش

متغیر	حالت پرتاپ	میانگین $\pm$ انحراف معیار فعالیت عضله						سطح معناداری		
		گروه آزمایش		گروه کنترل		اثر اصلی	اثر اصلی گروه	اثر متقابل گروه $\times$ زمان		
		قبل مداخله	بعد مداخله	قبل مداخله	بعد مداخله					
فوق خاری (حداکثر انقباض ارادی) - فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۲۶/۸۷ $\pm$ ۷/۰۰	۲۹/۰۰ $\pm$ ۷/۸۶	۲۲/۶۶ $\pm$ ۷/۴۶	۲۴/۶۰ $\pm$ ۶/۴۳	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۶*	۰/۷۰		
	حالت سریع	۲۵/۴۷ $\pm$ ۱۲/۶۸	۳۸/۸۱ $\pm$ ۱۰/۳۲	۳۴/۴۶ $\pm$ ۷/۷۵	۳۶/۸۰ $\pm$ ۱۴/۲۲	۰/۰۳۶*	۰/۰۰۷*	۰/۶۶۳		
فوق خاری (حداکثر انقباض ارادی) - فاز پرتاپ	حالت آهسته	۴۲/۲۷ $\pm$ ۱۱/۵۴	۳۶/۰۷ $\pm$ ۱۰/۴۶	۴۰/۸۶ $\pm$ ۱۶/۳۵	۳۸/۰۰ $\pm$ ۱۲/۲۰	۰/۰۱۰*	۰/۰۰۱*	۰/۳۱۶		
	حالت سریع	۴۷/۸۷ $\pm$ ۱۳/۵۳	۴۱/۲۰ $\pm$ ۱۰/۳۴	۵۲/۲۳ $\pm$ ۱۱/۰۱	۵۰/۲۹ $\pm$ ۱۰/۸۸	۰/۰۰۶*	۰/۰۳۰*	۰/۴۹۶		
راست کننده ستون مهره‌های کمری (حداکثر انقباض ارادی) - فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۳۳/۴۰ $\pm$ ۶/۶۵	۲۱/۵۳ $\pm$ ۶/۲۸	۳۰/۹۲ $\pm$ ۱۴/۲۹	۲۹/۶۶ $\pm$ ۱۳/۲۱	۰/۰۰۹*	۰/۰۱۱*	۰/۸۱۶		
	حالت سریع	۳۳/۸۰ $\pm$ ۱۰/۰۷	۳۰/۱۳ $\pm$ ۹/۱۲	۴۱/۶۴ $\pm$ ۱۱/۹۶	۳۹/۹۴ $\pm$ ۱۲/۹۱	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۱*	۰/۲۱۷		
راست کننده ستون مهره‌های کمری (حداکثر انقباض ارادی) - فاز پرتاپ	حالت آهسته	۴۲/۲۷ $\pm$ ۱۳/۱۴	۳۸/۲۰ $\pm$ ۱۰/۱۲	۴۴/۱۰ $\pm$ ۱۱/۰۰	۴۲/۳۳ $\pm$ ۱۳/۱۶	۰/۰۰۱*	۰/۲۱۷	۰/۹۹۹		
	حالت سریع	۴۸/۰۰ $\pm$ ۱۴/۱۶	۴۱/۶۰ $\pm$ ۱۲/۵۷	۵۳/۳۳ $\pm$ ۱۶/۶۶	۵۱/۴۹ $\pm$ ۱۶/۳۱	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۶*	۰/۴۵۸		
دورزنقه فوقانی (حداکثر انقباض ارادی) - فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۳۴/۴۰ $\pm$ ۸/۵۷	۲۹/۸۷ $\pm$ ۷/۱۵	۳۱/۱۷ $\pm$ ۶/۲۴	۳۲/۲۸ $\pm$ ۸/۵۳	۰/۰۰۱*	۰/۵۳۶	۰/۹۴۴		
	حالت سریع	۳۳/۸۷ $\pm$ ۱۰/۳۰	۳۶/۶۷ $\pm$ ۱۱/۱۵	۴۹/۸۷ $\pm$ ۹/۰۱	۵۱/۴۴ $\pm$ ۹/۷۶	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۱*	۰/۳۲۰		
دورزنقه فوقانی (حداکثر انقباض ارادی) - فاز پرتاپ	حالت آهسته	۴۴/۸۷ $\pm$ ۱۲/۷۳	۳۷/۰۷ $\pm$ ۹/۴۸	۳۸/۸۶ $\pm$ ۱۳/۴۴	۴۰/۳۳ $\pm$ ۱۱/۸۶	۰/۱۱۶	۰/۰۰۱*	۰/۰۶۶		
	حالت سریع	۵۱/۰۷ $\pm$ ۱۵/۱۶	۴۴/۸۰ $\pm$ ۱۲/۷۸	۵۷/۲۰ $\pm$ ۱۲/۸۶	۵۵/۴۰ $\pm$ ۱۵/۹۳	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۱*	۰/۳۲۰b		
دورزنقه میانی (حداکثر انقباض ارادی) - فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۳۱/۲۰ $\pm$ ۷/۷۵	۳۶/۲۰ $\pm$ ۸/۲۰	۲۷/۵۲ $\pm$ ۶/۸۵	۲۹/۹۳ $\pm$ ۸/۹۹	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۴*	۰/۲۸۶		
	حالت سریع	۳۷/۱۳ $\pm$ ۱۲/۲۴	۴۳/۰۷ $\pm$ ۱۰/۳۱	۴۳/۴۰ $\pm$ ۱۲/۴۳	۴۰/۲۶ $\pm$ ۱۲/۵۳	۰/۰۴۳*	۰/۰۰۷*	۰/۴۵۵		
دورزنقه میانی (حداکثر انقباض ارادی) - فاز پرتاپ	حالت آهسته	۴۲/۱۳ $\pm$ ۱۱/۲۴	۴۷/۱۳ $\pm$ ۱۴/۸۷	۳۷/۷۳ $\pm$ ۱۴/۸۴	۳۹/۲۶ $\pm$ ۱۳/۸۳	۰/۰۰۱*	۰/۲۹۵	۰/۷۶۵		
	حالت سریع	۵۰/۴۰ $\pm$ ۱۳/۵۲	۵۵/۹۳ $\pm$ ۱۴/۷۴	۵۵/۴۰ $\pm$ ۱۷/۱۲	۵۳/۶۰ $\pm$ ۱۵/۸۰	۰/۰۰۵*	۰/۰۱۴*	۰/۶۷۹		
پشتی بزرگ (حداکثر انقباض ارادی) - فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۲۹/۴۷ $\pm$ ۷/۰۰	۲۵/۱۳ $\pm$ ۷/۳۳	۳۶/۶۰ $\pm$ ۱۲/۳۹	۳۹/۰۶ $\pm$ ۱۴/۸۱	۰/۰۰۱*	۰/۱۴۰	۰/۹۳۵		
	حالت سریع	۴۱/۲۷ $\pm$ ۱۰/۴۵	۳۷/۷۳ $\pm$ ۹/۵۷	۴۹/۰۶ $\pm$ ۱۲/۹۵	۵۰/۵۳ $\pm$ ۱۳/۴۲	۰/۱۳۸*	۰/۰۰۱*	۰/۴۷۹		
پشتی بزرگ (حداکثر انقباض ارادی) - فاز پرتاپ	حالت آهسته	۳۳/۴۰ $\pm$ ۷/۲۰	۲۰/۸۷ $\pm$ ۷/۴۴	۳۰/۱۳ $\pm$ ۷/۶۷	۲۸/۹۳ $\pm$ ۶/۱۸	۰/۰۰۱*	۰/۱۵۰	۰/۲۰۵		
	حالت سریع	۲۹/۲۰ $\pm$ ۹/۶۹	۲۳/۹۳ $\pm$ ۸/۳۴	۳۳/۰۶ $\pm$ ۱۲/۰۹	۳۶/۵۳ $\pm$ ۱۱/۵۷	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۱*	۰/۰۹۶		
سینه‌ای بزرگ (حداکثر انقباض ارادی) - فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۲۷/۸۰ $\pm$ ۸/۲۲	۲۱/۶۷ $\pm$ ۶/۸۴	۲۵/۴۰ $\pm$ ۶/۳۲	۲۸/۶۰ $\pm$ ۷/۱۲	۰/۰۰۱*	۰/۳۸۹	۰/۶۱۸		
	حالت سریع	۳۹/۹۳ $\pm$ ۸/۹۰	۳۶/۴۰ $\pm$ ۱۰/۳۸	۴۳/۷۳ $\pm$ ۱۱/۶۰	۴۱/۲۰ $\pm$ ۱۰/۸۵	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۹*	۰/۳۷۴		
سینه‌ای بزرگ (حداکثر انقباض ارادی) - فاز پرتاپ	حالت آهسته	۱۳/۰۵ $\pm$ ۴۳/۸۰	۹/۹۵ $\pm$ ۳۶/۷۳	۱۲/۶۱ $\pm$ ۴۵/۴۰	۱۲/۰۰ $\pm$ ۳۴/۲۶	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۴*	۰/۲۶۶		
	حالت سریع	۱۶/۲۱ $\pm$ ۵۱/۷۳	۱۳/۵۹ $\pm$ ۴۴/۴۰	۱۳/۳۹ $\pm$ ۴۹/۶۰	۱۰/۶۶ $\pm$ ۵۲/۱۳	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۱*	۰/۱۶۰		

* $P < 0.05$ اختلاف معناداری، آزمون تعقیبی بونفرونی: a= تفاوت درون گروهی، b= تفاوت بین گروهی

جدول ۴. نتایج کینماتیک اندام فوقانی حین پرتاپ توپ قبل و بعد مداخله در ۲ گروه کنترل و آزمایش

متغیر	حالت پرتاپ	میانگین $\pm$ انحراف معیار دامنه حرکتی (درجه)				سطح معناداری	
		گروه آزمایش		گروه کنترل		اثر اصلی گروه	اثر متقابل گروه $\times$ زمان
		قبل مداخله	بعد مداخله	قبل مداخله	بعد مداخله		
فلکشن شانه (درجه) فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۱۸/۸۴ $\pm$ ۳/۶۱	۲۰/۳۴ $\pm$ ۴/۷۷	۱۶/۹۰ $\pm$ ۲/۶۰	۱۷/۳۶ $\pm$ ۳/۰۸	۰/۰۰۱ ^a	۰/۶۷۴
	حالت سریع	۲۵/۳۳ $\pm$ ۵/۴۶	۲۷/۰۵ $\pm$ ۷/۰۴	۲۶/۴۲ $\pm$ ۶/۷۵	۲۶/۷۶ $\pm$ ۵/۲۲	۰/۰۰۸ ^a	۰/۵۳۸
فلکشن شانه (درجه) فاز پرتاپ	حالت آهسته	۵۲/۸۱ $\pm$ ۹/۳۳	۵۷/۱۵ $\pm$ ۱۰/۶۷	۵۱/۵۹ $\pm$ ۸/۶۳	۵۲/۴۵ $\pm$ ۸/۶۳	۰/۰۰۱ ^a	۰/۸۶۴
	حالت سریع	۶۰/۷۵ $\pm$ ۹/۷۱	۶۶/۲۸ $\pm$ ۱۰/۷۳	۵۷/۶۳ $\pm$ ۱۰/۷۰	۵۶/۲۸ $\pm$ ۱۱/۱۱	۰/۰۰۱ ^a	۰/۸۵۰
فوروارد فلکشن شانه (درجه) فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۳۹/۴۷ $\pm$ ۸/۱۱	۴۳/۰۶ $\pm$ ۶/۷۰	۳۶/۸۱ $\pm$ ۷/۰۲	۳۸/۲۲ $\pm$ ۸/۱۶	۰/۰۰۱ ^a	۰/۵۵۵
	حالت سریع	۴۳/۴۸ $\pm$ ۱۰/۳۸	۵۲/۷۳ $\pm$ ۱۱/۴۶	۴۰/۷۲ $\pm$ ۷/۹۱	۴۱/۹۸ $\pm$ ۸/۰۴	۰/۰۰۱ ^a	۰/۷۱۹
فوروارد فلکشن شانه (درجه) فاز پرتاپ	حالت آهسته	۲۱/۸۵ $\pm$ ۵/۰۶	۲۳/۳۱ $\pm$ ۵/۲۸	۲۰/۷۱ $\pm$ ۵/۵۱	۲۱/۵۷ $\pm$ ۵/۸۰	۰/۰۰۱ ^a	۰/۵۴۵
	حالت سریع	۱۷/۷۷ $\pm$ ۵/۸۳	۱۳/۷۸ $\pm$ ۴/۲۶	۱۶/۰۴ $\pm$ ۱۱/۴۷	۱۸/۵۷ $\pm$ ۶/۲۶	۰/۳۲۸	۰/۲۵۶
اینترنال روتیشن شانه (درجه) فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۴/۰۹ $\pm$ ۱/۱۶	۳/۹۲ $\pm$ ۱/۰۰	۴/۰۵ $\pm$ ۱/۴۵	۴/۰۰ $\pm$ ۱/۵۴	۰/۰۰۱ ^a	۰/۹۴۶
	حالت سریع	۴/۳۹ $\pm$ ۱/۰۷	۳/۹۷ $\pm$ ۱/۲۸	۴/۳۷ $\pm$ ۱/۰۰	۴/۲۵ $\pm$ ۱/۹۶	۰/۰۰۱ ^a	۰/۶۹۵
اینترنال روتیشن شانه (درجه) فاز پرتاپ	حالت آهسته	۸/۲۷ $\pm$ ۲/۱۱	۷/۶۱ $\pm$ ۱/۸۳	۹/۲۱ $\pm$ ۲/۳۹	۷/۷۸ $\pm$ ۲/۱۸	۰/۰۰۱ ^a	۰/۹۹۰
	حالت سریع	۱۰/۵۱ $\pm$ ۲/۷۱	۹/۹۳ $\pm$ ۲/۳۰	۱۱/۱۹ $\pm$ ۲/۲۸	۱۱/۰۹ $\pm$ ۲/۱۸	۰/۰۰۱ ^a	۰/۳۴۵
اکسترنال روتیشن شانه (درجه) فاز آمادگی پرتاپ	حالت آهسته	۱۲/۸۹ $\pm$ ۳/۲۸	۱۶/۲۵ $\pm$ ۳/۴۸	۱۳/۴۶ $\pm$ ۲/۷۳	۱۲/۲۸ $\pm$ ۲/۹۸	۰/۰۰۱ ^a	۰/۵۲۱
	حالت سریع	۱۶/۳۰ $\pm$ ۴/۴۶	۲۱/۸۴ $\pm$ ۵/۱۲	۱۷/۵۱ $\pm$ ۳/۹۵	۱۶/۶۷ $\pm$ ۳/۹۴	۰/۰۰۱ ^a	۰/۸۶۹
اکسترنال روتیشن شانه (درجه) فاز پرتاپ	حالت آهسته	۲/۷۹ $\pm$ ۰/۷۷	۳/۰۲ $\pm$ ۰/۹۴	۲/۸۸ $\pm$ ۰/۷۹	۲/۹۲ $\pm$ ۰/۹۰	۰/۵۵	۰/۷۶
	حالت سریع	۳/۱۳ $\pm$ ۰/۹۲	۳/۳۳ $\pm$ ۱/۰۰	۳/۰۸ $\pm$ ۰/۸۷	۳/۰۵ $\pm$ ۰/۹۵	۰/۵۴	۰/۶۶
آبداکشن شانه (درجه) فاز آمادگی	حالت آهسته	۳۹/۸۷ $\pm$ ۷/۴۸	۴۶/۲۱ $\pm$ ۸/۴۶	۳۶/۶۲ $\pm$ ۷/۱۱	۳۷/۲۲ $\pm$ ۶/۴۹	۰/۰۰۵ ^b	۰/۰۰۵ ^b
	حالت سریع	۴۴/۱۷ $\pm$ ۹/۷۱	۵۰/۰۶ $\pm$ ۱۱/۰۳	۴۳/۱۰ $\pm$ ۹/۷۶	۴۲/۳۴ $\pm$ ۹/۷۵	۰/۰۱۱ ^a	۰/۰۳۷ ^b
آبداکشن شانه (درجه) فاز پرتاپ	حالت آهسته	۲۳/۴۷ $\pm$ ۶/۷۳	۲۰/۹۵ $\pm$ ۵/۳۸	۲۳/۵۲ $\pm$ ۶/۴۱	۲۴/۶۱ $\pm$ ۶/۲۸	۰/۰۰۱ ^a	۰/۱۱۰
	حالت سریع	۱۷/۳۶ $\pm$ ۴/۵۴	۱۷/۳۴ $\pm$ ۵/۴۲	۱۵/۴۷ $\pm$ ۲/۴۳	۱۶/۷۲ $\pm$ ۳/۳۹	۰/۶۵	۰/۷۴

 $P < 0.05$ اختلاف معناداری، آزمون تعقیبی یونفرونی: $a =$ تفاوت درون گروهی، $b =$ تفاوت بین گروهی

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر تمرینات اصلاحی بر پوسچر، فعالیت عضلانی و کینماتیک شانه در هندبالیست‌های مرد دارای سندرم متقاطع فوقانی بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرینات اصلاحی جامع در مقایسه با گروه کنترل در بهبود الگوی فعالیت عضلانی و کینماتیک اندام فوقانی و پوسچر افراد با سندرم متقاطع فوقانی تأثیر معنی‌داری داشته است.

باتوجه به اینکه در افراد با سندرم متقاطع فوقانی اینترنال روتیشن شانه مشاهده می‌شود، نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات اصلاحی می‌تواند یک روش مؤثر جهت کاهش اینترنال روتیشن شانه باشد. نتایج مطالعه حاضر با بسیاری از مطالعات مشابه مبنی بر اثر تمرینات اصلاحی بر بهبود کینماتیک اندام فوقانی مطابقت دارد [۴۰]. از جمله دلایل کاهش چرخش داخلی شانه می‌تواند کاهش فعالیت عضله تراپزیوس باشد. به عبارت دیگر در افراد با ناهنجاری سر به جلو در حین فعالیت فلکشن شانه، چرخش داخلی شانه بیشتر اتفاق می‌افتد [۴۱] که با نرمال شدن فعالیت عضله دوزنقه فوقانی و دندان‌های قدامی، چرخش داخلی شانه کاهش می‌یابد [۲۹]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات اصلاحی می‌تواند یک روش مؤثر جهت بهبود دامنه حرکتی آبداکشن و آداکشن بازو باشد که این موضوع در مطالعات مختلف حمایت شده است [۴۲، ۴۳]. به علاوه تغییرات دامنه حرکتی آبداکشن و آداکشن بازو که در این مطالعه اتفاق افتاده است می‌تواند ناشی از نرمال شدن الگوی فعالیت عضلات تراپزیوس فوقانی و تراپزیوس میانی باشد که به دنبال این تغییرات در فعالیت عضلات، افزایش چرخش بالایی، چرخش خارجی و تیلت خلفی کتف در حین الویشن شانه اتفاق می‌افتد که این موارد می‌تواند بر تغییرات آبداکشن و آداکشن بازو مؤثر باشد [۴۴]. این موضوع در تحقیقات گذشته حمایت شده است [۴۵]. نتایج مطالعه حاضر حاکی از کاهش فعالیت عضله پشتی بزرگ و نشان‌دهنده تغییرات چرخش داخلی بازو است که این موضوع در مطالعات گذشته حمایت شده است [۴۶].

نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات اصلاحی می‌تواند بر بهبود الگوی نرمال فعالیت عضلات، دوزنقه فوقانی و میانی، فوق خاری، سینه‌ای کوچک، پشتی بزرگ و ارکتور اسپاینه مؤثر باشد که این موضوع در مطالعات گذشته حمایت شده است [۴۴-۴۷]. در واقع الگوی نرمال فعالیت عضلات دوزنقه میانی و فوقانی همراه با دندان‌های قدامی نقش مهمی در کینماتیک شانه دارند [۴۵]. مطالعات متعددی به اهمیت فعالیت نرمال عضلات بخش فوقانی و تحتانی تراپزیوس، سراتوس آنتریور، اسکاپولوتوراسیک، و الگوی نرمال کتف و شانه جهت پیشگیری از آسیب در هنگام پرتاب در ورزشکاران که فعالیت‌های بالای سر را انجام می‌دهند، اشاره کرده‌اند [۴۷]. به‌طور کلی این‌طور به نظر می‌رسد که تمرینات استفاده‌شده در این مطالعه برای شرکت‌کنندگان مبتلا

همچنین براساس این آزمون آماری فقط تفاوت معناداری در اثر اصلی گروه و همچنین آزمون تعقیبی بونفرونی در متغیرهای عضلات فوق خاری در اثر اصلی زمان و گروه (فاز آمادگی و پرتاب در ۲ حالت پرتاب آهسته و سریع)، $(P=0/05)$ ، راست‌کننده ستون مهره‌های کمری در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی-حالت آهسته، فاز پرتاب-حالت آهسته و سریع پرتاب) و در اثر اصلی گروه (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع پرتاب و فاز پرتاب-حالت سریع پرتاب) $(P=0/05)$ ، دوزنقه فوقانی در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع و فاز پرتاب-حالت سریع پرتاب) و در اثر اصلی گروه (فاز آمادگی-حالت سریع پرتاب و فاز پرتاب-حالت سریع پرتاب) $(P=0/05)$ ، دوزنقه میانی در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی و پرتاب-حالت آهسته و سریع) و در اثر اصلی گروه (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع و فاز پرتاب-حالت سریع پرتاب) $(P=0/05)$ ، پشتی بزرگ در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی و پرتاب-حالت آهسته و سریع) و در اثر اصلی گروه (فاز آمادگی-حالت سریع و فاز پرتاب-حالت سریع پرتاب) $(P=0/05)$ ، سینه‌ای بزرگ در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع و فاز پرتاب-حالت آهسته) و در اثر اصلی گروه (فاز آمادگی-حالت سریع و فاز پرتاب-حالت آهسته و سریع) $(P=0/05)$ مشاهده شد (جدول شماره ۳).

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های کینماتیکی براساس آزمون آماری آنووا دوطرفه حاکی از عدم تفاوت معناداری در اثر متقابل گروه و زمان، در تمام متغیرهای مورد ارزیابی بود و تنها در متغیر آبداکشن شانه (درجه) (در فاز آمادگی-حالت پرتاب آهسته و سریع)، تفاوت معناداری مشاهده شد $(P<0/05)$. همچنین براساس این آزمون آماری فقط تفاوت معناداری در اثر اصلی گروه و همچنین آزمون تعقیبی بونفرونی در متغیرهای فلکشن شانه (درجه)، در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی و پرتاب-حالت آهسته و سریع) و در اثر اصلی گروه (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع) $(P=0/05)$ ، فوروارد فلکشن شانه (درجه)، در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع و فاز پرتاب-حالت آهسته) و در اثر اصلی گروه (فاز پرتاب-حالت سریع) $(P=0/05)$ ، اینترنال روتیشن شانه (درجه)، در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی و پرتاب-حالت آهسته و سریع)، $(P=0/05)$ ، اکسترنال روتیشن شانه (درجه)، در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع)، $(P=0/05)$ ، آبداکشن شانه (درجه)، در اثر اصلی زمان (فاز آمادگی-حالت آهسته و سریع و فاز پرتاب-حالت آهسته) و در اثر متقابل گروه و زمان (فاز آمادگی-حالت آهسته)، $(P=0/05)$ ، مشاهده شد $(P<0/05)$ که این نشان‌دهنده تغییرات معنادار گروه تمرینات اصلاحی جامع نسبت به گروه کنترل در این متغیرها بود $(P<0/05)$. در دیگر متغیرها در اثر اصلی گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد $(P<0/05)$ (جدول شماره ۴).

بازو همراه با چرخش خارجی بازو و تمرین به شکل ۷ و ۱ برای افزایش فعالیت دوزنقه میانی و دوزنقه تحتانی و کاهش فعالیت عضله دوزنقه فوقانی استفاده کردیم [۵۰]. همچنین پروتکل تمرینی استفاده شده در این پژوهش برای کشش عضلات قدامی شانه و تقویت عضلات خلفی شانه به کار برده شد که این موضوع می تواند بر پوسچر سر به جلو و شانه گرد مؤثر باشد. همچنین تقویت عضلات ثبات پذیرنده کتف و کشش عضله سینه ای بزرگ و کوچک در کاهش زوایای سر به جلو و شانه گرد مؤثر است [۵۱].

براساس نتایج مطالعه حاضر، مداخله تمرینات اصلاحی جامع نیز می تواند به عنوان یک روش مؤثر جهت کاهش ریسک آسیب های اندام فوقانی حین پرتاب توپ در ورزش های بالای سر باشد. همچنین این تمرینات می تواند بر کاهش زوایای ناهنجاری سندرم متقاطع فوقانی مؤثر باشد. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق گویای این بود که در افراد با سندرم متقاطع فوقانی حین پرتاب توپ، به علت تغییرات بیومکانیکی در شانه و کتف و به تبع آن تغییرات الگوی فعالیت عضلات، مستعد آسیب است که با تغییرات الگوی فعالیت عضلات و تغییرات دامنه حرکتی شانه به دنبال تمرینات اصلاحی جامع، این موضوع می تواند از آسیب پذیر بودن اندام فوقانی در هنگام پرتاب توپ در هندبال جلوگیری کند.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد مداخله تمرینی، شامل تمرینات اصلاحی جامع که بر پوسچر، شاخص های کینماتیکی شانه و بهبود الگوی نرمال عضلات کتف و شانه تمرکز می کرد، احتمالاً باعث بهبود پوسچر، کینماتیک اندام فوقانی و بهبود الگوی نرمال عضلات در افراد دارای سندرم متقاطع فوقانی در هنگام پرتاب توپ هندبال می شود.

پیشنهاد می شود در مطالعات آینده به بررسی فعالیت عضلات دندان قدامی و دوزنقه تحتانی و تحت خاری هنگام پرتاب توپ هندبال قبل و بعد از تمرینات اصلاحی بپردازند. به علاوه چرخش تنه و نیز نیروهای وارد شده به بدن نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مقایسه دیگر روش های درمانی در ترکیب با تمرینات اصلاحی جامع بر روی افراد با سندرم متقاطع فوقانی توصیه می شود.

محدودیت های مطالعه حاضر عدم بررسی فعالیت الکترومیوگرافی عضلات سینه کوچک، جناغی چنبری پستانی، گوشه ای، متوازی الاضلاع، دندان قدامی بود. به علاوه از محدودیت های دیگر مطالعه حاضر، عدم بررسی تغییرات کتف و تغییرات رشدی در آزمودنی ها بود.

به سندرم متقاطع فوقانی که به دلیل اختلال در موقعیت یابی کتف و شانه دچار تغییرات در کینماتیک شانه و فعالیت عضلات شده بودند از طریق مکانیسم اصلاح رابطه طول و تنش عضلات عمل کننده بر موقعیت یابی و ثبات کتف موجب کاهش تنش عضلات در مجموعه کتف و بازو شده است و همچنین بهبود الگوی نرمال فعالیت عضلاتی کتف و مفصل شانه به کاهش فشار بیش از حد در هنگام پرتاب روی مفاصل شانه و کتف و عضلات منجر می شود [۴۸]. از سویی دیگر تمرینات استفاده شده احتمالاً تأثیراتی نظیر بهبود موقعیت و افزایش ثبات کتف و شانه به دلیل افزایش فعالیت عضلات تثبیت کننده و همچنین تقویت و بهبود فراخوانی عضلات تنه به منظور بازگشت زوج نیروی طبیعی در مجموعه عضلات کتف را به دنبال داشته و از طریق این مکانیسم در بهبود کینماتیک شانه مؤثر بوده است [۴۳].

الگوی نرمال فعالیت عضلات دوزنقه میانی و فوقانی همراه با دندان قدامی نقش مهمی در کینماتیک شانه دارند [۴۲]. با توجه به اینکه در افراد با سندرم متقاطع فوقانی تغییرات سر و شانه و ستون فقرات اتفاق می افتد [۱۳]، ضعف در عضلات [۱۳] (کوتاهی عضلات سینه ای کوچک و بزرگ، تراپزیوس فوقانی، بالابرنده کتف، جناغی چنبری پستانی و ضعف عضلات متوازی الاضلاع، تراپزیوس میانی و تحتانی، دندان قدامی و فلکسورهای عمقی گردن) و تغییر در بیومکانیک مفصل گلنومرال و کتف [۱۴] نیز اتفاق می افتد. این تغییرات در حین پرتاب استرس طولانی را روی شانه و کتف [۱۵] ایجاد می کند و سبب برخی ها آسیب ها، مانند ایمپینجمنت شانه، گیرافتادگی عصب و سندرم خروجی قفسه سینه [۱۶] می شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات اصلاحی می تواند بر فعالیت عضلات اندام فوقانی در هندبالست های دارای سندرم متقاطع فوقانی مؤثر باشد.

از دیگر نتایج این مطالعه تأثیر تمرینات اصلاحی بر پوسچر در هندبالست های دارای سندرم متقاطع فوقانی بود. نتایج مطالعه حاضر با بسیاری از مطالعات مشابه مبنی بر تأثیر تمرینات اصلاحی بر پوسچر مطابقت دارد [۳۸، ۴۹]. در این تحقیق برای اصلاح عارضه زوایای شانه به جلو، سر به جلو و کایفوز، از تمرینات کششی عضلات سینه ای، ساختارهای خلفی شانه و تمرینات تقویتی عضلات ریتراکتور کتف، دندان قدامی، چرخش دهنده های بازو، کشش عضلات بالابرنده کتف و تقویت فلکسورهای عمقی گردن، تقویت عضلات اکستنسور ستون فقرات سینه ای و کشش ساختارهای قدامی استفاده شد [۳۸]. در این پژوهش برای عضلات روتی تور کاف که نقش مهمی در ثبات پذیری داینامیک مفصل شانه دارند، ما ۲ تمرین خوابیدن به پهلو و چرخش خارجی بازو و خوابیدن به وضعیت دمر و آبداکشن افقی بازو همراه با چرخش خارجی بازو را انتخاب کردیم [۵۰]. همچنین ۲ تمرین خوابیدن به وضعیت دمر و آبداکشن افقی

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.SSRI.REC.1399.922 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری تخصصی رشته آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی آقای عین اله سکینه پور در گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی دانشگاه خوارزمی است. این پژوهش هیچ گونه کمک مالی از سازمانی های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمام شرکت کنندگان و کسانی که در انجام این تحقیق ما را یاری کردند تشکر و قدردانی می شود.

References

- [1] Claus AP, Hides JA, Moseley GL, Hodges PW. Thoracic and lumbar posture behaviour in sitting tasks and standing: Progressing the biomechanics from observations to measurements. *Applied Ergonomics*. 2016; 47(3): Pt A:161-8. [DOI:10.1016/j.apergo.2015.09.006] [PMID]
- [2] Yoo WG, Park SY. Effects of posture-related auditory cueing (PAC) program on muscles activities and kinematics of the neck and trunk during computer work. *Work*. 2015; 50(2):187-91. [DOI:10.3233/WOR-131738] [PMID]
- [3] Grabara M, Pstrągowska D. Estimation of the body posture in girls and boys related to their body mass index (BMI). *Polish Journal of Sports Medicine*. 2008; 24(4):231-9. [Link]
- [4] Muyor JM, Casimiro AJ, Lopez-Minarro PA, Alacid F. Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in cyclists: A comparison between two master cyclist categories. *International SportMed Journal*. 2012; 13(3):122-32. [Link]
- [5] Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Physical Therapy*. 2000; 80(3):276-91. [DOI:10.1093/ptj/80.3.276] [PMID]
- [6] Grabara M. Comparison of posture among adolescent male volleyball players and non-athletes. *Biology of Sport*. 2015; 32(1):79-85. [Link]
- [7] Malina RM. Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exercise and Sports Sciences Reviews*. 1994; 22(1):280-4. [DOI:10.1249/00003677-199401000-00012]
- [8] Grabara M. Analysis of body posture between young football players and their untrained peers. *Human Movement*. 2012; 13(2):120-6. [DOI:10.2478/v10038-012-0012-7]
- [9] Lemos A, Simão R, Miranda F, Novaes J. Influência aguda de uma aula de mini-trampolim no agachamento. *Fitness & Performance Journal*. 2007; 6(2):76-81. [Link]
- [10] Grabara M. A comparison of the posture between young female handball players and non-training peers. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2014; 27(1):85-92. [DOI:10.3233/BMR-130423] [PMID]
- [11] Riek LM, Ludewig PM, Nawoczenski DA. Comparative shoulder kinematics during free standing, standing depression lifts and daily functional activities in persons with paraplegia: Considerations for shoulder health. *Spinal Cord*. 2008; 46(5):335-43. [DOI:10.1038/sj.sc.3102140] [PMID]
- [12] Page P. Shoulder muscle imbalance and subacromial impingement syndrome in overhead athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2011; 6(1):51-8. [PMID]
- [13] Morris CE, Bonnefin D, Darville C. The torsional upper crossed syndrome: A multi-planar update to Janda's model, with a case series introduction of the mid-pectoral fascial lesion as an associated etiological factor. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2015; 19(4):681-9. [DOI:10.1016/j.jbmt.2015.08.008] [PMID]
- [14] Seidi F. [The effect of a 12-week corrective exercises program on Forward head and shoulder deformities (Persian)]. *Studies in Sport Medicine*. 2014; 5(14):31-44. [Link]
- [15] Oatis CA. *Kinesiology: The mechanics and pathomechanics of human movement*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004. [Link]
- [16] Szeto GP, Straker L, Raine S. A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers. *Applied Ergonomics*. 2002; 33(1):75-84. [DOI:10.1016/S0003-6870(01)00043-6] [PMID]
- [17] Glousman R. Electromyographic analysis and its role in the athletic shoulder. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1993; (288):27-34. [PMID]
- [18] Kibler WB. *Shoulder rehabilitation: Principles and practice*. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1998; 30(4 Suppl):S40-50. [DOI:10.1097/00005768-199804001-00007] [PMID]
- [19] Lynch S, Thigpen C, Mihalik J, Prentice W, Padua D. The effects of an exercise intervention on forward head and rounded shoulder postures in elite swimmers. *British Journal of Sports Medicine*. 2010; 44(5):376-81. [DOI:10.1136/bjsm.2009.066837]
- [20] Holtermann A, Mork PJ, Andersen LL, Olsen HB, Sogaard K. The use of EMG biofeedback for learning of selective activation of intra-muscular parts within the serratus anterior muscle: A novel approach for rehabilitation of scapular muscle imbalance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010; 20(2):359-65. [DOI:10.1016/j.jelekin.2009.02.009] [PMID]
- [21] Vickers NJ. Animal communication: When I'm calling you, will you answer too? *Current Biology*. 2017; 27(14):R713-5. [DOI:10.1016/j.cub.2017.05.064] [PMID]
- [22] Glousman R, Jobe F, Tibone J, Moynes D, Antonelli D, Perry J. Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *The Journal of Bone And Joint Surgery. American Volume*. 1988; 70(2):220-6. [DOI:10.2106/00004623-198870020-00009] [PMID]
- [23] Bae WS, Lee HO, Shin JW, Lee KC. The effect of middle and lower trapezius strength exercises and levator scapulae and upper trapezius stretching exercises in upper crossed syndrome. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28(5):1636-9. [DOI:10.1589/jpts.28.1636] [PMID]
- [24] Hhajihsosseini E, Norasteh A, Shamsi A, Daneshmandi H. [The comparison of effect of three programs of strengthening, stretching and comprehensive on upper crossed syndrome (Persian)]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2015; 11(1):51-61. [Link]
- [25] Hamill J, van Emmerik RE, Heiderscheit BC, Li L. A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. *Clinical Biomechanics*. 1999; 14(5):297-308. [DOI:10.1016/S0268-0033(98)90092-4] [PMID]
- [26] Davids K, Glazier P, Araújo D, Bartlett R. Movement systems as dynamical systems: The functional role of variability and its implications for sports medicine. *Sports Medicine*. 2003; 33(4):245-60. [PMID]

- [27] Janda V. On the concept of postural muscles and posture in man. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1983; 29(3):83-4. [DOI:10.1016/S0004-9514(14)60665-6] [PMID]
- [28] Page P. Sensorimotor training: A "global" approach for balance training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2006; 10(1):77-84. [DOI:10.1016/j.jbmt.2005.04.006]
- [29] Aresta M, Dibenedetto A, Quaranta E. State of the art and perspectives in catalytic processes for CO₂ conversion into chemicals and fuels: The distinctive contribution of chemical catalysis and biotechnology. *Journal of Catalysis*. 2016; 343:2-45. [DOI:10.1016/j.jcat.2016.04.003]
- [30] Seidi F, Rajabi R, Ebrahimi E, Alizadeh MH, Daneshmandi H. [The effect of a 10-week selected corrective exercise program on postural thoracic kyphosis deformity (Persian)]. *Sport Sciences and Health Research*. 2013; 5(1):5-22. [DOI:10.22059/JSMED.2013.32159]
- [31] Dingenen B, Malfait B, Vanrenterghem J, Robinson MA, Verschueren SM, Staes FF. Can two-dimensional measured peak sagittal plane excursions during drop vertical jumps help identify three-dimensional measured joint moments? *The Knee*. 2015; 22(2):73-9. [DOI:10.1016/j.knee.2014.12.006] [PMID]
- [32] Hiradhimma M, Kadota H, Sakurai Sh, kudo K, Ohtsuk T. Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overhead throwing. *Journal of Sports Sciences*. 2002; 20(4):301- 10. [Link]
- [33] Ribeiro DC, de Castro MP, Sole G, Vicenzino B. The initial effects of sustained glenohumeral postero-lateral glide on shoulder muscle activity: A repeated measures study on asymptomatic shoulders. *Manual Therapy*. 2016; 22:101-8. [DOI:10.1016/j.math.2015.10.014]
- [34] Hatefi M, Hadadnejad M, Shojaedin SS, Babakhani F, Khaleghi Tazji M. [Comparison of the effect of kinesio taping and real-time external feedback on lower extremity function during single-leg squat in individuals with tibiofemoral varus alignment (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021. [Link]
- [35] Duffell LD, Hope N, McGregor AH. Comparison of kinematic and kinetic parameters calculated using a cluster-based model and Vicon's plug-in gait. *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of Engineering in Medicine*. 2014, 228(2):206-10. [DOI:10.1177/0954411913518747] [PMID]
- [36] Zonnor Z, Farahpour N, Jafarnezhadgero A. [Identification of the shoulder muscle's rhythm in slow and fast handball throwing in individuals with and without shoulder impingement (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018; 7(3):69-78. [Link]
- [37] Heydarian M, Babakhani F, Hatefi M, Balouchi R, Mohammadian M. Effects of a band loop on muscle activity and dynamic knee valgus during pedaling. *Gait & Posture*. 2020; 82:301-5. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2020.09.021] [PMID]
- [38] Bayattork M, Seidi F, Minoonejad H, Andersen LL, Page P. The effectiveness of a comprehensive corrective exercises program and subsequent detraining on alignment, muscle activation, and movement pattern in men with upper crossed syndrome: Protocol for a parallel-group randomized controlled trial. *Trials*. 2020; 21(1):255. [DOI:10.1186/s13063-020-4159-9] [PMID]
- [39] Ruivo R, Carita A, Pezarat-Correia P. The effects of training and detraining after an 8 month resistance and stretching training program on forward head and protracted shoulder postures in adolescents: Randomised controlled study. *Manual Therapy*. 2016; 21:76-82. [DOI:10.1016/j.math.2015.05.001] [PMID]
- [40] Kuhkamar MMZ, Hadadnezhad M, Tazji MK. [The effect of eight weeks' scapular focused training on pain, proprioception, scapular kinematics and upper extremity performance in male volleyball players with shoulder impingement syndrome: a randomized clinical trial study (Persian)]. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences*. 2020; 42(4):466-75. [DOI:10.34172/mj.2020.069]
- [41] Hrysomallis C, Goodman C. A review of resistance exercise and posture realignment. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2001; 15(3):385-90. [DOI:10.1519/00124278-200108000-00022] [PMID]
- [42] Roy JS, Moffet H, Hébert LJ, Lirette R. Effect of motor control and strengthening exercises on shoulder function in persons with impingement syndrome: A single-subject study design. *Manual Therapy*. 2009; 14(2):180-8. [DOI:10.1016/j.math.2008.01.010] [PMID]
- [43] Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Vanderstraeten GG, Cambier DC. Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. *British Journal of Sports Medicine*. 2004; 38(1):64-8. [DOI:10.1136/bjmsm.2003.004952] [PMID]
- [44] Dillman CJ, Murray TA, Hintermeister RA. Biomechanical differences of open and closed chain exercises with respect to the shoulder. *Journal of Sport Rehabilitation*. 1994; 3(3):228-38. [DOI:10.1123/jsr.3.3.228]
- [45] Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: Foundations for rehabilitation*. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2016. [Link]
- [46] Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, Lang CE. A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006; 36(12):903-10. [DOI:10.2519/jospt.2006.2306] [PMID]
- [47] Shiravi S, Letafatkar A, Bertozzi L, Pillastrini P, Khaleghi Tazji M. Efficacy of abdominal control feedback and scapula stabilization exercises in participants with forward head, round shoulder postures and neck movement impairment. *Sports Health*. 2019; 11(3):272-9. [DOI:10.1177/1941738119835223] [PMID]
- [48] Cole AK, McGrath ML, Harrington SE, Padua DA, Rucinski TJ, Prentice WE. Scapular bracing and alteration of posture and muscle activity in overhead athletes with poor posture. *Journal of Athletic Training*. 2013; 48(1):12-24. [DOI:10.4085/1062-6050-48.1.13] [PMID]
- [49] Kluemper M, Uhl T, Hazelrigg H. Effect of stretching and strengthening shoulder muscles on forward shoulder posture in competitive swimmers. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2006; 15(1):58-70. [DOI:10.1123/jsr.15.1.58]

[50] Wilk KE, Meister K, Andrews JR. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing The American Journal of Sports Medicine. 2002; 30(1):136-51. [DOI:10.1177/03635465020300011201] [PMID]

[51] Fathollahnejad K, Letafatkar A, Hadadnezhad M. The effect of manual therapy and stabilizing exercises on forward head and rounded shoulder postures: A six-week intervention with a one-month follow-up study. BMC Musculoskeletal Disorders. 2019; 20(1):86. [DOI:10.1186/s12891-019-2438-y] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank