

Research Paper



Development of EMG-Guided Exercise Protocol (SCAP-SYNC) for Targeting Scapular Dyskinesia in Swimmers

Pradnya Ramling Bodake¹, Aarti Welling¹, *Peeyoousha Gurudut¹, Vijay Kage²

1. Department of Orthopaedic Physiotherapy, KAHER Institute of Physiotherapy, Nehru Nagar, Belagavi, Karnataka, India.
2. Department of Orthopedic Physiotherapy, KLE Institute of Physiotherapy, Belagavi, Karnataka, India.



Citation: Bodake PR, Welling A, Gurudut P, Kage V. Development of EMG-Guided Exercise Protocol (SCAP-SYNC) for Targeting Scapular Dyskinesia in Swimmers. Journal of Sport Biomechanics.2026;12(3):438-459. <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.438>

<https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.438>



Article Info:

Received: 10 February 2026

Accepted: 23 May 2026

Available Online: 19 June 2026

Keywords:

Shoulder pain,
Electromyography,
Rehabilitation

ABSTRACT

Objective Scapular dyskinesia, characterized by altered scapular motion during shoulder activity, is commonly observed in swimmers and is associated with shoulder pain, reduced performance, and an increased risk of injury. Traditional rehabilitation primarily focuses on strengthening and mobility exercises but lacks real-time monitoring of muscle recruitment. Surface electromyography (EMG) enables direct assessment of muscle activation, allowing athletes to optimize scapular control during training and rehabilitation. To develop an EMG-guided exercise protocol to enhance scapular stabilizer muscle activation in swimmers with scapular dyskinesia.

Methods This protocol development study recruited 18 male professional swimmers aged 19–23 years who were diagnosed with unilateral scapular dyskinesia using the Lateral Scapular Slide Test (LSST). Participants performed 15 commonly used scapular stabilization exercises. Surface EMG was used to record bilateral muscle activation of the trapezius (upper, middle, and lower fibers), serratus anterior, infraspinatus, rhomboids, and latissimus dorsi. Peak muscle activation values were compared between the affected and unaffected sides to identify the most effective exercises.

Results Five exercises—push-up plus, elbow-knee push-up, lawnmower, Blackburn, and V-W dumbbell drill—elicited significantly greater activation of the scapular stabilizing muscles. These exercises were subsequently integrated into an evidence-based training protocol termed SCAP-SYNC.

Conclusion The SCAP-SYNC protocol provides a concise and targeted set of exercises designed to enhance activation of key scapular stabilizers. This protocol may be incorporated into rehabilitation and conditioning programs for swimmers with scapular dyskinesia.

* Corresponding Author:

Peeyoousha Gurudut

Address: Department of Orthopaedic Physiotherapy, KAHER Institute of Physiotherapy, Nehru Nagar, Belagavi, Karnataka, India.

E-mail: peeo0123@yahoo.com

This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, adaptation, and reproduction in any medium or format, provided the original author(s) and the source are credited.

© 2026 The Author(s). Journal of Sport Biomechanics published by Islamic Azad University, Hamedan Branch.

1. Introduction

Scapular dyskinesia (SD) is characterized by abnormal movement or positioning of the scapula during shoulder motion and is commonly observed in competitive swimmers due to the repetitive overhead nature of the sport (1–3). While symptomatic SD receives clinical attention because of its association with pain and dysfunction, asymptomatic SD, in which altered scapular motion occurs without pain, is often underdiagnosed despite its potential to progress to symptomatic injury and negatively affect athletic performance over time (1, 2).

Biomechanically, the scapula serves as a dynamic yet stable base for humeral movement, providing the shoulder girdle with the mobility and stability required for efficient upper-extremity function (1). Swimmers perform thousands of overhead strokes each week, including freestyle, butterfly, and backstroke, placing substantial repetitive demands on the scapulothoracic musculature (4, 5). These repetitive movements may lead to muscle imbalances, fatigue, and dysfunction of the scapular stabilizers, thereby predisposing athletes to SD (1, 6). Epidemiological studies indicate that the prevalence of scapular dyskinesia among swimmers varies considerably, with reported rates ranging from 8.5% to as high as 61% during or immediately after training sessions (3, 7). Asymptomatic SD has been reported frequently in elite young swimmers, with a higher incidence among males and endurance swimmers (3).

Altered scapular kinematics can disrupt normal force transmission throughout the shoulder complex, resulting in reduced stroke efficiency, compromised biomechanics, and an increased risk of secondary pathologies, including shoulder impingement syndrome, rotator cuff tendinopathy, and glenohumeral instability, collectively referred to as “swimmer’s shoulder” (6, 8). Therefore, early identification and intervention are essential to prevent progression from asymptomatic SD to painful dysfunction and performance decline (9).

Conventional screening methods for SD, which often rely on observational or manual assessment techniques, may fail to detect subtle or dynamic muscular imbalances effectively (1, 2). Surface electromyography (EMG) provides an objective and quantitative method for assessing real-time muscle activation patterns during functional activities. This technology enables clinicians and coaches to identify underactive or overactive muscles involved in scapular control more accurately (10, 11), thereby facilitating individualized rehabilitation programs based on neuromuscular function rather than solely on clinical observation (10). Integrating EMG-guided rehabilitation strategies into swimmer conditioning and rehabilitation programs may provide several benefits. In addition to enhancing the strength and endurance of scapular stabilizers, such approaches may improve neuromuscular control and coordination, which are essential for efficient stroke mechanics and injury prevention (4, 9). Improved scapular positioning and movement may facilitate more effective force transfer while minimizing compensatory muscular overload that frequently contributes to overuse injuries in swimmers (5, 11). Furthermore, the incorporation of EMG-guided biofeedback into training may allow rehabilitation strategies to be tailored to the specific neuromuscular deficits of individual athletes, potentially improving rehabilitation outcomes (10).

The importance of early detection and intervention for asymptomatic SD should not be underestimated. Correcting muscular imbalances before the onset of symptoms may help preserve athletic performance and reduce injury-related time loss (2, 9). Moreover, improvements in scapular muscle function and shoulder biomechanics may contribute to enhanced endurance and power production during competitive performance (4, 5). Given these considerations, routine screening of elite swimmers and other overhead athletes using functional assessments supplemented by EMG evaluation should be considered in sports medicine practice (1, 10). Such an approach may facilitate the timely implementation of targeted preventive interventions, with the potential to reduce the incidence of symptomatic shoulder disorders and improve overall shoulder health (8, 9).

Future research should investigate the long-term effectiveness of EMG-guided rehabilitation protocols on performance outcomes, injury incidence, and quality of life. In addition, studies incorporating advanced biomechanical analyses and functional performance measures, such as swimming speed and stroke efficiency, would provide stronger evidence regarding their clinical relevance. Such investigations would further clarify the role of EMG-guided rehabilitation in competitive swimming and may help inform similar protocols for other overhead sports with comparable neuromuscular demands (4, 5, 9). Given the high prevalence of scapular dyskinesia among competitive swimmers and the limitations of conventional rehabilitation approaches, there is a need for evidence-based exercise protocols that specifically target the neuromuscular deficits associated with this condition. Therefore, the purpose of this study was to develop

an EMG-guided exercise protocol (SCAP-SYNC) by identifying the scapular stabilization exercises that produce the greatest activation of key scapular stabilizer muscles in swimmers with unilateral asymptomatic scapular dyskinesia.

2. Methods

2.1. Study Design and Participants

This protocol development study was conducted to develop an EMG-guided exercise protocol for swimmers with asymptomatic scapular dyskinesia. Ethical clearance was obtained from the Institutional Ethics Review Committee (Ref. No. 897), and written informed consent was obtained from all participants before enrollment in accordance with the Declaration of Helsinki and institutional ethical guidelines. The study was registered with the Clinical Trials Registry of India (CTRI/2025/01/079223). Eighteen male competitive swimmers aged 19–23 years with clinically diagnosed unilateral asymptomatic scapular dyskinesia were recruited for the study (13). All participants had a minimum of three years of competitive swimming experience and trained 6–7 sessions per week for approximately 1–2 hours per session. The study was conducted at the Advanced Physiotherapy Centre, Gait Laboratory, KLE Hospital, Belagavi, India, between October 2024 and March 2025. Participants were excluded if they had a history of shoulder fracture, shoulder dislocation, whiplash injury, skin hypersensitivity, active skin infection, allergy to conductive gel, or any traumatic or systemic condition that could influence participation or affect study outcomes.

Sample size estimation was performed using G*Power software (Version 3.1, Heinrich Heine University, Düsseldorf, Germany) for a paired-comparison design (paired t-test). Calculations were based on a two-tailed significance level of $\alpha = 0.05$ and a statistical power of 80% ($1 - \beta = 0.80$). Based on effect sizes reported in previous studies evaluating scapular stabilizer muscle activation in overhead athletes, the minimum required sample size was estimated at 16 participants. To account for potential dropouts and incomplete EMG recordings, the sample size was increased by approximately 10%, resulting in a final target sample of 18 participants. All recruited participants completed the study.

2.2. Electromyography Setup

Surface electromyography (EMG) was used to record muscle activity from the primary scapular stabilizer muscles. Electrodes were placed according to SENIAM recommendations over the upper, middle, and lower trapezius, serratus anterior, infraspinatus, rhomboids, and latissimus dorsi muscles bilaterally (Fig. 1A and 1B) (14). Raw EMG signals were recorded while participants performed the prescribed exercise tasks. Muscle activity was assessed on both the affected and unaffected sides to evaluate differences in muscle recruitment patterns associated with unilateral scapular dyskinesia.



Fig. 1. Surface Electromyography Electrode Placement on the Scapular Stabilizer Muscles (A) Anterior View and (B) Posterior View

2.3. Experimental Procedure

Following screening and informed consent, demographic information was collected and participants underwent baseline assessment. Unilateral scapular dyskinesia was confirmed using the Lateral Scapular Slide Test (LSST) (15). After electrode placement, participants performed 15 commonly prescribed scapular and shoulder stabilization exercises. Each exercise was performed three times, and the highest peak muscle activation value obtained across the three trials was selected for analysis (4). Examples of exercise performance are presented in Fig. 2 and 3. This standardized testing procedure enabled objective assessment of scapular stabilizer activation and provided the basis for identifying exercises that elicited the greatest neuromuscular response.

2.4. Protocol Development

To identify the most effective exercises for scapular stabilization in swimmers with asymptomatic scapular dyskinesia, fifteen commonly prescribed scapular and shoulder stabilization exercises were evaluated using surface electromyography. Muscle activation of the upper, middle, and lower trapezius, serratus anterior, latissimus dorsi, infraspinatus, and rhomboid muscles was recorded during each exercise. EMG data were analyzed to determine which exercises produced the highest activation of the targeted scapular stabilizer muscles. Exercise selection was based on the magnitude of muscle recruitment, statistical significance, and effect size. Five exercises demonstrated superior activation patterns and were therefore selected for inclusion in the SCAP-SYNC (Scapular Synchronization) Protocol. These exercises included the Push-Up Plus, Elbow-Knee Push-Up, Lawnmower Exercise, Blackburn Exercise, and V-W Dumbbell Exercise. The 15 exercises evaluated in the present study are summarized in Table 1.



Fig. 2. Participant Performing the Push-Up Plus Exercise During Surface Electromyography Recording

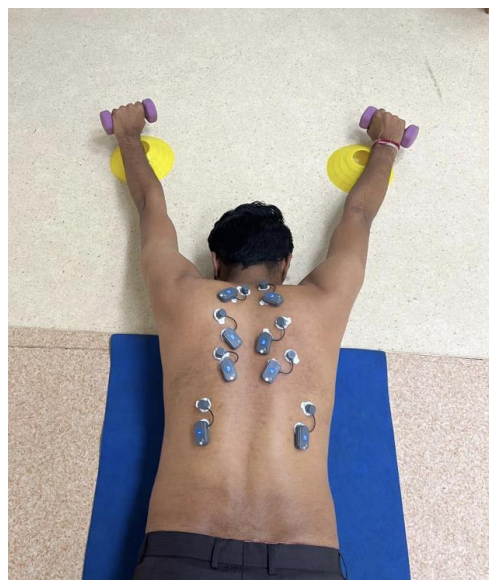


Fig. 3. Participant Performing the V-W Dumbbell Raise Exercise During Surface Electromyography Recording

Table 1. Description of the Evaluated Exercises

Exercise	Brief description
Scapular Clock Exercise	Scapular control exercise performed by moving the scapula in multiple directions corresponding to positions on a clock face to improve awareness and mobility.
Push-Up Plus	Standard push-up followed by additional scapular protraction at the top of the movement to maximize serratus anterior activation.
Elbow-Knee Push-Up	Dynamic push-up variation involving ipsilateral knee-to-elbow contact during the lowering phase to challenge scapular stability and core control.
Supine Punch	Performed in a supine position with active scapular protraction while maintaining elbow extension.
Single-Arm TheraBand Row	Unilateral rowing movement using elastic resistance emphasizing scapular retraction and posterior shoulder muscle activation.
Dynamic Hug	Resistance exercise involving horizontal shoulder adduction and scapular protraction to activate the serratus anterior.
Scapular Retractions	Isolated scapular stabilization exercise involving active scapular retraction and depression while maintaining an upright posture.
Shoulder Diagonals	Functional diagonal movement pattern performed against resistance to facilitate coordinated scapular and shoulder muscle activation.
Platform Walk	Closed-chain exercise involving finger walking against a wall to promote scapular mobility, control, and neuromuscular coordination.
Lawnmower Exercise	Functional rowing movement combining trunk rotation and scapular retraction to strengthen posterior shoulder stabilizers.
Blackburn Exercise (I-Y-T-W)	Series of prone upper-extremity positions designed to selectively activate the middle and lower trapezius and other scapular stabilizers.
Cross-Body Adduction	Shoulder mobility exercise involving horizontal adduction across the body to improve posterior shoulder flexibility and scapular movement.
Robbery Exercise	Scapular retraction exercise performed with shoulder external rotation, simulating a “hands-up” posture to facilitate postural muscle activation.
Horizontal Rows	Bilateral rowing exercise emphasizing scapular retraction, middle trapezius activation, and postural control.
V-W Dumbbell Exercise	Dynamic movement transitioning between V and W arm positions using light dumbbells to enhance scapular control and rotator cuff activation.

Based on the EMG findings, the five exercises demonstrating the highest activation of scapular stabilizers were incorporated into the SCAP-SYNC protocol. The protocol was designed as a progressive neuromuscular training program aimed at improving scapular control, muscular endurance, and shoulder biomechanics in swimmers with scapular dyskinesia. Exercises are recommended three times per week for 6–8 weeks, with progression based on movement quality and exercise tolerance. The SCAP-SYNC protocol has been granted Copyright Registration No. LD-20260186297. The final SCAP-SYNC protocol derived from the EMG analysis is presented in [Table 2](#).

2.5. Outcome Measures

As this was a protocol development study, all outcome measures were assessed during a single baseline evaluation session. No post-intervention assessments were performed because the primary objective was to identify exercises producing the greatest activation of scapular stabilizer muscles for protocol development.

Table 2. Structure of the SCAP-SYNC Protocol

Exercise	Target muscles	Sets	Repetitions	Progression
Push-Up Plus	Serratus Anterior	3	10–15	Increase repetitions first, then add resistance using a vest or elastic band.
Elbow-Knee Push-Up	Middle and Lower Trapezius	3	10–12	Progress by adding an unstable surface or external resistance.
Lawnmower Exercise	Rhomboids, Middle Trapezius	3	12–15	Gradually increase dumbbell weight.
Blackburn Exercise (I-Y-T-W)	Serratus Anterior, Middle and Lower Trapezius	3	10 repetitions in each position	Add light weights (0.5–2 kg) as tolerated.
V-W Dumbbell Exercise	Lower Trapezius	3	10–15	Gradually increase dumbbell weight while maintaining proper movement quality.

2.6. Lateral Scapular Slide Test (LSST)

The Lateral Scapular Slide Test (LSST) (ICC = 0.95) was used to confirm unilateral scapular dyskinesia. Measurements were obtained bilaterally in three standardized arm positions: (1) arms relaxed at the sides, (2) hands on hips with approximately 45° shoulder abduction, and (3) 90° shoulder abduction with internal rotation. A side-to-side difference greater than 1.5 cm was considered indicative of scapular dyskinesia (15).

2.7. Surface Electromyography

Surface electromyography (ICC = 0.97) was used to assess muscle activation of the upper, middle, and lower trapezius, serratus anterior, latissimus dorsi, infraspinatus, and rhomboid muscles during exercise performance. Bipolar surface electrodes were placed according to SENIAM recommendations, and peak muscle activation values obtained during each exercise were used for analysis and comparison between the affected and unaffected sides.

3. Results

Participant characteristics are presented in Table 3. The recruited swimmers were aged between 19 and 23 years and were all male. Participants had a mean swimming experience of 6.83 ± 1.94 years and participated in an average of 4.50 ± 1.38 training sessions per week. Overall, the sample represented a physically active group of young competitive swimmers. Peak activation of the scapular stabilizer muscles was assessed using surface electromyography (EMG) during the performance of 15 commonly prescribed scapular stabilization exercises. Surface EMG electrodes were placed over the upper, middle, and lower trapezius, serratus anterior, latissimus dorsi, infraspinatus, and rhomboid muscles (Fig 1A and 1B). Mean muscle activation values for each exercise are presented in Table 4.

Among the evaluated exercises, the Blackburn Exercise demonstrated the highest overall mean muscle activation (0.57 ± 0.02), followed by the V-W Dumbbell Exercise (0.56 ± 0.03), Push-Up Plus (0.54 ± 0.03), Elbow-Knee Push-Up (0.54 ± 0.02), and Lawnmower Exercise (0.53 ± 0.02). These exercises consistently elicited greater activation of the scapular stabilizer muscles compared with the remaining exercises and were therefore considered the most effective candidates for protocol development.

A comparison of peak muscle activation values between the affected and unaffected sides was performed for the five exercises demonstrating the greatest overall muscle activation (Table 5). Significant differences were observed between sides for all five exercises ($p < 0.05$), with greater activation consistently recorded on the unaffected side.

The largest effect size was observed for the Push-Up Plus exercise (Cohen's $d = 1.41$, $p = 0.0003$), followed by the Blackburn Exercise (Cohen's $d = 1.24$, $p = 0.0011$), Elbow-Knee Push-Up (Cohen's $d = 1.22$, $p = 0.0009$), V-W Dumbbell Exercise (Cohen's $d = 1.21$, $p = 0.0013$), and Lawnmower Exercise (Cohen's $d = 1.18$, $p = 0.0048$).

These findings indicate substantial differences in scapular stabilizer muscle activation between the affected and unaffected sides and support the selection of these five exercises for inclusion in the SCAP-SYNC protocol. Based on the magnitude of muscle activation, statistical significance, and effect size, the Push-Up Plus, Elbow-Knee Push-Up, Lawnmower Exercise, Blackburn Exercise, and V-W Dumbbell Exercise were selected as the core components of the SCAP-SYNC protocol.

Table 3. Participant Characteristics

Variable	Minimum	Maximum	Mean	SD
Age (years)	19.00	23.00	20.50	1.52
Height (cm)	157.00	180.00	167.33	8.41
Weight (kg)	54.00	81.00	70.50	9.18
Body Mass Index (BMI)	21.91	31.25	25.22	3.44
Swimming Experience (years)	5.00	10.00	6.83	1.94
Training Sessions per Week	3.00	7.00	4.50	1.38

BMI: Body Mass Index; SD: Standard Deviation.

Table 4. Peak Activation of Scapular Stabilizer Muscles During the Evaluated Exercises

Exercise	UT	MT	LT	SA	LD	IS	RH	Mean $\pm$ SD
Push-Up Plus*	0.58	0.49	0.57	0.51	0.56	0.57	0.54	0.54 $\pm$ 0.03
Scapular Clock	0.36	0.38	0.49	0.45	0.38	0.39	0.43	0.41 $\pm$ 0.04
Elbow-Knee Push-Up*	0.54	0.56	0.55	0.55	0.56	0.57	0.51	0.54 $\pm$ 0.02
Supine Punch	0.41	0.42	0.49	0.48	0.48	0.46	0.46	0.45 $\pm$ 0.03
Single-Arm TheraBand Row	0.44	0.47	0.53	0.49	0.51	0.47	0.48	0.48 $\pm$ 0.02
Dynamic Hug	0.39	0.36	0.39	0.33	0.28	0.37	0.39	0.35 $\pm$ 0.04
Scapular Retractions	0.32	0.43	0.44	0.32	0.31	0.27	0.26	0.33 $\pm$ 0.07
Shoulder Diagonal	0.27	0.28	0.43	0.46	0.36	0.32	0.37	0.35 $\pm$ 0.07
Platform Walk Exercise	0.32	0.29	0.31	0.28	0.31	0.28	0.33	0.30 $\pm$ 0.02
Lawnmower Exercise*	0.52	0.52	0.56	0.51	0.57	0.56	0.50	0.53 $\pm$ 0.02
Blackburn Exercise*	0.59	0.54	0.58	0.59	0.55	0.61	0.59	0.57 $\pm$ 0.02
Cross-Body Adduction	0.43	0.37	0.41	0.36	0.34	0.42	0.22	0.36 $\pm$ 0.07
Robbery Exercise	0.24	0.26	0.36	0.33	0.32	0.26	0.28	0.29 $\pm$ 0.04
Horizontal Rows	0.43	0.42	0.38	0.40	0.33	0.28	0.38	0.37 $\pm$ 0.05
V-W Dumbbell Exercise*	0.56	0.55	0.58	0.58	0.52	0.59	0.54	0.56 $\pm$ 0.03

Exercises marked with an asterisk (*) demonstrated the highest overall activation and were selected for inclusion in the SCAP-SYNC protocol. Abbreviations: UT = Upper Trapezius; MT = Middle Trapezius; LT = Lower Trapezius; SA = Serratus Anterior; LD = Latissimus Dorsi; IS = Infraspinatus; RH = Rhomboids.

Table 5. Five Exercises Demonstrating the Greatest Scapular Stabilizer Activation Selected for Inclusion in the SCAP-SYNC Protocol

Exercise	Affected Side (Mean $\pm$ SD)	Unaffected Side (Mean $\pm$ SD)	Cohen's d	p-value
Push-Up Plus	0.456 $\pm$ 0.053	0.535 $\pm$ 0.073	1.41	0.0003*
Elbow-Knee Push-Up	0.544 $\pm$ 0.064	0.620 $\pm$ 0.075	1.22	0.0009*
Lawnmower Exercise	0.535 $\pm$ 0.072	0.597 $\pm$ 0.064	1.18	0.0048*
Blackburn Exercise	0.492 $\pm$ 0.066	0.563 $\pm$ 0.061	1.24	0.0011*
V-W Dumbbell Exercise	0.273 $\pm$ 0.097	0.391 $\pm$ 0.119	1.21	0.0013*

Statistically significant difference between affected and unaffected sides ($p < 0.05$).

4. Discussion

The purpose of this study was to identify scapular stabilization exercises that elicit high levels of activation in key scapular stabilizer muscles in competitive swimmers with unilateral asymptomatic scapular dyskinesia and to use these findings to develop an EMG-guided exercise protocol. The results demonstrated that five exercises—Push-Up Plus, Elbow-Knee Push-Up, Lawnmower Exercise, Blackburn Exercise, and V-W Dumbbell Exercise—produced the greatest levels of muscle activation and were therefore selected for inclusion in the SCAP-SYNC protocol. Scapular dyskinesia is a common finding in swimmers due to the repetitive overhead demands of training and competition (1–3). Altered scapular motion has been associated with impaired scapulohumeral rhythm, inefficient force transfer, and an increased risk of shoulder pathology (6, 8). Consequently, rehabilitation programs that specifically target the scapular stabilizers are considered important for restoring normal shoulder mechanics and reducing injury risk in overhead athletes (14, 17).

The present findings indicate that exercises combining scapular control, stabilization, and coordinated upper-extremity movement produce greater activation of the scapular stabilizers than several commonly prescribed alternatives. In particular, the Push-Up Plus and Blackburn Exercise demonstrated high overall activation levels, which is consistent with previous studies identifying these exercises as effective strategies for recruiting the serratus anterior and lower trapezius muscles (14, 19). These muscles play a critical role in scapular upward rotation, posterior tilt, and dynamic stabilization during overhead movements. A comparison between affected and unaffected sides revealed significant differences in muscle activation across the selected exercises. Greater activation was consistently observed on the unaffected side, suggesting persistent neuromuscular asymmetry in swimmers with unilateral scapular dyskinesia. Such asymmetries may contribute to altered movement patterns and inefficient load distribution around the shoulder complex, potentially increasing susceptibility to overuse injuries (6, 15).

The SCAP-SYNC protocol was developed by integrating the five exercises that demonstrated the highest activation levels. The protocol combines both closed-chain and open-chain exercises, allowing recruitment

of multiple scapular stabilizers through different movement patterns. Closed-chain exercises such as the Push-Up Plus may enhance joint stability and proprioceptive control, whereas open-chain exercises such as the Lawnmower and V-W Dumbbell Exercise may promote coordinated muscle recruitment throughout a greater range of motion (17, 19). An important strength of the present study is the use of surface electromyography to guide exercise selection. Unlike traditional rehabilitation approaches that rely primarily on clinical observation, EMG provides objective information regarding muscle recruitment patterns and allows exercise prescription to be based on quantifiable neuromuscular responses (10, 11). This approach may assist clinicians in selecting exercises that preferentially activate key scapular stabilizers in athletes with scapular dyskinesia. Although the present protocol was developed specifically for competitive swimmers, the underlying principles may also be relevant to other overhead athletes, including volleyball players, tennis players, and baseball pitchers, who similarly depend on efficient scapular control during sport-specific movements (8, 9, 15). However, further investigation is required before the protocol can be generalized to other athletic populations.

Several limitations should be acknowledged. First, the sample size was relatively small ($n = 18$), which may limit the generalizability of the findings. Second, all participants were male competitive swimmers; therefore, the results may not be directly applicable to female athletes or recreational swimmers. Third, the study focused on acute muscle activation patterns and did not evaluate the long-term effectiveness of the SCAP-SYNC protocol. Future studies should investigate whether implementation of the protocol leads to improvements in scapular function, swimming performance, shoulder symptoms, and injury prevention over time. Longitudinal studies incorporating biomechanical, functional, and clinical outcome measures would provide stronger evidence regarding the effectiveness of the protocol. Overall, the findings suggest that EMG-guided exercise selection may be a useful approach for developing targeted rehabilitation protocols for swimmers with scapular dyskinesia. The SCAP-SYNC protocol provides a structured exercise framework based on objective muscle activation data and may serve as a foundation for future intervention studies.

5. Conclusion

This study developed an EMG-guided exercise protocol (SCAP-SYNC) for swimmers with unilateral asymptomatic scapular dyskinesia by identifying exercises that elicited the highest activation of key scapular stabilizer muscles. Surface EMG was used to objectively determine the exercises that produced the greatest muscle recruitment, resulting in the selection of the Push-Up Plus, Elbow-Knee Push-Up, Lawnmower Exercise, Blackburn Exercise, and V-W Dumbbell Exercise as the core components of the protocol. The findings indicate that swimmers with unilateral scapular dyskinesia exhibit asymmetrical muscle activation patterns, with greater activation observed on the unaffected side. Such asymmetries may contribute to altered scapular control and inefficient load distribution around the shoulder complex. The SCAP-SYNC protocol provides a structured, evidence-based framework for targeting scapular stabilizer muscles in swimmers with scapular dyskinesia. Although the long-term effectiveness of the protocol was not evaluated in the present study, the findings support the use of EMG-guided exercise selection as a rational approach for developing rehabilitation programs. Future intervention studies are warranted to determine whether implementation of the protocol improves scapular function, reduces injury risk, and enhances sport-specific performance outcomes.

Acknowledgment

The authors would like to express their sincere gratitude to Mr. S. B. Javali for his assistance with the statistical analysis. The authors also thank all volunteers who participated in this study and acknowledge the Institute of Physiotherapy, KLE University, Belagavi, for providing the facilities necessary to conduct this research.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Ethical clearance was obtained from the Institutional Ethics Review Committee (Ref. No. 897). Written informed consent was obtained from all participants prior to participation in the study. The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

Pradnya Ramling Bodake contributed to the conceptualization and design of the study, methodology development, data collection, data curation, formal analysis, and preparation of the original manuscript draft. Aarti Welling contributed to the conceptualization and methodology of the study, supervised the research process, and critically reviewed and edited the manuscript. Peeyoousha Gurudut contributed to the methodology, validation of the study procedures, supervision of the research activities, and manuscript review and editing. Vijay Kage contributed to supervision, validation, project administration, and critical review and editing of the manuscript. All authors reviewed and approved the final version of the manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

مقاله پژوهشی

توسعه پروتکل تمرینی هدایت‌شده با الکترومایوگرافی (SCAP-SYNC) برای هدف‌گیری دیس‌کینزی کتف در شناگران

پرادنیا رامالینگ بوداکه^۱، آرتی ولینگ^۱، *پیوشا گوروودوت^۱، ویجای کاگه^۲

۱. گروه فیزیوتراپی ارتوپدی، مؤسسه فیزیوتراپی KAHER، نهر و ناگار، بلاگاوی، ایالت کارناتا، هند.

۲. گروه فیزیوتراپی ارتوپدی، مؤسسه فیزیوتراپی KLE، بلاگاوی، ایالت کارناتا، هند.

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Bodake PR, Welling A, Gurudut P, Kage V. Development of EMG-Guided Exercise Protocol (SCAP-SYNC) for Targeting Scapular Dyskinesia in Swimmers. Journal of Sport Biomechanics.2026;12(3):438-459. <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.438> <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.438>

چکیده

هدف: دیس‌کینزی کتف، که با تغییر الگوی حرکت کتف هنگام فعالیت‌های شانه‌ای مشخص می‌شود، در شناگران شیوع بالایی دارد و با درد شانه، کاهش عملکرد و افزایش خطر آسیب‌دیدگی همراه است. برنامه‌های توان‌بخشی رایج عمدتاً بر تمرینات تقویتی و افزایش تحرک تمرکز دارند، اما فاقد پایش لحظه‌ای الگوی فراخوانی عضلات هستند. الکترومایوگرافی سطحی (EMG) امکان ارزیابی مستقیم فعالیت عضلات را فراهم می‌کند و به ورزشکاران کمک می‌کند تا کنترل کتف را در طول تمرین و توان‌بخشی بهینه سازند. هدف این مطالعه، طراحی یک پروتکل تمرینی مبتنی بر الکترومایوگرافی برای افزایش فعالیت عضلات پایدارکننده کتف در شناگران مبتلا به دیس‌کینزی کتف بود.

روش‌ها: در این مطالعه توسعه پروتکل، ۱۸ شناگر حرفه‌ای مرد با دامنه سنی ۱۹ تا ۲۳ سال که بر اساس آزمون لغزش جانبی کتف (LSST) مبتلا به دیس‌کینزی یک‌طرفه کتف تشخیص داده شده بودند، شرکت کردند. آزمودنی‌ها ۱۵ تمرین رایج تثبیت‌کننده کتف را اجرا کردند. فعالیت عضلانی دوطرفه عضلات دوزنقه‌ای فوقانی، میانی و تحتانی، دندانده‌ای قدامی، تحت‌خاری، رومبویدها و پشتی بزرگ با استفاده از الکترومایوگرافی سطحی ثبت شد. مقادیر اوج فعالیت عضلانی بین سمت مبتلا و سمت سالم مقایسه شد تا مؤثرترین تمرینات شناسایی شوند.

یافته‌ها: پنج تمرین شامل شنا سوئدی بالاس، شنا سوئدی آرنج-زانو، تمرین چمن‌زن، تمرین بلکبرن و تمرین دمبل V-W، به‌طور معناداری موجب فعالیت بیشتر عضلات پایدارکننده کتف شدند. این تمرینات در قالب یک پروتکل تمرینی مبتنی بر شواهد با عنوان SCAP-SYNC ادغام شدند.

نتیجه‌گیری: پروتکل SCAP-SYNC مجموعه‌ای مختصر و هدفمند از تمرینات را برای افزایش فعالیت عضلات کلیدی پایدارکننده کتف ارائه می‌کند. این پروتکل می‌تواند به‌عنوان بخشی از برنامه‌های توان‌بخشی و آماده‌سازی جسمانی شناگران مبتلا به دیس‌کینزی کتف مورد استفاده قرار گیرد.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۱ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ انتشار: ۲۹ خرداد ۱۴۰۵

کلید واژه‌ها:

درد شانه، الکترومایوگرافی،

توان‌بخشی

*نویسنده مسئول:

پیوشا گوروودوت

آدرس: گروه فیزیوتراپی ارتوپدی، مؤسسه فیزیوتراپی KAHER، نهر و ناگار، بلاگاوی، ایالت کارناتا، هند.

ایمیل: peeoo123@yahoo.com

مقدمه

دیسکینزی کتف به حرکت یا وضعیت غیرطبیعی استخوان کتف (اسکاپولا) در هنگام حرکات شانه اطلاق می‌شود و به دلیل ماهیت تکراری حرکات بالای سر در ورزش شنا، در میان شناگران رقابتی به‌طور شایع مشاهده می‌شود (۱-۳). در حالی که دیسکینزی علامت‌دار به علت ارتباط آن با درد و اختلال عملکرد مورد توجه بالینی قرار می‌گیرد، دیسکینزی بدون علامت، که در آن الگوی حرکتی غیرطبیعی کتف بدون وجود درد رخ می‌دهد، اغلب تشخیص داده نمی‌شود؛ با این حال، این وضعیت می‌تواند به مرور زمان به آسیب علامت‌دار تبدیل شده و عملکرد ورزشی را تحت تأثیر منفی قرار دهد (۱، ۲).

از دیدگاه بیومکانیکی، کتف به‌عنوان یک پایه پویا و در عین حال پایدار برای حرکت استخوان بازو عمل می‌کند و تحرک و پایداری لازم را برای عملکرد بهینه کمر بند شانه‌ای و اندام فوقانی فراهم می‌سازد (۱). شناگران هر هفته هزاران حرکت بالای سر را در شنای کرال سینه، پروانه و کرال پشت انجام می‌دهند که این امر فشارهای تکراری قابل توجهی را بر عضلات اسکاپولوتوراسیک وارد می‌کند (۴، ۵). این حرکات تکراری می‌توانند موجب عدم تعادل عضلانی، خستگی و اختلال عملکرد عضلات پایدارکننده کتف شوند و در نتیجه ورزشکاران را مستعد ابتلا به دیسکینزی کتف کنند (۱، ۶). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که شیوع دیسکینزی کتف در شناگران بسیار متغیر است و میزان آن از ۵/۸ درصد تا ۶۱ درصد در حین یا بلافاصله پس از جلسات تمرینی گزارش شده است (۳، ۷). همچنین، دیسکینزی بدون علامت به‌طور مکرر در شناگران نخبه جوان مشاهده شده و شیوع آن در مردان و شناگران استقامتی بیشتر گزارش شده است (۳).

تغییر در سینماتیک کتف می‌تواند انتقال طبیعی نیرو در مجموعه شانه را مختل کرده و موجب کاهش کارایی حرکت شنا، برهم خوردن بیومکانیک طبیعی و افزایش خطر بروز آسیب‌های ثانویه از جمله سندرم گیر افتادگی شانه، تندینوپاتی عضلات روتاتور کاف و ناپایداری مفصل گلوهورمال شود که در مجموع با عنوان «شانه شناگر» شناخته می‌شوند (۶، ۸). از این رو، شناسایی زود هنگام و مداخله به‌موقع برای جلوگیری از پیشرفت دیسکینزی بدون علامت به اختلالات دردناک و افت عملکرد ورزشی ضروری است (۹). روش‌های متداول غربالگری دیسکینزی کتف که عمدتاً بر ارزیابی مشاهده‌ای یا آزمون‌های دستی متکی هستند، ممکن است در شناسایی عدم تعادل‌های عضلانی ظریف یا پویا حساسیت کافی نداشته باشند (۱، ۲). الکترومایوگرافی سطحی روشی عینی و کمی برای ارزیابی الگوهای فعال‌سازی عضلات در زمان واقعی و طی فعالیت‌های عملکردی فراهم می‌کند. این فناوری به متخصصان بالینی و مربیان امکان می‌دهد تا عضلات کم‌فعال یا بیش‌فعال دخیل در کنترل کتف را با دقت بیشتری شناسایی کنند (۱۰، ۱۱) و در نتیجه، برنامه‌های توان‌بخشی اختصاصی را بر اساس عملکرد عصبی عضلانی، نه صرفاً بر پایه مشاهدات بالینی، طراحی کنند (۱۰).

ادغام راهبردهای توان‌بخشی مبتنی بر الکترومایوگرافی در برنامه‌های تمرینی و بازتوانی شناگران می‌تواند مزایای متعددی به همراه داشته باشد. این رویکردها علاوه بر افزایش قدرت و استقامت عضلات پایدارکننده کتف، ممکن است کنترل و هماهنگی عصبی عضلانی را نیز بهبود بخشند؛ عواملی که برای اجرای کارآمد تکنیک شنا و پیشگیری از آسیب ضروری هستند (۴، ۹). بهبود وضعیت و الگوی حرکت کتف می‌تواند انتقال مؤثرتر نیرو را تسهیل کرده و در عین حال، بارگذاری جبرانی بیش از حد بر عضلات را که از عوامل اصلی آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد در شناگران است، کاهش دهد (۵، ۱۱). افزون بر این، استفاده از بازخورد زیستی مبتنی بر الکترومایوگرافی در تمرینات، امکان طراحی برنامه‌های توان‌بخشی متناسب با نارسایی‌های عصبی عضلانی هر

ورزشکار را فراهم می‌کند و در نتیجه می‌تواند اثربخشی مداخلات توان‌بخشی را افزایش دهد (۱۰). اهمیت تشخیص زودهنگام و مداخله در دیس‌کینزی بدون علامت را نباید نادیده گرفت. اصلاح عدم تعادل‌های عضلانی پیش از بروز علائم می‌تواند به حفظ عملکرد ورزشی و کاهش زمان دوری از ورزش ناشی از آسیب کمک کند (۲، ۹). همچنین، بهبود عملکرد عضلات کتف و بیومکانیک شانه ممکن است موجب افزایش استقامت و توان تولید نیرو در حین رقابت شود (۴، ۵). با توجه به این ملاحظات، غربالگری منظم شناگران نخبه و سایر ورزشکاران رشته‌های دارای حرکات مکرر بالای سر با استفاده از ارزیابی‌های عملکردی همراه با الکترومایوگرافی، باید به‌عنوان بخشی از اقدامات رایج در پزشکی ورزشی مدنظر قرار گیرد (۱، ۱۰). چنین رویکردی می‌تواند اجرای به‌موقع مداخلات پیشگیرانه هدفمند را تسهیل کرده و در نهایت به کاهش بروز اختلالات علامت‌دار شانه و ارتقای سلامت کلی این مفصل منجر شود (۸، ۹). پژوهش‌های آینده باید اثربخشی بلندمدت پروتکل‌های توان‌بخشی هدایت‌شده با الکترومایوگرافی را بر پیامدهای عملکردی، میزان بروز آسیب و کیفیت زندگی بررسی کنند. همچنین، انجام مطالعاتی که از تحلیل‌های پیشرفته بیومکانیکی و شاخص‌های عملکردی نظیر سرعت شنا و کارایی سیکل شنا استفاده می‌کنند، می‌تواند شواهد قوی‌تری درباره اهمیت بالینی این رویکرد فراهم آورد. چنین پژوهش‌هایی نقش توان‌بخشی مبتنی بر الکترومایوگرافی را در شناگران رقابتی روشن‌تر ساخته و می‌تواند مبنایی برای طراحی پروتکل‌های مشابه در سایر ورزش‌های دارای حرکات تکراری بالای سر با نیازهای عصبی-عضلانی مشابه فراهم کند (۴، ۵، ۹). با توجه به شیوع بالای دیس‌کینزی کتف در میان شناگران رقابتی و محدودیت‌های رویکردهای متداول توان‌بخشی، نیاز به پروتکل‌های تمرینی مبتنی بر شواهد که به‌طور اختصاصی نارسایی‌های عصبی-عضلانی مرتبط با این اختلال را هدف قرار دهند، احساس می‌شود. بنابراین، هدف این مطالعه، تدوین یک پروتکل تمرینی هدایت‌شده با الکترومایوگرافی با عنوان SCAP-SYNC بود که از طریق شناسایی تمرینات تثبیت‌کننده کتف با بیشترین میزان فعال‌سازی عضلات کلیدی پایداری‌کننده کتف، برای شناگران مبتلا به دیس‌کینزی یک‌طرفه و بدون علامت کتف طراحی شده است.

روش شناسی

طرح مطالعه و شرکت‌کنندگان

این مطالعه با هدف تدوین یک پروتکل تمرینی هدایت‌شده با الکترومایوگرافی برای شناگران مبتلا به دیس‌کینزی بدون علامت کتف انجام شد. تأییدیه اخلاقی از کمیته اخلاق پژوهشی مؤسسه (شماره ۸۹۷) اخذ شد و پیش از ورود به مطالعه، رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از تمامی شرکت‌کنندگان مطابق با اصول بیانیه هلسینکی و دستورالعمل‌های اخلاقی مؤسسه دریافت گردید. همچنین، این مطالعه در سامانه ثبت کارآزمایی‌های بالینی هند با شماره CTRI/2025/01/079223 به ثبت رسید. در مجموع، ۱۸ شناگر مرد رقابتی با دامنه سنی ۱۹ تا ۲۳ سال که مبتلا به دیس‌کینزی یک‌طرفه و بدون علامت کتف بودند، در این مطالعه شرکت کردند (۱۳). تمامی شرکت‌کنندگان حداقل سه سال سابقه شنا در سطح رقابتی داشتند و به‌طور معمول هفته‌ای ۶ تا ۷ جلسه تمرین، هر جلسه به مدت تقریبی ۱ تا ۲ ساعت، انجام می‌دادند. این مطالعه در مرکز پیشرفته فیزیوتراپی، آزمایشگاه تحلیل راه‌رفتن، بیمارستان KLE، شهر بلاگاوی، هند، در فاصله زمانی اکتبر ۲۰۲۴ تا مارس ۲۰۲۵ انجام شد. افرادی که سابقه شکستگی شانه، دررفتگی شانه، آسیب شلاقی گردن، حساسیت پوستی، عفونت فعال پوستی، حساسیت به ژل رسانای الکترومایوگرافی یا هرگونه بیماری تروماتیک یا سیستمیک مؤثر بر مشارکت در مطالعه یا نتایج آن را داشتند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G*Power (نسخه ۳، ۱، دانشگاه هاینریش هاینه، دوسلدورف، آلمان) و بر اساس طرح مقایسه زوجی برآورد شد. محاسبات با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری دوطرفه ۰/۰۵ و توان آماری ۸۰ درصد انجام شد. بر اساس اندازه اثر گزارش‌شده در مطالعات پیشین که

فعال سازی عضلات پایدارکننده کتف را در ورزشکاران رشته های دارای حرکات بالای سر بررسی کرده بودند، حداقل حجم نمونه مورد نیاز ۱۶ نفر برآورد شد. به منظور جبران ریزش احتمالی نمونه ها و ثبت های ناقص الکترومایوگرافی، حجم نمونه حدود ۱۰ درصد افزایش یافت و در نهایت ۱۸ شرکت کننده وارد مطالعه شدند. تمامی شرکت کنندگان مطالعه را تا پایان تکمیل کردند.

ثبت الکترومایوگرافی

برای ثبت فعالیت عضلات اصلی پایدارکننده کتف از الکترومایوگرافی سطحی استفاده شد. الکترودها مطابق با دستورالعمل های SENIAM بر روی عضلات دوزنقه ای فوقانی، دوزنقه ای میانی، دوزنقه ای تحتانی، دندانچه ای قدامی، تحت خاری، رومبویید و پستی بزرگ، در هر دو سمت بدن نصب شدند (شکل های الف و ب) (۱۴). سیگنال های خام الکترومایوگرافی در هنگام اجرای تمرین های تعیین شده توسط شرکت کنندگان ثبت شدند. فعالیت عضلانی در هر دو سمت مبتلا و غیرمبتلا ارزیابی شد تا تفاوت های الگوی به کارگیری عضلات مرتبط با دیس کینزی یک طرفه کتف بررسی شود.

روش اجرای مطالعه

پس از غربالگری و اخذ رضایت نامه آگاهانه، اطلاعات دموگرافیک شرکت کنندگان ثبت شد و ارزیابی اولیه انجام گرفت. وجود دیس کینزی یک طرفه کتف با استفاده از آزمون لغزش جانبی کتف تأیید شد (۱۵). پس از نصب الکترودها، شرکت کنندگان ۱۵ تمرین رایج تثبیت کننده کتف و شانه را اجرا کردند. هر تمرین سه بار انجام شد و بیشترین مقدار اوج فعالیت عضلانی حاصل از سه تکرار برای تحلیل انتخاب شد (۴). نمونه هایی از نحوه اجرای تمرین ها در شکل های ۲ و ۳ ارائه شده است. این روش استاندارد ارزیابی، امکان سنجش عینی میزان فعال سازی عضلات پایدارکننده کتف را فراهم کرد و مبنایی برای شناسایی تمرین هایی بود که بیشترین پاسخ عصبی عضلانی را ایجاد می کردند.



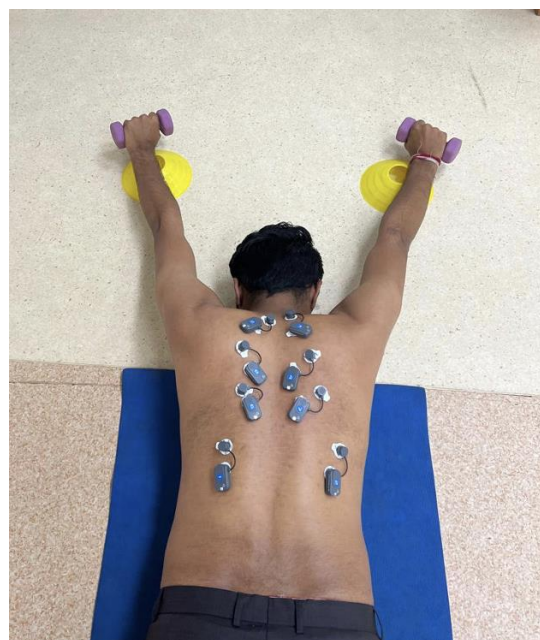
شکل ۱. محل قرارگیری الکترودهای الکترومایوگرافی سطحی بر روی عضلات پایدارکننده کتف (A): نمای قدامی و (B): نمای خلفی.

تدوین پروتکل

به منظور شناسایی مؤثرترین تمرین‌های تثبیت‌کننده کتف در شناگران مبتلا به دیس‌کینزی بدون علامت کتف، ۱۵ تمرین متداول تثبیت‌کننده کتف و شانه با استفاده از الکترومایوگرافی سطحی مورد ارزیابی قرار گرفتند. فعالیت عضلات دوزنقه‌ای فوقانی، دوزنقه‌ای میانی، دوزنقه‌ای تحتانی، دندان‌های قدامی، پشتی بزرگ، تحت‌خاری و رومبویید در طول اجرای هر تمرین ثبت شد. داده‌های الکترومایوگرافی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند تا مشخص شود کدام تمرین‌ها بیشترین میزان فعال‌سازی عضلات هدف را ایجاد می‌کنند. انتخاب تمرین‌ها بر اساس میزان فعال‌سازی عضلات، معنی‌داری آماری و اندازه اثر انجام شد. پنج تمرین الگوی فعال‌سازی عضلانی مطلوب‌تری نشان دادند و بنابراین برای گنجاندن در پروتکل SCAP-SYNC انتخاب شدند. این تمرین‌ها شامل شنا سوئدی پلاس، شنا سوئدی آرنج-زانو، تمرین چمن‌زن، تمرین بلکبرن و تمرین دمبل وی-دبلیو بودند. پانزده تمرین ارزیابی‌شده در مطالعه حاضر در **جدول ۱** خلاصه شده‌اند.



شکل ۲. اجرای تمرین شنا سوئدی پلاس توسط شرکت‌کننده در حین ثبت الکترومایوگرافی سطحی.



شکل ۳. اجرای تمرین دمبل وی-دبلیو توسط شرکت‌کننده در حین ثبت الکترومایوگرافی سطحی.

جدول ۱. شرح تمرین‌های ارزیابی‌شده

تمرین	شرح مختصر
تمرین ساعت کتف	تمرین کنترل کتف که در آن کتف در جهات مختلف، مشابه موقعیت‌های صفحه ساعت، حرکت داده می‌شود تا آگاهی حرکتی و تحرک کتف بهبود یابد.
شنا سوئدی پلاس	اجرای شنا سوئدی معمولی که در انتهای حرکت با پروترکشن بیشتر کتف ادامه می‌یابد تا فعال‌سازی عضله دندانه‌ای قدامی به حداکثر برسد.
شنا سوئدی آرنج-زانو	نوعی شنا سوئدی پویا که در مرحله پایین رفتن، زانوی هم‌طرف با آرنج تماس پیدا می‌کند تا پایداری کتف و کنترل عضلات مرکزی بدن به چالش کشیده شود.
پانچ در وضعیت طاق‌باز	تمرینی که در وضعیت طاق‌باز انجام می‌شود و طی آن، با حفظ باز بودن آرنج، پروترکشن فعال کتف صورت می‌گیرد.
پارویی تک‌دست با کش	حرکت پارویی یک‌طرفه با استفاده از کش تمرینی که بر جمع کردن کتف و فعال‌سازی عضلات خلفی شانه تأکید دارد.
بغل کردن پویا	تمرین مقاومتی شامل نزدیک کردن افقی بازوها همراه با پروترکشن کتف که برای فعال‌سازی عضله دندانه‌ای قدامی انجام می‌شود.
جمع کردن کتف‌ها	تمرین اختصاصی تثبیت کتف که با جمع کردن و پایین آوردن فعال کتف‌ها در وضعیت ایستاده انجام می‌شود.
حرکت‌های قطری شانه	الگوی حرکتی قطری عملکردی که در برابر مقاومت اجرا می‌شود و موجب فعال‌سازی هماهنگ عضلات شانه و کتف می‌گردد.
راه رفتن روی دیوار	تمرین زنجیره بسته که در آن انگشتان دست روی دیوار حرکت داده می‌شوند تا تحرک، کنترل و هماهنگی عصبی-عضلانی کتف بهبود یابد.
تمرین چمن‌زن	حرکت عملکردی پارویی همراه با چرخش تنه و جمع کردن کتف که برای تقویت عضلات پایدارکننده خلفی شانه به کار می‌رود.
تمرین بلکبرن (I-Y-T-W)	مجموعه‌ای از وضعیت‌های مختلف اندام فوقانی در حالت دمر که برای فعال‌سازی انتخابی عضلات دوزنقه‌ای میانی، دوزنقه‌ای تحتانی و سایر عضلات پایدارکننده کتف طراحی شده است.
نزدیک کردن بازو از مقابل بدن	تمرین افزایش تحرک شانه که طی آن بازو به صورت افقی از مقابل بدن عبور داده می‌شود تا انعطاف‌پذیری بخش خلفی شانه و حرکت کتف بهبود یابد.
تمرین سرقت	تمرین جمع کردن کتف همراه با چرخش خارجی شانه که وضعیت «دست‌ها بالا» را شبیه‌سازی کرده و موجب فعال‌سازی عضلات پاسچرال می‌شود.
حرکت پارویی افقی	تمرین پارویی دوطرفه که بر جمع کردن کتف، فعال‌سازی عضله دوزنقه‌ای میانی و کنترل پاسچر تأکید دارد.
تمرین دمبل وی-دبلیو	حرکت پویایی که در آن بازوها با استفاده از دمبل‌های سبک بین وضعیت‌های V و W جابه‌جا می‌شوند تا کنترل کتف و فعال‌سازی عضلات روتاتورکاف بهبود یابد.

بر اساس یافته‌های الکترومایوگرافی، پنج تمرینی که بیشترین میزان فعال‌سازی عضلات پایدارکننده کتف را ایجاد کردند، در پروتکل SCAP-SYNC گنجانده شدند. این پروتکل به‌عنوان یک برنامه تمرینی پیشرونده عصبی-عضلانی طراحی شد که هدف آن بهبود کنترل کتف، استقامت عضلانی و بیومکانیک شانه در شناگران مبتلا به دیس‌کینزی کتف است. انجام تمرین‌ها سه بار در هفته و به مدت ۶ تا ۸ هفته توصیه می‌شود و روند پیشرفت تمرین‌ها بر اساس کیفیت اجرای حرکت و میزان تحمل فرد تنظیم می‌شود. پروتکل SCAP-SYNC با شماره LD-20260186297 به ثبت حقوق مالکیت فکری رسیده است. نسخه نهایی پروتکل SCAP-SYNC بر اساس تحلیل داده‌های الکترومایوگرافی تدوین شده است، در [جدول ۲](#) ارائه شده است.

متغیرهای مورد ارزیابی

از آنجا که این مطالعه با هدف تدوین پروتکل انجام شد، تمامی متغیرهای مورد بررسی تنها در یک جلسه ارزیابی اولیه اندازه‌گیری شدند. هیچ ارزیابی پس از مداخله انجام نشد، زیرا هدف اصلی مطالعه، شناسایی تمرین‌هایی بود که بیشترین میزان فعال‌سازی عضلات پایدارکننده کتف را برای طراحی پروتکل ایجاد می‌کنند.

جدول ۲. ساختار پروتکل SCAP-SYNC

تمرین	عضلات هدف	تعداد ست	تعداد تکرار	نحوه پیشرفت تمرین
شنا سوئدی پلاس	دندانهای قدامی	۳	۱۰ تا ۱۵	ابتدا تعداد تکرار افزایش یابد، سپس با استفاده از جلیقه وزنه دار یا کش تمرینی مقاومت اضافه شود.
شنا سوئدی آرنج-زانو	دوزنقه‌ای میانی و دوزنقه‌ای تحتانی	۳	۱۰ تا ۱۲	با استفاده از سطح ناپایدار یا افزودن مقاومت خارجی پیشرفت داده شود.
تمرین چمن زن	رومبویدها و دوزنقه‌ای میانی	۳	۱۲ تا ۱۵	وزن دمبل به تدریج افزایش یابد.
تمرین بلکبرن (I-Y-T-W)	دندانهای قدامی، دوزنقه‌ای میانی و دوزنقه‌ای تحتانی	۳	۱۰ تکرار در هر وضعیت	در صورت تحمل، از وزنه‌های سبک (۰/۵ تا ۲ کیلوگرم) استفاده شود.
تمرین دمبل وی-دبلیو	دوزنقه‌ای تحتانی	۳	۱۰ تا ۱۵	وزن دمبل به تدریج افزایش یابد، مشروط بر حفظ کیفیت صحیح اجرای حرکت.

آزمون لغزش جانبی کتف

برای تأیید وجود دیس کینزی یک طرفه کتف از آزمون لغزش جانبی کتف (ضریب همبستگی درون طبقه‌ای = ۰/۹۵) استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها در هر دو سمت بدن و در سه وضعیت استاندارد انجام شدند: (۱) بازوها در کنار بدن و در حالت استراحت، (۲) قرار دادن دست‌ها روی لگن همراه با حدود ۴۵ درجه دورشدگی شانه، و (۳) دورشدگی ۹۰ درجه شانه همراه با چرخش داخلی. اختلاف بیش از ۱/۵ سانتی‌متر بین دو سمت، به عنوان شاخص وجود دیس کینزی کتف در نظر گرفته شد (۱۵).

الکترومایوگرافی سطحی

برای ارزیابی فعالیت عضلات دوزنقه‌ای فوقانی، دوزنقه‌ای میانی، دوزنقه‌ای تحتانی، دندانهای قدامی، پستی بزرگ، تحت‌خاری و رومبویید در حین اجرای تمرین‌ها از الکترومایوگرافی سطحی (ضریب همبستگی درون طبقه‌ای = ۰/۹۷) استفاده شد. الکترودهای دوقطبی سطحی مطابق با دستورالعمل‌های SENIAM بر روی عضلات مورد نظر نصب شدند و مقادیر اوج فعالیت عضلانی به‌دست آمده در هر تمرین، برای تحلیل و مقایسه بین سمت مبتلا و سمت غیرمبتلا مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

ویژگی‌های شرکت‌کنندگان در جدول ۳ ارائه شده است. تمامی شرکت‌کنندگان این پژوهش، شناگران مرد رقابتی با دامنه سنی ۱۹ تا ۲۳ سال بودند. میانگین سابقه فعالیت در شنا $1/94 \pm 6/83$ سال و میانگین تعداد جلسات تمرین هفتگی آنان $1/38 \pm 4/50$ جلسه بود. به‌طور کلی، نمونه مورد مطالعه شامل گروهی از شناگران جوان، فعال و دارای سابقه رقابت در شنا بود. به‌منظور بررسی فعالیت عضلات پایدارکننده کتف، الکترومایوگرافی سطحی در حین اجرای ۱۵ تمرین متداول تثبیت‌کننده کتف انجام شد. الکترودهای سطحی بر روی عضلات دوزنقه‌ای فوقانی، دوزنقه‌ای میانی، دوزنقه‌ای تحتانی، دندانهای قدامی، پستی بزرگ، تحت‌خاری و رومبویید قرار داده شدند. میانگین میزان فعالیت هر یک از این عضلات در طول اجرای تمرین‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. در میان تمرین‌های ارزیابی‌شده، تمرین بلکبرن با میانگین فعالیت عضلانی $0/20 \pm 0/57$ بیشترین میزان فعال‌سازی عضلات را نشان داد. پس از آن، تمرین دمبل وی-دبلیو با میانگین $0/30 \pm 0/56$ ، شنا سوئدی پلاس با میانگین $0/30 \pm 0/54$ ، شنا سوئدی آرنج-زانو با میانگین $0/20 \pm 0/54$ و تمرین چمن زن با میانگین $0/20 \pm 0/53$ قرار گرفتند. این تمرین‌ها در مقایسه با سایر تمرین‌های

مورد بررسی، به طور مداوم موجب فعال سازی بیشتر عضلات پایدارکننده کتف شدند و از این رو به عنوان مناسب ترین گزینه ها برای طراحی پروتکل انتخاب شدند. برای پنج تمرینی که بیشترین میزان فعال سازی عضلات را ایجاد کردند، اوج فعالیت عضلانی بین سمت مبتلا و سمت غیرمبتلا مقایسه شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که در تمامی این تمرین ها، اختلاف معنی داری بین دو سمت وجود داشت ($p < 0.05$) به گونه ای که میزان فعالیت عضلات در سمت غیرمبتلا به طور مداوم بیشتر از سمت مبتلا بود. بیشترین اندازه اثر مربوط به تمرین شنا سوئدی پلاس بود ($d = 1/14$ کوهن، $p = 0.0003$). پس از آن، تمرین بلکبرن ($d = 1/24$ کوهن، $p = 0.0011$)، شنا سوئدی آرنج-زانو ($d = 1/22$ کوهن، $p = 0.0009$)، تمرین دمبل وی-دبلیو ($d = 1/21$ کوهن، $p = 0.0013$) و تمرین چمن زن ($d = 1/18$ کوهن، $p = 0.0048$) قرار گرفتند. این یافته ها نشان می دهد که الگوی فعال سازی عضلات پایدارکننده کتف در شناگران مبتلا به دیس کینزی یک طرفه کتف، بین سمت مبتلا و سمت غیرمبتلا تفاوت قابل توجهی دارد و عدم تقارن عصبی عضلانی در این افراد وجود دارد. همچنین، با توجه به میزان فعال سازی عضلات، معنی داری آماری و اندازه اثر، تمرین های شنا سوئدی پلاس، شنا سوئدی آرنج-زانو، تمرین چمن زن، تمرین بلکبرن و تمرین دمبل وی-دبلیو به عنوان اجزای اصلی پروتکل SCAP-SYNC انتخاب شدند.

جدول ۳. ویژگی های شرکت کنندگان

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	۱۹/۰۰	۲۳/۰۰	۲۰/۵۰	۱/۵۲
قد (سانتی متر)	۱۵۷/۰۰	۱۸۰/۰۰	۱۶۷/۳۳	۸/۴۱
وزن (کیلوگرم)	۵۴/۰۰	۸۱/۰۰	۷۰/۵۰	۹/۱۸
شاخص توده بدنی	۲۱/۹۱	۳۱/۲۵	۲۵/۲۲	۳/۴۴
سابقه شنا (سال)	۵/۰۰	۱۰/۰۰	۶/۸۳	۱/۹۴
تعداد جلسات تمرین در هفته	۳/۰۰	۷/۰۰	۴/۵۰	۱/۳۸

شاخص توده بدنی (BMI)؛ انحراف معیار (SD).

جدول ۴. اوج فعالیت عضلات پایدارکننده کتف در تمرین های ارزیابی شده

تمرین	UT	MT	LT	SA	LD	IS	RH	Mean $\pm$ SD
شنا سوئدی پلاس*	۰/۵۸	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۴ $\pm$ ۰/۰۳
تمرین ساعت کتف	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴۱ $\pm$ ۰/۰۴
شنا سوئدی آرنج-زانو*	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۵۴ $\pm$ ۰/۰۲
پانچ در وضعیت طاق باز	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۵ $\pm$ ۰/۰۳
پارویی تک دست با کش تمرینی	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۸ $\pm$ ۰/۰۲
بغل کردن پویا	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۳۵ $\pm$ ۰/۰۴
جمع کردن کتف ها	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۳۳ $\pm$ ۰/۰۷
حرکت های قطری شانه	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۳۵ $\pm$ ۰/۰۷
راه رفتن روی دیوار	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۳۰ $\pm$ ۰/۰۲
تمرین چمن زن*	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۵۳ $\pm$ ۰/۰۲
تمرین بلکبرن*	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۷ $\pm$ ۰/۰۲
نزدیک کردن بازو از مقابل بدن	۰/۴۳	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۳۶ $\pm$ ۰/۰۷
تمرین سرقت	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۹ $\pm$ ۰/۰۴
پارویی افقی	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۳۷ $\pm$ ۰/۰۵
تمرین دمبل وی-دبلیو*	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۵۶ $\pm$ ۰/۰۳

نکته: تمرین های دارای علامت * بیشترین میزان فعال سازی کلی عضلات را نشان دادند و برای گنجانیدن در پروتکل SCAP-SYNC انتخاب شدند.
 UT: عضله دوزنقه ای فوقانی؛ MT: عضله دوزنقه ای میانی؛ LT: عضله دوزنقه ای تحتانی؛ SA: عضله دندانه ای قدامی؛ LD: عضله پشتی بزرگ؛ IS: عضله تحت خاری؛ RH: عضلات رومبویید.

جدول ۵. پنج تمرین با بیشترین میزان فعال سازی عضلات پایدارکننده کتف که برای گنجاندن در پروتکل SCAP-SYNC انتخاب شدند

تمرین	سمت مبتلا	سمت غیرمبتلا	اندازه اثر (d کوهن)	مقدار p
شنا سوئدی پلاس	0.654 ± 0.053	0.535 ± 0.073	۱/۴۱	*.۰۰۰۳
شنا سوئدی آرنج-زانو	0.544 ± 0.064	0.620 ± 0.075	۱/۲۲	*.۰۰۰۹
تمرین چمن زن	0.535 ± 0.072	0.597 ± 0.064	۱/۱۸	*.۰۰۰۸۴
تمرین بلکبرن	0.492 ± 0.066	0.563 ± 0.061	۱/۴۲	*.۰۰۰۱۱
تمرین دمبل وی-دبلیو	0.372 ± 0.097	0.391 ± 0.119	۱/۱۲	*.۰۰۰۱۳

اختلاف بین سمت مبتلا و سمت غیرمبتلا از نظر آماری معنی دار بود ($p < 0.05$)

بحث

هدف این مطالعه، شناسایی تمرین‌های تثبیت‌کننده کتف بود که بیشترین میزان فعال سازی عضلات اصلی پایدارکننده کتف را در شناگران رقابتی مبتلا به دیس‌کینزی یک طرفه و بدون علامت کتف ایجاد می‌کنند و استفاده از این یافته‌ها برای تدوین یک پروتکل تمرینی هدایت‌شده با الکترومایوگرافی بود. نتایج نشان داد که شنا سوئدی پلاس، شنا سوئدی آرنج-زانو، تمرین چمن زن، تمرین بلکبرن و تمرین دمبل وی-دبلیو بیشترین میزان فعالیت عضلانی را ایجاد کردند و بر همین اساس، برای گنجاندن در پروتکل SCAP-SYNC انتخاب شدند. دیس‌کینزی کتف یکی از یافته‌های شایع در شناگران است که عمدتاً به دلیل ماهیت تکراری حرکات بالای سر در تمرین و مسابقه ایجاد می‌شود (۱-۳). تغییر در الگوی حرکت کتف با اختلال در ریتم اسکاپولوهومرال، کاهش کارایی انتقال نیرو و افزایش خطر بروز آسیب‌های شانه ارتباط دارد (۶، ۸). از این رو، برنامه‌های توان‌بخشی که به‌طور اختصاصی عضلات پایدارکننده کتف را هدف قرار می‌دهند، برای بازگرداندن بیومکانیک طبیعی شانه و کاهش خطر آسیب در ورزشکاران رشته‌های دارای حرکات بالای سر اهمیت زیادی دارند (۱۴، ۱۷).

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که تمرین‌هایی که به‌طور هم‌زمان بر کنترل کتف، پایداری و حرکات هماهنگ اندام فوقانی تأکید دارند، نسبت به بسیاری از تمرین‌های متداول، موجب فعال سازی بیشتری در عضلات پایدارکننده کتف می‌شوند. به‌ویژه، شنا سوئدی پلاس و تمرین بلکبرن بیشترین میزان فعال سازی عضلانی را نشان دادند که با نتایج مطالعات پیشین مبنی بر اثربخشی این تمرین‌ها در فعال سازی عضلات دندان‌های قدامی و ذوزنقه‌ای تحتانی همسو است (۱۴، ۱۹). این عضلات نقش اساسی در چرخش رو به بالای کتف، تیلت خلفی و پایداری پویای کتف در هنگام حرکات بالای سر ایفا می‌کنند. مقایسه بین سمت مبتلا و سمت غیرمبتلا نیز تفاوت‌های معنی‌داری را در میزان فعالیت عضلات طی اجرای تمرین‌های منتخب نشان داد. در تمامی تمرین‌ها، فعالیت عضلانی در سمت غیرمبتلا به‌طور مداوم بیشتر از سمت مبتلا بود که بیانگر وجود عدم تقارن پایداری عصبی عضلانی در شناگران مبتلا به دیس‌کینزی یک طرفه کتف است. چنین عدم تقارن‌هایی می‌توانند موجب تغییر در الگوهای حرکتی و توزیع نامناسب بار در مجموعه شانه شوند و در نتیجه، احتمال بروز آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد را افزایش دهند (۶، ۱۵).

پروتکل SCAP-SYNC با تلفیق پنج تمرینی که بیشترین میزان فعال سازی عضلات را ایجاد کردند، طراحی شد. این پروتکل ترکیبی از تمرین‌های زنجیره بسته و زنجیره باز است که از طریق الگوهای حرکتی متفاوت، امکان به‌کارگیری هم‌زمان چندین عضله پایدارکننده کتف را فراهم می‌کند. تمرین‌های زنجیره بسته مانند شنا سوئدی پلاس می‌توانند موجب بهبود پایداری مفصل و کنترل حس عمقی شوند، در حالی که تمرین‌های زنجیره باز مانند تمرین چمن زن و تمرین دمبل وی-دبلیو با ایجاد دامنه حرکتی بیشتر، هماهنگی فعال سازی عضلات را بهبود می‌بخشند (۱۷، ۱۹). یکی از مهم‌ترین نقاط قوت این مطالعه، استفاده از الکترومایوگرافی

سطحی برای هدایت فرآیند انتخاب تمرین‌ها بود. برخلاف رویکردهای متداول توان‌بخشی که عمدتاً بر مشاهدات بالینی متکی هستند، الکترومایوگرافی اطلاعات عینی و کمی درباره الگوهای به‌کارگیری عضلات فراهم می‌کند و امکان انتخاب تمرین‌ها را بر اساس پاسخ‌های واقعی عصبی-عضلانی فراهم می‌سازد (۱۰، ۱۱). این رویکرد می‌تواند به متخصصان بالینی کمک کند تا تمرین‌هایی را انتخاب کنند که به‌طور اختصاصی موجب فعال‌سازی عضلات کلیدی پایدارکننده کتف در ورزشکاران مبتلا به دیس‌کینزی کتف می‌شوند. اگرچه پروتکل حاضر به‌طور اختصاصی برای شناگران رقابتی طراحی شده است، اما اصول حاکم بر آن ممکن است برای سایر ورزشکاران رشته‌های دارای حرکات بالای سر، از جمله والیبالیست‌ها، تنیس‌بازان و پرتاب‌کنندگان بیسبال نیز کاربرد داشته باشد، زیرا این ورزشکاران نیز برای اجرای مهارت‌های تخصصی خود به کنترل مؤثر کتف وابسته هستند (۸، ۹، ۱۵). با این حال، پیش از تعمیم این پروتکل به سایر جمعیت‌های ورزشی، انجام مطالعات بیشتری ضروری است.

این مطالعه دارای چند محدودیت نیز بود. نخست، حجم نمونه نسبتاً کوچک بود (۱۸ نفر) که ممکن است قابلیت تعمیم یافته‌ها را محدود کند. دوم، تمامی شرکت‌کنندگان مرد و از شناگران رقابتی بودند؛ بنابراین، نتایج این مطالعه الزاماً قابل تعمیم به ورزشکاران زن یا شناگران تفریحی نیست. سوم، این مطالعه تنها الگوهای حاد فعال‌سازی عضلات را بررسی کرد و اثربخشی بلندمدت پروتکل SCAP-SYNC مورد ارزیابی قرار نگرفت. بنابراین، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده بررسی کنند که آیا اجرای این پروتکل در طول زمان می‌تواند موجب بهبود عملکرد کتف، ارتقای عملکرد شانه، کاهش علائم شانه و پیشگیری از آسیب شود یا خیر. انجام مطالعات طولی همراه با ارزیابی‌های بیومکانیکی، عملکردی و بالینی می‌تواند شواهد قوی‌تری درباره اثربخشی این پروتکل فراهم کند. در مجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که انتخاب تمرین‌ها بر اساس داده‌های الکترومایوگرافی می‌تواند رویکردی مؤثر برای طراحی پروتکل‌های توان‌بخشی هدفمند در شناگران مبتلا به دیس‌کینزی کتف باشد. پروتکل SCAP-SYNC چارچوبی ساختاریافته مبتنی بر داده‌های عینی فعالیت عضلات ارائه می‌دهد و می‌تواند مبنایی برای مطالعات مداخله‌ای آینده در این زمینه باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه، یک پروتکل تمرینی هدایت‌شده با الکترومایوگرافی با عنوان SCAP-SYNC برای شناگران مبتلا به دیس‌کینزی یک‌طرفه و بدون علامت کتف تدوین شد. این پروتکل بر اساس شناسایی تمرین‌هایی طراحی شد که بیشترین میزان فعال‌سازی عضلات کلیدی پایدارکننده کتف را ایجاد می‌کردند. برای این منظور، از الکترومایوگرافی سطحی به‌عنوان یک روش عینی جهت تعیین تمرین‌هایی که بیشترین میزان به‌کارگیری عضلات را ایجاد می‌کنند، استفاده شد. بر این اساس، شنا سوئدی پلاس، شنا سوئدی آرنج-زانو، تمرین چمن‌زن، تمرین بلکبرن و تمرین دمبل وی-دبلو به‌عنوان اجزای اصلی این پروتکل انتخاب شدند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که شناگران مبتلا به دیس‌کینزی یک‌طرفه کتف، الگوی نامتقارنی از فعال‌سازی عضلات را نشان می‌دهند، به‌طوری که میزان فعالیت عضلات در سمت غیرمبتلا بیشتر از سمت مبتلا است. چنین عدم تقارن‌هایی می‌توانند موجب اختلال در کنترل کتف و توزیع نامناسب بار در مجموعه شانه شوند. پروتکل SCAP-SYNC یک چارچوب ساختاریافته و مبتنی بر شواهد برای هدف قرار دادن عضلات پایدارکننده کتف در شناگران مبتلا به دیس‌کینزی کتف ارائه می‌کند. اگرچه اثربخشی بلندمدت این پروتکل در مطالعه حاضر ارزیابی نشد، یافته‌ها از به‌کارگیری انتخاب تمرین‌ها بر اساس داده‌های الکترومایوگرافی به‌عنوان رویکردی منطقی برای طراحی برنامه‌های توان‌بخشی حمایت می‌کنند. انجام مطالعات مداخله‌ای آینده برای بررسی این

موضوع ضروری است که آیا اجرای این پروتکل می‌تواند عملکرد کتف را بهبود بخشد، خطر آسیب را کاهش دهد و عملکرد اختصاصی ورزشی را ارتقا دهد یا خیر.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی صمیمانه خود را از آقای S. B. Javali به دلیل همکاری در انجام تحلیل‌های آماری اعلام می‌کنند. همچنین از تمامی داوطلبانی که در این پژوهش شرکت کردند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. نویسندگان از مؤسسه فیزیوتراپی دانشگاه KLE در شهر بلاگاوی نیز به دلیل فراهم کردن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش قدردانی می‌کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش پس از دریافت تأییدیه از کمیته اخلاق پژوهشی مؤسسه (شماره ۸۹۷) انجام شد. پیش از ورود به مطالعه، رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ گردید. همچنین، تمامی مراحل پژوهش مطابق با اصول مندرج در بیانیه هلسینکی انجام شد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی اختصاصی از سازمان‌ها یا نهادهای دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

پرادنیا راملینگ بوداکه در ایده‌پردازی و طراحی پژوهش، تدوین روش‌شناسی، جمع‌آوری داده‌ها، مدیریت و سازمان‌دهی داده‌ها، تحلیل آماری و نگارش پیش‌نویس اولیه مقاله مشارکت داشت. آرتی ولینگ در ایده‌پردازی، تدوین روش‌شناسی، نظارت بر اجرای پژوهش و بازبینی و ویرایش انتقادی مقاله مشارکت داشت. پیوشا گورودوت در تدوین روش‌شناسی، اعتبارسنجی مراحل اجرای مطالعه، نظارت بر فعالیت‌های پژوهشی و بازبینی و ویرایش مقاله مشارکت داشت. ویجای کاکه در نظارت بر پژوهش، اعتبارسنجی، مدیریت پروژه و بازبینی و ویرایش انتقادی مقاله مشارکت داشت. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند و مسئولیت تمامی جنبه‌های این پژوهش را پذیرفته‌اند.

تعارض

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافی در ارتباط با این پژوهش ندارند.

Reference

1. Longo UG, Ambrogioni LR, Berton A, Candela V, Massaroni C, Carnevale A, et al. Erratum: Scapular dyskinesis: From basic science to ultimate treatment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(8):2974. [DOI:10.3390/ijerph17082974]
2. Srinivasan M, Arun Jenikkin A, Shanmuganath Elayaperumal S. Scapular stabilization exercise and tapping for scapular dyskinesis for amateur swimmers: An experimental design. *Obstetrics and Gynaecology Forum*. 2024;34(2 Suppl):49-52.
3. Maor MB, Ronin T, Kalichman L. Scapular dyskinesis among competitive swimmers. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2017;21(3):633-636. [DOI:10.1016/j.jbmt.2016.11.011]
4. Tavares N, Dias G, Carvalho P, Vilas-Boas JP, Castro MA. Effectiveness of therapeutic exercise in musculoskeletal risk factors related to swimmer's shoulder. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*. 2022;12(6):601-615. [DOI:10.3390/ejihpe12060044]
5. Morais JE, Forte P, Nevill AM, Barbosa TM, Marinho DA. Upper-limb kinematics and kinetics imbalances in the determinants of front-crawl swimming at maximal speed in young international-level swimmers. *Scientific Reports*. 2020;10(1):11683. [DOI:10.1038/s41598-020-68581-3]
6. Naderifar H, Babakhanian S, Najafi-Vosough R, Ardakani MK. Shoulder function in swimmers with and without scapular dyskinesis. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*. 2023;13(2):344. [DOI:10.32098/mltj.02.2023.19]
7. Arghadeh R, Alizadeh MH, Minoonejad H, Sheikhhoseini R, Asgari M, Jaitner T. Electromyography of scapular stabilizers in people without scapular dyskinesis during push-ups: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:1296279. [DOI:10.3389/fphys.2023.1296279]
8. Pesen MF, Vergili Ö. Exploring the relationship between scapular dyskinesis and the injury risk among overhead athletes. *Journal of Orthopaedic Research and Rehabilitation*. 2023;1(1):1-4. [DOI:10.51271/JORR-0001]
9. Naderifar H, Ghanbari L, Najafi-Vosough R. Effect of an exercise program on glenohumeral rotator cuff muscle strength in overhead athletes with scapular dyskinesis. *Journal of Clinical Care and Skills*. 2024;5(1):19-24.
10. Du WY, Huang TS, Chiu YC, Mao SJ, Hung LW, Liu MF, et al. Single-session video and electromyography feedback in overhead athletes with scapular dyskinesis and impingement syndrome. *Journal of Athletic Training*. 2020;55(3):265-273. [DOI:10.4085/1062-6050-490-18]
11. Tsuruike M, Ellenbecker TS, Nishime RS. Electromyographic analysis of the scapular dyskinesis test in a baseball pitcher with a SLAP lesion: A case report. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2020;15(3):471-479. [DOI:10.26603/ijsp20200471]
12. Zaman BA, Basumatary B, Borah C. Scapular asymmetry among elite swimmers of Jorhat district using lateral scapular slide test. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*. 2021;15(1):1-8.
13. Preziosi Standoli J, Fratalocchi F, Candela V, Preziosi Standoli T, Giannicola G, Bonifazi M, et al. Scapular dyskinesis in young asymptomatic elite swimmers. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2018;6(1):2325967117750814. [DOI:10.1177/2325967117750814]
14. Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, Tambay N, Cunningham T. Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. *American Journal of Sports Medicine*. 2008;36(9):1789-1798. [DOI:10.1177/0363546508316281]

15. Melo AS, Moreira JS, Afreixo V, Moreira-Gonçalves D, Donato H, Cruz EB, et al. Effectiveness of specific scapular therapeutic exercises in patients with shoulder pain: A systematic review with meta-analysis. *JSES Reviews, Reports, and Techniques*. 2024;4(2):161-174. [DOI:10.1016/j.xrrt.2023.12.006]
16. Curtis T, Roush JR. The lateral scapular slide test: A reliability study of males with and without shoulder pathology. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. 2006;1(3):140-146.
17. Seo SH, Jeon IH, Cho YH, Lee HG, Hwang YT, Jang JH. Surface electromyography during the push-up plus exercise on a stable support or Swiss ball: Scapular stabilizer muscle exercise. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(7):833-837. [DOI:10.1589/jpts.25.833]
18. Kibler WB, Sciascia A. Evaluation and management of scapular dyskinesis in overhead athletes. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2019;12(4):515-526. [DOI:10.1007/s12178-019-09591-1]
19. De Mey K, Danneels L, Cagnie B, Cools AM. Scapular muscle rehabilitation exercises in overhead athletes with impingement symptoms: Effect of a 6-week training program on muscle recruitment and functional outcome. *American Journal of Sports Medicine*. 2012;40(8):1906-1915. [DOI:10.1177/0363546512453297]
20. Wirth K, Keiner M, Fuhrmann S, Nimmerichter A, Haff GG. Strength training in swimming. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(9):5369. [DOI:10.3390/ijerph19095369]
21. Sadri SF, Saleki M. The effect of a combined scapular and shoulder exercise program with kinesio tape on pain, shoulder proprioception, and upper limb function in swimmers with shoulder impingement syndrome. *Journal of Sport Biomechanics*. 2024;10(2):144-158. [DOI:10.61186/JSportBiomech.10.2.144]
22. Darchini M, Darzabi T, Mofrad Moghadam M, Nabavinik M. The effect of a 6-week core stability training program on the stroke index and front crawl record of male swimmers. *Journal of Sport Biomechanics*. 2019;5(2):124-133. [DOI:10.32598/biomechanics.5.2.6]
23. Harati J, Daneshmandi H, Shahabi Kaseb MR. Comparing the effects of dry-land and in-water core stability training programs on swimmers' upper body balance and performance. *Journal of Sport Biomechanics*. 2018;4(1):17-29.