

Research Paper

Correlation Between Cervical Muscle Size With Spirometric Parameters and Chest Wall Mobility in Healthy Individuals

Sima Hatamvand^{1,2} , *Nahid Rahmani^{1,3} , Mohammad Ali Mohseni-Bandpei^{1,4} , Somayeh Amiri-Arimi² , Mohammad Saatchi⁵

1. Neuromusculoskeletal Rehabilitation Research Center, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
2. Department of Physiotherapy, School of Allied Medical Sciences, Lorestan University of Medical Sciences, Khorram Abad, Iran.
3. Department of Physical Therapy, School of Allied Medical Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
4. Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, University of Lahore, Lahore, Pakistan.
5. Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Social Health University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.



Citation Hatamvand S, Rahmani N, Mohseni-Bandpei MA, Amiri-Arimi S, Saatchi M. Correlation Between Cervical Muscle Size With Spirometric Parameters and Chest Wall Mobility in Healthy Individuals. *Archives of Rehabilitation*. 2026; 27(1):130-153. <https://doi.org/10.32598/RJ.27.1.4139.1>

<https://doi.org/10.32598/RJ.27.1.4139.1>

ABSTRACT

Objective Cervical muscles play an accessory role in pulmonary ventilation and through their musculoskeletal, fascial, and neural connections with the thoracic spine and diaphragm, may influence respiratory function. However, limited evidence exists regarding the association between cervical structures and respiratory indices in healthy individuals. This study aimed to investigate the relationship between cervical muscle size, spirometric indices, and chest wall mobility in healthy adults.

Materials & Methods This cross-sectional investigation employed 50 healthy adults (28 women and 22 men) with a mean age of 41±10 years. The thickness of the multifidus, longus colli, sternocleidomastoid, and anterior scalene muscles was measured using ultrasonography. Respiratory volumes were assessed using spirometry, and chest wall mobility during both maximal inhalation and exhalation was evaluated with a measuring tape. Associations between variables were examined using Pearson or Spearman correlation tests, depending on data distribution.

Results Analysis of the relationship between cervical muscle size and respiratory volume indices demonstrated that multifidus muscle thickness was positively and significantly associated with forced vital capacity (FVC) ($r=0.35$, $P=0.01$) and forced expiratory volume in one second (FEV_1) ($r=0.37$, $P=0.008$). Anterior scalene muscle thickness was found to be positively and significantly associated with all spirometric parameters. Additionally, sternocleidomastoid muscle thickness was positively correlated with FVC ($r=0.31$, $P=0.02$) and FEV_1 ($r=0.31$, $P=0.02$). Chest wall mobility also demonstrated statistically significant positive associations with the thickness of the anterior scalene and sternocleidomastoid muscles.

Conclusion The results of the present investigation indicate that respiratory function, even in healthy individuals, is influenced by the structure and thickness of cervical muscles. These associations may be attributed to the anatomical, fascial, and neural continuity between the cervical and thoracic regions. The present results highlight the importance of assessing and strengthening cervical muscles in training and rehabilitation programs aimed at improving respiratory function. Further studies in clinical populations are recommended to confirm these findings.

Keywords Neck muscles, Ultrasonography, Spirometry, Respiratory function tests, Breathing

Received: 08 Aug 2025

Revised: 15 Jan 2026

Accepted: 27 Jan 2026

* Corresponding Author:

Nahid Rahmani, PhD.

Address: Neuromusculoskeletal Rehabilitation Research Center, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 6791593

E-Mail: nahrah2005@yahoo.com



Copyright © 2026 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.

English Version

Introduction

The cervical region is a key component of the human body, playing an essential role in maintaining postural alignment, head balance, and functional mobility [1]. In addition to controlling head and cervical spine movements, cervical muscles also participate in the respiratory process [2, 3]. In particular, superficial structures including the sternocleidomastoid (SCM) and the anterior scalene muscles become active as accessory inspiratory muscles during deep inhalation, contributing to thoracic expansion and facilitating airflow into the lungs [3, 4]. Furthermore, the intrinsic muscle system of the cervical region, with particular emphasis on the longus colli and multifidus, is essential for maintaining cervical spine stability and for ensuring coordinated movement between the neck and trunk [5, 6]. Effective breathing requires adequate cervical spine stability to ensure proper coordination and mechanical efficiency of the muscles involved in respiration [7, 8]. Appropriate stabilization of the cervical region enables respiratory-related muscles, especially accessory inspiratory muscles, to effectively contribute to rib motion and chest wall expansion [5, 9]. Under such conditions, sufficient integrity of the cervical and thoracic spinal segments becomes necessary for maintaining postural control and motor coordination [10, 11]. This stability is largely achieved through the coordinated function of deep cervical and trunk muscles [12, 13]. In light of the involvement of deep cervical muscles in segmental stabilization [13], evaluating the characteristics of these muscles alongside respiratory indices may provide deeper insight into the interaction between the musculoskeletal and respiratory systems.

Growing scientific interest has recently focused on the association between the cervical musculoskeletal system and respiratory function [9, 14]. Evidence suggests that in certain musculoskeletal disorders, such as chronic neck pain, alterations in cervical muscle activation patterns and strength may be associated with reduced chest wall mobility and impaired pulmonary ventilation [15, 16]. Although spirometry provides valuable information regarding airflow and lung volumes [17], chest wall mobility reflects the mechanical function of the respiratory system and can demonstrate structural characteristics and volumetric changes of the thoracic wall during inspiration and expiration [18, 19]. Given the critical role of chest wall motion in effective pulmonary ventilation [20], examining the association between cervical muscle

characteristics and chest wall mobility may enhance understanding of the interaction between the respiratory and movement systems.

Ultrasonography represents a non-invasive and accurate imaging technique that allows precise assessment of muscle thickness and morphology [21, 22]. In parallel, spirometry serves as the gold-standard approach for the assessment of respiratory capacity, as reflected by parameters such as forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV₁), and the FEV₁-to-FVC ratio regarded as central measures of ventilatory performance [17]. In addition to these tools, assessing chest wall mobility may provide a comprehensive perspective on the mechanical performance of the respiratory system [15].

Despite growing interest in the relationship between the cervical musculoskeletal system and respiratory function, based on comprehensive literature search [23, 24], no study has ever specifically examined the simultaneous association between cervical muscle characteristics (including muscle thickness), spirometric indices, together with chest wall mobility across both asymptomatic individuals and populations with musculoskeletal pain. Although several previous studies have investigated patients with neck pain or other musculoskeletal disorders [23, 25], their focus has primarily been on respiratory or muscular variables in isolation, without integrating assessments of cervical muscle thickness, pulmonary function, and chest wall mobility. Consequently, a research gap exists in this field. Establishing normative data in this area could enhance understanding of the contribution of cervical muscles in respiration and support the development of effective rehabilitation interventions. Therefore, this investigation aims to investigate the association between both intrinsic and superficial cervical muscle thickness, spirometric indices, and chest wall mobility in healthy individuals. It is anticipated that the results generated herein will help clarify the underlying interplay between cervical muscle function and the respiratory system and provide a foundation for future research in clinical populations.

Materials and Methods

Using a cross-sectional design, this investigation recruited 50 asymptomatic individuals aged 20 to 55 years. Sample size estimation was performed through the application of use of Pearson correlation parameters applying Fisher z-based approach, with reference to the study by Colak et al. [24]. Assuming a correlation coefficient of 0.465, an α threshold of 0.05 and a target

statistical power of 80%, a minimum sample size of 34 participants was estimated. To improve the precision of the study, the final study cohort comprised 50 individuals. The selected age range was intended to minimize the influence of skeletal growth-related changes as well as age-related degenerative alterations on cervical muscle structure and respiratory function. The study was conducted between August 2024 and June 2025 in a hospital clinical setting. Participants were recruited through non-probability convenience sampling on a voluntary basis using posters and announcements displayed at the University of Medical Sciences and affiliated public centers. Eligible individuals were enrolled consecutively after screening according to prospectively established eligibility requirements, which included the absence of pain in the spinal column or thoracic region and no history of respiratory diseases. The exclusion criteria included being an athlete (defined as individuals with a regular exercise program), smoking, history of acute trauma, fractures, or surgical procedures involving the spine, thorax, or limbs, presence of any musculoskeletal deformities, forward head posture, or evident scoliosis of the spine or limbs based on clinical assessment by a physiotherapist, cardiovascular, pulmonary, rheumatologic, systemic, or metabolic diseases, malignancies or infections, neurological disorders or neuropathies, pregnancy, psychiatric disorders based on medical history or reported medication use, and a body mass index (BMI) < 20 or > 30 kg/m² [14, 26].

This investigation protocol was granted approval by the Institutional Ethics Committee (IR.USWR.REC.1402.056). Written informed consent was obtained from all participants after they were informed about the study procedures, including the duration of participation and assessment methods. All assessments were conducted by a single physiotherapist, who was aware of the study objectives. Table 1 lists the baseline characteristics of the participants.

Ultrasonography assessment

Ultrasonographic assessment of all cervical muscles was performed using a SIMUT ZinoC4 ultrasound system (Med Fanavaran Plus) equipped with a 4-cm linear transducer. All images were obtained using standardized device settings: probe frequency of 10 MHz, gain of 22, and dynamic range of 75. All other imaging parameters were kept constant throughout the measurements for all participants. To minimize the influence of probe pressure on anterior cervical muscle thickness, an adequate amount of coupling gel and light probe contact were used. Each ultrasonographic measurement was

performed three consecutive times. Between measurements, the probe was completely removed from the skin and repositioned at the same anatomical location for subsequent image acquisition. Participants' positions were maintained throughout the procedure.

Ultrasound evaluation of the cervical multifidus muscle

Considering the importance of cervical lordosis in accurate assessment of neck muscle thickness and to minimize measurement error, the cervical multifidus muscle was examined at the central segment of the cervical lordotic curve, corresponding to the C4 vertebral level [27, 28]. After participant preparation, the spinous landmark corresponding to the C4 vertebral level was identified through manual palpation and subsequently marked. Participants were positioned in a seated posture and instructed to preserve a neutral orientation of the head and cervical region. Due to the anatomical attachment of the cervical multifidus lateral to the spinous processes, the ultrasound probe was initially placed transversely over the spinous processes and then moved laterally. Gentle superior–inferior adjustments were performed until an optimal image of the vertebral lamina and muscle fascia was obtained. At this vertebral level, the cervical multifidus muscle was identified lateral to the spinous landmark, lamina junction and anterior to the semispinalis cervicis muscle.

Muscle thickness was measured at rest and operationally defined as the greatest separation between the anterior and posterior fascial layers [27, 28]. Two dimensions were recorded: the anteroposterior diameter (APD), defined as the greatest span between the anterior and posterior margins of the muscle, and the lateral diameter (LD), defined as the maximal span separating the medial and lateral boundaries of the muscle. Measurements were obtained from the dominant side. To reduce measurement error, the mean derived from three repeated measurements was considered for statistical analysis (Figure 1) [27–29].

Ultrasound evaluation of the longus colli muscle

For assessment targeting of the deep cervical flexor musculature, participants were positioned supine with a small folded towel placed beneath the cervical region to preserve normal cervical lordosis, while the upper extremities were positioned adjacent to the trunk [30]. The longus colli muscle was examined at the C5–C6 spinal segment, as this level provides optimal visualization with minimal superimposition of the longus colli and longus capitis muscles. Anatomically, the cricoid

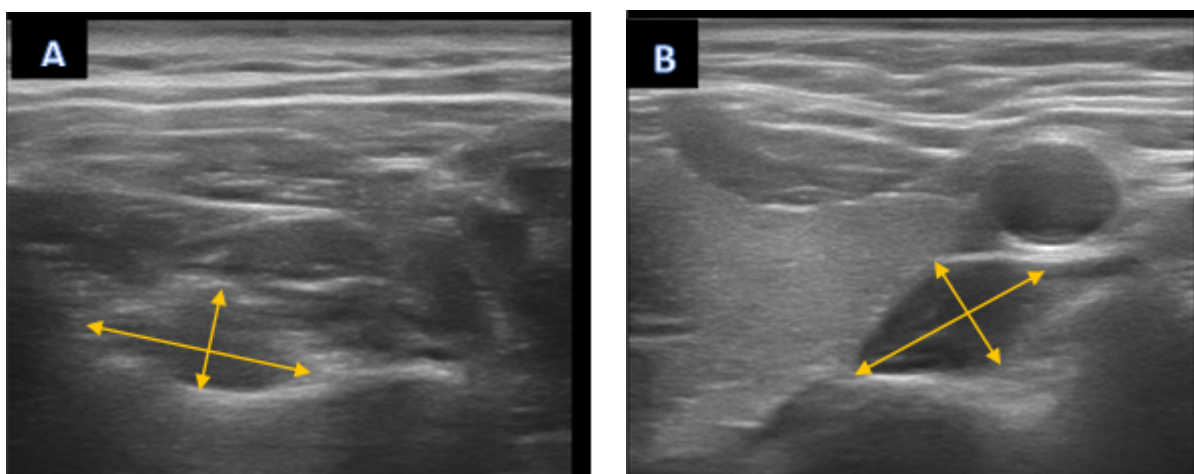


Figure 1. Ultrasound images of deep neck muscles in healthy adults

A) Cervical multifidus muscle, B) Longus colli muscle

cartilage aligns with the C6 vertebra, while the lower margin of the thyroid cartilage corresponds to the C5 vertebral level [30]. The thyroid cartilage was palpated, and a point 2 cm inferior to it was marked as a reference. The probe was then moved approximately 1 cm laterally to visualize the carotid artery in a transverse orientation, within which the longus colli muscle appeared between the carotid artery and the vertebral bodies.

Muscle thickness was quantified as the maximal distance separating the anterior and posterior fascial layers, while muscle width was determined along a line oriented perpendicular to this measurement (Figure 1) [22, 27, 31]. The average value derived from three consecutive measurements was utilized for data analysis.

Ultrasound evaluation of the SCM muscle

Participants were placed in a supine posture with a folded towel supporting the cervical region, and the head was gently rotated approximately 20–30° to the contralateral side from the side being examined. The probe was moved in a cephalad direction, and transverse images were obtained. Head rotation was applied to improve muscle delineation and access.

Ultrasound imaging was performed in B-mode using a 10-MHz linear transducer, following the protocol described by Arts et al. [32]. The ultrasound transducer was positioned over the anterolateral aspect of the cervical region, aligned parallel with the midpoint of the muscle, corresponding to the line between the mastoid process and the clavicular attachment. The carotid artery served as an anatomical landmark beneath the sternocleidomastoid muscle, and muscle thickness was

quantified as the maximum separation between the anterior and posterior fascial layers (Figure 2). The average value obtained from three repeated measurements was used for analysis [32–34].

Ultrasound evaluation of the anterior scalene muscle

For imaging of the scalene muscles, the participant was positioned supine, and the examiner stood on the side being assessed. Participant positioning, examiner position, and probe orientation were identical to those used for SCM assessment. The ultrasound transducer was placed adjacent to the thyroid lobe.

Initially, the brachial plexus roots appeared as oval hypoechoic structures positioned within the interval separating the anterior and middle scalene muscles. The probe was then moved slightly superiorly to visualize the interscalene portion of the brachial plexus at the C6 level, allowing clear identification of the anterior scalene muscle. After each measurement, the probe was removed from the skin. A sufficient amount of gel and minimal probe pressure were applied to minimize tissue compression (Figure 2). The mean value derived from three repeated measurements was considered for statistical evaluation. [30, 35–38].

Spirometry procedure

Respiratory parameters were assessed using a spirometer (Bionet, SPM300, Korea). Spirometry was conducted in compliance with guidelines issued by the American Thoracic Society and the European Respiratory Society (ATS/ERS) [39]. The evaluated indices comprised FVC, forced expiratory volume in 1 second (FEV₁), and the

Archives of
Rehabilitation

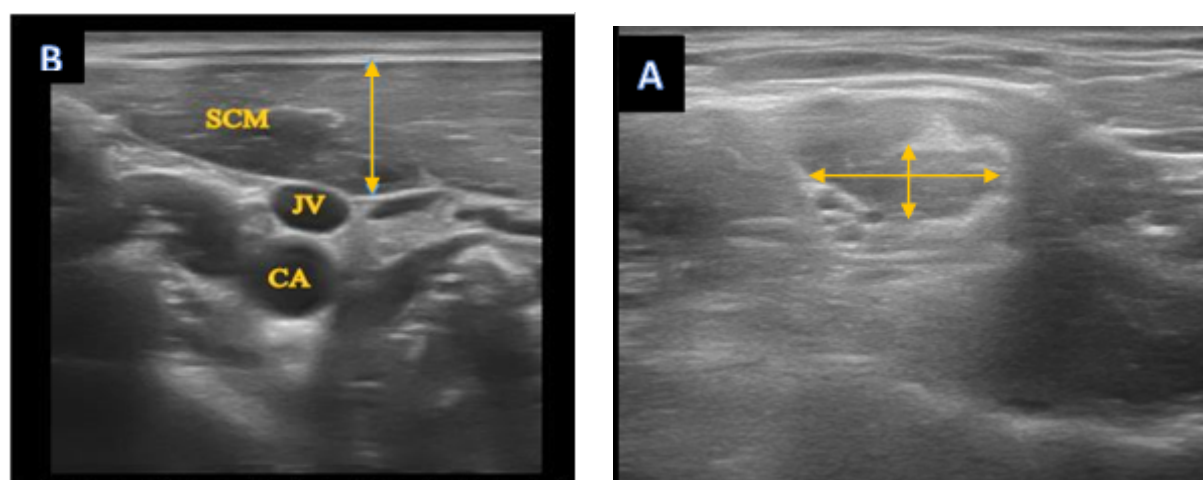


Figure 2. Ultrasound images of superficial neck muscles in healthy individuals

Archives of
Rehabilitation

A) Anterior scalene muscle, B) SCM muscle

FEV₁/FVC ratio. All measurements were conducted while participants were seated, maintaining an upright trunk posture with the feet resting flat on the floor, the upper limbs relaxed alongside the body, and the head and cervical region aligned in a neutral anatomical position. A chair without a backrest was used to allow unrestricted thoracic movement. Verbal encouragement was provided to ensure maximal effort [40].

To control potential confounding factors, participants were advised to avoid food intake and caffeinated drinks for at least three hours prior to testing and to avoid vigorous physical activity for 24 hours before the test. Smokers and participants with a prior history of tobacco use were excluded. Compliance was verified through direct questioning. Participants were also advised to avoid tight clothing. All spirometry tests were conducted in a clinical hospital environment under stable conditions, and the spirometer was calibrated before data collection [39, 40].

Each participant used a disposable mouthpiece, while a nasal clip was applied to prevent nasal breathing. Participant was asked to take a maximal inhalation followed by a forceful exhalation lasting at least 6 seconds, followed by another deep inspiration [17]. A 5-minute rest period was provided between trials. Testing continued until 3 trials meeting technical acceptability criteria were achieved, and the highest values were recorded for analysis. Trials were repeated if expiration time was insufficient or if inspiratory and expiratory maneuvers were not performed consecutively [41]. Acceptable trials were defined as those with the highest FVC and FEV₁ values, provided that the difference between consecutive trials did not exceed 150–200 mL [17].

Chest wall expansion measurement

Chest wall mobility was assessed using a flexible measuring tape. Participants stood upright with the feet positioned at shoulder width and the upper limbs resting comfortably alongside the body. They were instructed to avoid any additional trunk or limb movements. Measurements were performed with the upper torso uncovered to eliminate restrictions caused by clothing. Chest circumference was measured at two predefined anatomical landmarks, including the anterior axillary line as well as the level of the xiphoid process. The tape was placed horizontally around the chest, with one end stabilized by the examiner. Participants were instructed to execute a maximal deep inhalation followed by a maximal deep exhalation, holding each position for 2 seconds. The numerical difference between thoracic circumference during inspiration and expiration was recorded as chest wall expansion. To enhance measurement reliability, chest wall expansion at each level was measured three consecutive occasions, and the average of the three measurements was used for statistical analysis [19].

Data analysis

All statistical procedures were performed using IBM SPSS version 27.0.1. Descriptive statistics of the study participants' characteristics, including age, sex, weight, height, and body mass index (BMI), and all primary study variables, were summarized. Indices of central tendency (mean) and variability (standard deviation) were applied to characterize the data. Distributional assumptions were evaluated through application of the Kolmogorov-Smirnov procedure. In addition, to im-

prove the accuracy of normality assessment, skewness and kurtosis indices were calculated, and visual inspection of histograms was conducted. For variables with a normal distribution, associations among variables were examined using the Pearson parametric correlation coefficient. For variables that failed to satisfy normality assumptions, Spearman non-parametric correlation coefficient was applied.

For statistical reporting, a P value lower 0.05 was defined as statistically significant. Values falling from 0.05 to 0.06, representing a 20% deviation from the conventional significance threshold, was regarded as marginally significant. The magnitude of correlation coefficients was interpreted based on Cohen's guidelines, in which coefficients of approximately 0.10, 0.30, and 0.50 were interpreted as indicating small, moderate, and large effect sizes, respectively. Following data analysis, all results were reported with two decimal places [42].

Results

A total of 50 healthy individuals (36 women and 14 men; mean age: 41 ± 10 years) took part in the present investigation. The mean body mass index (BMI) of the participants was 26.66 ± 2.31 kg/m². The distributional normality of demographic variables was assessed through the Kolmogorov-Smirnov test, along with evaluation of skewness, kurtosis, and visual inspection of histograms. The results indicated normal distributions for all demographic variables (Table 1). All primary measured variables demonstrated normal distributions, except for lower chest wall expansion. The average values of the measured variables are presented in Table 2.

Analysis of the correlation coefficients revealed a statistically significant positive relationship between cervical multifidus muscle thickness and pulmonary function measures, including forced vital capacity (FVC: $r=0.35$; $P=0.01$, 95% CI, 0.08%, 0.57% L) as well as forced expiratory volume in one second (FEV₁: $r=0.37$; $P=0.008$; 95% CI, 0.01%, 0.59% L), with both associations demonstrating moderate effect magnitudes (Figures 3 and 4). No other significant associations were observed between multifidus or longus colli muscle thickness and respiratory volume indices.

Analysis of the relationships between superficial cervical muscle thickness and spirometric indices showed that the anterior-posterior diameter of the anterior scalene muscle was positively correlated with FEV₁ ($r=0.28$; $P=0.04$; 95% CI, 0.001%, 0.52% L) and the FEV₁/FVC ratio ($r=0.30$; $P=0.03$; 95% CI, 0.02%, 0.53% L). In ad-

dition, the transverse diameter of the anterior scalene muscle demonstrated significant positive correlations with FVC ($r=0.32$; $P=0.02$; 95% CI, 0.04%, 0.55% L) and FEV₁ ($r=0.41$; $P=0.03$; 95% CI, 0.15%, 0.62% L), both indicating moderate effect sizes. Furthermore, SCM muscle thickness showed significant positive associations with FVC ($r=0.39$; $P=0.005$; 95% CI, 0.13%, 0.6% L) and FEV₁ ($r=0.32$; $P=0.002$; 95% CI, 0.04%, 0.55% L) (Table 3).

Regarding chest wall mobility, the results demonstrated significant positive correlations between lower chest wall expansion and anterior scalene muscle thickness ($r=0.16$; $P=0.008$; 95% CI, 0.12%, 0.42%), as well as SCM muscle thickness ($r=0.30$; $P=0.03$; 95% CI, 0.02%, 0.53%) in healthy individuals (Table 4). Given the relatively moderate sample size ($n=50$), the study may have lacked adequate statistical power to detect weak correlations. Accordingly, non-significant results should be viewed cautiously, and further investigations involving larger samples are advised.

Discussion

The principal outcomes of the current investigation indicated that, in healthy individuals, the thickness of certain cervical muscles—specifically the SCM, anterior scalene, and cervical multifidus—was positively associated with spirometric indices. In addition, superficial cervical muscles were related to chest wall mobility. In contrast, no statistically meaningful relationships were observed between longus colli muscle thickness and respiratory parameters. These findings suggest that even in a pain-free and asymptomatic population, structural characteristics of cervical muscles may be linked to respiratory function.

The spirometric values obtained in the present study were within the normal ranges previously reported for healthy individuals. In populations without respiratory dysfunction, the FEV₁/FVC ratio is typically greater than 80%, reflecting normal airway function [40, 43]. Consistent with this, the mean FVC and FEV₁ values in the current study were comparable to reference values described by Quanjer et al. [44] and Stanojevic et al. [45], confirming the adequacy of participant selection and the absence of pulmonary impairment. Therefore, the spirometric data obtained may serve as valid reference values for healthy adults and provide a meaningful basis for comparison with clinical populations or individuals with musculoskeletal disorders.

Table 1. Demographic characteristics of the healthy participants (n=50)

Characteristic	Mean±SD	P
Age (y)	41±10	0.20
Weight (kg)	78.29±11.04	0.05
Height (m)	1.72±0.16	0.009*
Body mass index (kg/m ²)	26.66±2.31	0.20
Sex (n)	Female (36), Male (14)	0.09

*P<0.05.

Archives of
Rehabilitation

Similarly, ultrasonographic measurements of cervical muscles, including the multifidus, longus colli, SCM, and anterior scalene, were consistent with values previously reported in healthy populations [21, 32, 46]. Intrinsic cervical muscles, including the multifidus and longus colli, primarily contribute to segmental stability and postural control, whereas the SCM and scalene muscles are more superficial and are involved in dynamic cervical movements and accessory inspiration [3, 21]. These findings support the validity of the ultrasonographic measurements and suggest that the obtained values may be used as baseline data in future investigations.

A key finding of this study was the significant positive association between cervical muscle thickness (SCM, anterior scalene, and multifidus) and spirometric indices, including FVC, FEV₁, and the FEV₁/FVC ratio. Furthermore, SCM and anterior scalene thickness were positively correlated with chest wall mobility at both upper and lower thoracic levels during deep breathing. These relationships may be explained through several anatomical and biomechanical mechanisms. From an anatomical perspective, the scalene and SCM muscles function as accessory inspiratory muscles and directly contribute to thoracic expansion. The scalene muscles originate from the cervical spinal segments and attach

Table 2. Mean±SD values of measured variables (n=50)

Variables	Mean±SD
SCM anteroposterior diameter (mm)	8.67±1.49
SCM transverse diameter (mm)	7.31±1.87
Anterior–posterior diameter of anterior scalene (mm)	3.58±0.87
Transverse diameter of multifidus (mm)	11.09±1.81
Anterior–posterior diameter of multifidus (mm)	4.65±1
Transverse diameter of longus colli (mm)	11.09±2.06
Anterior–posterior diameter of longus colli (mm)	5.22±0.99
FVC (L)	3.08±0.75
FEV ₁ (L)	2.71±0.65
FEV ₁ /FVC (%)	88.38±6.74
Chest wall mobility (axillary) (cm)	3.84±1.24
Chest wall mobility (xiphoid) (cm)	4.32±1.79

Archives of
Rehabilitation

Abbreviations: FVC: Forced vital capacity; FEV₁: Forced expiratory volume in the first second; SCM: Sternocleidomastoid.

Table 3. Correlation coefficients (r) between neck muscle dimensions and respiratory parameters in healthy individuals (n=50)

Muscle / Dimension	FVC (L)	FEV ₁ (L)	FEV ₁ /FVC (%)
Longus colli APD	r=0.039	r=0.130	r=0.195
	P=0.789	P=0.367	P=0.174
Longus colli TD	r=0.198	r=0.271	r=0.137
	P=0.168	P=0.057	P=0.341
Multifidus APD	r=0.359	r=0.371	r=-0.026
	P=0.010*	P=0.008*	P=0.166
Multifidus TD	r=0.100	r=0.184	r=-0.008
	P=0.489	P=0.201	P=0.163
Anterior scalene APD	r=0.216	r=0.282	r=0.303
	P=0.133	P=0.048*	P=0.033*
Anterior scalene TD	r=0.327	r=0.410	r=0.184
	P=0.021*	P=0.003*	P=0.200
SCM APD	r=0.395	r=0.321	r=-0.240
	P=0.005*	P=0.023*	P=0.093

Archives of
Rehabilitation

Abbreviations: FVC: Forced vital capacity; FEV₁: Forced expiratory volume in the first second; SCM: Sternocleidomastoid; APD: Anteroposterior diameter; TD: Transverse diameter.

*Significant at P<0.05.

to the first and second ribs, facilitating rib elevation during inspiration. Electromyographic studies have demonstrated increased activation of these muscles under conditions of elevated respiratory demand, indicating their role in augmenting ventilation [47]. Consequently, variations in their thickness or function may influence lung volumes such as FVC and FEV₁.

Similarly, the SCM muscle, extending from the mastoid process to the sternum and clavicle, elevates the shoulder girdle during contraction, thereby increasing thoracic volume during inspiration. Increased SCM thickness may therefore reflect greater participation of this muscle in the inspiratory process and can be interpreted within its established role as an accessory respiratory muscle [2, 47]. In addition, the cervical multifidus

Table 4. Correlation coefficients (r) between chest wall mobility and neck muscle dimensions in healthy adults

Variables	Cervical Multifidus APD	Cervical Multifidus TD	Longus Colli APD	Longus Colli TD	Anterior Scalene APD	Anterior Scalene TD	SCM APD
Axillary chest expansion	r=0.09	r=0.27	r=0.07	r=0.21	r=0.16	r=0.37	r=0.25
	P=0.52	P=0.05	P=0.62	P=0.13	P=0.008*	P=0.26	P=0.07
Xiphoid chest expansion	r=0.11	r=0.08	r=0.01	r=0.06	r=0.005	r=0.27	r=0.30
	P=0.41	P=0.57	P=0.90	P=0.67	P=0.97	P=0.05	P=0.03*

Abbreviations: APD: Anteroposterior diameter; TD: Transverse diameter; SCM: Sternocleidomastoid.

Archives of
Rehabilitation

*P<0.05.

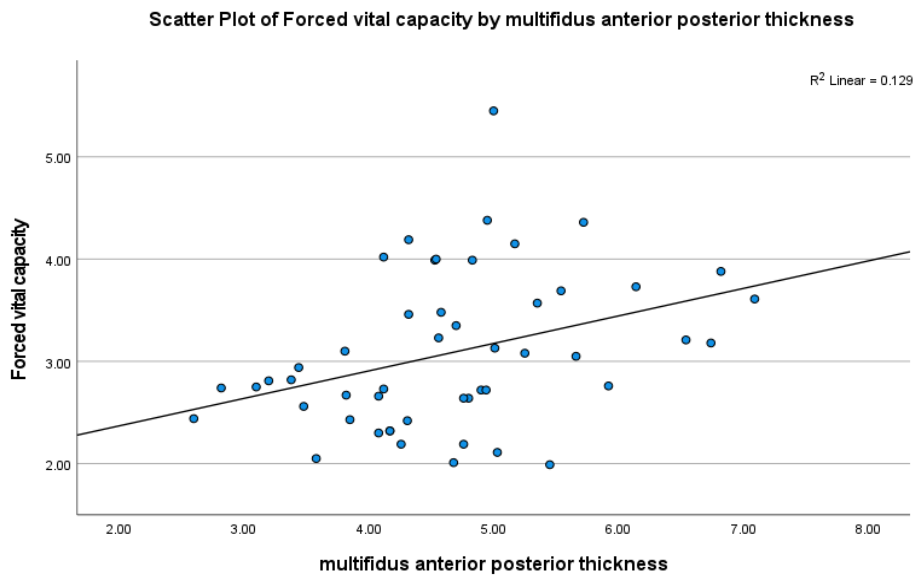


Figure 3. Scatter plot illustrating the correlation between cervical multifidus thickness and FVC

plays an essential function in maintaining cervical spine stability and facilitating coordinated movement between the neck and thoracic cage. Optimal cervical and trunk alignment may promote effective rib motion and diaphragmatic function. Recent evidence suggests that deep cervical muscle performance and postural control can influence respiratory mechanics [48], which may explain the observed association between multifidus thickness and spirometric indices.

From a fascial perspective, the cervical region, thoracic cage, and diaphragm are interconnected through a continuous fascial network. This mechanical continuity may facilitate force transmission and coordinated movement between cervical muscles and thoracic structures [2, 49]. Such fascial interconnections may represent an additional mechanism underlying the observed associations between cervical muscle thickness and chest wall mobility.

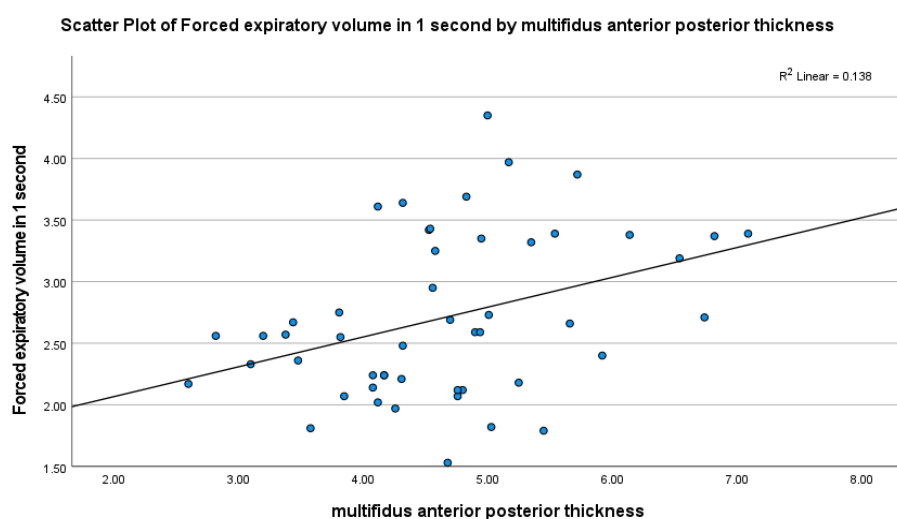


Figure 4. Scatter plot illustrating the correlation between cervical multifidus thickness and forced expiratory volume in the FEV₁

In the context of the present investigation, cervical multifidus thickness demonstrated an association with spirometric indices (FVC and FEV₁), whereas no significant relationship was observed with chest wall mobility. This finding is consistent with the functional role of the multifidus as a deep stabilizing muscle primarily involved in postural control and segmental stability rather than direct thoracic motion [5, 50]. Adequate stability of the cervical spine and upper trunk may enhance respiratory efficiency and intrathoracic pressure generation [51], which is more likely to be reflected in airflow- and volume-related indices than in chest wall excursion.

In contrast, the longus colli muscle does not demonstrate significant associations with spirometric parameters or chest wall mobility. This finding may be explained by its specialized function as a deep cervical flexor and anterior stabilizer [5]. The longus colli primarily contributes to fine motor control, segmental stability, and maintenance of cervical alignment during static tasks, with minimal involvement in ventilatory mechanics or thoracic movement [13]. Unlike superficial cervical muscles that are recruited during increased respiratory demand [47], longus colli activity is predominantly postural in nature, and morphological variations in this muscle are therefore unlikely to be reflected in respiratory indices.

From a neurophysiological standpoint, strong interactions exist between cervical motor control and respiratory function. Motor neurons arising from the lower cervical spinal cord, particularly at the C3-C5 levels, form the phrenic nerve, which innervates the diaphragm. Previous studies have demonstrated that mechanical stimulation or nociceptive input from the cervical region can alter breathing patterns through shared sensorimotor pathways [52, 53]. In addition, proprioceptive input from deep cervical muscles contributes to postural regulation and respiratory coordination, such that impaired cervical stability may influence respiratory performance. However, the direction and causality of these relationships remain to be clarified through longitudinal or interventional studies [25].

Overall, the present findings suggest that cervical muscles are not solely involved in head posture and neck movement but are part of a broader musculoskeletal-neural network contributing to respiratory function. This anatomical and physiological integration may explain the observed positive associations between cervical muscle thickness, spirometric indices, as well as chest wall mobility among healthy individuals.

In conclusion, the findings of the current investigation are aligned with the predefined study objectives. Certain cervical muscles—particularly accessory inspiratory muscles—demonstrate significant associations with spirometric indices and chest wall mobility, whereas such relationships are not observed for all cervical muscles. These differences highlight the distinct functional roles played by superficial versus deep cervical muscles in relation to respiratory function.

Conclusion

The present findings indicate that the thickness of specific cervical muscles, including the SCM, anterior scalene, and multifidus, is positively associated with spirometric indices as well as chest wall mobility among healthy individuals. These findings indicate a potential structural-functional relationship between cervical muscle characteristics and respiratory function. Cervical muscles, particularly the accessory inspiratory muscles, may contribute to respiratory performance through coordinated interactions with the thoracic cage. However, given the cross-sectional nature of this investigation, the results only reflect correlations and do not permit causal inferences or conclusions regarding the effects of interventions. These findings provide baseline data for healthy populations and may guide the design of future longitudinal or interventional studies to explore the clinical relevance of cervical muscles in respiratory function. The study specifically addressed the research questions concerning the relationship between cervical muscle characteristics, spirometric indices, and chest wall mobility in healthy adults.

Study limitations

This investigation has several constraints, as its cross-sectional design framework limits the capacity to determine cause-and-effect relations among cervical muscle characteristics and respiratory function. The study population consisted solely of healthy individuals, so generalization to clinical populations should be made with caution. Convenience sampling was used, which may introduce selection bias. All ultrasonographic measurements were conducted by a single examiner in a single session, so measurement error and dependence on examiner skill (intra-rater reliability) might have influenced the findings. The absence of repeated measurements prevented reporting reliability indices. Future research employing longitudinal approaches, expanded sample sizes, and assessment of measurement reliability are recommended. Investigating clinical populations with cervical musculoskeletal disorders or respiratory conditions would also help generalize the findings and provide normative clinical data.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the [University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences](#), Tehran, Iran (Code: IR.USWR.REC.1402.056). Written informed consent was obtained from all participants before the study, and they were fully informed about the study objectives and procedures. Ethical principles, including confidentiality, voluntary participation with the right to withdraw at any time, no financial burden, and provision for compensating potential harms, were strictly adhered to.

Funding

This article funded by Department of Physiotherapy, [University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences](#), Tehran, Iran.

Authors' contributions

Conceptualization: Sima Hatamvand, Nahid Rahmani, and Mohammad Ali Mohseni Bandpei; Methodology: Sima Hatamvand, Nahid Rahmani, and Mohammad Ali Mohseni Bandpei; Validation: Sima Hatamvand and Nahid Rahmani; Formal analysis: Mohammad Saatchi and Sima Hatamvand; Investigation: Sima Hatamvand; Writing, review, and editing: Nahid Rahmani, Mohammad Ali Mohseni Bandpei, Sima Hatamvand, Mohammad Saatchi, and Somayeh Amiri Arimi; Visualization: Sima Hatamvand; Supervision: Nahid Rahmani and Mohammad Ali Mohseni Bandpei; Project administration: Nahid Rahmani and Mohammad Ali Mohseni Bandpei.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere gratitude to Shahid Rahimi Hospital, Lorestan, and to all those who supported and contributed to the progress and completion of this research.



مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط بین اندازه عضلات گردن با شاخص‌های اسپیرومتری و تحرک قفسه سینه در افراد سالم

سیما حاتموند^{۱،*}، ناهید رحمانی^{۲،۱}، محمدعلی محسنی بندپی^{۳،۱}، سمیه امیری آرمی^۴، محمد ساعتچی^۵

۱. مرکز تحقیقات توانبخشی نوروماسکولواسکتال، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

۲. گروه فیزیوتراپی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۳. گروه فیزیوتراپی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

۴. گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پیراپزشکی، دانشگاه لاهور، پاکستان.

۵. گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده سلامت اجتماعی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Hatamvand S, Rahmani N, Mohseni-Bandpei MA, Amiri-Arimi S, Saatchi M. Correlation Between Cervical Muscle Size With Spirometric Parameters and Chest Wall Mobility in Healthy Individuals. *Archives of Rehabilitation*. 2026; 27(1):130-153. <https://doi.org/10.32598/RJ.27.1.4139.1>

doi <https://doi.org/10.32598/RJ.27.1.4139.1>

چکیده

هدف: عضلات گردن، در تهویه ریوی نقش کمکی دارند و از طریق ارتباطات اسکلتی-عضلانی، فاشیایی و عصبی با ستون فقرات سینه‌ای و دیافراگم، می‌توانند بر عملکرد تنفسی اثرگذار باشند. با این حال، شواهد اندکی در مورد ارتباط ساختارهای گردنی با شاخص‌های تنفسی در افراد سالم وجود دارد. هدف از مطالعه حاضر بررسی ارتباط بین اندازه عضلات گردن با شاخص‌های اسپیرومتری و تحرک قفسه سینه در افراد سالم بود.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی ۵۰ فرد سالم شامل ۲۸ زن و ۲۲ مرد با میانگین سنی 41 ± 10 شرکت کردند. ضخامت عضلات مولتی فیدوس، لانگوس کولی، استرنوکلیدوماستویید و اسکالن قدامی با استفاده از دستگاه سونوگرافی، حجم‌های تنفسی با استفاده از دستگاه اسپیرومتری و تحرک قفسه سینه حین دم و بازدم با متر نواری اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون یا اسپیرمن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: بررسی ارتباط بین اندازه عضلات گردن با شاخص حجم‌های تنفسی در افراد سالم نشان داد اندازه عضله مولتی فیدوس با ظرفیت حیاتی اجباری ($r=0/35$, $P=0/01$) و حجم بازدمی در ثانیه اول ($r=0/37$, $P=0/008$) ارتباط مثبت و معنادار داشته است. همچنین اندازه عضله اسکالن قدامی با تمام شاخص‌های تنفسی اسپیرومتری ارتباط مثبت و معنادار دارد و ضخامت عضله استرنوکلیدوماستویید نیز با ظرفیت حیاتی اجباری و حجم بازدمی در ثانیه اول ($r=0/31$, $P=0/02$) همبستگی مثبت و معنادار نشان داد. تحرک قفسه سینه نیز با اندازه عضلات اسکالن قدامی و استرنوکلیدوماستویید همبستگی مثبت و معنادار نشان داد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد عملکرد تنفسی حتی در افراد سالم تحت تأثیر ساختار و ضخامت عضلات گردنی است. این ارتباط ممکن است ناشی از پیوستگی آناتومیک، فاشیایی و عصبی بین نواحی گردنی و سینه‌ای باشد. نتایج حاضر اهمیت ارزیابی و تقویت عضلات گردن را در برنامه‌های تمرینی و توانبخشی برای بهبود عملکرد تنفسی برجسته می‌سازد. انجام مطالعات آینده در جمعیت‌های بالینی برای تأیید این نتایج توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: عضلات گردن، اولتراسونوگرافی، اسپیرومتری، آزمون‌های عملکرد تنفسی، تنفس

تاریخ دریافت: ۱۷ مرداد ۱۴۰۴

تاریخ اصلاح: ۲۵ دی ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۰۷ بهمن ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر ناهید رحمانی

نشانی: تهران، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، مرکز تحقیقات توانبخشی نوروماسکولواسکتال.

تلفن: ۶۷۹۱۵۹۳ (۹۱۲) ۹۸

رایانامه: nahrah2005@yahoo.com



Copyright © 2026 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

(FVC)، حجم بازدمی^۲ در ثانیه اول (FEV₁) و Second ۱ و نسبت FEV₁/FVC از مهم‌ترین شاخص‌های عملکرد تهویه‌ای محسوب می‌شوند [۱۷]. در کنار این ابزارها، اندازه‌گیری تحرک قفسه سینه نیز می‌تواند دید جامعی از عملکرد مکانیکی سیستم تنفسی ارائه دهد [۱۵].

با وجود افزایش توجه به ارتباط بین سیستم عضلانی-اسکلتی گردن و عملکرد تنفسی، براساس جستجوی جامع انجام‌شده [۲۳]، تاکنون مطالعاتی که به‌طور مشخص ارتباط بین ویژگی‌های عضلات گردن (ازجمله ضخامت عضلات) با شاخص‌های اسپیرومتری و تحرک قفسه سینه را به‌صورت هم‌زمان بررسی کرده باشد، چه در جمعیت‌های مبتلا به درد و چه در افراد سالم، گزارش نشده است. اگرچه برخی مطالعات پیشین بر روی بیماران مبتلا به گردن‌درد یا سایر اختلالات عضلانی-اسکلتی انجام شده‌اند [۲۵، ۲۳]، تمرکز آن‌ها عمدتاً بر متغیرهای تنفسی یا عضلانی به‌صورت مجزا بوده و بررسی ارتباط بین ضخامت عضلات گردن، عملکرد ریوی و تحرک قفسه سینه در طراحی آن‌ها لحاظ نشده است. بنابراین، خلأ پژوهشی مشخصی در این زمینه وجود دارد. فراهم کردن داده‌های هنجار در این زمینه می‌تواند به درک بهتر نقش عضلات گردن در فرآیند تنفس و طراحی مداخلات توان‌بخشی مؤثر کمک کند. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی ارتباط بین اندازه عضلات عمیقی و سطحی گردن با شاخص‌های اسپیرومتری و تحرک قفسه سینه در افراد سالم است. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش بتواند به روشن‌تر شدن ارتباط بین عملکرد عضلات گردن و سیستم تنفسی کمک کرده و زمینه‌ساز مطالعات آینده در جمعیت‌های بالینی باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مقطعی، ۵۰ فرد سالم با سن بین ۲۰ تا ۵۵ سال وارد مطالعه شدند. حجم نمونه براساس آزمون همبستگی پیرسون و با استفاده از تبدیل فیشر، با استناد به مطالعه کلاک و همکاران [۲۴]، محاسبه شد. با فرض $\alpha=0.05$ و توان ۸۰ درصد، حجم نمونه ۳۴ نفر برآورد گردید که در نهایت به‌منظور افزایش دقت مطالعه، ۵۰ شرکت‌کننده وارد مطالعه شدند. این بازه سنی به‌منظور کاهش اثرات تغییرات وابسته به رشد اسکلتی و همچنین تغییرات دژنراتیو وابسته به سن بر ساختار عضلات گردن و عملکرد تنفسی انتخاب شد. این مطالعه مقطعی از مرداد سال ۱۴۰۳ تا خرداد سال ۱۴۰۴ در محیط بالینی بیمارستان انجام شد. روش نمونه‌گیری از نوع غیراحتمالی ساده در دسترس و به‌صورت داوطلبانه بود. شرکت‌کنندگان از طریق نصب پوستر و اطلاعیه در محیط دانشگاه علوم پزشکی و مراکز عمومی مرتبط جذب شدند. افراد واجد شرایط پس از تماس و بررسی معیارهای ورود و خروج به‌صورت متوالی وارد مطالعه شدند.

گردن یکی از بخش‌های کلیدی بدن است که نقش مهمی در حفظ راستای قامتی، تعادل سر و عملکرد حرکتی ایفا می‌کند [۱]. عضلات ناحیه گردن علاوه بر کنترل حرکات سر و ستون فقرات گردنی، در فرآیند تنفس نیز مشارکت دارند [۳، ۲]. به‌ویژه عضلات سطحی مانند استرنوکلیدوماستوئید^۱ (SCM) و اسکالن‌ها در دم عمیق به‌عنوان عضلات کمکی تنفسی فعال می‌شوند و در افزایش حجم قفسه سینه و ورود هوا به ریه نقش دارند [۴، ۳]. همچنین عضلات عمقی مانند لانگوس کولی و مولتی‌فیدوس در پایداری ستون فقرات گردنی و هماهنگی بین حرکات تنه و گردن نقش کلیدی دارند [۶، ۵]. تنفس مؤثر مستلزم وجود ثبات کافی در ستون فقرات گردنی است تا هماهنگی و عملکرد مکانیکی مناسب عضلات درگیر در تنفس فراهم شود [۸، ۷]. ثبات مناسب ناحیه گردن این امکان را ایجاد می‌کند که عضلات مرتبط با تنفس، به‌ویژه عضلات کمکی دم، بتوانند به‌طور مؤثر در حرکت دنده‌ها و گسترش قفسه سینه مشارکت کنند [۹، ۵]. در چنین شرایطی، تأمین ثبات مناسب در ناحیه ستون فقرات گردنی و پشتی برای حفظ کنترل وضعیتی و هماهنگی حرکتی ضروری است [۱۰، ۱۱]. این ثبات تا حد زیادی از طریق عملکرد هماهنگ عضلات عمقی گردن و تنه فراهم می‌شود [۱۳، ۱۲]. باتوجه‌به نقش عضلات عمقی گردن در ایجاد پایداری سگمنتال [۱۳]، بررسی ویژگی‌های این عضلات در کنار شاخص‌های تنفسی می‌تواند به درک بهتر تعامل بین سیستم‌های حرکتی و تنفسی کمک کند.

در سال‌های اخیر، ارتباط میان دستگاه عضلانی-اسکلتی گردن و عملکرد تنفسی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است [۹، ۱۴]. شواهد نشان داده‌اند در برخی اختلالات عضلانی-اسکلتی مانند گردن‌درد مزمن، تغییر در الگوی فعالیت و قدرت عضلات گردن ممکن است با کاهش تحرک قفسه سینه و اختلال در تهویه ریوی همراه باشد [۱۶، ۱۵]. اگرچه اسپیرومتری اطلاعات ارزشمندی در مورد جریان و حجم هوا فراهم می‌کند [۱۷]، اما تحرک قفسه سینه بازتابی از عملکرد مکانیکی سیستم تنفسی است که می‌تواند ساختار و تغییرات حجمی دیواره قفسه سینه را در حین دم و بازدم نشان دهد [۱۹، ۱۸]. از آنجاکه حرکات قفسه سینه نقش مهمی در تهویه مؤثر ریه‌ها دارند [۲۰]، بررسی ارتباط میان عملکرد عضلات گردن و تحرک قفسه سینه می‌تواند در درک بهتر تعامل بین سیستم‌های تنفسی و حرکتی مؤثر باشد.

سونوگرافی به‌عنوان روشی غیرتهاجمی و دقیق، امکان ارزیابی ضخامت و مورفولوژی عضلات را با دقت بالا فراهم می‌کند [۲۱]. ازسوی دیگر، اسپیرومتری روشی استاندارد برای سنجش عملکرد ریوی است و شاخص‌هایی مانند ظرفیت حیاتی اجباری^۲

1. Sternocleidomastoid (SCM)
2. Forced Vital Capacity (FVC)

3. Force Expiratory Volume In

نگه داشته شدند. برای کاهش اثر فشار پروب بر ضخامت عضلات قدامی گردن، از مقدار کافی ژل و تماس سبک پروب استفاده شد. هر اندازه‌گیری اولتراسونوگرافی ۳ بار و به‌صورت متوالی انجام شد. بین هر اندازه‌گیری، پروب از روی پوست برداشته شد و پس از قرارگیری مجدد پروب در همان موقعیت، تصویر بعدی ثبت گردید. در طول این فرآیند، وضعیت آزمودنی ثابت نگه داشته شد.

تصویربرداری از عضله مولتی فیدوس گردن

باتوجه به اهمیت لوردوز گردنی در اندازه‌گیری ضخامت عضلات ناحیه گردن و همچنین جهت کاهش خطای اندازه‌گیری، عضله مولتی فیدوس در سگمان مرکزی لوردوز گردنی یعنی در سطح مهره C4 بررسی شد [۲۸، ۲۷]. پس از آماده‌سازی بیمار، از طریق لمس، زائده خاری مهره‌ی C4 شناسایی و علامت‌گذاری شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد که روی صندلی بنشینند و سر و گردن خود را در وضعیت خنثی نگه دارند.

باتوجه به محل اتصال عضله مولتی فیدوس که در خارج زوائد خاری مهره‌های گردن قرار دارد، پروب دستگاه سونوگرافی در سطح زوائد خاری به‌صورت افقی قرار داده شد سپس به طرف خارج برده شد و به آرامی به بالا و پایین حرکت داده شد تا بهترین تصویر از لامینای مهره‌ای و فاشیای عضله ظاهر شد. در این سطح، عضله مولتی فیدوس در سمت جانبی محل اتصال لایه مهره و زائده خاری و در جلوی عضله سمی اسپینالیس سرویسیس مشاهده می‌شود. ضخامت عضله مولتی فیدوس در همان سطح در حالت استراحت اندازه‌گیری شد. ضخامت هر عضله با تعیین حداکثر فاصله بین مرزهای فاشیای عضله اندازه‌گیری شد [۲۸، ۲۷]. ابعاد قدامی-خلفی^۷ (APD) و ابعاد جانبی^۸ (LD) این عضلات عمقی اندازه‌گیری شدند. APD یا ضخامت عضلات به‌صورت طولانی‌ترین فاصله بین لبه‌های قدامی و خلفی عضلات

معیار ورود افراد شامل نداشتن درد در ناحیه ستون فقرات و قفسه سینه و نداشتن سابقه بیماری‌های تنفسی بود.

معیارهای خروج شامل ورزشکاربودن (افرادی که برنامه ورزشی منظمی دارند)، سیگاری بودن، سابقه هر گونه ضربات حاد، شکستگی و وجود جراحی در ستون فقرات، قفسه سینه و اندام‌ها، وجود هر گونه بداندازه‌گیری‌ها^۵، به جلو آمدن سر^۶ (FHP) و اسکولیوزیس مشهود در ستون فقرات و اندام‌ها براساس ارزیابی بالینی توسط فیزیوتراپیست، وجود بیماری‌های قلبی ریوی، روماتیسم، سیستمیک و متابولیک، بدخیمی‌ها و عفونت‌ها، هر گونه بیماری نورولوژیک و نوروپاتی، بارداری، مشکلات روحی روانی براساس سابقه پزشکی و داروهای مصرفی گزارش‌شده توسط فرد، شاخص توده بدنی^۹ بیشتر از ۳۰ و یا کمتر از ۲۰ [۲۶، ۱۴].

پس از اخذ نامه کمیته اخلاق و کسب موافقت آگاهانه، افراد نسبت به جزئیات طرح (مدت‌زمان و چگونگی روش ارزیابی) توجیه و وارد تحقیق شدند. تمامی اندازه‌گیری‌ها توسط یک فیزیوتراپیست انجام شد و ارزیاب نسبت به اهداف مطالعه کور نبود. اطلاعات جمعیت‌شناختی افراد شرکت‌کننده در **جدول شماره ۱** آورده شده است.

اولتراسونوگرافی

سونوگرافی تمام عضلات گردن با استفاده از دستگاه سونوگرافی (SIMUT ZinoC4, Med Fanavaran Plus) با مبدل خطی، ۴ سانتی‌متر انجام شد. تمام تصاویر اولتراسوند با تنظیمات ثابت دستگاه انجام شد. فرکانس پروب ۱۰ مگاهرتز، Gain 22 و Dy- namic Range ۷۵ تنظیم شد. سایر پارامترهای تصویربرداری در طول تمام اندازه‌گیری‌ها برای تمامی شرکت‌کنندگان ثابت

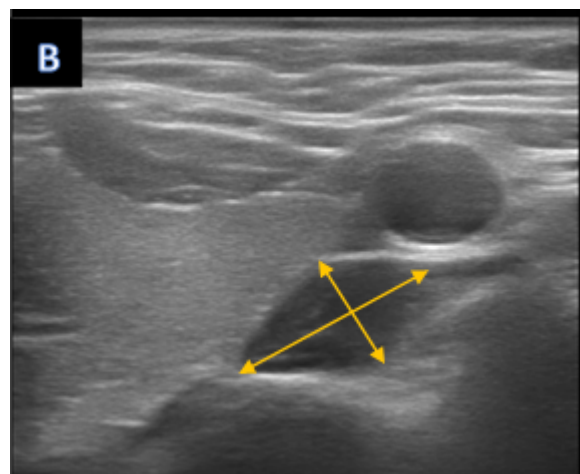
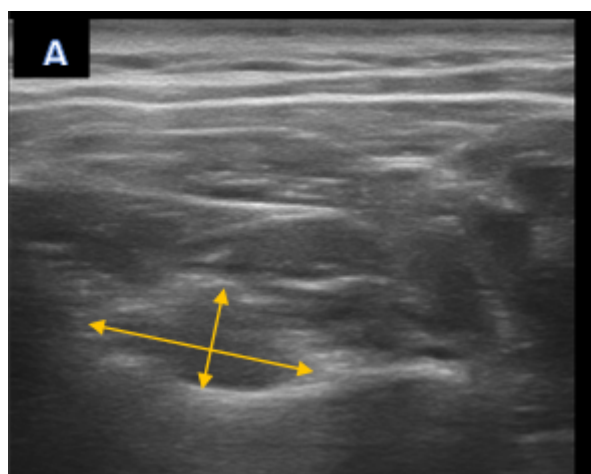
4. Deformity
5. Forward Head Posture (FHP)
6. Body Mass Index (BMI)

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی افراد شرکت‌کننده در مطالعه

متغیر	میانگین ± انحراف معیار	P
افراد سالم (۵۰)		
سن (سال)	۴۱ ± ۱۰	۰/۲۰۰
وزن (کیلوگرم)	۷۸/۲۹ ± ۱۱/۰۴	۰/۰۵
قد (متر)	۱/۷۲ ± ۰/۱۶	۰/۰۰۹*
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۶/۶۶ ± ۲/۶۳۱	۰/۲۰۰
جنسیت (تعداد)	۲۲ مرد	۰/۰۹
	۲۸ زن	

توانبخشنی

* آزمون کولموگروف اسمیرنوف، $P < ۰/۰۵$



توانبخشی

تصویر ۱. تصویر سونوگرافیک عضلات عمقی گردن در افراد سالم (A) عضله مولتی فیدوس (B) عضله لانگوس کولی

تصویربرداری از عضله استرنوکلیدوماستوئید

فرد به پشت دراز کشیده، یک ورقه تاشده حوله زیر گردن قرار داده شد و سر تقریباً ۲۰ تا ۳۰ درجه برخلاف سمتی که اندازه‌گیری می‌شد چرخانده می‌شد. حرکت پروب در جهت کرانیال^۹ انجام شد و تصاویر در نمای عرضی^{۱۰} ثبت شدند. چرخش ۲۰ تا ۳۰ درجه سر به منظور بهبود تفکیک عضله SCM و دسترسی مناسب به ساختار عضلانی انتخاب شد. برای ثبت تصویر از این عضله اسکن در B-mode و با پراب خطی ۱۰ مگاهرتز مطابق با روش آرتز [۳۲] و همکاران انجام شد. اپلیکاتور در قسمت لترال به قدام گردن موازی با وسط عضله استرنوکلیدوماستوئید قرار گرفت که درواقع وسط امتداد خط از استخوان ماستوئید تا لبه ترقوه می‌باشد. شریان کاروتید به عنوان نشانه روی صفحه استفاده می‌شود. SCM با دیدن شریان کاروتید به عنوان یک نشانگر و نقطه مرجع شناسایی می‌شود. ضخامت عضله SCM به صورت طولانی‌ترین فاصله بین لبه‌های قدامی و خلفی عضله اندازه‌گیری شد (تصویر شماره ۲) و میانگین سه اندازه‌گیری در آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت [۳۲-۳۴].

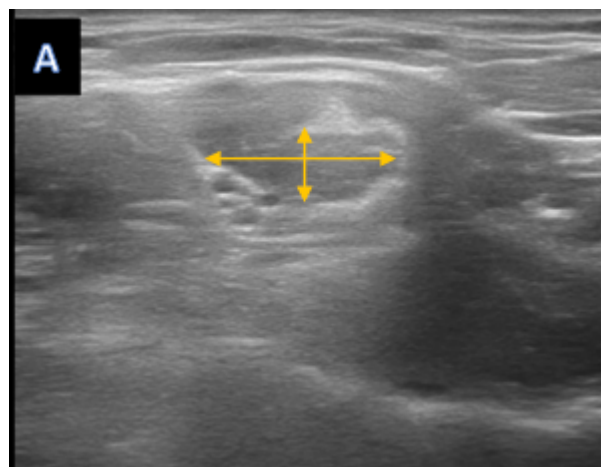
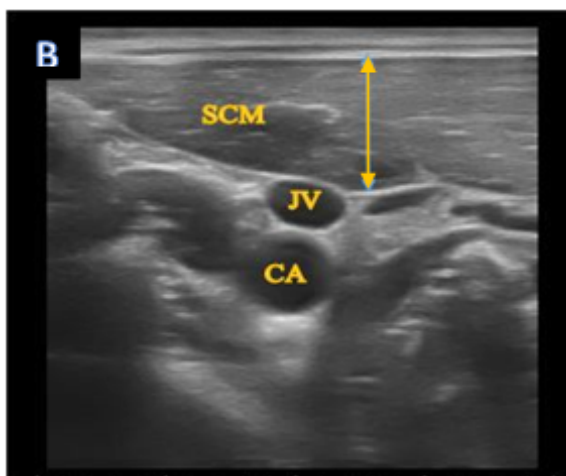
تصویربرداری از عضله اسکالن قدامی

برای تصویربرداری از عضلات اسکالن، آزمودنی در وضعیت خوابیده و مداخله‌گر در سمتی که قرار هست اندازه‌گیری انجام شود قرار گرفت. پوزیشن فرد، تراپیست و نحوه قرارگیری اپلیکاتور مثل اندازه‌گیری ضخامت عضله SCM است. مبدل اولتراسوند درست در کنار لوب تیروئید قرار می‌گیرد. در ابتداء ریشه‌های عصبی شبکه بازویی به صورت ساختارهای هیپواکوی بیضی اندازه‌گیری بین عضلات اسکالن قدامی و میانی دیده می‌شود. اپلیکاتور به سمت بالا کشیده می‌شود تا شبکه بازویی اینتراسکالن در سطح

و LD یا عرض عضلات به صورت طولانی‌ترین فاصله بین لبه‌های داخلی و خارجی عضلات اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عضلات گردن از سمت غالب فرد انجام گرفت. به منظور کاهش احتمال خطای اندازه‌گیری، میانگین سه اندازه‌گیری در آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت (تصویر شماره ۱) [۲۷-۲۹].

تصویربرداری از عضله لانگوس کولی

برای اندازه‌گیری عضلات قدام گردن همه افراد در وضعیت استاندارد خنثی به پشت خوابیده بودند و گردن آن‌ها توسط یک حوله کوچک که در زیر گردن قرار داده شده بود، حمایت می‌شد تا لوردوز فیزیولوژیکی حفظ شود. اندام‌های فوقانی در امتداد تنه قرار گرفتند [۳۰]. ابعاد عضله لانگوس کولی در سطح C5-C6 اندازه‌گیری شد؛ به دلیل اینکه مطالعات قبلی نشان داده‌اند در این سطح مهره‌ای، تصویر عضله واضح‌تر است و هم پوشانی بین عضله لانگوس کولی و لانگوس کپیتیس حداقل می‌باشد. براساس منابع آناتومیکی معتبر، غضروف کریکوئید با سطح مهره C6 مطابقت دارد، درحالی که کف برجستگی حنجره‌ای غضروف تیروئید با سطح C5 مطابقت دارد [۳۰]. با لمس، غضروف تیروئید شناسایی و ۲ سانتی‌متر پایین آن، به عنوان نقطه مرجع جهت اطمینان از اینکه اندازه‌گیری از یک نقطه انجام شده علامت گذاری شد. پروب ۱ سانتی‌متر به سمت خارج حرکت داده شد تا شریان کاروتید در نمای عرضی قابل مشاهده باشد. سپس عضله لونگوس کولی بین شریان کاروتید و اجسام مهره‌ای قابل مشاهده بود و از عضله تصویر مورد نظر ثبت گردید. شریان کاروتید در بالای عضله لانگوس کولی قرار دارد که در تشخیص محل عضله کمک کننده می‌باشد. اندازه ضخامت عضله از بزرگترین فاصله بین فاشیای قدامی و خلفی ثبت گردید و قطر طرفی عضله نیز عمود بر آن رسم شد (تصویر شماره ۱) [۲۲، ۲۷، ۳۱]. به منظور کاهش احتمال خطای اندازه‌گیری، میانگین ۳ اندازه‌گیری در آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت.



توانبخشنی

تصویر ۲. تصویر سونوگرافیک از عضلات سطحی در افراد سالم (A) عضله اسکالن قدامی (B) عضله استرنوکلیدوماستوئید

و تحت شرایط پایدار محیطی انجام شد. همچنین دستگاه اسپرومتر پیش از شروع مطالعه کالیبره شده بود [۳۹، ۴۰].

بعد از تشریح کامل مراحل انجام آزمون و اطمینان از عادی و با ثبات بودن شرایط، اقدام به انجام آزمون شد. در این مطالعه برای هر آزمودنی یک دهانی ۱ بار مصرف در نظر گرفته شد. دهانی طوری در دهان قرار می گرفت که جریان هوا از کناره‌های دهان خارج نشود. همچنین از یک دماغ گیر برای جلوگیری از تنفس از راه بینی استفاده شد. برای ارزیابی از فرد خواسته شد یک دم عمیق بکشد سپس در بازدم عمیق و فشاری تا جایی که امکان داشت هوای ریه خود را خارج کند، به طوری که حداقل ۶ ثانیه به طول انجامد و به دنبال آن دوباره یک دم عمیق بکشد [۱۷].

در حین انجام آزمایش دقت شد دهانی دستگاه از دهان فرد جدا نشود. همچنین بین دم و بازدم‌ها وقفه‌ای نباشد. فاصله استراحت بین هر تلاش ۵ دقیقه در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری‌ها تکرار می شد تا ۳ آزمون از نظر تکنیکال برای دستگاه قابل قبول باشد. از بین سه عدد ثبت شده بالاترین مقادیر گزارش شد و برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. در صورتی که بازدم به ۵-۶ ثانیه نرسد (حداقل زمان خروج هوا باید ۵-۶ ثانیه می شد) و یا مراحل دم و بازدم به صورت متوالی انجام نمی گرفت (منقطع انجام گیرد) اندازه‌گیری قطع و دوباره تکرار می شد [۴۱].

معیارهای انتخاب یک آزمون مناسب به این صورت بود که آزمونی که بیشترین FVC را نشان می داد و حداکثر اختلاف آن با FVC قبلی کمتر از ۱۵۰-۲۰۰ میلی لیتر بود، انتخاب می شد. همچنین آزمونی که بیشترین FEV₁ را نشان می داد و حداکثر اختلاف آن با FEV₁ قبلی کمتر از ۱۵۰-۲۰۰ میلی لیتر بود مورد قبول تلقی شد [۱۷].

C6 مشاهده شود و عضله اسکالن قدامی مجاور آن مشخص می شود. پس از هر اندازه گیری، مبدل از روی پوست برداشته شد. مقدار زیادی ژل با لمس سبک پروب برای کاهش اثر فشار بر روی پوست استفاده شد (تصویر شماره ۲). میانگین ۳ اندازه گیری در آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت [۳۵-۳۸، ۳۰].

روش اجرای تست اسپرومتری

جهت ارزیابی شاخص‌های تنفسی در این مطالعه از دستگاه اسپرومتر^{۱۱} استفاده شد. آزمون اسپرومتری مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد انجمن قفسه سینه آمریکا^{۱۲} و انجمن تنفسی اروپا^{۱۳} انجام شد [۳۹]. شاخص‌های مورد بررسی در این مطالعه FEV₁، FVC، FEV₁/FVC بودند. اندازه‌گیری‌ها در وضعیت نشسته، با تنه صاف، پاها روی زمین، بازوها آزاد در کنار بدن و سر و گردن در وضعیت خنثی انجام گرفتند و آزمون اسپرومتری تحت شرایط استاندارد انجام شد. همچنین برای آزاد بودن حین تنفس عمیق از صندلی بدون پشتی استفاده شد. آزمونگر جهت انجام بهترین عملکرد از تشویق‌های زبانی استفاده می کرد [۴۰]. به منظور کنترل عوامل مداخله گر مؤثر بر عملکرد تنفسی، از شرکت کنندگان خواسته شد حداقل ۳ ساعت پیش از انجام آزمون از مصرف نوشیدنی‌های کافئین دار و غذا خودداری کنند و در ۲۴ ساعت قبل از آزمون، فعالیت بدنی شدید نداشته باشند.

همچنین باتوجه به معیارهای خروج مطالعه، افراد سیگاری و دارای سابقه مصرف دخانیات وارد مطالعه نشدند. رعایت این موارد پیش از انجام آزمون از طریق پرسش مستقیم از آزمودنی‌ها بررسی و تأیید شد. به آزمودنی‌ها توصیه شد از پوشیدن لباس‌های تنگ که می تواند حرکت قفسه سینه را محدود کند خودداری کنند. تمامی آزمون‌های اسپرومتری در محیط بالینی بیمارستان

11. Bionet, SPM300, Korean
12. American Thoracic Society (ATS)
13. European Respiratory Society (ERS)

روش اجرای اندازه‌گیری تحرک قفسه سینه

گرفته شدند. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، نتایج با ۲ رقم اعشار گزارش شدند [۴۲].

یافته‌ها

در این مطالعه ۵۰ فرد سالم (۳۶ زن و ۱۴ مرد با میانگین سنی 41 ± 10) وارد شدند که میانگین شاخص توده بدن شرکت‌کننده‌ها $26/66 \pm 2/31$ به دست آمد. بررسی انطباق متغیرهای جمعیت‌شناختی با توزیع طبیعی از طریق آزمون کلموگروف اسمیرنوف و بررسی چولگی و کشیده و همچنین نمودار هیستوگرام انجام گرفت. نتایج توزیع نرمال در تمام این متغیرها را نشان داد (جدول شماره ۱). تمام متغیرهای اصلی اندازه‌گیری‌شده به‌جز تحرک قسمت تحتانی قفسه سینه توزیع نرمال را نشان دادند. مقادیر میانگین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در جدول شماره ۲ آورده شده است.

نتایج بررسی ارتباط بین اندازه عضلات مولتی فیدوس و لانگوس کولی با شاخص حجم‌های تنفسی در افراد سالم نشان داد اندازه عضله مولتی فیدوس با FVC ($r=0/95$ ، $P=0/008$)، $FEV1$ ($r=0/95$ ، $P=0/008$) و $r=0/35$ و $P=0/001$ ارتباط معنادار مثبت با اندازه اثر متوسط داشته است (تصاویر شماره ۳، ۴) و بین بقیه متغیرها ارتباط معناداری دیده نشد.

نتایج بررسی ارتباط بین اندازه عضلات SCM و اسکالن قدامی با شاخص حجم‌های تنفسی در افراد سالم نشان داد قطر قدامی خلفی عضله اسکالن قدامی با $FEV1$ ($r=0/52$ ، $P=0/001$)، $FEV1/FVC$ ($r=0/95$ ، $P=0/004$) و $r=0/30$ ، $P=0/003$ ، همچنین قطر عرضی عضله اسکالن قدامی با FVC ($r=0/95$ ، $P=0/002$)، $FEV1$ ($r=0/32$ ، $P=0/002$) و $FEV1/FVC$ ($r=0/95$ ، $P=0/002$)، همچنین همبستگی مثبت معنادار با اندازه اثر متوسط دارد. از طرفی ضخامت عضله SCM نیز با FVC ($r=0/95$ ، $P=0/005$)، $FEV1$ ($r=0/39$ ، $P=0/005$) و $FEV1/FVC$ ($r=0/95$ ، $P=0/002$) ارتباط معنادار مثبت داشته است (جدول شماره ۳).

نتایج نشان داد در افراد سالم بین اندازه عضله اسکالن قدامی ($r=0/12$ ، $P=0/42$)، $FEV1$ ($r=0/16$ ، $P=0/42$) و عضله SCM ($r=0/53$ ، $P=0/003$)، $FEV1$ ($r=0/30$ ، $P=0/003$) با تحرک قفسه سینه ارتباط مستقیمی وجود دارد (جدول شماره ۴). باتوجه به حجم نمونه نسبتاً متوسط (۵۰ نفر)، ممکن است توان آماری مطالعه برای شناسایی همبستگی‌های ضعیف کافی نبوده باشد. بنابراین، نتایج غیرمعنادار باید با احتیاط تفسیر شوند و انجام مطالعات آینده با حجم نمونه بیشتر توصیه می‌شود.

برای اندازه‌گیری میزان تحرک قفسه سینه از متر نواری استفاده شد. در حین اندازه‌گیری تحرک قفسه سینه، آزمودنی‌ها در وضعیت ایستاده، پاها به عرض لگن و اندام‌های فوقانی در امتداد بدن و در حالت آویزان و ریلکس نگهداشته شد و از آزمودنی خواسته شد از هرگونه حرکت اضافی تنه یا اندام‌ها خودداری کند. آزمودنی بدون لباس در ناحیه بالاتنه قرار داشت تا هرگونه محدودیت ناشی از پوشش بر حرکت قفسه سینه حذف شود. متر نواری در دو سطح، خط قدامی زیر بغل و زائده گزیفویید به‌صورت افقی به دور قفسه سینه بسته شد. یک سر متر توسط آزمونگر در ناحیه موردنظر ثابت نگهداشته شد و سر دیگر آن آزاد می‌ماند. سپس از فرد یک دم عمیق و یک بازدم عمیق گرفته شد. در هر مرحله از فرد خواسته شد ۲ ثانیه وضعیت خود را حفظ کند. اختلاف عددی مربوط به محیط قفسه سینه در دو مرحله دم و بازدم ثبت شد. برای افزایش پایایی اندازه‌گیری، تحرک قفسه سینه در هر سطح اندازه‌گیری (زیر بغل و زائده گزیفویید) ۳ بار متوالی اندازه‌گیری شد. درنهایت، میانگین ۳ اندازه‌گیری برای تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت [۱۹].

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در مطالعه حاضر به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ استفاده شد. اطلاعات توصیفی مربوط به شرکت‌کنندگان تحقیق حاضر شامل سن، جنس، وزن، قد، شاخص توده بدنی و همچنین کلیه متغیرهای اصلی به‌طور خلاصه گزارش شده است. برای توصیف متغیرها از شاخص‌های تمایل مرکزی (میانگین) و پراکندگی (انحراف معیار) استفاده شده است. بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^{۱۵} انجام شد. علاوه بر این، به‌منظور افزایش دقت در قضاوت درباره نرمال بودن توزیع متغیرها، شاخص‌های چولگی^{۱۶}، کشیدگی^{۱۷} و بررسی بصری هیستوگرام‌ها نیز مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری میزان همبستگی متغیرهای وابسته مطالعه در صورت نرمال بودن توزیع متغیر از آزمون پارامتریک پیرسون، در غیر این صورت از آزمون غیرپارامتریک اسپیرمن^{۱۸} استفاده شد. جهت گزارش نتایج، سطح معنی‌داری P-value کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. همچنین ۲۰ درصد انحراف از این مقدار، به‌عنوان معنی‌دار حاشیه‌ای $P\text{-value} < 0/06$ در نظر گرفته شد. به‌منظور توصیف شدت همبستگی، براساس معیار کوهن، ضرایب همبستگی از نظر اندازه اثر در حدود ۰/۱۰ کوچک، در حدود ۰/۳۰ متوسط و در حدود ۰/۵۰ بزرگ در نظر

14. Statistical Package for SoCial SCIences (IBM SPSS Statistics 27.0.1)

15. Kolmogorov-Smirnov

16. Skewness

17. Kurtosis

18. Spearman's rank correlation coefficient

جدول ۲. مقادیر میانگین هریک از متغیرهای اندازه‌گیری‌شده ($n=50$)

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار
SCM خلفی قطر قدامی	$8/67 \pm 1/49$
قطر عرضی اسکالن قدامی	$7/31 \pm 1/87$
قطر قدامی-خلفی اسکالن قدامی	$2/58 \pm 0/87$
قطر عرضی مولتی فیدوس	$11/09 \pm 1/81$
قطر قدامی-خلفی مولتی فیدوس	$2/65 \pm 1/00$
قطر عرضی لانگوس کولی	$11/09 \pm 2/06$
قطر قدامی-خلفی لانگوس کولی	$5/22 \pm 0/99$
FVC (لیتر)	$2/08 \pm 0/75$
FEV ₁ (لیتر)	$2/71 \pm 0/65$
FVC/FEV ₁ (%)	$88/38 \pm 6/74$
تحرك قفسه سینه (آگزیلاری)	$3/84 \pm 1/24$
تحرك قفسه سینه (گزفوتید)	$4/22 \pm 1/79$

توانبخشی

FVC: ظرفیت حیاتی اجباری، FEV₁: حجم بازدمی در ثانیه اول؛ SCM: عضله استرنوکلیدوماستوئید، واحد اندازه‌گیری قطرهای میلی‌متر و واحد حجم‌های تنفسی لیتر می‌باشد.

بحث

و مولتی فیدوس با شاخص‌های اسپرومتری و در مورد عضلات سطحی با تحرك قفسه سینه نیز همبستگی دارد. این در حالی است که عضله لانگوس کولی ارتباط معناداری با شاخص‌های تنفسی نشان نداد. این نتایج برای نخستین بار نشان می‌دهد حتی

یافته‌های اصلی مطالعه حاضر نشان داد در افراد سالم، ضخامت برخی از عضلات گردن شامل SCM، اسکالن قدامی

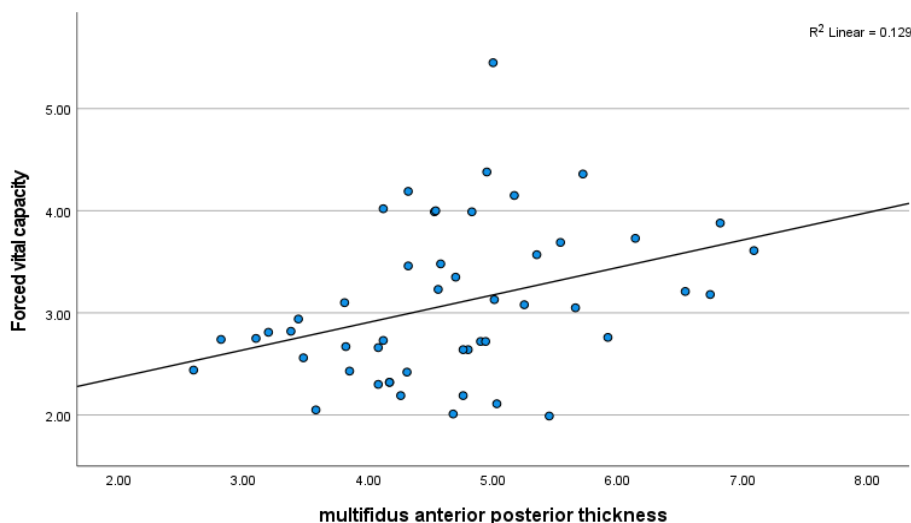
جدول ۳. مقادیر ضرایب همبستگی (r) اندازه عضلات گردن با شاخص‌های تنفسی در افراد سالم ($n=50$)

متغیر	FVC	FEV ₁	FVC/FEV ₁
قطر قدامی-خلفی لانگوس کولی	$r=0/039$ $P=0/789$	$r=0/130$ $P=0/367$	$r=0/195$ $P=0/174$
قطر عرضی لانگوس کولی	$r=0/198$ $P=0/168$	$r=0/271$ $P=0/057$	$r=0/137$ $P=0/341$
قطر قدامی-خلفی مولتی فیدوس	$r=0/259$ $P=0/010$	$r=0/371$ $P=0/008$	$r=0/026$ $P=0/166$
قطر عرضی مولتی فیدوس	$r=0/100$ $P=0/489$	$r=0/184$ $P=0/201$	$r=0/008$ $P=0/163$
قطر قدامی-خلفی اسکالن قدامی	$r=0/216$ $P=0/133$	$r=0/282$ $P=0/048$	$r=0/303$ $P=0/033$
قطر عرضی اسکالن قدامی	$r=0/327$ $P=0/021$	$r=0/041$ $P=0/003$	$r=0/184$ $P=0/200$
SCM قطر قدامی-خلفی	$r=0/395$ $P=0/005$	$r=0/321$ $P=0/023$	$r=0/240$ $P=0/093$

توانبخشی

FVC: ظرفیت حیاتی اجباری، FEV₁: حجم بازدمی در ثانیه اول، SCM: عضله استرنوکلیدوماستوئید، r : ضریب همبستگی، P : سطح معنی‌داری، $P<0/05$

Scatter Plot of Forced vital capacity by multifidus anterior posterior thickness



توانبخشی

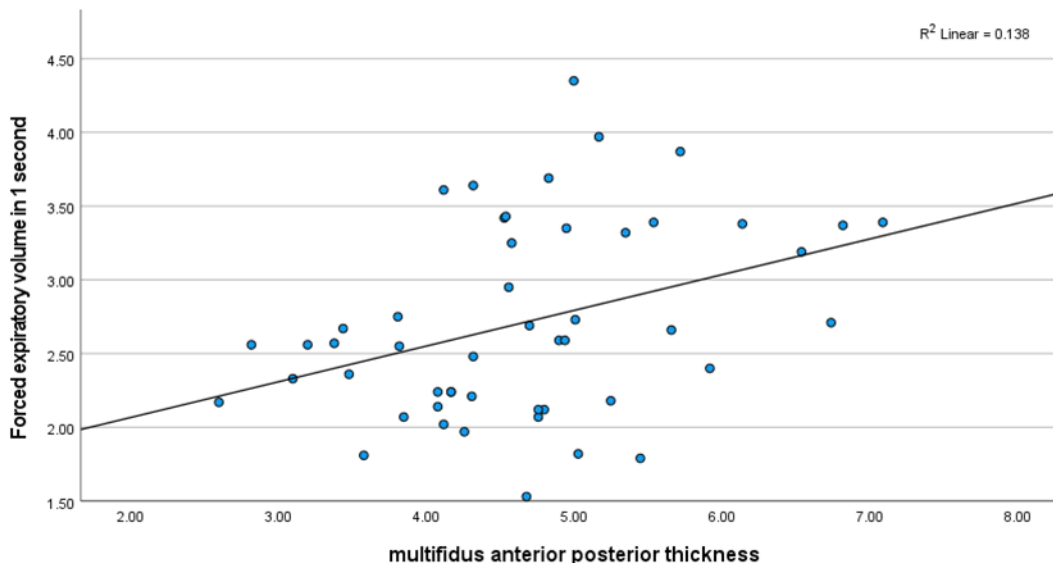
تصویر ۳. نمودار اسکاتر پلات برای بررسی همبستگی بین ضخامت عضله مولتی فیدوس و ظرفیت حیاتی اجباری

در این پژوهش با نتایج گزارش شده توسط کوانجر و همکاران [۴۴] و استنچویچ و همکاران [۴۵] مشابه است که بیانگر درستی نمونه‌گیری و سلامت عملکرد ریوی شرکت‌کنندگان است. به‌طور کلی، یافته‌های حاضر نشان می‌دهد افراد مورد بررسی از نظر عملکرد ریوی در محدوده فیزیولوژیک طبیعی قرار داشتند و داده‌های به‌دست‌آمده می‌توانند مبنایی مناسب برای مقایسه با گروه‌های بیمار یا افراد دارای اختلالات عضلانی-اسکلتی باشند.

در جمعیت سالم و بدون درد، ویژگی‌های ساختاری عضلات گردن می‌توانند با عملکرد تنفسی در ارتباط باشند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد میانگین مقادیر اسپرومتری به‌دست‌آمده در این مطالعه با دامنه طبیعی گزارش شده در مطالعات پیشین بر روی افراد سالم هم‌خوانی دارد. در مطالعات مختلف، مقدار FEV_1/FVC در افراد بدون اختلال تنفسی معمولاً بیش از ۸۰ درصد گزارش شده است که نشانگر عملکرد طبیعی راه‌های هوایی است [۴۳، ۴۰]. همچنین، میانگین FEV_1 و FVC

Scatter Plot of Forced expiratory volume in 1 second by multifidus anterior posterior thickness



توانبخشی

تصویر ۴. نمودار اسکاتر پلات برای بررسی همبستگی بین ضخامت عضله مولتی فیدوس و حجم بازدمی در ثانیه اول

جدول ۴. مقادیر ضرایب همبستگی (r) تحرک قفسه سینه و اندازه عضلات گردن در گروه افراد سالم (N=50)

متغیر	قطر قدامی خلفی مولتی فیدوس	قطر عرضی مولتی فیدوس	قطر قدامی خلفی لانگوس کولی	قطر عرضی لانگوس کولی	قطر قدامی خلفی اسکالن قدامی	قطر عرضی اسکالن قدامی	ضخامت SCM
تحرک قفسه سینه (اگزیلاری)	r=0/09 P=0/52	r=0/27 P=0/05	r=0/07 P=0/62	r=0/21 P=0/12	r=0/16 P=0/008*	r=0/37 P=0/26	r=0/25 P=0/07
تحرک قفسه سینه (کزیفویید)	r=0/11 P=0/41	r=0/08 P=0/57	r=0/01 P=0/90	r=0/06 P=0/67	r=0/005 P=0/97	r=0/27 P=0/05	r=0/30 P=0/03*

توانبخشی

SCM: عضله استرنوکلیدوماستوئید، r: ضریب همبستگی، P: سطح معنی داری، *P<0/05

دم می شود و افزایش ضخامت آن ممکن است بازتابی از مشارکت بیشتر این عضله در فرآیند دم باشد و در چارچوب نقش آن به عنوان عضله کمک تنفسی تفسیر شود [۴۷، ۲].

همچنین عضله مولتی فیدوس گردنی نقش کلیدی در پایداری ستون فقرات گردنی و هماهنگی حرکتی بین گردن و قفسه سینه دارد. وضعیت بهینه گردن و تنه می تواند به تحرک مناسب دنده ها و عملکرد مؤثر دیافراگم کمک کند. مطالعات اخیر نشان داده اند توانایی عضلات عمقی گردن در حفظ وضعیت مطلوب می تواند بر حرکات تنفسی تأثیر گذار باشد [۴۸]. بنابراین مشاهده ارتباط مثبت بین ضخامت مولتی فیدوس و شاخص های اسپرومتری می تواند بازتاب این تعامل ساختاری-عملکردی باشد.

از منظر فاشیایی، گردن، قفسه سینه و دیافراگم از طریق شبکه ای پیوسته از فاشیایا به یکدیگر متصل اند. این پیوستگی مکانیکی می تواند انتقال تنش و هماهنگی حرکتی بین عضلات گردن و ساختارهای قفسه سینه را تسهیل کند [۴۹، ۲]؛ و به عنوان یکی از مکانیسم های احتمالی توضیح دهنده همبستگی مشاهده شده بین ضخامت عضلات گردن و تحرک قفسه سینه در مطالعه حاضر مطرح شود.

در مطالعه حاضر، ضخامت عضله مولتی فیدوس گردنی با شاخص های اسپرومتری (FVC و FEV₁) ارتباط نشان داد، در حالی که همبستگی معناداری با تحرک قفسه سینه مشاهده نشد. این یافته می تواند با نقش عملکردی متفاوت این عضله توجیه شود. مولتی فیدوس گردنی به عنوان یک عضله عمقی پایدارکننده، نقش اصلی در کنترل وضعیت و ثبات سگمنتال ستون فقرات گردنی دارد و به طور مستقیم در حرکات مکانیکی قفسه سینه مشارکت نمی کند [۵۰، ۵].

ثبات مناسب گردن و تنه فوقانی می تواند با بهینه تر شدن عملکرد سیستم تنفسی و ایجاد فشارهای داخل قفسه ای همراه باشد [۵۱]، که این موضوع بیشتر در شاخص های وابسته به جریان و حجم هوا مانند FVC و FEV₁ منعکس می شود تا در دامنه حرکتی دیواره قفسه سینه.

همچنین مقادیر به دست آمده اندازه عضلات گردن با یافته های مطالعات پیشین بر روی جمعیت های سالم مشابهت دارد [۲۱، ۴۶، ۳۲]. به طور کلی، عضلات مولتی فیدوس و لانگوس کولی به عنوان عضلات عمقی گردن نقش مهمی در پایداری و کنترل حرکات سگمنتال دارند، در حالی که عضلات SCM و اسکالن ها در گروه عضلات سطحی تر قرار دارند و بیشتر در حرکات دینامیک گردن و تنفس کمکی دخیل اند [۲۱، ۳]. اندازه های به دست آمده در این مطالعه می تواند به عنوان مقادیر مرجع در جمعیت بزرگسال سالم مورد استفاده قرار گیرد و مبنایی برای مقایسه با بیماران مبتلا به گردن درد یا سایر اختلالات اسکلتی عضلانی ناحیه گردن فراهم کند.

در مطالعه حاضر مشاهده شد ضخامت عضلات گردن شامل SCM، اسکالن قدامی و مولتی فیدوس با شاخص های اسپرومتری مانند ظرفیت حیاتی اجباری (FVC)، حجم بازدمی در ثانیه اول (FEV₁) و نسبت FEV₁/FVC ارتباط مثبت داشت. همچنین بین ضخامت اسکالن قدامی و SCM با میزان تحرک قفسه سینه در سطوح فوقانی و تحتانی در هنگام دم و بازدم نیز همبستگی مثبت یافت شده است. ارتباطات نزدیک آناتومیکی، اسکلتی-عضلانی و عصبی ناحیه گردنی با ستون فقرات سینه ای می تواند توجیه کننده وجود همبستگی بین عضلات گردن و حجم های تنفسی باشد. از دیدگاه آناتومیکی، عضلات گردنی به ویژه اسکالن و SCM به عنوان عضلات کمکی دم، نقش مستقیم در فرآیند تهویه دارند. عضلات اسکالن از زوائد عرضی مهره های گردنی (C2-C7) منشأ گرفته و به دنده های اول و دوم متصل می شوند و با انقباض خود باعث بالا رفتن دنده ها در دم می گردند. مطالعات الکترومیوگرافی نشان داده اند این عضلات در شرایط افزایش نیاز تنفسی فعال می شوند و بالا رفتن آن ها با افزایش کار تنفسی ارتباط دارد. بنابراین هرگونه تغییر در ضخامت یا عملکرد آن ها می تواند بر ظرفیت ریوی و حجم های اسپرومتری مانند FEV₁ و FVC اثر بگذارد [۴۷].

به طور مشابه، عضله SCM با اتصال از زائده ماستوئید به استخوان جناغ و ترقوه، هنگام انقباض موجب بالا رفتن استخوان های شانه و در نتیجه گسترش حجم قفسه سینه در

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد بین ضخامت برخی از عضلات گردن از جمله عضله استرنوکلیدوماستوئید، اسکالن قدامی و مولتی‌فیدوس با شاخص‌های اسپرومتری و نیز تحرک قفسه سینه در افراد سالم، همبستگی وجود دارد. این یافته‌ها بیانگر وجود ارتباطی بین ویژگی‌های عضلات گردن و عملکرد تنفسی هستند. به نظر می‌رسد عضلات گردن، به‌ویژه عضلات کمکی دم، در قالب یک تعامل ساختاری-عملکردی با سیستم تنفسی مرتبط باشند. با این حال، با توجه به ماهیت مقطعی مطالعه حاضر، نتایج صرفاً نشان‌دهنده همبستگی بوده و امکان استنتاج روابط علت-معلولی یا اثر مداخلات تمرینی را فراهم نمی‌کند. بر این اساس، یافته‌های مطالعه حاضر می‌تواند به عنوان داده‌های پایه در جمعیت سالم مورد استفاده قرار گیرد و زمینه‌ساز طراحی مطالعات آینده، به‌ویژه پژوهش‌های طولی و مداخله‌ای، برای بررسی نقش بالینی عضلات گردن در عملکرد تنفسی در جمعیت‌های بالینی باشد.

نتایج این پژوهش به‌طور مشخص به سؤالات تحقیق در خصوص ارتباط ویژگی‌های عضلات گردن با شاخص‌های اسپرومتری و تحرک قفسه سینه در افراد سالم پاسخ داد.

محدودیت‌ها

طراحی مقطعی مطالعه حاضر امکان استنباط روابط علی بین ویژگی‌های عضلات گردن و شاخص‌های تنفسی را محدود می‌کند. علاوه بر این، پژوهش تنها در افراد سالم انجام شده است و تعمیم نتایج به جمعیت‌های بالینی باید با احتیاط صورت گیرد. از دیگر محدودیت‌ها می‌توان به استفاده از نمونه‌گیری در دسترس اشاره کرد که احتمال سوگیری انتخاب را افزایش می‌دهد. همچنین، اندازه‌گیری‌های سونوگرافی تنها توسط یک آزمونگر و در یک جلسه انجام شد؛ بنابراین، خطای اندازه‌گیری و وابستگی نتایج به مهارت آزمونگر^{۱۹} می‌تواند بر یافته‌ها اثرگذار باشد.

در نهایت، به دلیل عدم ارزیابی تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها، امکان گزارش شاخص‌های پایایی آزمونگر فراهم نبود. انجام مطالعات آینده با طراحی طولی، حجم نمونه بالاتر و بررسی پایایی اندازه‌گیری‌ها توصیه می‌شود. همچنین، بررسی جمعیت‌های بالینی با اختلالات عضلانی-اسکلتی گردن یا بیماری‌های تنفسی می‌تواند به تعمیم نتایج و ارائه داده‌های هنجار بالینی کمک کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش در کمیته اخلاق دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی با کد اخلاق (IR.USWR.REC.1402.056)

در مطالعه حاضر، عضله لانگوس کولی ارتباط معناداری با شاخص‌های اسپرومتری یا تحرک قفسه سینه نشان نداد. این یافته با نقش اختصاصی این عضله به عنوان یک فلکسور عمقی [۵] و پایدارکننده قدام گردن قابل توجه است. لانگوس کولی عمدتاً در کنترل حرکات ظریف، ثبات سگمنتال و حفظ راستای گردن در وضعیت‌های ایستا نقش دارد و مشارکت مستقیمی در فرآیند تهویه یا حرکات قفسه سینه ندارد [۱۳]. برخلاف عضلات سطحی گردن که در شرایط افزایش تقاضای تنفسی فعال می‌شوند [۴۷]، فعالیت لانگوس کولی بیشتر به وظایف کنترلی-پستچرال محدود است و انتظار نمی‌رود تغییرات مورفولوژیک آن بازتاب مستقیمی در شاخص‌های حجم و جریان تنفسی داشته باشد. از سوی دیگر، تحرک قفسه سینه بیشتر تحت تأثیر عملکرد عضلات سطحی تنفسی، عضلات بین‌دنده‌ای و دیافراگم قرار دارد و انتظار می‌رود ارتباط قوی‌تری با عضلات کمکی دم مانند SCM و اسکالن‌ها داشته باشد که این الگو با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌راستا است.

از نظر نوروفیزیولوژیک نیز ارتباطات قوی بین کنترل عصبی عضلات گردن و سیستم تنفسی وجود دارد. برخی از هسته‌های حرکتی در ناحیه نخاع گردنی تحتانی به‌ویژه (C3-C5) منشأ عصب فریک هستند که دیافراگم را عصب‌دهی می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند تحریک مکانیکی یا درد در ناحیه گردنی می‌تواند الگوی تنفس را از طریق تأثیر بر مسیرهای حسی-حرکتی مشترک تغییر دهد [۵۲، ۵۳]. افزون بر این، ورودی‌های پروپریوسپتو از عضلات عمقی گردن بر کنترل وضعیتی تنه و هماهنگی تنفسی تأثیرگذار است، به‌طوری‌که کاهش ثبات گردنی می‌تواند با تغییر در شاخص‌های تنفسی مرتبط باشد، هرچند تعیین جهت و ماهیت این ارتباط نیازمند مطالعات طولی یا مداخله‌ای است [۲۵].

در مجموع، این ارتباطات ساختاری و عملکردی بیانگر آن است که عضلات گردن نه تنها در کنترل وضعیت و حرکات سر نقش دارند، بلکه بخشی از یک شبکه گسترده عضلانی-عصبی هستند که در حفظ عملکرد تنفسی نیز مشارکت می‌کنند. این پیوستگی آناتومیک و فیزیولوژیک می‌تواند توضیح دهد که چرا در مطالعه حاضر ضخامت عضلات گردن با شاخص‌های اسپرومتری و تحرک قفسه سینه همبستگی مثبت نشان داده است.

به‌طور کلی، یافته‌های مطالعه حاضر با اهداف تعریف‌شده پژوهش هم‌راستا بود. نتایج نشان داد برخی از عضلات گردن، به‌ویژه عضلات کمکی دم، با شاخص‌های اسپرومتری و تحرک قفسه سینه در افراد سالم ارتباط معنادار دارند، در حالی که این ارتباط برای همه عضلات گردنی یکسان نبود. این تفاوت‌ها بیانگر نقش عملکردی متفاوت عضلات سطحی و عمقی گردن در ارتباط با عملکرد تنفسی است.

تأیید شده است. اجرای مطالعه پس از دریافت رضایت‌نامه کتبی از شرکت‌کنندگان و ارائه توضیحات کامل درباره فرایند و اهداف پژوهش آغاز شد. تمامی اصول اخلاقی شامل محرمانه نگه‌داشتن اطلاعات شرکت‌کنندگان، امکان انصراف از مطالعه در هر زمان بدون هیچ محدودیت، عدم دریافت هرگونه هزینه از آنان و تضمین جبران خسارات احتمالی، به‌طور کامل رعایت شد.

حامی مالی

حامی مالی این مقاله گروه فیزیوتراپی **دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی تهران** بوده است.

مشارکت‌نویسندگان

مفهوم‌سازی، روش‌شناسی: ناهید رحمانی، محمدعلی محسنی بندپی و سیما حاتموند؛ اعتبارسنجی: ناهید رحمانی و سیما حاتموند؛ تحلیل: محمد ساعتچی، سیما حاتموند؛ تحقیق و بررسی و بصری‌سازی: سیما حاتموند؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: همه نویسندگان؛ نظارت: ناهید رحمانی، محمدعلی محسنی بندپی، محمد ساعتچی، سمیه امیری آریمی؛ مدیریت پروژه: ناهید رحمانی و محمدعلی محسنی بندپی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از بیمارستان شهید رحیمی لرستان و تمامی افرادی که به هر نحو در پیشبرد این تحقیق همکاری و حمایت نمودند، صمیمانه قدردانی می‌نماییم.

References

- [1] Vos T, Lim SS, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi M, Abbasifard M, et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* (London, England). 2020; 396(10258):1204-22 [DOI:10.1016/S0140-6736(20)30925-9] [PMID]
- [2] Bordoni B, Jozsa F, Varacallo MA. Anatomy, Head and Neck: Sternocleidomastoid Muscle. [Updated 2026 Apr 6]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026. [Link]
- [3] Falla D, Jull G, Edwards S, Koh K, Rainoldi A. Neuromuscular efficiency of the sternocleidomastoid and anterior scalene muscles in patients with chronic neck pain. *Disability and Rehabilitation*. 2004; 26(12):712-7. [DOI:10.1080/09638280410001704287] [PMID]
- [4] Falla D, Rainoldi A, Merletti R, Jull G. Myoelectric manifestations of sternocleidomastoid and anterior scalene muscle fatigue in chronic neck pain patients. *Clinical Neurophysiology*. 2003; 114(3):488-95. [DOI:10.1016/S1388-2457(02)00418-2] [PMID]
- [5] Falla DI, Jull GA, Hodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine* (Phila Pa 1976). 2004; 29(19):2108-14. [DOI:10.1097/01.brs.0000141170.89317.0e] [PMID]
- [6] Falla D, O'Leary S, Farina D, Jull G. The change in deep cervical flexor activity after training is associated with the degree of pain reduction in patients with chronic neck pain. *The Clinical Journal of Pain*. 2012; 28(7):628-34 [DOI:10.1097/AJP.0b013e31823e9378] [PMID]
- [7] Kolář P, Šulc J, Kyněl M, Šanda J, Čákrť O, Anđel R, et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012; 42(4):352-62. [DOI:10.2519/jospt.2012.3830] [PMID]
- [8] Schmid M, Conforto S, Bibbo D, D'Alessio T. Respiration and postural sway: Detection of phase synchronizations and interactions. *Human Movement Science*. 2004; 23(2):105-19. [DOI:10.1016/j.humov.2004.06.001] [PMID]
- [9] Kapreli E, Vourazanis E, Billis E, Oldham J, Strimpakos N. Respiratory dysfunction in chronic neck pain patients. A pilot study. *Cephalalgia*. 2009; 29(7):701-10. [DOI:10.1111/j.1468-2982.2008.01787.x] [PMID]
- [10] Lewit K. Relation of faulty respiration to posture, with clinical implications. *The Journal of the American Osteopathic Association*. 1980; 79(8):525-9. [PMID]
- [11] Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*. 1992; 5(4):383-9. [DOI:10.1097/00002517-199212000-00001] [PMID]
- [12] Jull G, Kristjansson E, Dall'Alba P. Impairment in the cervical flexors: A comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients. *Manual Therapy*. 2004; 9(2):89-94. [DOI:10.1016/S1356-689X(03)00086-9] [PMID]
- [13] Falla D, O'Leary S, Fagan A, Jull G. Recruitment of the deep cervical flexor muscles during a postural-correction exercise performed in sitting. *Manual Therapy*. 2007; 12(2):139-43. [DOI:10.1016/j.math.2006.06.003] [PMID]
- [14] Dimitriadis Z, Kapreli E, Strimpakos N, Oldham J. Respiratory weakness in patients with chronic neck pain. *Manual Therapy*. 2013; 18(3):248-53. [DOI:10.1016/j.math.2012.10.014] [PMID]
- [15] Kaneko H, Horie J. Breathing movements of the chest and abdominal wall in healthy subjects. *Respiratory Care*. 2012; 57(9):1442-51. [DOI:10.4187/respcare.01655] [PMID]
- [16] Cheon JH, Lim NN, Lee GS, Won KH, Lee SH, Kang EY, et al. Differences of spinal curvature, thoracic mobility, and respiratory strength between chronic neck pain patients and people without cervical pain. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2020; 44(1):58-68. [DOI:10.5535/arm.2020.44.1.58] [PMID]
- [17] Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*. 2005; 26(2):319-38. [DOI:10.1183/09031936.05.00034805] [PMID]
- [18] Gómez-Recio M, Bastir M, LoMauro A, Aliverti A, Beyer B. Three-dimensional geometric morphometric shape analysis of chest wall kinematics in different breathing conditions. *Royal Society Open Science*. 2024; 11(7):240548. [DOI:10.1098/rsos.240548] [PMID]
- [19] Malaguti C, Rondelli RR, De Souza LM, Domingues M, Corso SD. Reliability of chest wall mobility and its correlation with pulmonary function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Care*. 2009; 54(12):1703-11. [DOI:10.4187/respcare.09541703] [PMID]
- [20] Derasse M, Lefebvre S, Liistro G, Reyckler G. Chest expansion and lung function for healthy subjects and individuals with pulmonary disease. *Respiratory Care*. 2021; 66(4):661-8. [DOI:10.4187/respcare.08350] [PMID]
- [21] Javanshir K, Mohseni-Bandpei MA, Rezasoltani A, Amiri M, Rahgozar M. Ultrasonography of longus colli muscle: A reliability study on healthy subjects and patients with chronic neck pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2011; 15(1):50-6. [DOI:10.1016/j.jbmt.2009.07.005] [PMID]
- [22] Javanshir K, Rezasoltani A, Mohseni-Bandpei MA, Amiri M, Ortega-Santiago R, Fernández-de-Las-Peñas C. Ultrasound assessment of bilateral longus colli muscles in subjects with chronic bilateral neck pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2011; 90(4):293-301. [DOI:10.1097/PHM.0b013e31820173e5] [PMID]
- [23] Hii EY, Kuo YL, Cheng KC, Hung CH, Tsai YJ. Ultrasonographic measurement indicated patients with chronic neck pain had reduced diaphragm thickness and mobility along with declined respiratory functions. *Musculoskeletal Science & Practice*. 2024; 72:102951. [DOI:10.1016/j.msksp.2024.102951] [PMID]
- [24] Colak GY, Ozyurek S, Sengul YS, Kalemci O. Differences of diaphragmatic muscle contraction between female patients with chronic neck pain and asymptomatic controls: A case-control study based on ultrasonography. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2024; 69:102894. [DOI:10.1016/j.msksp.2023.102894] [PMID]
- [25] Dimitriadis Z, Kapreli E, Strimpakos N, Oldham J. Pulmonary function of patients with chronic neck pain: A spirometry study. *Respiratory Care*. 2014; 59(4):543-9. [DOI:10.4187/respcare.01828] [PMID]
- [26] Kiryu S, Loring SH, Mori Y, Rofsky NM, Hatabu H, Takahashi M. Quantitative analysis of the velocity and synchronicity of diaphragmatic motion: Dynamic MRI in different postures. *Magnetic Resonance Imaging*. 2006; 24(10):132-32. [DOI:10.1016/j.mri.2006.08.009] [PMID]

- [27] Amiri-Arimi S, Mohseni Bandpei M, Rezasoltani A, Javanshir K, Biglarian A. Measurement of cervical multifidus and longus colli muscle dimensions in patients with cervical radiculopathy and healthy controls using ultrasonography: A reliability study. *PM & R*. 2019; 11(3):236-42. [DOI:10.1016/j.pmrj.2018.07.014] [PMID]
- [28] Lee JP, Tseng WYI, Shau YW, Wang CL, Wang HK, Wang SF. Measurement of segmental cervical multifidus contraction by ultrasonography in asymptomatic adults. *Manual Therapy*. 2007; 12(3):286-94. [DOI:10.1016/j.math.2006.07.008] [PMID]
- [29] Goodarzi F, Karimi N, Rahnama L, Khodakarim L. Differences in cervical extensor muscles thickness on subjects with normal head posture and forward head posture: An ultrasonography study. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*. 2015; 2(2):23-6. [DOI:10.30476/jrsr.2015.41069]
- [30] Sidiropoulos G, Strimpakos N, Kanellopoulos AK, Tsekoura M, Alexiou K, Papakonstantinou O, et al. Measurement reliability for the anatomical characteristics of cervical muscles using musculoskeletal ultrasound in healthy individuals. *Muscles*. 2025; 4(3):28. [DOI:10.3390/muscles4030028] [PMID]
- [31] Zargoosh M, Amiri M, Abdollahi I, Rahnama L, Lak R. [Reliability of longus colli and capitis muscles cross sectional area measurement during cranio cervical flexion test using ultrasonography (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2017; 18(1):43-50. [DOI:10.21859/jrehab-180143]
- [32] Arts IMP, Pillen S, Schelhaas HJ, Overeem S, Zwarts MJ. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle & Nerve*. 2010; 41(1):32-41. [DOI:10.1002/mus.21458] [PMID]
- [33] Lee HJ, Song JM. Deep neck flexor and sternocleidomastoid muscle thickness change in persons with no current neck pain using rehabilitative ultrasonographic imaging. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2016; 28(6):349-54. [DOI:10.18857/jkpt.2016.28.6.349]
- [34] Shiraishi M, Higashimoto Y, Sugiya R, Mizusawa H, Takeda Y, Fujita S, et al. Sternocleidomastoid muscle thickness correlates with exercise tolerance in patients with COPD. *Respiration*. 2023; 102(1):64-73. [DOI:10.1159/000527100] [PMID]
- [35] Rached R, Hsing W, Rached C. Evaluation of the efficacy of ropivacaine injection in the anterior and middle scalene muscles guided by ultrasonography in the treatment of Thoracic Outlet Syndrome. *Revista da Associacao Medica Brasileira*. 2019; 65(7):982-7. [DOI:10.1590/1806-9282.65.7.982] [PMID]
- [36] Bottros MM, AuBuchon JD, McLaughlin LN, Altchek DW, Illig KA, Thompson RW. Exercise-enhanced, ultrasound-guided anterior scalene muscle/pectoralis minor muscle blocks can facilitate the diagnosis of neurogenic thoracic outlet syndrome in the high-performance overhead athlete. *The American Journal of Sports Medicine*. 2017; 45(1):189-94. [DOI:10.1177/0363546516665801] [PMID]
- [37] Valera-Calero JA, Gómez-Sánchez S, Fernández-de-Las-Peñas C, Plaza-Manzano G, Sanchez-Jorge S, Navarro-Santana MJ. A procedure for measuring anterior scalene morphology and quality with ultrasound imaging: An intra-and inter-rater reliability study. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 2023; 49(8):1817-23. [DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2023.04.005] [PMID]
- [38] Campbell K, Pearl G, Ojukwu O, Grimsley B, Gunn C, Ramamoorthy S. Ultrasonographic changes in the anterior scalene muscle in neurogenic thoracic outlet syndrome. *Journal of Vascular Surgery*. 2025; 81(5):1131-37. [DOI:10.1016/j.jvs.2025.01.195] [PMID]
- [39] Nicholson PJ. The updated ATS/ERS spirometry technical standards. *Occupational Medicine (Oxford, England)*. 2020; 70(3):146-8. [DOI:10.1093/occmed/kqaa030] [PMID]
- [40] Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *The European Respiratory Journal*. 2005; 26(5):948-68. [DOI:10.1183/09031936.05.00035205] [PMID]
- [41] Alvisi V, Marangoni E, Zannoli S, Uneddu M, Uggento R, Farabegoli L, et al. Pulmonary function and expiratory flow limitation in acute cervical spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012; 93(11):1950-6. [DOI:10.1016/j.apmr.2012.04.015] [PMID]
- [42] Benesty J, Chen J, Huang Y, Cohen I. Noise reduction in speech processing. Berlin: Springer Science & Business Media; 2009. [DOI:10.1007/978-3-642-00296-0]
- [43] Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, Barnes PJ, Buist SA, Calverley P, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2007; 176(6):532-55. [DOI:10.1164/rccm.200703-456so] [PMID]
- [44] Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: The global lung function 2012 equations. *The European Respiratory Journal*. 2012; 40(6):1324-43. [DOI:10.1183/09031936.00080312] [PMID]
- [45] Stanojevic S, Wade A, Stocks J, Hankinson J, Coates AL, Pan H, et al. Reference ranges for spirometry across all ages: A new approach. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2008; 177(3):253-60. [DOI:10.1164/rccm.200708-1248OC] [PMID]
- [46] Valera-Calero JA, Gallego-Sendarrubias GM, Fernández-de-las-Peñas C, Cleland JA, Ortega-Santiago R, Arias-Buría JL. Panoramic ultrasound examination of posterior neck extensors in healthy subjects: Intra-examiner reliability study. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2020; 10(10):740. [DOI:10.3390/diagnostics10100740] [PMID]
- [47] Basoudan N, Rodrigues A, Gallina A, Garland J, Guenette JA, Shadgan B, et al. Scalene and sternocleidomastoid activation during normoxic and hypoxic incremental inspiratory loading. *Physiological Reports*. 2020; 8(14):e14522. [DOI:10.14814/phy2.14522] [PMID]
- [48] Cefali A, Santini D, Lopez G, Maselli F, Rossetini G, Crestani M, et al. Effects of breathing exercises on neck pain management: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2025; 14(3):709. [DOI:10.3390/jcm14030709] [PMID]
- [49] Myers TW. *Anatomy trains: Myofascial meridians for manual and movement therapists*. 2nd ed. London: Elsevier Health Sciences; 2009. [Link]
- [50] Jull G, Falla D. Does increased superficial neck flexor activity in the craniocervical flexion test reflect reduced deep flexor activity in people with neck pain? *Manual Therapy*. 2016; 25:43-7. [DOI:10.1016/j.math.2016.05.336] [PMID]
- [51] Kahlaee AH, Ghamkhar L, Arab AM. The association between neck pain and pulmonary function: A systematic review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2017; 96(3):203-10. [DOI:10.1097/PHM.0000000000000608] [PMID]
- [52] Bordoni B, Simonelli M, Morabito B. The fascial breath. *Cureus*. 2019; 11(7):e5208. [DOI:10.7759/cureus.5208]
- [53] Bordoni B, Zanier E. Anatomic connections of the diaphragm: Influence of respiration on the body system. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*. 2013; 6:281-91. [DOI:10.2147/JMDH.S45443] [PMID]