

## Research Paper: Designing and Evaluating the Validity and Reliability of the Biofeedback Tool for Healthy People With Postural Kyphosis



Shayesteh MohammadZadeh<sup>1</sup>, \*Amir Salar Jafarpisheh<sup>1</sup>, Hamid Reza Mokhtarinia<sup>1</sup>, Reza Oskouezadeh<sup>1</sup>, Mehdi Norouzi<sup>2</sup>

1. Department of Ergonomics, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.

2. Social Determinants of Health Research Center, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.



**Citation** MohammadZadeh Sh, Jafarpisheh AS, Mokhtarinia HR, Oskouezadeh R, Norouzi M. [Designing and Evaluating the Validity and Reliability of the Biofeedback Tool for Healthy People With Postural Kyphosis (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2019; 19(4):340-353. <http://dx.doi.org/10.32598/rj.19.4.340>

<http://dx.doi.org/10.32598/rj.19.4.340>



Received: 20 Mar 2018

Accepted: 13 Aug 2018

Available Online: 01 Jan 2019

### ABSTRACT

**Objective** Kyphosis is one of the common abnormalities of the spine. However, correct preservation of the posture can play an important role in preventing and treating kyphosis. Biofeedback systems are among the methods used to prevent postural dysfunction. This study aimed to design a biofeedback tool to prevent kyphosis and evaluated reliability and validity of this tool.

**Materials & Methods** total of 17 students aged between 18 and 30 years participated in the study as inappropriately. In this study, a flexible ruler was used as a golden standard to measure the kyphosis. First, a microcontroller-based kyphosis control biofeedback device was designed using a flexural sensor. This device consists of a vibration generator that activates when microcontroller detects a kyphotic situation. In other words, by changing the physical condition, the flexural sensor resistance used in the smart biofeedback tool changes accordingly and the data collected by the flexural sensor are converted into a voltage variation with a simple resistance circuit. The output of the flexural sensor is input to the microcontroller so that as soon as the microcontroller detects an incorrect physical condition, it sends a control signal (based on the predefined threshold for the microcontroller) in a vibration feedback. If the curvature value is more than the threshold and lasts for at least 30 seconds, it will alert the user with vibration feedback. Vibration alert continues as long as the user is in the kyphotic situation and stops as soon as the user leaves the kyphotic situation and returns to the natural state. After installing the designed biofeedback tool on the target area of the body, the tool error is evaluated by counting the number of warnings in the normal state and lack of warning in the kyphotic condition. In addition, to check the repeatability of the biofeedback tool, measurements were made in two neutral conditions and a tissue for each situation twice, with a distance of 2 hours. In this research, the tool validity was measured by Kappa coefficient based on sensitivity, specificity, and reliability.

**Results** Correction of the physical condition is an effective technique used to reduce mechanical stress on the neck and shoulders by taking a natural state of the body. Wearable technology is a way to achieve this objective by continuously monitoring the physical condition of the person and giving him or her the needed feedback when the person's physical condition deviates from normal condition. In this research, a wearable tool was designed that people can use it very easily. Therefore, it can be used as a useful, simple, and non-invasive tool for clinical evaluation and measurement of kyphotic postural information. With further development of data recordings and feedback mechanisms, this system can be transformed into a portable tracking and posturing system to educate patients with spine deviations. This system is an inexpensive user-friendly device.

\* Corresponding Author:

Amir Salar Jafarpisheh, PhD.

Address: Department of Ergonomics, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 3107341

E-Mail: [am.jafarpisheh@uswr.ac.ir](mailto:am.jafarpisheh@uswr.ac.ir)

**Keywords:**

Spine, Kyphosis,  
Biofeedback tool,  
Reliability, Validity

The results showed that the sensitivity of the designed biofeedback tool was 17.64% and its property was 100%. The kappa index was calculated at 100% for both neutral states, but in the first one, 17.64% was measured in the first load and 12% in the second time. Regarding the repeatability of the biofeedback tool, the studies showed that the results of the first and second times did not differ significantly.

**Conclusion** To the results, the biofeedback tool has sufficient validity in the neutral state, but it was not sufficient in the paper situation. In other words, the designed biofeedback device does not correctly diagnose the physical condition of the body in accordance with the golden standard (flexible ruler). In this regard, further consideration should be given to address its deficiencies. In addition, Kappa index values showed that the biofeedback tool was not well-suited to the kyphotic condition. However, this tool has a great deal of reliability at the time.

---

This Page Intentionally Left Blank

---

## طراحی و ارزیابی رویی و پایایی ابزار بیوفیدبک برای افراد سالم در معرض کیفوز پوسچرال

شایسته محمدزاده<sup>۱</sup>، \* امیرسالار جعفرپیشه<sup>۱</sup>، حمیدرضا مختاری نیا<sup>۱</sup>، رضا اسکوتی زاده<sup>۱</sup>، مهدی نوروزی<sup>۲</sup>

۱- گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

۲- مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

## حکیده

تاریخ دریافت: ۲۹ اسفند ۱۳۹۶

تاریخ پذیرش: ۲۲ مرداد ۱۳۹۷

تاریخ انتشار: ۱۱ دی ۱۳۹۷

**هدف** کیفوز وضعیتی، یکی از ناهنجاری‌های شایع ستون فقرات است که آگاهی از وضعیت بدنی و حفظ درست آن می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری و درمان این ناهنجاری داشته باشد. سیستم‌های بیوفیدبکی یکی از روش‌های استفاده‌شده در پیشگیری از اختلالات پوسچرال هستند. هدف از این مطالعه، طراحی ابزار بیوفیدبک به منظور جلوگیری از قرار گرفتن در وضعیت کیفوتیک و ارزیابی پایایی و رویی آن است.

**روش بررسی** ۱۷ دانشجو رده سنی ۱۸ تا ۳۰ سال به صورت غیراحتمالی ساده، در مطالعه شرکت کردند. در این مطالعه برای ارزیابی شاخص کیفوز از خط‌کش انعطاف‌پذیر به عنوان استاندارد طلایی استفاده شد. ابتدا دستگاه بیوفیدبک کنترلی کیفوز با محوریت میکروکنترلر با استفاده از حسگر خمشی طراحی شد. این دستگاه شامل یک تولیدکننده لرزش است که در صورت وقوع وضعیت کیفوتیک با فرمان میکروکنترلر شروع به لرزش می‌کند. به این صورت که با تغییر وضعیت بدنی، مقاومت حسگر خمشی استفاده‌شده در ابزار بیوفیدبک هوشمند طراحی‌شده نیز تغییر می‌کند و داده‌هایی که حسگر خمشی ثبت کرده است با یک مدار مقاومتی ساده به تغییرات ولتاژ تبدیل می‌شود. خروجی حسگر خمشی، وارد A/D میکروکنترلر می‌شود تا به محض تشخیص وضعیت بدنی ناصحیح، میکروکنترلر یک سیگنال کنترل (بر اساس آستانه برنامه‌ریزی‌شده برای میکروکنترلر) به صورت فیدبک لرزشی ارسال کند. در صورتی که مقدار خمیدگی بیشتر از مقدار آستانه باشد و این آستانه خمیدگی، حداقل ۳۰ ثانیه طول بکشد، به کاربر به شکل فیدبک لرزشی هشدار می‌دهد. هشدار لرزشی مادامی که کاربر در وضعیت بدنی کیفوتیک است، ادامه می‌یابد و به محض تغییر وضعیت کاربر از کیفوتیک به خنثی، قطع می‌شود. با نصب ابزار بیوفیدبک طراحی‌شده در منطقه مدنظر از بدن شرکت‌کنندگان، درصد خطای ابزار از طریق شمارش تعداد دفعات هشدار در وضعیت خنثی و هشدار ندادن در وضعیت کیفوتیک بررسی شد. همچنین برای بررسی تکرارپذیری ابزار بیوفیدبک، اندازه‌گیری در دو وضعیت خنثی و کیفوتیک برای هر وضعیت دو بار با فاصله ۲ ساعت انجام شد. در این تحقیق، رویی ابزار با استفاده از مقادیر حساسیت و ویژگی و پایایی آن با استفاده از ضریب کاپا سنجیده شد.

**یافته‌ها** اصلاح وضعیت بدنی تکنیکی مؤثر و مورد استفاده است که هدف آن کاهش فشار مکانیکی روی عضلات گردن و شانه از طریق گرفتن وضعیت بدنی خنثی و طبیعی است. تکنولوژی پوشیدنی می‌تواند روشی برای رسیدن به این هدف از طریق مونیور کردن مداوم وضعیت بدنی کسی باشد که آن را می‌پوشد تا در هنگامی که وضعیت بدنی فرد در شرایط نامطلوب قرار می‌گیرد، فیدبک لازم را به او بدهد. در این تحقیق ارزیابی طراحی‌شده که افراد به راحتی بتوانند آن را بپوشند و استفاده از آن بسیار راحت است؛ بنابراین، می‌توان از این روش به عنوان روشی مفید، ساده و غیرتهاجمی برای ارزیابی بالینی و اندازه‌گیری اطلاعات پوسچر کیفوتیک استفاده کرد. با توسعه بیشتر در ثبت داده‌ها و مکانیسم فیدبک، این سیستم می‌تواند به سیستم قابل حمل ردیابی و بررسی پوسچر، برای آموزش مبتلایان به انحراف وضعیت تبدیل شود. این سیستم دستگاهی کاربرپسند و هزینه آن پایین است. نتایج نشان دادند مقدار حساسیت ابزار بیوفیدبک طراحی‌شده برابر با ۱۷/۶۴ درصد و ویژگی آن برابر با ۱۰۰ درصد است. مقدار شاخص کاپا برای هر دو بار اندازه‌گیری در وضعیت خنثی برابر با ۱۰۰ درصد محاسبه شد، اما در وضعیت کیفوتیک در اندازه‌گیری بار اول برابر با ۱۷/۶۴ درصد و در اندازه‌گیری بار دوم برابر با ۱۲ درصد به دست آمد. در بررسی تکرارپذیری ابزار بیوفیدبک، بررسی‌ها نشان دادند نتایج بار اول و بار دوم تفاوت چندانی با هم نداشتند.

**نتیجه‌گیری** نتایج نشان داد ابزار بیوفیدبک در وضعیت خنثی، رویی کافی را دارد، اما در وضعیت کیفوتیک، رویی کافی ندارد. به عبارت دیگر ابزار بیوفیدبک طراحی‌شده وضعیت بدنی کیفوتیک را مطابق با استاندارد طلایی (خط‌کش انعطاف‌پذیر) به درستی تشخیص نمی‌دهد و از این نظر باید بیشتر بررسی شود تا نواقص آن رفع شود. همچنین مقادیر شاخص کاپا نشان دادند ابزار بیوفیدبک در وضعیت کیفوتیک پایایی مناسبی ندارد، اما این ابزار پایایی مناسبی در زمان دارد.

## کلیدواژه‌ها:

ستون فقرات، کیفوز، ابزار بیوفیدبک، پایایی، رویی

## \* نویسنده مسئول:

دکتر امیرسالار جعفرپیشه

نشانی: تهران، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه ارگونومی.

تلفن: ۰۲۱-۷۷۳۴۱۰۳۱ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: am.jafarpisheh@uswr.ac.ir

## مقدمه

همچنین موریس<sup>۳</sup> شیوع ۳۸ درصدی در افراد ۲۰ تا ۵۰ ساله و کاتر<sup>۴</sup> شیوع ۳۵ درصدی در افراد ۲۰ تا ۶۴ ساله را برای این ناهنجاری گزارش کرده‌اند [۱۴]. نظارت و آگاهی از وضعیت بدنی می‌تواند تأثیر مفیدی در پیشگیری و درمان بیماری‌های ستون فقرات، به‌ویژه کیفیت داشته باشد. اصلاح وضعیت بدنی تکنیکی مؤثر و مورد استفاده است که هدف آن کاهش فشار مکانیکی روی عضلات گردن و شانه از طریق گرفتن وضعیت بدنی خنثی و طبیعی است [۱۵].

مزیت پوسچر بدنی خنثی و مطلوب آن است که کمترین استرس ممکن را روی بافت‌های بدن ایجاد می‌کند [۱۶]. تکنولوژی پوشیدنی می‌تواند روشی برای رسیدن به این هدف از طریق مونیتور کردن مداوم وضعیت بدنی کسی باشد که آن را می‌پوشد تا در هنگامی که وضعیت بدنی فرد در شرایط نامطلوب قرار می‌گیرد بازخورد لازم را به او بدهد [۱۷]. روش‌هایی از قبیل کیفوز سنج برونر، خط‌کش انعطاف‌پذیر، گونیامتر، اسپاینال موس و شیب‌سنج برای اندازه‌گیری انحناهای ستون فقرات توصیه شده‌اند، که در میان این روش‌ها، استفاده از خط‌کش انعطاف‌پذیر به عنوان وسیله غیرتهاجمی اندازه‌گیری کیفوز و لوردوز، ارزان و کاربرد آن آسان است [۱۸، ۱۹].

کیفوز پوسچرال تا حدودی با انجام ورزش‌های کششی عضلات پشت و ورزش‌های مربوط به اصلاح پوسچر قابل بهبود است و می‌توان از پیشرفت و تبدیل آن به کیفوز ساختاری جلوگیری کرد، اما از آنجا که افراد انگیزه کمی برای انجام این قبیل ورزش‌ها را دارند درمانگر با مشکلات زیادی روبه‌رو می‌شود [۲۰]؛ بنابراین به روش و ابزار ساده و در دسترس نیاز است که شخص در حین انجام کارهایش و بدون نیاز به مراجعه به یک شخص یا مرکز بتواند از وضعیت بدنی ناصحیح خود مطلع شود. یکی از روش‌های غیرتهاجمی مورد استفاده در این زمینه بیوفیدبک است که در آن با دریافت اطلاعات فیدبک صوتی یا تصویری یا لرزشی از رفتار بخش‌های مختلف بدنی و پردازش آن از جانب سیستم اعصاب مرکزی واکنش مناسب داده می‌شود [۱۵].

وانگ<sup>۵</sup> و همکارش در سال ۲۰۰۷ با استفاده از سه حسگر، برای اندازه‌گیری تغییرات وضعیت بدنی در حرکات بالاتنه در هنگام کنگ مطالعاتی انجام دادند. با استفاده از سه مازول حسگر که هر یک از مازول‌ها شامل شتاب‌سنج‌های سه‌محوری و سه ژيروسکوپ تک‌محوری بودند، روشی برای ردیابی حرکات بالاتنه و برآورد تغییرات ناحیه‌ای وضعیت بدنی بالاتنه در صفحات سهمی و تاجی معرفی شد. مازول‌های حسگر با سیستم سنجش جدید، در سطح مهره‌های اول و دوم قفسه سینه<sup>۶</sup>، مهره T<sub>۱۲</sub> و

محیط کار مدرن در بسیاری از افراد، باعث ایجاد وضعیت بدنی ضعیف ناشی از وضعیت نادرست ایستای بدن، حرکت محدود در محل کار و حرکات تکراری ناشی از نیاز شغلی شده است. این موضوع به علت استفاده از دستگاه‌هایی مانند دستگاه‌های هوشمند در همه جنبه‌های زندگی در حال تشدید شدن است و روی سلامتی افراد تأثیر منفی گذاشته است [۱]. بیشتر اوقات افراد از طریق نشانه‌های درد یا ناراحتی‌ای که از آن رنج می‌برند، درباره وضعیت بدنی نامناسب خود آگاه می‌شوند، اما یا فاقد بینش لازم درباره چگونگی اصلاح وضعیت بدنی خود هستند یا وضعیت‌های بدنی مناسب را نمی‌شناسند و نمی‌دانند چگونه وضعیت‌های بدنی مناسب را حفظ کنند [۲].

ستون فقرات سینه‌ای به طور طبیعی در قسمت خلفی محدب است که به آن کیفوز<sup>۱</sup> گفته می‌شود. کیفوز طبیعی ستون فقرات سینه‌ای ممکن است به دلایل مختلف نظیر علل وضعیتی افزایش یابد [۳]. یکی از ناهنجاری‌های شایع ستون فقرات، کیفوز غیرطبیعی یا افزایش قوس ستون فقرات پشتی است [۴]. انواع دیگری از اشکال ناراحتی‌های ستون فقرات، به‌ویژه در ناحیه کمری، در زمینه کمردرد، در مشاغل و سنین مختلف وجود دارد که موضوع بحث این قسمت نیست [۵]. در کیفوز غیرطبیعی زاویه انحنای ستون فقرات سینه‌ای به بیش از ۴۰ درجه افزایش می‌یابد [۶].

کیفوز غیرطبیعی متداول‌ترین نوع اختلال وضعیتی و متداول‌ترین ناهنجاری ساختار قامتی است که همراه با اختلال در عملکردهای جسمانی و حرکتی، اختلالات تنفسی، کاهش انعطاف‌پذیری عضلات قفسه سینه، عضلات سینه‌ای بزرگ و کوچک، عضلات پشتی بزرگ و دندان‌های قدامی، عضلات ستون فقرات گردن (عضلات گوشه‌ای و تراپیزوس) و فعالیت پایین بدنی است [۷-۱۰]. این تغییر شکل به دو صورت ساختاری یا وضعیتی دیده می‌شود. در کیفوز ساختاری افزایش میزان طبیعی قوس (۲۰ تا ۴۰ درجه) به دلایلی مثل تغییرات آناتومیکی و ساختاری در دیسک‌های بین‌مهره‌ای، کاهش جرم مهره‌های سینه‌ای قدامی و نبود تعادل بین عضلات و بافت نرم نگه‌دارنده ستون فقرات، ایجاد می‌شود [۱۲]. کیفوز وضعیتی نیز ناشی از قرار گرفتن در وضعیت‌های بدنی نادرست است و اگر به‌موقع اصلاح نشود، به تدریج پیشرفت می‌کند و به کیفوز ساختاری تبدیل می‌شود [۱۲].

فراوان‌ترین ناهنجاری بالاتنه در بین دختران دانش‌آموز، ناهنجاری کیفوز است و به طور کلی نسبت ابتلا به کیفوز در زنان در مقایسه با مردان ۲ به ۱ است [۱۳]. هازبروک<sup>۲</sup> شیوع ۱۵/۳ درصدی کیفوز را در کودکان ۱۱ ساله گزارش کرده است.

3. Morris

4. Cuter

5. Wong

6. The first thoracic vertebrae / The second thoracic vertebrae (T<sub>۱</sub>/T<sub>۲</sub>)

1. Kyphosis

2. Hazebroek

محاسبه چرخش داشتند. یکی از سنسورها به عنوان فرمان دهنده در سطح مهره  $T_3$  و دومی به عنوان اطاعت کننده در سطح مهره  $T_{12}$  قرار داده شد که به شکل بی سیم با هم در ارتباط بودند. بعد از اعتبارسنجی، این سیستم با پنج فرد معمولی آزمایش شد. نتایج این مطالعه نشان داد می توان زوایای کیفیت را با استفاده از لباس یا مهار هوشمند، نسبتاً دقیق اندازه گیری کرد و هنگامی که فیدبک لرزشی ایجاد شود، زاویه کیفیت بهبود پیدا می کند [۲۳].

ژنگ<sup>۱۱</sup> و همکارش در سال ۲۰۱۲ روش های بازخورد دیداری و لرزشی برای هدایت وضعیت بدنی نشسته را مقایسه کردند. آنان یک صندلی جدید اداری را به عنوان راهنمای وضعیت بدنی معرفی کردند. شرکت کنندگان، کاهش عملکرد تایپ و زمان واکنش دو نوع فیدبک را تجربه کردند؛ اما تفاوت در کاهش عملکرد بین دو روش فیدبک از نظر آماری معنی دار نبود. نتیجه مطالعه نشان داد در کارهای اداری مثل تایپ با کامپیوتر، انتقال فیدبک به روش بصری، می تواند روی حس بینایی بار اضافی وارد کند؛ در حالی که فیدبک لمسی را می توان جایگزین مناسبی دانست. همچنین فیدبک لرزشی و دیداری از نظر تأثیر در وضعیت های بدنی شبه تعادلی و کارهای معمولی مثل کارهای اداری نشسته، مشابه هم هستند [۲۴].

بانسال<sup>۱۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۲ در کانادا، مروری نظام مند انجام دادند با هدف بررسی اینکه آیا ورزش می تواند هایپر کیفیتس را از طریق کاهش زاویه کیفیتس سینه در افراد بزرگسال بالای ۴۵ سال بهبود بخشد. دو ارزیاب پایگاه های داده مربوط به موضوع را برای یافتن مقاله ها از شروع کار هر پایگاه داده تا سال ۲۰۱۲ با استفاده از کلمات کلیدی با مفهوم ورزش، وضعیت بدنی، هایپر کیفیتس و سن بیش از ۴۵ سال جستجو کردند. پس از استخراج داده ها از مقالات مرتبط و انجام متاآنالیز، مشاهده شد مدارک در دسترس درباره تأثیر ورزش روی هایپر کیفیتس نادر است و عمدتاً کیفیت پایینی دارند و مطالعات اندکی ورزش را مداخله قابل قبولی برای افراد مبتلا به هایپر کیفیتس مربوط به سن دانسته اند [۱۵].

با توجه به مطالعات گذشته ملاحظه می شود بیشتر این مطالعات روی افراد بیمار و با وضعیت بدنی نامناسب انجام گرفته است و در اغلب این مطالعات، روایی و پایایی ابزار بررسی نشده است. همچنین مطالعات گذشته نشان داده اند استفاده از بیوفیدبک با هشدار لرزشی در مقایسه با روش های دیگر، تأثیر بیشتری در اصلاح پوسچرهای غلط دارد؛ بنابراین با توجه به اهمیت پیشگیری از ایجاد کیفیتس وضعیتی سینه ای [۲۵، ۱۸] و اصلاح پوسچرهای غلط، نیاز به طراحی ابزاری روا و پایا وجود دارد که هنگام قرارگیری فرد در وضعیت بدنی کیفیتیک با ایجاد هشدار او را از ادامه قرارگیری در این وضعیت بازدارد؛ بنابراین

مهره اول ساکروم<sup>۷</sup> در پشت فرد روی پوست متصل شدند. از اندازه گیری زاویه با ماژول های حسگر، برای برآورد تغییرات ستون فقرات ۹ فرد سالم در طول حرکت بالاتنه آن ها استفاده شد. اندازه گیری های سیستم سنجش، همبستگی بالایی با اندازه گیری سیستم تحلیل ویکون داشت. این روش را می توان روشی مفید برای اندازه گیری اطلاعات وضعیت بالاتنه تلقی کرد.

با گسترش بیشتر در ثبت داده ها و مکانیسم فیدبک، این سیستم برای آموزش کسانی که مبتلا به انحراف وضعیت هستند، می تواند به سیستمی با قابلیت حمل، ردیابی و بررسی وضعیت بدنی تبدیل شود [۲۱]. چائوما<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه ای با هدف مقایسه تأثیرات بیوفیدبک با ورزش فعال و درمان منفعل در درمان درد گردن و شانه مربوط به کار انجام دادند. همه شرکت کنندگان (۶۰ نفر) درد مداوم شانه و گردن مربوط به استفاده از کامپیوتر را به مدت بیش از ۳ ماه در سال گذشته داشتند. از ۳ مداخله برای ۶ هفته استفاده شد. در گروه بیوفیدبک، به شرکت کنندگان آموزش داده شد که هر روز در حین انجام کار با کامپیوتر از دستگاه بیوفیدبک روی عضلات تراپزیوس فوقانی دوطرفه<sup>۹</sup> استفاده کنند.

شرکت کنندگان گروه ورزش، روزانه از یک برنامه ورزشی استاندارد برای عضلات خود استفاده کردند. در گروه درمان منفعل، از مداخله درمانی و بسته های گرم در روی گردن و شانه های شرکت کنندگان استفاده شد. به گروه شاهد یک کتابچه آموزشی درباره ارگونومی اداری داده شد. درد و شاخص NDI دوباره بعد از ۶ ماه، ارزیابی شدند. نتایج نشان داد میانگین نمرات درد و شاخص NDI بعد از مداخله، در گروه بیوفیدبک به طور چشمگیری بیشتر از سه گروه دیگر کاهش یافت و در ۶ ماه بعد حفظ شد. فعالیت عضله ارکتور اسپاین بعد از مداخله، کاهش معنی داری در گروه بیوفیدبک نشان داد و روند مداومی در کاهش فعالیت UT وجود داشت؛ بنابراین ۶ هفته تمرین بیوفیدبک نتایج مطلوب تری در کاهش درد و بهبود فعالیت عضلات گردن در بیماران مبتلا به درد مربوط به کار داشت [۲۲].

لوو<sup>۱۰</sup> و همکاران در مطالعه ای در سال ۲۰۱۲ با عنوان «مهار (وسيله کنترل کننده) هوشمند یا لباس هوشمند برای درمان کیفیتس» به ارزیابی اثر معالجه مداوم در کمک به بهبود کیفیتس کودکان پرداختند. آن ها وسیله کنترل کننده هوشمندی متشکل از مهار محکم و سیستم سنجش وضعیت، برای اندازه گیری کیفیتس و ایجاد فیدبک لرزشی در طول فعالیت های روزانه تهیه کردند. سیستم سنجش، از دو واحد سنسور تشکیل شده بود و هر دو واحد شتاب سنج سه محوری و ژيروسکوپ دوماحوری برای

7. The first sacral vertebra (S<sub>1</sub>)

8. Chao Ma

9. Upper trapezius

10. Lou

11. Zheng

12. Bansal

برای ساخت (نمونه اولیه) دستگاه از قطعات زیر استفاده شد:

سنسور خمشی: این سنسور بر روی مهره‌های  $C_7$  و  $T_{12}$  ستون فقرات نصب می‌شود تا داده‌های مربوط به تغییر خمیدگی در فاصله بین این دو مهره را به تغییر ولتاژ تبدیل کند [۲۵، ۲۶].

میکروکنترلر: نوعی سخت‌افزار برنامه‌پذیر است که مرکز اصلی دریافت داده، پردازش اطلاعات و تولید خروجی در این تحقیق است. ورودی میکروکنترلر، داده‌های دریافت‌شده حسگر خمشی است و خروجی آن نتایجی است که بر اساس حد آستانه برنامه‌ریزی شده به دستگاه به شکل فیدبک لرزشی نمایان می‌شود [۲۶، ۲۷].

مدارات رابط: مدارات رابط بین حسگر خمشی و میکروکنترلر برای ارسال داده‌های دریافت‌شده حسگر خمشی به ورودی میکروکنترلر و نیز بین میکروکنترلر و نمایشگر و همچنین بین میکروکنترلر و تولیدکننده لرزش قرار می‌گیرند. وظیفه این مدارات، تقویت ولتاژ یا جریان و راه‌اندازی مدارات جانبی است [۲۷].

نمایشگر: نتایج حاصل از پردازش میکروکنترلر را نشان می‌دهد [۲۶، ۲۸].

باتری: به عنوان منبع تغذیه دستگاه است [۲۶، ۲۷].

هشدار لرزشی: یک تولیدکننده لرزش است که در صورت وقوع وضعیت کایفوتیک با فرمان میکروکنترلر شروع به لرزش می‌کند. این لرزش به عنوان بیوفیدبک به فرد آزمودنی منتقل می‌شود [۲۷].

با تغییر وضعیت بدنی، مقاوت حسگر خمشی استفاده‌شده در ابزار بیوفیدبک هوشمند طراحی شده نیز مطابق با آن تغییر می‌کند و داده‌هایی که حسگر خمشی جمع‌آوری کرده است با یک مدار مقاومتی ساده به صورت تغییر ولتاژ تولیدی تبدیل می‌شود. خروجی حسگر خمشی، وارد  $A/D$  میکروکنترلر می‌شود تا به محض تشخیص وضعیت بدنی ناصحیح، میکروکنترلر یک سیگنال کنترل (بر اساس آستانه برنامه‌ریزی شده برای میکروکنترلر) به صورت فیدبک لرزشی ارسال کند.

از حسگر خمشی برای سنجش میزان خمیدگی در فاصله بین مهره‌های  $C_7$  و  $T_{12}$  استفاده شد که پس از تشخیص خمیدگی با استفاده از میکروکنترلر سیگنالی، از میکروکنترلر به درایو هشدار لرزشی ارسال می‌شود و در صورتی که مقدار خمیدگی بیشتر از مقدار آستانه باشد و این آستانه خمیدگی، حداقل ۳۰ ثانیه طول بکشد به کاربر به شکل فیدبک لرزشی هشدار می‌دهد. هشدار لرزشی مادامی که کاربر در وضعیت بدنی کایفوتیک<sup>۱۴</sup> است ادامه می‌یابد و به محض تغییر وضعیت کاربر از کایفوتیک به خنثی قطع می‌شود، ولی دستگاه ارزیابی پوسچر همچنان آماده به کار است تا

۱۴. وضعیتی که در آن سر از حالت خنثی به طرف جلو می‌آید و به صورت انحراف از ستون فقرات خنثی تعریف می‌شود؛ به طوری که ستون فقرات انحنای طبیعی خود را حفظ نکند.

هدف از این مطالعه طراحی و ساخت دستگاه بیوفیدبک کیفوز و بررسی روایی و پایایی آن است.

## روش بررسی

### آزمودنی‌ها

در این مطالعه ۱۷ نفر از دانشجویان سالم دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی در بازه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال به روش غیراحتمالی ساده در مطالعه شرکت کردند. انتخاب نمونه بر اساس نمره گرام<sup>۱۳</sup> انجام گرفت.

### معیارهای ورود افراد به مطالعه

نبود مشکل ساختاری، دفورمیتی مادرزادی یا شکستگی در ستون فقرات و همچنین هرگونه عمل جراحی تأثیرگذار بر ساختار ستون فقرات.

### ابزار جمع‌آوری داده‌ها

### خط‌کش انعطاف‌پذیر

خط‌کش انعطاف‌پذیر تکنیکی غیرتهاجمی در ارزیابی انحنای ستون فقرات است. خط‌کش انعطاف‌پذیر، در حالت ایستاده اجرا می‌شود [۱۰] و از اطلاعات آن برای اندازه‌گیری شاخص کیفوز استفاده می‌شود. شاخص کیفوز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$KI = (TW/TL) \times 100$$

که در آن TL (طول توراسیک) فاصله به‌دست‌آمده از اتصال دو انتهای منحنی حاصل از اندازه‌گیری با خط‌کش انعطاف‌پذیر و TW (عرض توراسیک) فاصله به‌دست‌آمده از اتصال بیشترین قطر بین منحنی و خط عمود است [۱۰، ۳].

در مطالعات انجام‌شده به کمک خط‌کش انعطاف‌پذیر، شاخص کیفوز بر اساس طول ستون فقرات بیشتر از ۱۳ سانتی‌متر تعیین شده است [۱۰، ۳]. مقدار شاخص کیفوز نشان‌دهنده وضعیت سلامت ستون فقرات است [۱۰، ۳]. برای به‌دست‌آوردن این مقادیر ابتدا با استفاده از خط‌کش انعطاف‌پذیر، شکل انحنای ستون فقرات در ناحیه بین  $C_7$  و  $T_{12}$  از طریق قالب‌ریزی خط‌کش در این فاصله بر روی پوست تعیین می‌شود. طول توراسیک از طریق وصل کردن ابتدا و انتهای انحنای تعیین می‌شود. عرض توراسیک یا پهنا به عنوان بیشترین فاصله عرضی بین انحنای ستون فقرات و خط عمود در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق با استفاده از اندازه‌های به‌دست‌آمده، شاخص کیفوز یا KI محاسبه شد و با مقدار استاندارد شاخص کیفوز یعنی ۱۳ سانتی‌متر مقایسه شد.

۱۳. نمره گرام جدولی است که در کارآزمایی‌های بالینی با استفاده از آن حجم نمونه را تعیین می‌کنند.



تصویر ۱. ابزار بیوفیدبک طراحی شده

توانبخشی

در ناحیه بین مهره  $C_7$  و  $T_1$  (برجستگی استخوانی زیر مهره  $C_7$ ) با استفاده از چسپ دوطرفه صورت گیرد. سپس پاسخ دستگاه بیوفیدبک در وضعیت بدنی خنثی برای هریک از افراد ثبت شد.

در مرحله بعد، اندازه‌گیری‌ها دقیقاً مشابه مرحله قبل انجام گرفت؛ به صورتی که فرد در وضعیت بدنی کیفوتیک قرار می‌گیرد و مجدداً اندازه‌گیری هم‌زمان با استفاده از خط‌کش انعطاف‌پذیر و دستگاه بیوفیدبک صورت گرفت. شاخص کیفوز در این حالت محاسبه شد (در کیفوز وضعیتی، باید مقدار این شاخص بیشتر از ۱۳ باشد). سپس در همان حالت کیفوز وضعیتی، سنسور دستگاه در ناحیه بین مهره‌های  $C_7$  و  $T_{12}$  با استفاده از چسپ دوطرفه کاملاً محکم و دقیق نصب شد و خط‌کش انعطاف‌پذیر روی ناحیه ذکر شده قرار داده شد و بعد از ۳۰ ثانیه پاسخ دستگاه (آلارم یا عدم آلارم) ثبت شد.

برای بررسی تکرارپذیری دستگاه ۲ ساعت بعد مجدداً اندازه‌گیری به روش ذکر شده انجام گرفت و پاسخ‌های درست و نادرست ثبت شد. برای تحلیل داده از نسخه ۲۲ نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای بررسی روایی (اعتبار) ابزار، شاخص‌های حساسیت و ویژگی استخراج شد. حساسیت، یعنی ابزار موردنظر، در اینکه وضعیت بدنی کیفوتیک را مطابق با استاندارد طلایی (خط‌کش انعطاف‌پذیر) به درستی تشخیص و هشدار لرزشی صحیح (بر اساس آستانه از قبل تعیین شده) را بدهد، چقدر توانایی دارد. حساسیت، حاصل تقسیم موارد مثبت واقعی (وضعیت کیفوتیک صحیح تشخیص داده شده) به حاصل جمع موارد مثبت واقعی و موارد منفی کاذب (وضعیت کیفوتیک اشتباه تشخیص داده شده) است [۲۸].

در صورت تکرار وضعیت بدنی کیفوتیک هشدار لازم صادر شود. تصویر شماره ۱ تصویری از ابزار طراحی شده را نشان می‌دهد.

### روش کار

بعد از طراحی و ساخت دستگاه، برای تست دستگاه در شرایط آزمایشگاهی، لازم بود ابتدا آستانه تشخیص تغییر حالت برای دستگاه تعیین شود؛ بنابراین ۱۰ فرد سالم (۵ خانم، ۵ آقا) از دانشجویان دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی به صورت پایلوت آزمایش شدند. بدین صورت که تمام مراحل آزمایش روی هر فرد انجام شد که بعد از انجام این کار نتیجه‌گیری شد که نرم‌افزار تشخیص تغییر حالت فرد در میکروکنترلر، باید عدد ولتاژ خروجی A/D برابر ۱۴ واحد را مبنای تصمیم‌گیری قرار دهد. به منظور سهولت تشخیص در فاز پایلوت این عدد بر نمایشگری که واسط خروجی ابزار بود، نمایش داده می‌شد. دستگاه بیوفیدبک ارزیابی پوسچر باید روی عدد ۱۴ تنظیم شود. در فاز پایلوت نتیجه گرفته شد هنگامی که افراد از پوسچر خنثی وارد پوسچر کیفوتیک می‌شدند ولتاژ خروجی A/D دستگاه از عدد ۱۳، «پوسچر خنثی» به عدد ۱۴، «پوسچر کیفوتیک» تغییر می‌یافت و هشدار لرزشی صادر می‌کرد.

پس از ثبت اطلاعات دموگرافیک (سن، جنس، قد و وزن) شرکت‌کنندگان، شاخص کیفوز این افراد در وضعیت خنثی اندازه‌گیری شد و از سالم بودن آنان اطمینان حاصل شد. بعد از اطمینان از سالم بودن هریک از افراد علائم را پاک کرده بعد از یک دقیقه استراحت، از آزمودنی خواسته شد دوباره در حالت وضعیت بدنی خنثی قرار گیرد تا دوباره اندازه‌گیری با خط‌کش انعطاف‌پذیر به عنوان استاندارد طلایی و اتصال سنسورهای دستگاه بیوفیدبک



## یافته‌ها

در این تحقیق، از ۱۷ نفر آزمودنی، ۸ نفر (۴۷ درصد) مذکر و ۹ نفر (۵۳ درصد) مؤنث بودند. این افراد از نظر سنی در بازه ۱۸ تا ۲۶ سال بودند. به این صورت که ۳ نفر (۱۷/۶۵ درصد) در رده سنی ۱۸ تا ۲۰ سال، ۸ نفر (۴۷ درصد) در رده سنی ۲۱ تا ۲۳ سال و ۶ نفر (۳۵/۲۹ درصد) در رده سنی ۲۴ تا ۲۶ سال بودند (جدول شماره ۱).

## روایی ابزار بیوفیدبک

همان‌طور که در جدول شماره ۲ دیده می‌شود، مقدار حساسیت برای ابزار بیوفیدبک برابر با ۱۷/۶۴ درصد محاسبه شد؛ بنابراین، با توجه به مقدار به دست آمده برای حساسیت ابزار بیوفیدبک، وضعیت بدنی یا توانایی آن در تشخیص درست و واقعی وضعیت بدنی کیفوتیک ۱۷/۶۴ درصد است (رنج حساسیت از ۰ تا ۱۰۰ تعریف شده است). مقدار ویژگی برای ابزار بیوفیدبک برابر با ۱۰۰ درصد محاسبه شد. با توجه به مقادیر به دست آمده برای ویژگی توانایی ابزار بیوفیدبک در تشخیص صحیح وضعیت بدنی خنثی ۱۰۰ درصد است.

## پایایی ابزار بیوفیدبک

همان‌طور که در جدول شماره ۳ دیده می‌شود، در وضعیت خنثی، شاخص کاپا برای هر دو بار اندازه‌گیری برابر با ۱۰۰ درصد محاسبه شد، اما در وضعیت کیفوتیک این شاخص در اندازه‌گیری بار اول برابر با ۱۷/۶۴ درصد و در اندازه‌گیری بار دوم برابر با ۱۲ درصد به دست آمد. با توجه به این مقادیر در دو بار تکرار اندازه‌گیری برای وضعیت بدنی خنثی، نتیجه‌گیری می‌شود که

ویژگی، یعنی ابزار مدنظر برای اینکه وضعیت بدنی خنثی را مطابق با استاندارد طلایی (خط‌کش انعطاف‌پذیر) به درستی تشخیص دهد و هشدار لرزشی صحیح را صادر کند، چقدر توانایی دارد [۲۸]. ویژگی، حاصل تقسیم موارد منفی واقعی (وضعیت خنثی صحیح تشخیص داده شده) به حاصل جمع موارد منفی واقعی و مثبت کاذب (وضعیت خنثی اشتباه تشخیص داده شده) است [۲۸]. برای بررسی پایایی (تکرارپذیری) دستگاه از شاخص کاپا استفاده شد. شاخص کاپا برای تعیین میزان توافق گلد استاندارد با ابزار بیوفیدبک است تا تعیین شود چقدر در تعیین نتایج مثبت و منفی با هم توافق دارند. بر اساس این شاخص، ارتباط بین تعداد موارد خطا این‌گونه بررسی شد: در دو بار تکرار اندازه‌گیری در حالتی که فرد در دو وضعیت خنثی و کیفوتیک قرار می‌گیرد. مقدار کاپا کمتر از ۰/۴ نشان‌دهنده ارتباط ضعیف، بین ۰/۴ تا ۰/۷ نشان‌دهنده ارتباط قابل قبول و بالاتر از ۰/۸ نشان‌دهنده ارتباط عالی است [۲۸].

تکرارپذیری ابزار یا تست معمولاً به صورت احتمال دستیابی به نتایج مشابه در صورت به کارگیری ابزار در شرایط مشابه تعریف می‌شود. این شرایط مشابه می‌توانند به کارگیری ابزار از سوی مشاهده‌گران مختلف، تکرار به کارگیری ابزار در فاصله زمانی مشخص از سوی یک مشاهده‌گر یا حالت‌های دیگر باشد. سؤالی که مطرح است این است که آیا در صورت تکرار، همان نتیجه به دست خواهد آمد؟ این نوع تکرارپذیری درباره ابزار بیوفیدبک وضعیت بدنی، صادق است؛ زیرا ممکن است نتایج بار اول اندازه‌گیری با نتایج اندازه‌گیری در ۲ ساعت بعد متفاوت یا یکسان باشد که این می‌تواند بر اساس تأثیر محیط بر سنسور اتفاق بیفتد.

جدول ۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی اعضای نمونه

متغیر	گونه	فراوانی	درصد
جنسیت	مذکر	۸	۴۷/۰۶
	مؤنث	۹	۵۲/۹۴
سن	۱۸ تا ۲۰ سال	۳	۱۷/۶۵
	۲۱ تا ۲۳ سال	۸	۴۷/۰۶
	۲۴ تا ۲۶ سال	۶	۳۵/۲۹

توانبخشی

## جدول ۲. روایی ابزار بیوفیدبک

شاخص	مقدار محاسبه شده (درصد)	فاصله اطمینان ۹۵ درصد
حساسیت	۱۷/۶۴	(۴۲ تا ۴۲)
ویژگی	۱۰۰	(۷۷/۲ تا ۱۰۰)

توانبخشی

جدول ۳. پایایی ابزار بیوفیدبک

شاخص	وضعیت خنثی		وضعیت کیفوتیک	
	بار اول (درصد)	بار دوم (درصد)	بار اول (درصد)	بار دوم (درصد)
کاپا	۱۰۰	۱۰۰	۱۷/۶۴	۱۲

## توانبخشی

خنثی، روایی و پایایی مناسبی دارد، اما در وضعیت بدنی کیفوتیک روایی (حساسیت) و پایایی مناسبی ندارد. بنابراین قبل از آن که بتوان از سیستم طراحی شده به شکل بالینی استفاده کرد، باید تحقیقات بیشتری انجام شود. ما معتقدیم که این سیستم حتماً توجه کاربران را برای بررسی وضعیت خود برمی‌انگیزد و در نتیجه عارضه کمتری در بدن آن‌ها ایجاد می‌کند؛ زیرا افراد به راحتی می‌توانند آن را بپوشند و استفاده از آن بسیار راحت است. بنابراین می‌توان از این روش به عنوان روشی مفید، ساده و غیرتهاجمی برای ارزیابی بالینی و اندازه‌گیری اطلاعات پوسچر کیفوتیک استفاده کرد.

با توسعه بیشتر در ثبت داده‌ها و مکانیسم فیدبک، این سیستم می‌تواند به سیستم قابل حمل ردیابی و بررسی پوسچر، برای آموزش مبتلایان به انحراف وضعیت تبدیل شود. این سیستم یک دستگاه کاربرپسند است و علاوه بر تمام این مزیت‌ها هزینه آن کم است. این وسیله وضعیت بدنی کیفوتیک را مطابق با استاندارد طلایی (خط کش انعطاف پذیر) به درستی تشخیص نمی‌دهد و از این نظر باید بررسی بیشتری صورت گیرد تا نواقص آن رفع شود. برای این موضوع می‌توان دلایل زیر را برشمرد:

یکی از دلایل عدم فیدبک ابزار می‌تواند استفاده از آستانه یکسان برای تمام آزمودنی‌ها باشد؛ بنابراین به کارگیری الگوریتم تنظیم خودکار مقدار اولیه آستانه‌گذاری وفقی، برای تشخیص وضعیت بدنی کیفوتیک به اصلاح عملکرد دستگاه کمک خواهد کرد؛ یعنی تنظیمات دستگاه طوری انجام گیرد که مقدار آستانه هر فرد مطابق با مقدار اولیه (پوسچر خنثی) تعیین شود و آستانه برای تمام افراد یکسان نباشد.

دلیل دیگر عدم فیدبک ابزار می‌تواند استفاده از سنسورهای خمشی در این ابزار باشد. از آنجا که سنسورهای خمشی میزان خمش را تنها در یک یا دو جهت و ابعاد نسبتاً بزرگی تشخیص می‌دهند، احتمالاً میزان خمش در فاصله بین مهره‌های  $C_7$  تا  $T_1$  کمتر از مقداری بوده است که سنسور خمشی قادر به تشخیص و اندازه‌گیری آن باشد؛ بنابراین نتوانسته است پوسچر کیفوتیک را به درستی تشخیص دهد. از سویی طول عمر تولید خروجی معتبر در سنسورهای خمشی ذاتاً محدود است که احتمالاً این موضوع به کاهش تکرارپذیری دستگاه بیوفیدبک طراحی شده منجر خواهد شد. همچنین اثرات محیطی مانند تغییرات دما می‌تواند بر کارایی و حساسیت سنسور تأثیر گذاشته و باعث اختلال در

در اندازه‌گیری وضعیت خنثی خط کش منعطف و ابزار بیوفیدبک ۱۰۰ درصد با هم توافق و هم‌خوانی دارند و در وضعیت خنثی بین این دو وسیله توافق کافی وجود دارد؛ بنابراین نتیجه می‌شود که ابزار بیوفیدبک در وضعیت خنثی پایایی خوبی دارد. اما برای وضعیت بدنی کیفوتیک نتیجه‌گیری می‌شود که ارتباط بین خط کش منعطف و ابزار بیوفیدبک ضعیف است (توافق و هم‌خوانی بین آن‌ها کم است)؛ بنابراین با توجه به اینکه مقدار شاخص کاپا در هر دو بار اندازه‌گیری مقدار کمی است، لذا نتیجه می‌شود ابزار بیوفیدبک در وضعیت کیفوتیک بر اساس شاخص کاپا پایایی مناسبی ندارد.

## تکرارپذیری ابزار بیوفیدبک

برای بررسی تکرارپذیری ابزار بیوفیدبک، اندازه‌گیری در دو وضعیت خنثی (بدون آلارم) و کیفوتیک (با آلارم) برای هر وضعیت دو بار با فاصله ۲ ساعت انجام شد. نتایج نشان دادند نتایج بار اول و بار دوم تفاوت چندانی با هم نداشتند. به عبارت دیگر در وضعیت کیفوتیک از ۱۷ مورد فقط در ۱ مورد، بار اول با بار دوم تفاوت داشت و در وضعیت خنثی، در هر دو بار اندازه‌گیری نتایج یکسانی برای ۱۷ مورد حاصل شد.

## بحث

در این تحقیق هدف طراحی و ساخت دستگاه بیوفیدبک کیفوز و بررسی روایی و پایایی آن بود. نتایج بررسی‌ها نشان دادند طراحی دستگاه بیوفیدبک پیشگیری از کیفوز غیرطبیعی با محوریت میکروکنترلر با استفاده از حسگر خمشی برای جلوگیری از تغییر شکل و تخریب بیشتر ستون فقرات امکان‌پذیر است. بنابراین با استفاده از حسگر اندازه‌گیری خمیدگی برای سنجش خمش در فاصله بین مهره‌های  $C_7$  تا  $T_{12}$  ابزاری طراحی شد که پس از تشخیص خمیدگی توسط میکروکنترلر سیگنالی از میکروکنترلر به درایو هشدار لرزشی ارسال می‌کند و در صورتی که مقدار خمیدگی بیشتر از مقدار آستانه باشد، به کاربر به شکل فیدبک لرزشی هشدار می‌دهد. با استفاده از این سیستم پیشنهادی، شرکت‌کنندگان توانستند از وضعیت نادرست خود که معمولاً مورد توجه قرار نمی‌گیرد، آگاه شوند و برای تغییر وضعیت خود به هنگام اخطار توسط سیستم پیشنهادی اقدام کنند.

نتایج نشان دادند ابزار بیوفیدبک طراحی شده در وضعیت بدنی

دریافت اطلاعات به موقع و درست سنسور شود.

در مطالعه سنگ تراش نبود دقت احتمالی روی لمس نقاط آناتومیکی، به عنوان منبع خطا در طول روش اندازه گیری در نظر گرفته شده است. با توجه به تشابه روش پیدا کردن مهره ها با مطالعه ما، این مورد می تواند به عنوان منبع خطا در این مطالعه نیز در نظر گرفته شود [۲۹].

### نتیجه گیری

برای مقایسه نتایج این تحقیق از مطالعاتی با اهدافی نزدیک به هدف این پژوهش استفاده شد. در مطالعه ای برای درمان کیفوز به ارزیابی اثر معالجه مداوم در کمک به بهبود کیفوز کودکان پرداخته شد. وسیله کنترل کننده هوشمندی متشکل از مهار محکم و سیستم سنسور وضعیت، برای اندازه گیری کیفوز و ایجاد فیدبک لرزشی در طول فعالیت های روزانه تهیه شد. نتایج این مطالعه نشان داد می توان زوایای کیفوز را با استفاده از لباس یا مهار هوشمند، نسبتاً دقیق اندازه گیری کرد؛ چراکه هنگامی که فیدبک لرزشی ایجاد شد، زاویه کیفوز اندکی بهبود پیدا کرد [۲۳].

در این مطالعه اعتبارسنجی و تعیین خطای دستگاه با سیستم های با دقت بالا انجام شد؛ بنابراین، می توان گفت اگر برای تعیین محل دقیق مهره ها و اعتبارسنجی دستگاه از سیستم ها و استانداردهای با دقت و اعتبار بالاتر استفاده شود احتمالاً سبب بهبود عملکرد دستگاه خواهد شد. همچنین مشاهده شد افزایش تعداد سنسورها و تغییر محل قرارگیری آنها احتمالاً می تواند باعث بهبود عملکرد دستگاه شود.

نتایج مطالعه وانگ و همکاران که با استفاده از سه ماژول حسگر (شتاب سنج های سه بعدی، ژيروسکوپ و الگوریتم اتورست)، روشی را برای ردیابی حرکات بالاتنه و برآورد تغییرات ناحیه ای پوسچر بالاتنه در صفحات سهمی و تاجی معرفی کرد نیز این یافته را تأیید می کند. آن ها برای اندازه گیری پوسچر بالاتنه از انتخاب سه مهره و نصب ماژول ها در این نواحی استفاده کردند، در حالی که ما تنها یک مهره را برای نصب حسگر خمشی انتخاب کردیم، بنابراین افزایش تعداد مهره های کلیدی برای نصب حسگر خمشی می تواند به بهبود عملکرد دستگاه طراحی شده کمک کند [۲۱].

در مطالعه سنگ تراش بخش های مرجع شیب سنج دوگانه دیجیتالی، روی زوائد خاری مهره های اول و دوم سینه ای نصب شدند که این به افزایش کارایی و دقت دستگاه در اندازه گیری کمک می کند و احتمالاً اگر تعداد مهره های کلیدی برای نصب سنسور افزایش پیدا کند به افزایش دقت سیستم در اندازه گیری و فیدبک لازم منجر خواهد شد [۲۹]. با توجه به اینکه این مطالعه جزو اولین کارهای انجام گرفته در زمینه طراحی و ارزیابی ابزار بیوفیدبک برای افراد سالم دارای کیفوز وضعیتی است؛ در ادامه پیشنهادهایی ارائه می شود: مقدار آستانه در افرادی که

کیفوز دارند ساختاری و همچنین در افرادی که عارضه پوسچر سر به جلو (فوروارد هد) دارند بررسی و تنظیم شود؛ الگوریتم تصمیم گیری میکروکنترلر اصلاح و آستانه وقتی برای تمام افراد جایگزین شود.

تاکنون تحقیق مشابهی در این زمینه انجام نشده است و این موضوع جزء محدودیت های این تحقیق محسوب می شود. یکی دیگر از محدودیت های این تحقیق، دسترسی نداشتن به سنسورهای با دقت بیشتر هم به لحاظ بار مالی و هم به لحاظ محدودیت زمانی بود. نبود دقت احتمالی روی لمس نقاط آناتومیکی می تواند منبع خطا در طول روش اندازه گیری باشد.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

برای شرکت در مطالعه از افراد رضایت کتبی گرفته شد. این مطالعه را کمیته اخلاق دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی تأیید کرده است (کد: IR.USWR.REC.1396.32).

#### حامی مالی

این مقاله از پایان نامه خانم شایسته محمدزاده در گروه ارگونومی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی گرفته شده است.

#### مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی: امیر سالار جعفرپیشه و حمیدرضا مختاری  
نیا؛ تحقیق و بررسی: شایسته محمدزاده و مهدی نوروزی؛ و ویراستاری و نهایی سازی: رضا اسکوئی زاده.

#### تعارض منافع

بنا به اظهار نویسندگان، این مقاله هیچ گونه تعارض منافی ندارد.

## References

- [1] Sangtarash F, Dehghan-Manshadi F, Sadeghi AR, Tabatabaei SM. [Validity and reproducibility of dual digital inclinometer in measuring thoracic kyphosis in women over 45 years (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2014; 15(2):78-84.
- [2] Gaffney BM, Maluf KS, Davidson BS. Evaluation of novel EMG biofeedback for postural correction during computer use. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2016; 41(2):181-9. [DOI:10.1007/s10484-015-9328-3] [PMID]
- [3] Arab AM. [Relationship between thoracic kyphosis and respiratory capacities (Persian)]. *Physical Treatments*. 2013; 3(2):57-61.
- [4] Kermani MT, Atri AE, Yazdi NK. [The effect of eight weeks corrective exercise on the functional kyphosis curvature in the teenager girls (Persian)]. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017; 6(1):161-8.
- [5] Omidianidost A, Hosseini SY, Jabari M, Poursadeghiyan M, Dabirian M, Charganeh SS, et al. The relationship between individual, occupational factors and LBP (Low Back Pain) in one of the auto parts manufacturing workshops of Tehran in 2015. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016; 11(5):1074-7. [DOI:10.3923/jeasci.2016.1074.1077]
- [6] Faghfourian H, Anbarian M, Faradmal J, Heydari Moghadam R. Muscular response of females with kyphosis in balance recovery from postural perturbation. *Physical Treatments*. 2015; 5(1):11-8.
- [7] Cunha Henriques S, Cost Paiva L, Pinto Neto AM, Fonsechi Carvesan G, Nanni L, Morais SS. Postmenopausal women with osteoporosis and musculoskeletal status: A comparative cross-sectional study. *Journal of Clinical Medicine Research*. 2011; 3(4):168-76. [DOI:10.4021/jocmr537w]
- [8] Murray P, Weinstein S, Spratt K. The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American Volume)*. 1993; 75(2):236-48. [DOI:10.2106/00004623-199302000-00011] [PMID]
- [9] Teixeira F, Carvalho G. Reliability and validity of thoracic kyphosis measurements using flexicurve method. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2007; 11(3):199-204. [DOI:10.1590/S1413-35552007000300005]
- [10] Meamari H, Koushkie Jahromi M, Fallahi A, Sheikholeslami R. Influence of structural corrective and respiratory exercises on cardiorespiratory indices of male children afflicted with kyphosis. *Archives of Rehabilitation*. 2017; 18(1):51-62. [DOI:10.21859/jrehab-180151]
- [11] Briggs A, Wrigley T, Tully E, Adams P, Greig A, Bennell K. Radiographic measures of thoracic kyphosis in osteoporosis: Cobb and vertebral centroid angles. *Skeletal Radiology*. 2007; 36(8):761-7. [DOI:10.1007/s00256-007-0284-8] [PMID]
- [12] Ghasemi V, Ahmadi A, Dashti Rostami K, Savoroliya M. [The study of kyphosis angle changes, the position of the shoulder and upper extremity range of motion after 8-week exercise in students kyphotic (Persian)]. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2016; 11(22):63-74. [DOI:10.22080/JAEP.2016.1209]
- [13] Poursadeghiyan M, Azrah K, Biglari H, Ebrahimi MH, Yarmohammadi H, Baneshi MM, et al. The effects of the manner of carrying the bags on musculoskeletal symptoms in school students in the city of Ilam, Iran. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*. 2017; 10(3):600-5.
- [14] Culham E, Peat M. Spinal and shoulder complex posture. II: Thoracic alignment and shoulder complex position in normal and osteoporotic women. *Clinical Rehabilitation*. 1994; 8(1):27-35. [DOI:10.1177/026921559400800104]
- [15] Bansal S, Katzman WB, Giangregorio LM. Exercise for improving age-related hyperkyphotic posture: A systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; 95(1):129-40. [DOI:10.1016/j.apmr.2013.06.022] [PMID] [PMCID]
- [16] Fathi A. Prevalence rate of postural damages, disorders and anomalies among computer users. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal*. 2016; 6(1):59-65. [DOI:10.18869/nrip.ptj.6.1.59]
- [17] Pfab I. A wearable intervention for posture improvement [MSc. thesis]. Enschede: University of Twente; 2016.
- [18] Mirbagheri SS, Rahmani Rasa A, Farmani F, Amini P, Nikoo MR. Evaluating kyphosis and lordosis in students by using a flexible ruler and their relationship with severity and frequency of thoracic and lumbar pain. *Asian Spine Journal*. 2015; 9(3):416-22. [DOI:10.4184/asj.2015.9.3.416] [PMID] [PMCID]
- [19] Khakhali Zavieh M, Parnian Pour M, Karimi H, Mobini B, Kazem Nezhad A. [The validity and reliability of measurement of thoracic kyphosis using flexible ruler in postural hyperkyphotic patients (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2003; 4(3):18-23.
- [20] Torkaman O, Kamyab M, Babayi T, Ghandhari H. [Effect of new kypho-remainder orthosis on curve intensity in adults with postural hyper kyphosis (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2017; 18(3):212-9. [DOI:10.21859/jrehab-1803212]
- [21] Wong WY, Wong MS. Measurement of postural change in trunk movements using three sensor modules. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2009; 58(8):2737-42. [DOI:10.1109/TIM.2009.2016289]
- [22] Ma C, Szeto GP, Yan T, Wu S, Lin C, Li L. Comparing biofeedback with active exercise and passive treatment for the management of work-related neck and shoulder pain: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011; 92(6):849-58. [DOI:10.1016/j.apmr.2010.12.037] [PMID]
- [23] Lou E, Hill DL, Moreau MJ, Mahood JK, Hedden DM, Raso JV. A smart garment for the treatment of kyphosis. Paper presented at: Orthopaedic Proceedings. 21 September 2018; New York, United States of America.
- [24] Zheng Y, Morrell JB. Comparison of visual and vibrotactile feedback methods for seated posture guidance. *IEEE Xplore: IEEE Transactions on Haptics*. 2013; 6(1):13-23. [DOI:10.1109/TOH.2012.3] [PMID]
- [25] MacIntyre N, Lorbergs A, Adachi J. Inclinometer-based measures of standing posture in older adults with low bone mass are reliable and associated with self-reported, but not performance-based, physical function. *Osteoporosis International*. 2014; 25(2):721-8. [DOI:10.1007/s00198-013-2484-5] [PMID]

- [26] Bai VDM, Surendran A. Microcontroller based scoliosis prevention equipment using flex sensor. *International Innovative Research Journal of Engineering and Technology*. 2017; 28(1):2-7. [PMID] [PMCID]
- [27] Hermanis A, Nesenbergs K, Cacurs R, Greitans M. Wearable posture monitoring system with biofeedback via smartphone. *Journal of Medical and Bioengineering*. 2013; 2(1):40-4. [DOI:10.12720/jomb.2.1.40-44]
- [28] Teitelbaum HS. American osteopathic college of occupational and preventive medicine. Paper presented at: 2012 Mid-Year Educational Conference. 24-26 February 2016; Florida, United State of America.
- [29] Sangtarash F, Dehghan Manshadi F, Sadeghi AR, Tabatabaei SM. [Validity and reproducibility of dual digital inclinometer in measuring thoracic kyphosis in women over 45 years (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2014; 15(2):78-84.

---

This Page Intentionally Left Blank

---