

Research Paper

The Effect of Hybrid Knee Brace on Kinesiophobia, Proprioception, and Coping Ability After Acute Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Pilot Randomized Trial

Zahra Nemati¹ , *Maryam Jalali² , Mohammad Ali Sanjari³ , Abolfazl Bagherifard⁴

1. Department of Orthotics and Prosthetics, School of Paramedical and Rehabilitation Sciences, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.
2. Department of Orthotics and Prosthetics, Rehabilitation Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Department of Basic Rehabilitation Sciences, Rehabilitation Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Department of Orthopedics, Bone and Joint Reconstruction Research Center, School of Medicine, Shafa Yahyaean Orthopedics Hospital, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.



Citation Nemati Z, Jalali M, Sanjari MA, Bagherifard A. [The Effect of Hybrid Knee Brace on Kinesiophobia, Proprioception, and Coping Ability After Acute Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Pilot Randomized Trial (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2025; 25(4):824-847. <https://doi.org/10.32598/RJ.25.4.3840.1>

<https://doi.org/10.32598/RJ.25.4.3840.1>

ABSTRACT

Objective After anterior cruciate ligament (ACL) rupture, copers have better neuromuscular control and kinesiophobia than non-copers. Using a knee brace can improve mechanical stability and proprioception after an injury. This study aims to determine the effect of using a hybrid knee brace in acute ACL rupture on coping ability, kinesiophobia, and proprioception.

Materials & Methods In this randomized clinical trial study, 30 people with acute ACL rupture were allocated into the experimental (Mean±SD age: 29.6±7.7 years, Mean±SD time since injury: 37.7±20.7 days) and control groups (Mean±SD age: 27.8±7.0 years, Mean±SD time since injury: 48.0±21.3 days). The sampling method was nonprobability, convenient sampling, and was randomly assigned to the control and intervention groups using permutation blocks (four blocks of four). The experimental group used the hybrid knee brace for 4 weeks during daily activities, 4 hours a day, along with routine physiotherapy. The physiotherapy program included increasing the knee's range of motion, reducing edema, and strengthening exercises for the quadriceps and hamstring muscles, which were performed by an experienced therapist for both groups in 10 sessions. After one month, the coping ability was measured by screening examination; kinesiophobia was measured by the Tampa scale (TSK-11), and proprioception was assessed by joint position sense measurement by a dynamometer. Mixed within-between analysis of variance was used to evaluate the variables. The statistical analysis was performed using SPSS software, version 22 with a significant level of 0.05.

Results Based on the screening examination, 7 people in the experimental group (53.8%) and 3 in the control group (23.1%) were copers after the intervention. However, the difference between the two groups was not significant. Regarding joint position sense, the experimental group had less deviation from the target angle (3.22±1.55 degrees) than the control group (6.32±1.70 degrees) (P<0.001). The score of the Tampa questionnaire improved in both groups (P<0.001) without any significant difference between them.

Conclusion Using a hybrid knee brace after an acute ACL injury can increase proprioception and coping ability in the patients and may reduce the need for ligament reconstruction surgery.

Keywords ACL Injury, Fear of movement, Orthosis, Knee, Position sense, Coping skill

Received: 12 Dec 2023

Accepted: 22 Apr 2024

Available Online: 01 Jan 2025

*** Corresponding Author:**

Maryam Jalali, Associate Professor.

Address: Department of Orthotics and Prosthetics, Rehabilitation Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 22228051

E-Mail: jalali.m@iums.ac.ir



Copyright © 2025 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 anterior cruciate ligament rupture (ACL) is a common knee joint injury. This injury results in anterior laxity of the tibio-femoral joint, leading to repeated knee instability and early-onset osteoarthritis [1]. After an injury, some people can return to the activity level before the injury, which is called copers. However, some are unable to resume previous activities due to recurrent knee giving way and kinesiophobia. They are classified as non-copers and are potential candidates for ligament reconstruction surgery [2]. To assess an individual's capacity for adaptation to the injury, Fitzgerald et al. developed a screening test based on the dynamic stability of the knee joint during various activities [3]. Those achieving a satisfactory score on this test are categorized as copers to the injury, while those failing to do so are placed in the non-coper group [3]. The criteria for satisfactory performance include achieving at least 80% of the score on the 6-m jump test [4], scoring at least 80% on the KOS-ADL (knee outcome survey's activities of daily living scale) questionnaire, attaining a minimum of 60 points on the Global rating of knee function [5], and experiencing a maximum of one episode of knee giving-way since the time of injury [6].

One of the factors influencing the ability to adapt to injury in these individuals is neuromuscular coordination [7], which is disrupted by the loss of afferent feedback from the ACL [8]. The absence of feedback also leads to a reduction in knee proprioception [9], which is a primary contributor to knee instability in injury non-adaptive patients [10]. To improve the neuromuscular system, perturbation training is typically performed on balance boards once acute symptoms subside, involving anterior-posterior and internal-external perturbations as well as multi-directional perturbations [11]. However, such interventions are not conducted due to the instability experienced during the acute injury phase [12]. Since skin receptors around the knee transmit vital information regarding joint position and movements, stimulating these receptors can partially compensate for the proprioceptive deficit resulting from ligament rupture [13].

To enhance neuromuscular function and dynamic stability, stimulating joint capsule receptors and muscles surrounding the knee can also be beneficial [14, 15]. Studies indicate that knee braces have effects such as increasing knee proprioception through skin contact [16] and applying pressure on underlying muscles and

the joint capsule [17, 18], consequently altering the timing and movement patterns of lower limb muscles [19]. Strutzenberger and Delincé et al. reported that using flexible structures like elastic sleeves in individuals with complete ACL ruptures leads to improved proprioception [20, 21] and increased brain activity in the primary sensorimotor cortex, responsible for processing sensory input, thus enhancing the proprioception. Therefore, knee braces and elastic sleeves can enhance knee proprioception and neuromuscular function in individuals with complete ACL rupture [22].

Another factor influencing the ability to adapt to injury following an ACL rupture is kinesiophobia. Individuals who successfully adapt to the injury typically exhibit lower levels of kinesiophobia [23]. While psychological factors also play a role in the development of kinesiophobia [24], increasing the mechanical stability of the knee can help mitigate it [22, 23]. Brisson et al. demonstrated that knee braces could enhance knee stability post-ACL rupture [25]. Similarly, Harput et al.'s study indicates that employing a knee brace after ligament reconstruction surgery reduced kinesiophobia [22]. Based on the existing literature, no study has investigated the effect of brace usage during the acute phase following an ACL rupture on enhancing coping rates. Therefore, this study aims to explore the impact of employing a hybrid knee brace (Figure 1), comprising a custom-made functional brace and an elastic sleeve, on kinesiophobia, proprioception, and its overall effect on the ability to adapt to the injury during the acute stage following an ACL rupture.

Materials and Methods

The present study is a single-blind randomized clinical trial conducted on 30 individuals with acute ACL rupture. The samples were selected based on availability and randomly assigned using permutation blocks (four blocks of four) into control and experimental groups [26]. Participants remained unaware of the process and the existence of the other group. The sample size was determined using G*Power software version 3.1.9.2, with a confidence level of 95%, a power of 80%, and an effect size of 0.8, which was derived from a similar study [27]. This calculation yielded 13 individuals in each group. However, to account for a potential 15% drop in the sample, the number increased to 15 individuals in each group. Ethical approval for this study was obtained from the Iran University of Medical Sciences Ethics Committee and registered in the Iranian Registry of Clinical Trial (IRCT). All participants provided informed consent by signing the consent form before participating in the study.

A specialized knee surgeon selected samples from the knee orthopedic clinic at Shafa Yahyaeian Orthopedics Hospital, Tehran City, Iran. Subsequently, they were randomly assigned into two groups: control (without orthosis) and experimental (with orthosis). Both groups followed an identical physiotherapy program, consisting of 10 sessions to increase knee range of motion, reduce swelling, and perform strengthening exercises for the quadriceps and hamstring muscles. These sessions were conducted uniformly by an experienced therapist for both groups. At the initial physiotherapy sessions, individuals experiencing swelling were treated with compression bandaging to reduce swelling.

If necessary, devices like transcutaneous electrical nerve stimulation and pulsed ultrasound were utilized. Since quadriceps muscles undergo inhibition after ACL rupture, early strengthening of these muscles is crucial. However, hamstring muscles should also be strengthened as these muscles act as antagonists to the ACL. Quadriceps muscle strengthening was conducted using devices such as a Faradic or functional electrical stimulation device and Q-set exercises. The exercises provided to patients at this stage consisted of closed and open kinetic chain exercises [28, 29]. During the first two weeks, exercises within the range of 30 to 60 degrees of knee flexion were performed. Patellar bone mobilization was performed to increase the knee's range of motion. In the following two weeks, exercises were performed within a larger range of motion. Upon completing the physiotherapy sessions, the physiotherapist provided a satisfactory status report regarding muscle strength, area swelling, and sufficient range of motion for patients to undergo functional tests.

The inclusion criteria of this study encompassed patients aged 18 to 40 years who presented with an isolated and unilateral tear of the ACL, confirmed through magnetic resonance imaging (MRI). These individuals should have maintained a moderate activity level before the injury, indicated by a score of 3-5 on the Tegner scale [30]. Furthermore, they should have no history of fractures or surgeries in the knee area and no prior damage to the ACL or other ligaments of the knee joint. The exclusion criteria comprised individuals who experienced pain or inflammation in the knee during functional tests or those who declined to continue cooperating with the study's rehabilitation protocol.

The participants underwent evaluation in two sessions. During the first session, they completed the KOS-ADL questionnaire [5], the global rating of knee function [31], and the Tampa questionnaire [32]. The KOS-ADL

scale is a self-report tool designed to assess performance limitations in patients experiencing various knee conditions, including ligament and meniscus injuries, patellofemoral pain, and knee osteoarthritis. This questionnaire comprises sections for measuring symptoms and functional limitations during daily activities. Specifically, the section related to daily activities measurement consists of 14 questions. Six questions pertain to the impact of impairment on the ability to perform daily activities, while the remaining 8 focus on the effect of knee impairment on specific tasks. Each question offers five response options, scored from 0 to 5. A score of 0 denotes no difficulty in performing the activity, while a score of 5 indicates inability to perform the activity. The maximum achievable score is 70. The total score is converted to a percentage by dividing by 70 and multiplying by 100. The validity and reliability of this questionnaire were investigated by Irrgang et al. in 1998 [33].

Additionally, a study conducted by Salvati et al. demonstrated that the Persian version of this questionnaire is valid and reliable for use in Iranian society [34]. The global rating of knee function represents the current performance of the knee in comparison to its state before the injury. It is assessed using the visual analog scale (VAS), ranging from 0 to 100 [31].

The Tampa questionnaire assesses the pain associated with fear, accompanied by avoidance and restriction of behavior, movement, and physical activities initiated by the individual. It comprises 17 questions rated on a 4-point Likert scale with responses ranging from 1= "completely disagree" to 4= "completely agree." Upon completion by the patient, a total score between 17 and 68 is calculated. Scores below 37 indicate a low kinesiophobia, while scores exceeding 37 suggest a high kinesiophobia. The minimum clinically important difference for kinesiophobia is reported to be a 4-point reduction [35]. The Persian translation of the Tampa questionnaire was conducted by Jafari et al., who measured and evaluated the psychometric properties of the Persian version. The results indicated that the Persian version of the Tampa kinesiophobia scale is valid and reliable for Iranian society [36].

Four weeks after enrollment in the study, the participants were summoned to the Research Institute of Physical Education and Sports Sciences under the Ministry of Science, Research and Technology in Tehran to undergo functional tests. Adaptation to the injury was assessed through a screening test, while the sense of joint position was evaluated using the Biodex dynamometer device [37]. The screening test comprised 4 conditions:

achieving a score of at least 80% on the six-meter jump test, obtaining a score of at least 80% on the daily activities questionnaire, attaining a score of at least 60% on the overall knee function assessment, experiencing at least one instance of knee instability following the initiation of treatment [3].

The joint position sense was assessed using the Biodex System Pro 3 dynamometer (Shirley, New York, USA), initially in the healthy knee and subsequently in the injured knee. This device has been validated and proven reliable for measuring joint position sense [37]. Proper positioning of the individual in the Biodex machine involved aligning the knee's movement axis with the dynamometer's mechanical axis. Additionally, the dynamometer seat was adjusted to an 85-degree flexion angle, and the knee's range of motion was set from full extension to 90 degrees of flexion. The end of the knee connecting lever was positioned above the ankles and secured with a strap. The individual's torso was also stabilized using shoulder, waist, and thigh straps. Before commencing the test, leg torque produced at a 30-degree knee flexion angle was recorded to negate the effects of gravity. Furthermore, to minimize the influence of other muscles, the individual maintained crossed arms on the chest [38]. For the joint position test with closed eyes, the knee was passively moved from 90° flexion to 60° flexion using the lever arm of the device and returned to the initial position after 4 seconds. Subsequently, participants were instructed to reproduce the bending angle with their eyes closed actively. Following two experimental repetitions, three tests were recorded for each side.

The hybrid brace used in the experimental group consisted of a functional brace and an elastic sleeve (Figure 1). The functional component comprised a posterior femoral cuff and an anterior shin cuff of 2.5-mm thick polypropylene. These components were designed to enhance anterior-posterior stability and were customized for each patient based on limb measurements. In individuals with ACL rupture, anterior and posterior instability leads to anterior tibial displacement relative to the femur during walking [10, 39]. Thus, positioning the shin cuff anteriorly and the thigh cuff posteriorly prevents this displacement. The midpoint between the hip trochanter and the external condyle of the femur corresponded to the location of the femoral cuff, while the midpoint between the head of the fibula and the lateral malleolus aligned with the position of the tibial cuff. The polycentric knee joint, constructed from aluminum and featuring a gear model, allows free joint movement. This joint was aligned with the knee's movement axis,

ensuring optimal functionality. From a lateral perspective, the knee brace's joint location is aligned with the knee's anatomical axis.

Additionally, elastic straps were employed to minimize functional knee brace slippage. The elastic straps, capable of greater stretch than non-elastic ones, provide increased orthotic adhesion, thereby reducing downward slippage. The ACL plays a significant role in controlling valgus force and preventing instability on the medial side of the knee joint [40]. Consequently, ACL damage results in internal knee joint instability. The external load of the knee brace counteracts valgus force and mitigates internal instability post-ACL rupture [41, 42]. This outcome is achieved by applying three pressure points generated by the upper and lower ends of the lateral upright and the knee pad's mutual force on the inner aspect of the knee (Figure 1). The orthotic joint was linked to the upper and lower cuff via lateral upright in this brace. Strap tension varied to accommodate proper suspension and individual tolerance levels, as indicated by skin redness assessment 15 minutes after brace removal. The applied pressure was deemed appropriate if redness disappeared within 20 minutes [43]. Underneath the functional brace, patients wore a Tynor® neoprene sleeve that provided complete contact with the knee, exerting pressure on underlying structures. Sleeve size was determined individually by measuring knee circumference and utilizing the sleeve guide. Patients were instructed to wear the hybrid brace for a minimum of four hours daily and record the duration of use.

SPSS statistical software, version 22 was employed for data analysis, with the normality of data distribution assessed using the Shapiro-Wilk test. All data exhibited normal distribution except for the performance report, which was normalized by excluding one outlier data point. An independent t test was utilized to assess the homogeneity of the two groups concerning age, scores on the Tampa and daily activity questionnaires, and the global rating of knee function scores at the study's outset.

Mixed within-between analysis of variance (ANOVA) was employed to evaluate the KOS-ADL questionnaire, global rating of knee function report, and Tampa questionnaire within and between groups. The Chi-square test was conducted to compare the proportion of copers and non-copers. The Spearman correlation test was employed to investigate the relationship between coping ability and proprioception and the association between kinesiophobia and proprioception. A significance level of 0.05 was established.



Figure 1. Custom-Made hybrid knee brace consisting of tynor tm sleeve and functional knee brace

Archives of
Rehabilitation

Furthermore, an independent t test was conducted to compare the absolute joint position sense error, which was used to measure joint position sense, between the test, control, and copers and non-copers groups.

Results

The study included 30 individuals diagnosed with isolated ACL tears. However, two individuals were excluded from the study because they did not utilize a brace, while the other two were excluded for failing to attend all physiotherapy sessions. Consequently, 26 individuals were chosen to partake in the study, divided into two groups, with 13 participants in each group. Before the study's commencement, the two groups were matched based on age, time of injury, fear of movement level, daily activity, and knee function, as outlined in [Table 1](#).

The Effects of Using a Hybrid Brace on Kinesiophobia, Knee Function, and Daily Activities

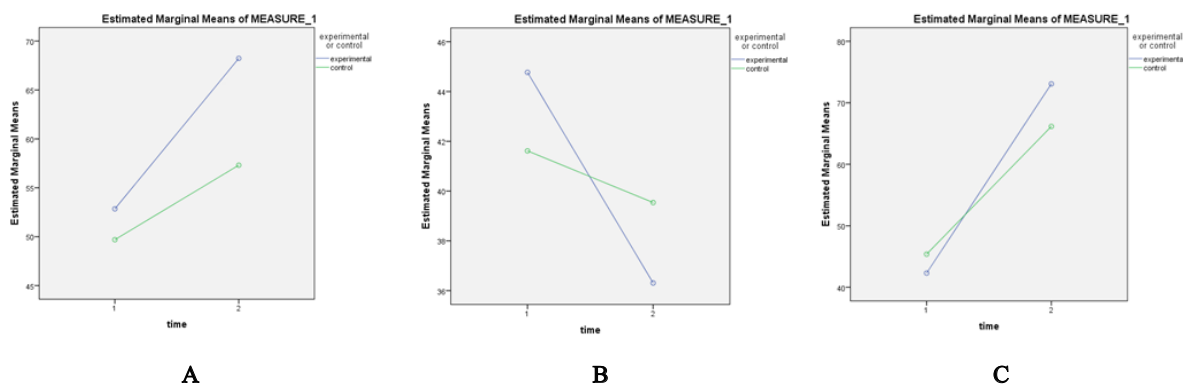
A mixed within-between analysis of variance was conducted to assess the impact of utilizing a hybrid knee orthosis on kinesiophobia, knee function, and daily activities. The within-group analysis of variance results indicated a significant difference between pre- and post-intervention outcomes across all three variables, with

improvements observed in the scores of each variable following the intervention in both groups (demonstrating a significant main effect of the variables). Additionally, the interaction effect of all three variables (Tampa questionnaire, daily activities measurement questionnaire, and knee self-reported performance) was found to be significant in both groups ([Table 2](#)), indicating that the positive changes in all three variables were more pronounced in the test group compared to the control group ([Figure 2](#)).

Regarding between-group analysis concerning kinesiophobia and knee function, no significant differences were observed between the two groups ([Table 3](#)). However, regarding the score of the daily activities questionnaire, a significant difference was noted between the two groups ($P=0.020$) ([Table 3](#)).

Determining the Frequency and Percentage of Copers in Each Group, Separately For Each Component of the Screening Test, and the Final Score of the Test

[Table 3](#) displays the frequency and percentage of copers in each group, separately by each component of the screening test, along with the final score. Eight individuals in the test group and 3 in the control group exhibited coping (61.5% vs 23.1%) ([Table 4](#)).



Archives of
Rehabilitation

Figure 2. The interaction effect of tampa questionnaire score, kos-adl questionnaire score, and self-reported knee function in the experimental and control groups

Notes: The interaction effect of the KOS-ADL questionnaire score in the experimental and control groups before and after the rehabilitation intervention (A). The interaction effect of kinesiophobia in the experimental and control groups before and after the rehabilitation intervention (B). The interaction effect of self-report knee function in the experimental and control groups before and after the rehabilitation intervention (C).

Abbreviation: KOS-ADL: Knee outcome survey's activities of daily living scale.

In [Table 5](#), the relationship between the proportion of copers based on each test and the proportion of copers based on all the tests is reported using the Chi-square test. According to this [Table](#), the score of the KOS-ADL questionnaire exhibits the highest correlation with the final result of the screening test ($\rho=0.92$).

The results presented in [Table 5](#) indicate that the highest correlation between the components of the screening test and the final result of the screening test, indicative of compatibility with the injury, is associated with the score of the KOS-ADL questionnaire, with a coefficient of 0.92. Conversely, the lowest correlation is linked to

the knee self-reported performance, with a coefficient of 0.23.

Analysis of the Absolute Joint Position Sense Error Between Experimental and Control Groups and Between Coper and Non-coper Groups With Injury

To assess joint position sense, the absolute value of the difference between each individual's reconstructed angle and the target angle (60 degrees knee flexion) was calculated, termed the absolute joint position sense error. An independent t test was conducted to compare the absolute joint position sense error between the experi-

Table 1. Independent t-test to compare the homogeneity of the experimental and control groups

Variables	Mean±SD		P*
	Experimental	Control	
Age (y)	29.69±7.88	27.84±7.04	0.535
Days from injury	37.77±20.73	48.08±21.32	0.224
Tampa questionnaire score	44.77±5.709	41.62±5.189	0.446
KOS-ADL questionnaire score	51.46±7.85	49.69±6.84	0.564
Knee self-reported function score	43.08±15.48	45.38±9.67	0.653

Abbreviation: KOS-ADL: Knee outcome survey's activities of daily living scale.

*P≤0.05 is significant.

Archives of
Rehabilitation

Table 2. Within-group analysis of variance for tampa questionnaire score, KOS-ADL questionnaire score, and knee self-reported function score

Variables		Wilk's Lambda	F	P*	Partial Eta Square
Tampa questionnaire score	Main effect	0.26	$F_{(1,24)}=67.11$	<0.001	0.74
	Interaction effect	0.49	$F_{(1,24)}=24.6$	<0.001	0.51
KOS-ADL questionnaire score	Main effect	0.22	$F_{(1,24)}=82.68$	<0.001	0.77
	Interaction effect	0.72	$F_{(1,24)}=9.43$	<0.005	0.28
Knee self-reported function score	Main effect	0.13	$F_{(1,24)}=160.32$	<0.001	0.87
	Interaction effect	0.80	$F_{(1,24)}=6.04$	0.020	0.20

Abbreviation: KOS-ADL: Knee outcome survey's activities of daily living scale.

Archives of
Rehabilitation

*Significance level= $P \leq 0.05$.

mental and control groups (Table 6). The test results indicated a significant difference between the two groups, with the absolute joint position sense error being lower in the experimental group. This result suggests that individuals in the experimental group can better reconstruct the target angle and have a more refined proprioception than the control group.

Moreover, a significant difference was observed between the copers and non-coper groups, with the absolute joint position sense error being lower in the copers group. This outcome signifies the superior ability of individuals in the copers group to reconstruct the target angle and a heightened sense of proprioception in this group (Table 4).

The Spearman correlation test was employed to assess the relationship between the average absolute joint position sense error and kinesiophobia. Additionally, the Pearson correlation test was utilized to examine the relationship between the average absolute joint position

sense error and adaptation to injury. The results of these tests are summarized in Table 7.

Table 7 indicates a strong inverse relationship between proprioception and kinesiophobia. Individuals who exhibited less kinesiophobia demonstrated a heightened proprioception, suggesting a more accurate proprioceptive ability. Additionally, a strong correlation was observed between proprioception and coping ability. Individuals who displayed greater coping ability exhibited higher proprioceptive sensitivity.

Notably, no side effects were observed in the experimental group due to using knee braces throughout the study period.

Discussion

Following an ACL tear, copers may resume previous activities without undergoing ligament reconstruction surgery. However, non-copers, due to instability and recurrent knee giving-way episodes, often require liga-

Table 3. Between-group analysis of variance for tampa questionnaire score, KOS-ADL questionnaire score, and knee self-reported function score

Variables	F	P	Partial Eta Square
Tampa questionnaire score	$F_{(1,24)} < 0.01$	0.895	<0.001*
KOS-ADL questionnaire score	$F_{(1,24)} = 0.21$	0.02*	6.22
Knee self-reported function score	$F_{(1,24)} = 1.27$	0.27	0.05

Abbreviation: KOS-ADL: Knee outcome survey's activities of daily living scale.

Archives of
Rehabilitation

*Significance level= $P \leq 0.05$.

Table 4. Frequency and percentage of copers in experimental test and control groups according to the screening test items and the overall score of the test

Variables	Experimental Group (Copers)	%	Control Group (Copers)	%
KOS-ADL questionnaire score	8	69.2	3	23.1
Knee self-reported function	13	100	11	84.6
Giving-way	10	76.9	6	46.2
6-m hop test	11	84.6	8	61.5
Total copers number	7	61.5	3	23.1

Abbreviation: KOS-ADL: Knee outcome survey's activities of daily living scale.

Archives of
Rehabilitation

Table 5. Association between copers' ratio based on each test and copers' ratio based on total tests

Variables	χ^2	P	ϕ
KOS-ADL questionnaire score	0.92= (1, n=26)	<0.0010*	0.92
Knee self-reported function	0.23= (1, n=26)	0.684	0.23
Giving-way	0.62= (1, n=26)	0.006*	0.62
6-m hop test	0.48= (1, n=26)	0.0046*	0.48

Abbreviation: KOS-ADL: Knee outcome survey's activities of daily living scale.

Archives of
Rehabilitation

*Significance level= $P \leq 0.05$.

Table 6. An independent t test to compare the absolute error of angle reconstruction between experimental, control and copers, non-copers groups with damage

Group	The Absolute Error of Angle Reconstruction	t	P*
Experimental group	3.22±1.55	-4.87	<0.001
Control group	6.23±1.70		
Copers	2.86±1.47	-4.64	<0.001
Non-copers	6.00±1.77		

*Significance level= $P \leq 0.05$.

Archives of
Rehabilitation

Table 7. Relationship between mean absolute error of angle reconstruction with kinesiophobia and also with coping ability

Relationship Between the Average Absolute Error of Angle Reconstruction	Sample Size	P*	Correlation Coefficient
Kinesiophobia	26	>0.001	-0.76
Coping ability	26	>0.001	0.67

*Significance level= $P \leq 0.05$.

Archives of
Rehabilitation

ment reconstruction surgery. Given that no immediate rehabilitation intervention is typically performed post-rupture to enhance adaptation to the injury, the objective of our study was to investigate the efficacy of using a suitable knee brace following ACL rupture. Our study focused on using a hybrid knee brace, comprising an elastic sleeve and a functional knee brace, which, in addition to not interfering with the recovery of acute symptoms, can help increase adaptation to the injury. Results indicated that individuals who used the hybrid knee brace demonstrated greater improvement in parameters related to adaptation to injury and fear of injury than the control group. Moreover, the hybrid knee brace group exhibited better knee joint proprioception than the control group. This finding suggests that using a hybrid knee brace may mitigate the risk of repeated injuries and contribute to improved outcomes following ACL rupture.

The study's findings revealed that the number of individuals adapted to the injury was higher in the experimental group, which used the hybrid knee brace for 4 weeks. Although 61.5% of participants in the experimental group and 23.1% in the control group were potential copers based on the screening test, the difference between the two groups was not statistically significant, possibly due to the small sample size. This study agrees with previous research indicating that improving neuromuscular control contributes to greater coping ability [44, 45].

Based on the studies conducted by Méndez-Bouza, Diermeier et al., the reason for this is the reduction of muscle co-contraction during walking and the normalization of knee kinematics, which increased knee stability. Furthermore, the correlations between the subgroups of the screening test and the final result of compatibility with injury were examined to identify the subgroup's result closest to the overall outcome. Subgroup points included 1) achieving at least 80% of the 6-meter hop test score [4], 2) achieving at least 80% of the KOS-ADL questionnaire score [5], 3) achieving at least 60 points for the global knee function rating, and 4) experiencing a maximum of one knee giving-way episode since the time of injury [3]. The analysis revealed the highest correlation between scores of the KOS-ADL questionnaire and the final screening examination result. This finding suggests that if the screening test is not feasible, determining compatibility with injury can still be achieved using only the KOS-ADL questionnaire. Assessing patient-reported outcomes in screening examinations is crucial as they reflect an individual's perspective on the injury or treatment's impact on daily life

and functioning. These outcomes significantly influence patient satisfaction. Although no significant difference was observed in the number of copers between the two groups, scores in both groups indicated that the experimental group performed better in the daily activities and knee self-report questionnaire scores. These parameters are closely related to the International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF), essential for patients and therapists [46, 47].

Another notable finding of this study revealed that subjects in the experimental group exhibited a superior sense of knee joint position and could reconstruct knee angles with less error than the target angle. This result is consistent with studies by Murata and Focke, which demonstrated that knee braces enhanced knee joint proprioception [48-51]. The hybrid brace likely enhances proprioception by stimulating the joint capsule and skin in the knee area, thereby strengthening sensory input and increasing knee sensation [52, 53]. Moreover, the study revealed a strong inverse relationship between the absolute joint position sense error and kinesiophobia. As fear of movement decreases, the error in angle reconstruction also decreases. This finding aligns with studies indicating that disturbances in proprioception contribute to the development of kinesiophobia [54-56].

Additionally, Harput et al. demonstrated the positive effects of knee braces and taping on kinesiophobia post-surgical treatment, attributed to increased knee stability [22]. However, some studies do not support the mechanical efficacy of knee braces on knees with damaged cruciate ligaments, suggesting that braces primarily improve proprioception [57]. Maybe the existing functional braces technologies may not effectively restore normal knee biomechanics or improve long-term patient outcomes. Furthermore, this study identified a strong relationship between coping ability and absolute joint position sense error, consistent with prior research [58-60] indicating that better proprioception correlates with improved adaptation to injury.

Conclusion

In conclusion, employing a hybrid knee brace, which combines an elastic sleeve and a functional brace, can improve proprioception, daily activity questionnaire scores, and knee self-reported performance scores following acute ACL injury. Enhanced proprioception is associated with greater coping ability, with a higher proportion of individuals using the knee brace demonstrating adaptation to the injury. This study highlights the potential benefits of utilizing a hybrid knee brace in

managing ACL injuries, suggesting that it may be valuable in promoting recovery and rehabilitation following such injuries. By enhancing proprioceptive feedback and supporting knee stability, the hybrid knee brace offers a promising approach to improving functional outcomes and facilitating return to pre-injury activities. Further research and clinical trials may provide additional insights into the effectiveness and long-term benefits of using hybrid knee braces in ACL injury rehabilitation.

The study has several limitations that should be acknowledged. Firstly, the small sample size and the inclusion of participants with isolated, unilateral ACL tears limit the generalizability of the findings, particularly to individuals with ACL injuries accompanied by damage to other structures such as collateral ligaments or menisci. Future studies with larger and more diverse study samples must validate the results across a broader spectrum of ACL injury presentations. Secondly, this study only assessed the short-term effects of the hybrid knee brace intervention. Long-term follow-up evaluations are necessary to assess the durability of the intervention's effects over time. A suggestion for future research is to conduct a longitudinal study with a follow-up period of at least 2 months to track symptoms and evaluate the persistence of treatment effects.

Additionally, this study did not fully explore factors such as patient adherence to brace usage, compliance with rehabilitation protocols, and potential confounding variables. Future research could investigate these factors to understand their influence on treatment outcomes better. Furthermore, while the study focused on the benefits of the hybrid knee brace intervention, potential adverse effects or limitations associated with its use were not thoroughly examined. Future studies should include comprehensive assessments of potential adverse events or drawbacks associated with the intervention.

In conclusion, while the findings of this study provide valuable insights into the potential benefits of using a hybrid knee brace in ACL injury rehabilitation, further research with larger sample sizes, longer follow-up periods, and comprehensive assessments of treatment adherence and potential adverse effects is warranted to strengthen the evidence base and inform clinical practice effectively.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This article has been approved by the Ethics Committee of [Iran University of Medical Sciences](#) (code: .IR.IUMS REC.1397.049). In this study, after providing necessary explanations about the research process, ensuring the confidentiality of information, and observing the right to leave the study, written consent was obtained from all participants.

Funding

This article was extracted from the PhD thesis of Zahra Nemati, funded by the Rehabilitation Research Center of [Iran University of Medical Sciences](#) (Grant number: 97-4-6-14006).

Authors' contributions

Conceptualization: Zahra Nemati and Maryam Jalali; Methodology: Zahra Nemati, Maryam Jalali, and Abolfazl Bagherifard; Validation: Zahra Nemati, Maryam Jalali, Mohammad Ali Sanjari; Investigation, review, and draft writing: Zahra Nemati; Editing & review, and supervision: Maryam Jalali, Mohammad Ali Sanjari and Abolfazl Bagherifard; Project administration and funding acquisition: Maryam Jalali.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. Hooman Yahyazadeh and the staff of the Knee Clinic at Shafa Yahyaian Hospital for their cooperation in referring the patients, and all participants for their cooperation in this study.

This Page Intentionally Left Blank



مقاله پژوهشی

تأثیر زانوبند هیبریدی بر حرکت هراسی، حس عمقی و توانایی سازگاری با آسیب در مرحله حاد پارگی لیگامان صلیبی قدامی: یک مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی

زهرا نعمتی^۱، مریم جلالی^۲، محمدعلی سنجرى^۳، ابوالفضل باقرى فرد^۴

۱. گروه ارتوز و پروتز، دانشکده علوم پیراپزشکی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.
۲. گروه ارتوز و پروتز، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
۳. گروه علوم پایه توانبخشی، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
۴. گروه ارتوپدی، مرکز تحقیقات بازسازی استخوان، دانشکده پزشکی، مرکز آموزشی درمانی شفا یحیایان، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.



Citation Nemati Z, Jalali M, Sanjari MA, Bagherifard A. [The Effect of Hybrid Knee Brace on Kinesiophobia, Proprioception, and Coping Ability After Acute Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Pilot Randomized Trial (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2025; 25(4):824-847. <https://doi.org/10.32598/RJ.25.4.3840.1>

doi <https://doi.org/10.32598/RJ.25.4.3840.1>

حکیده

هدف پس از پارگی لیگامان صلیبی قدامی، بیماران سازگار با آسیب نسبت به افراد ناسازگار با آسیب کنترل عصبی-عضلانی بهتر و ترس از حرکت/آسیب مجدد کمتری دارند. استفاده از زانوبند می‌تواند ثبات مکانیکی و حس عمقی را بعد از آسیب بهبود بخشد. هدف این مطالعه تعیین اثر استفاده از زانوبند هیبریدی در پارگی حاد لیگامان صلیبی قدامی بر توانایی سازگاری با آسیب، ترس از حرکت/آسیب مجدد و حس موقعیت مفصل می‌باشد.

روش بررسی در این مطالعه کارآزمایی بالینی، ۳۰ فرد مبتلا به پارگی حاد لیگامان صلیبی قدامی در دو گروه آزمون (سن: ۲۹/۶±۷/۷، زمان سپری‌شده از آسیب: ۳۷/۷±۲۰/۷ روز) و کنترل (سن: ۲۷/۸±۷/۰، زمان سپری‌شده از آسیب: ۴۸/۰±۲۱/۳ روز) قرار گرفتند. روش نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده از جامعه در دسترس بود که به‌صورت تصادفی با استفاده از بلوک‌های جایگشتی (۴ بلوک ۴ تایی) در دو گروه کنترل و آزمایش تخصیص یافتند. گروه آزمون به‌مدت ۴ هفته زانوبند هیبریدی را به هنگام فعالیت‌های روزمره به‌مدت ۴ ساعت در روز همراه با فیزیوتراپی متداول این گروه از بیماران استفاده کردند. برنامه فیزیوتراپی شامل افزایش دامنه حرکتی زانو، کاهش ادم و تمرینات تقویتی عضلات چهار سر ران و همسترینگ بود که به‌صورت یکسان و توسط یک درمانگر باتجربه برای هر دو گروه در ۱۰ جلسه انجام شد. پس از ۴ هفته، سازگاری با آسیب با انجام تست غربالگری، ترس از حرکت/آسیب مجدد توسط مقیاس تمپا (TSK-11) و حس عمقی توسط ارزیابی حس موقعیت مفصل با دستگاه داینامومتر بایودکس مورد سنجش قرار گرفت. برای ارزیابی متغیرها آنالیز واریانس درون-بین‌گروهی ترکیبی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها پس از سپری شدن مدت مداخله، ۷ فرد در گروه آزمون (۵۲/۸ درصد) و ۳ فرد در گروه کنترل (۲۳/۱ درصد) بر مبنای تست غربالگری تشخیص سازگاری، سازگار با آسیب بودند. باین‌حال، تفاوت بین دو گروه معنی‌دار نبود. درمورد حس موقعیت مفصل، گروه آزمایش انحراف کمتری از زاویه هدف (۳/۲۲±۱/۵۵) نسبت به گروه کنترل (۶/۳۲±۱/۷۰) داشتند ($P < 0/001$). نمره پرسش‌نامه تمپا پس از مداخله (مقایسه قبل و بعد) در هر دو گروه بهتر شد ($P > 0/001$) بدون اینکه تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها بعد از مداخله وجود داشته باشد.

نتیجه‌گیری استفاده از زانوبند هیبریدی پس از آسیب حاد لیگامان صلیبی قدامی می‌تواند سبب افزایش حس عمقی شود و امکان سازگاری با آسیب را در این گروه افزایش و نیاز به انجام جراحی بازسازی لیگامانی را کاهش دهد.

کلیدواژه‌ها آسیب لیگامان صلیبی قدامی، ترس از حرکت، ارتوز، زانو، حس موقعیت، مهارت سازگاری

تاریخ دریافت: ۲۱ آذر ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۰۲ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۱۲ دی ۱۴۰۳

* نویسنده مسئول:

دکتر مریم جلالی

نشانی: تهران، دانشگاه علوم پزشکی ایران، دانشکده علوم توانبخشی، مرکز تحقیقات توانبخشی، گروه ارتوز و پروتز.

تلفن: +۹۸ ۲۲۲۲۸۰۵۱ (۲۱)

رایانامه: jalali.m@iums.ac.ir



Copyright © 2025 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

زانو نیز می‌تواند مفید باشد [۱۴، ۱۵]. مطالعه پژوهش‌ها نشان دادند که یکی از تأثیرات بریس‌های زانو، افزایش حس عمقی از طریق تماس پوستی [۱۶] و اعمال فشار بر عضلات زیرین و کپسول مفصلی است [۱۷، ۱۸] که باعث تغییر زمان‌بندی و الگوی حرکتی عضلات اندام تحتانی می‌شوند [۱۹]. ستروتنبرگر دلینسه و همکاران گزارش داده‌اند که استفاده از ساختارهای انعطاف‌پذیر مانند اسلیو^۱ کشسان در افراد دچار پارگی کامل لیگامان صلیبی قدامی، سبب افزایش حس عمقی [۲۰، ۲۱] و فعالیت مغزی در بخش حسی-حرکتی اولیه^۲ که مسئول پردازش اطلاعات ورودی حس عمقی می‌باشد، می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد پوشیدن زانو بند و اسلیو الاستیک می‌تواند حس عمقی زانو و عملکرد عصبی-عضلانی را در افرادی که دارای پارگی کامل لیگامان صلیبی قدامی هستند، بهبود بخشد [۲۲].

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر توانایی سازگاری با آسیب پس از پارگی لیگامان صلیبی قدامی، ترس از حرکت/آسیب مجدد است. چنان‌که افراد سازگار با آسیب سطوح پایین‌تری از حرکت هراسی دارند [۲۳]. با اینکه عوامل روانشناختی نیز با بروز ترس از حرکت/آسیب مجدد مرتبط هستند [۲۴]، اما افزایش ثبات مکانیکی زانو می‌تواند به کاهش آن کمک کند [۲۲، ۲۳]. مطالعه بریسون و همکاران نشان داد استفاده از زانو بند می‌تواند ثبات زانو را پس از پارگی لیگامان صلیبی قدامی افزایش دهد [۲۵]. همچنین مطالعه هارپوت و همکاران بیان کرده است که استفاده از بریس زانو پس از جراحی بازسازی لیگامانی سبب کاهش ترس از حرکت/آسیب مجدد شده است [۲۲]. براساس بررسی مطالعات پیشین تاکنون مطالعه‌ای که تأثیر استفاده از بریس را در مرحله حاد پس از پارگی لیگامان صلیبی قدامی بر افزایش میزان سازگاری بررسی کرده باشد، یافت نشده است. این مطالعه به بررسی استفاده از زانو بند هیبریدی (تصویر شماره ۱) متشکل از یک بریس عملکردی سفارشی ساخت و اسلیو کشسانی، بر ترس از حرکت/آسیب مجدد، حس عمقی و تأثیر آن بر توانایی سازگاری با آسیب در مرحله حاد پس از پارگی لیگامان صلیبی قدامی پرداخته است.

روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی یک‌سو کور می‌باشد که بر روی ۳۰ فرد مبتلا به پارگی حاد لیگامان صلیبی قدامی انجام شد. نمونه‌ها به صورت در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی با استفاده از بلوک‌های جایگشتی (۴ بلوک ۴ تایی) در دو گروه کنترل و آزمایش تخصیص یافتند (تصویر شماره ۱) [۲۶]. شرکت‌کنندگان نسبت به این فرآیند کور بودند و از وجود گروه دیگر اطلاع نداشتند. حجم نمونه با استفاده از

پارگی لیگامان صلیبی قدامی یک آسیب شایع در مفصل زانو می‌باشد. این آسیب به شلی قدامی مفصل تیبیوفمورال منجر می‌شود که می‌تواند باعث خالی کردن مکرر زانو و بروز استئوآرتریت زودهنگام شود [۱]. برخی افراد پس از آسیب می‌توانند به سطح فعالیت قبل از آسیب بازگردند که سازگار با آسیب^۱ نامیده می‌شوند. افرادی که به علت خالی کردن مکرر زانو و ترس از حرکت/آسیب مجدد نمی‌توانند به فعالیت‌های قبلی خود بازگردند ناسازگار با آسیب^۲ نامیده می‌شوند و کاندید عمل جراحی ترمیمی لیگامان هستند [۲]. فیتزجرالد و همکاران به منظور تشخیص توانایی سازگاری با آسیب، یک آزمون غربالگری براساس ثبات پویای مفصل زانو در طول فعالیت‌ها طراحی کرده‌اند [۳]. افرادی که در این آزمون امتیاز قابل قبول کسب کنند به عنوان گروه سازگار با آسیب دسته‌بندی می‌شوند. در غیر این صورت در گروه ناسازگار قرار می‌گیرند [۳]. این امتیازات بدین ترتیب است:

۱. کسب حداقل ۸۰ درصد از نمره تست پرش ۶ متری^۳ [۴].
۲. کسب حداقل ۸۰ درصد از نمره پرسش‌نامه سنجش فعالیت‌های روزمره^۴ [۵].

۳. کسب حداقل ۶۰ امتیاز برای رتبه کلی عملکرد زانو^۵.

۴. حداکثر یک بار خالی کردن زانو از زمان آسیب می‌باشد [۶].

یکی از عوامل تأثیرگذار بر توانایی سازگاری با آسیب در این افراد، هماهنگی عصبی-عضلانی می‌باشد [۷] که به علت از دست دادن بازخورد آوران از لیگامان صلیبی قدامی اتفاق می‌افتد [۸]. فقدان بازخورد آوران از این لیگامان سبب کاهش حس عمقی زانو نیز می‌شود [۹] که علت اصلی خالی کردن زانو در بیماران ناسازگار با آسیب است [۱۰]. برای تقویت سیستم عصبی-عضلانی تمرینات تعادلی-اغتشاشی بعد از رفع علائم مرحله حاد روی تخته‌های تعادلی انجام می‌شود که شامل انجام اغتشاشات قدامی-خلفی و داخلی-خارجی روی تخته تعادلی و اعمال اغتشاشات چند وجهی می‌باشند [۱۱]، اما به علت ناپایداری فرد در مرحله حاد آسیب، هیچ مداخله تعادلی-اغتشاشی جهت تقویت سیستم عصبی-عضلانی انجام نمی‌شود [۱۲]. از آنجایی که گیرنده‌های پوستی اطراف زانو اطلاعاتی را در مورد موقعیت و حرکات مفصل منتقل می‌کنند، تحریک پوست در این ناحیه می‌تواند تا حدی نقص حس عمقی ناشی از پارگی لیگامان را جبران کند [۱۳]. همچنین برای بهبود عملکرد عصبی-عضلانی و ثبات پویا، تحریک گیرنده‌های کپسول مفصلی و عضلات اطراف

1. Coper
2. Non coper
3. 6-meter hop test
4. Knee Outcome Survey's Activities of Daily Living Scale
5. Global rating of knee function

6.6 Sleeve

7. Primary somatosensory cortex

8. Kinesiophobia



تصویر ۱. بریس هیبریدی زانو متشکل از اسلیو کشی TM Tynor و زانوبند فانکشنال سفارشی ساخت

توانبخشی

بعد از پارگی لیگامان صلیبی قدامی دچار اینهیبیشن^{۱۳} می‌شوند تقویت زودهنگام آن‌ها اهمیت بسزایی دارد. البته این عضلات آنتاگونیست^{۱۴} لیگامان صلیبی قدامی است و باید آگونیست^{۱۵} لیگامان، یعنی عضله همسترینگ هم تقویت شود. تقویت عضلات چهار سر ران با کمک دستگاه فارادیک^{۱۶} یا اف‌ای‌اس^{۱۷} و تمرینات Q set^{۱۸} انجام شد. تمریناتی که در این مرحله به بیماران داده شد تمرینات تقویتی زنجیره بسته و باز بود. در ۲ هفته اول تمرینات در دامنه ۳۰ الی ۶۰ درجه خم شدن^{۱۹} زانو انجام شدند. برای افزایش دامنه حرکتی زانو، موبیلیزاسیون^{۲۰} استخوان پتلا انجام شد [۲۸، ۲۹]. در ۲ هفته بعدی، تمرینات در دامنه حرکتی بزرگ‌تر انجام شد. پس از پایان جلسات فیزیوتراپی گزارش وضعیت مناسب از نظر قدرت عضلات، تورم ناحیه و دامنه حرکتی کافی بیماران برای انجام تست‌های عملکردی توسط فیزیوتراپ گزارش شد.

نرم‌افزار جی‌پاور^۹ نسخه ۲/۹/۱/۳ با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد، توان ۸۰ درصد و اندازه اثر ۰/۸ که براساس مطالعه مشابه به دست آمد [۲۷]، برای هر گروه ۱۳ نفر محاسبه شد که با احتساب ۱۵ درصد افت نمونه، این تعداد به ۱۵ نفر در هر گروه افزایش یافت. این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران تأیید و در سامانه مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران^{۱۰} ثبت شد. همه شرکت‌کنندگان قبل از ورود به مطالعه فرم رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند.

یک جراح متخصص زانو نمونه‌ها را از کلینیک ارتوپدی زانو در بیمارستان شفا یحییاییان انتخاب کرد. سپس به صورت تصادفی در دو گروه کنترل (بدون ارتوز) و گروه آزمون (دارای ارتوز) قرار گرفتند. برای هر دو گروه برنامه فیزیوتراپی یکسانی در نظر گرفته شد که شامل افزایش دامنه حرکتی زانو، کاهش ادم و تمرینات تقویتی عضلات چهار سر ران و همسترینگ بود که به صورت یکسان و توسط یک درمانگر باتجربه برای هر دو گروه در ۱۰ جلسه انجام شد. در ابتدای مراجعه به فیزیوتراپی که فرد دچار تورم بود از روش‌هایی مانند انجام بانداژ فشاری برای کاهش تورم استفاده شد. همچنین در صورت نیاز از دستگاه تنس^{۱۱} و اولتراسوند^{۱۲} پالس استفاده شد. چون عضلات چهار سر ران

13. Inhibition
14. Antagonist
15. Agonist
16. Faradic
17. Functional Electrical Stimulation (FES)
18. Quadriceps setting
19. Flexion
20. Mobilization

- 9.G*Power
10. Iranian Registry of Clinical Trials (IRCT)
11. TENS
12. Ultrasound

پرسش‌نامه تمپا

پرسش‌نامه تمپا میزان درد مربوط به ترسی که همراه با اجتناب و محدودیت رفتاری، حرکتی و فعالیت‌های فیزیکی که توسط خود فرد رخ داده است را می‌سنجد که شامل ۱۷ سؤال در مقیاس ۴ قسمتی لیکریت با پاسخ‌های ۱. کاملاً مخالف، ۲. نسبتاً مخالف، ۳. نسبتاً موافق و ۴. کاملاً موافق می‌باشد. بعد از تکمیل پرسش‌نامه توسط بیمار نمره کلی بین عدد ۱۷ تا ۶۸ محاسبه می‌شود. نمرات کمتر، مساوی با ۳۷، ترس کم از حرکت و نمرات بیشتر از ۳۷ ترس بالایی از حرکت را نشان می‌دهد. حداقل تفاوت بالینی مهم گزارش شده برای ترس از حرکت ۴ امتیاز می‌باشد [۳۵]. پرسش‌نامه تمپا را جعفری و همکاران به زبان فارسی ترجمه کردند و در سال ۲۰۱۰ خصوصیات روانسنجی نسخه فارسی این پرسش‌نامه مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت که نشان داد نسخه فارسی مقیاس ترس از حرکت تمپا برای استفاده در جامعه ایرانی روا و پایا است [۳۶].

۴ هفته پس از ورود به مطالعه، شرکت‌کنندگان برای انجام آزمون‌های عملکردی به پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری واقع در شهر تهران فراخوانده شدند. سازگاری با آسیب توسط آزمون غربالگری و حس موقعیت مفاصل^{۲۴} توسط دستگاه داینامومتر بایودکس^{۲۵} [۳۷] اندازه‌گیری شد. آزمون غربالگری شامل ۴ شرط بود:

۱. کسب حداقل ۸۰ درصد نمره آزمون پرش ۶ متری،
۲. کسب حداقل ۸۰ درصد نمره پرسش‌نامه فعالیت‌های روزانه،
۳. کسب حداقل ۶۰ درصد نمره کلی عملکرد زانو،
۴. بروز حداکثر یک مورد خالی کردن زانو پس از شروع درمان [۳].

اندازه‌گیری حس موقعیت مفصل با استفاده از داینامومتر بایودکس^{۲۶} System Pro 3 (شرلی، نیویورک، ایالات متحده آمریکا) ابتدا در زانوی سالم و سپس در زانوی آسیب‌دیده انجام شد. این دستگاه برای اندازه‌گیری حس موقعیت مفصل روا و پایا است [۳۷]. وضعیت صحیح نشستن فرد در دستگاه بایودکس به‌صورتی بود که محور حرکتی زانوی فرد با محور مکانیکی داینامومتر هم‌راستا شود، صندلی داینامومتر در زاویه ۸۵ درجه فلکشن و دامنه حرکت زانو از اکستنشن کامل تا ۹۰ درجه فلکشن تنظیم شد. انتهای اهرم اتصالی زانو بالای قوزک‌ها قرار گرفت و با استرپ محکم شد. تنه فرد نیز توسط استرپ‌های شانه، کمر و ران ثابت شد. قبل از شروع تست برای حذف اثر جاذبه، گشتاور تولیدی ساق در زاویه ۳۰ درجه فلکشن زانو ثبت شد. برای به حداقل رساندن مداخله سایر عضلات، فرد بازوها را

معیارهای ورود این مطالعه شامل بیماران ۱۸ تا ۴۰ سال با پارگی ایزوله و یک‌طرفه لیگامان صلیبی قدامی تأییدشده توسط MRI^{۲۱} بودند که قبل از آسیب، سطح فعالیت متوسط داشتند، اخذ امتیاز ۳-۵ در مقیاس تگنر^{۲۲} [۳۰] و سابقه شکستگی یا جراحی در ناحیه زانو، آسیب قبلی لیگامان صلیبی قدامی یا سایر لیگامان‌های مفصل زانو را نداشتند.

معیارهای خروج شامل افرادی بودند که در طی انجام آزمایشات عملکردی دچار درد/التهاب در زانو شدند یا تمایل به ادامه همکاری با پروتکل توانبخشی موردنظر مطالعه را نداشتند.

شرکت‌کنندگان در ۲ جلسه ارزیابی شدند، در جلسه اول پرسش‌نامه فعالیت روزانه [۵]، رتبه عملکرد زانو [۳۱] و پرسش‌نامه تمپا [۳۲] را تکمیل کردند.

ارزیابی رتبه عملکرد

ارزیابی رتبه عملکرد زانو از طریق مقیاس آنالوگ بصری انجام شد

پرسش‌نامه سنجش فعالیت‌های روزمره

مقیاس سنجش فعالیت‌های روزمره قسمتی از پرسش‌نامه سنجش زانو می‌باشد که به‌عنوان یک ابزار خودگزارشی برای اندازه‌گیری محدودیت‌های عملکرد بیماران که دچار مشکلات مختلف زانو مانند آسیب‌های لیگامانی و مینسک، درد پاتلوفمورال و استئوآرتریت زانو می‌شوند طراحی شده است. این پرسش‌نامه شامل گزینه‌هایی برای سنجش علائم و محدودیت‌های عملکردی به هنگام انجام فعالیت‌های روزمره است. بخش مربوط به سنجش فعالیت‌های روزمره ۱۴ سؤال دارد که ۶ مورد مربوط به اثر اختلال در توانایی انجام فعالیت‌های روزمره و ۸ مورد درباره تأثیر اختلال زانو در انجام کارهای خاص می‌باشد. هر سؤال شامل ۵ پاسخ احتمالی است که از (۰) تا (۵) نمره‌دهی می‌شوند. به انجام بدون مشکل فعالیت نمره (۰) و به ناتوانی در انجام فعالیت نمره ۵ داده می‌شود. بیشترین نمره محتمل ۷۰ می‌باشد. امتیاز کل گزینه‌ها جمع شده پس از تقسیم بر ۷۰ و ضرب در ۱۰۰ به‌صورت درصد بیان می‌شود.

ایرگنگ و همکاران بررسی روایی و پایایی این پرسش‌نامه را در سال ۱۹۹۸ انجام داده‌اند [۳۳]. همچنین مطالعه صلواتی و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان داد نسخه فارسی این پرسش‌نامه تمپا برای استفاده در جامعه ایرانی روا و پایا است [۳۴]. رتبه کلی عملکرد زانو نیز عملکرد فعلی زانو در مقایسه با قبل از آسیب می‌باشد که با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری VAS^{۲۳} از (۰) تا (۱۰۰) نمره‌دهی شد [۳۱].

24. Joint position sense
25. Biodex
26. Bode dynamometer

21. Magnetic Resonance Imaging
22. Tegner Activity scale
23. Visual Analogue Scale (VAS)

و سبب اعمال فشار بر ساختارهای زیرین می‌شد. تعیین اندازه اسلیو با اندازه‌گیری محیط زانو و استفاده از راهنمای اسلیو برای هر فرد به صورت جداگانه تهیه شد. از بیماران خواسته شد حداقل ۴ ساعت در روز از بریس هیبریدی استفاده کنند و مدت زمان استفاده را ثبت کنند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ و برای ارزیابی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک^{۲۷} استفاده شد. همه داده‌ها به جز گزارش عملکرد، نرمال بودند که با حذف یک مورد داده پرت نرمال شد. از آزمون تی تست مستقل^{۲۸} برای مقایسه همسانی دو گروه از نظر سن، نمره پرسش‌نامه تمپا و پرسش‌نامه فعالیت روزانه و نمره کلی عملکرد زانو در زمان ورود به مطالعه استفاده شد.

از تحلیل واریانس^{۲۹} درون گروهی- بین گروهی ترکیبی^{۳۰} برای ارزیابی درون گروهی و بین گروهی در پرسش‌نامه سنجش فعالیت‌های روزمره، گزارش عملکرد زانو و پرسش‌نامه تمپا استفاده شد. برای مقایسه نسبت افراد سازگار و ناسازگار با آسیب آزمون خی دو^{۳۱} انجام شد. از آزمون همبستگی اسپیرمن^{۳۲} برای ارزیابی رابطه بین سازگاری و حس عمقی و همچنین رابطه بین ترس از حرکت/آسیب مجدد و حس عمقی استفاده شد. سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تعیین شد. آزمون تی تست مستقل برای مقایسه خطای مطلق بازسازی زاویه جهت سنجش حس موقعیت مفصل بین گروه‌های آزمون، کنترل و گروه‌های سازگار و ناسازگار انجام شد.

یافته‌ها

تعداد ۳۰ نفر با پارگی ایزوله لیگامان صلیبی قدامی در مطالعه شرکت کردند. ۲ نفر از آن‌ها به دلیل عدم استفاده از بریس و ۲ نفر به دلیل عدم شرکت در تمام جلسات فیزیوتراپی از مطالعه حذف شدند. بنابراین، ۲۶ نفر برای شرکت در مطالعه در دو گروه (۱۳ شرکت‌کننده در هر گروه) انتخاب شدند. دو گروه از نظر سن، زمان آسیب، ترس از حرکت، فعالیت روزانه و عملکرد زانو در شروع مطالعه همسان بودند (جدول شماره ۱).

اثرات استفاده از بریس هیبریدی بر ترس از حرکت/آسیب مجدد، عملکرد زانو و فعالیت‌های روزمره

برای ارزیابی تأثیر ارتوز هیبریدی زانو بر ترس از حرکت/آسیب مجدد، عملکرد زانو و فعالیت‌های روزمره، آنالیز واریانس بین گروهی-درون گروهی ترکیبی انجام شد. نتیجه آنالیز واریانس

در حالت ضربدری روی سینه نگه می‌داشت [۳۸]. برای انجام تست وضعیت مفصل با چشمان بسته، زانو به‌طور غیرفعال توسط بازوی اهرمی دستگاه از فلکشن ۹۰ درجه به فلکشن ۶۰ درجه تغییر وضعیت داد و پس از ۴ ثانیه به وضعیت اولیه بازگردانده شد. سپس از شرکت‌کنندگان خواسته شد با چشمان بسته زاویه خمش را مجدداً به صورت فعالانه بازسازی کنند. پس از انجام ۲ تکرار آزمایشی، ۳ تست برای هر سمت ثبت شد.

بریس هیبریدی گروه آزمون شامل یک بریس عملکردی و یک اسلیو کشی بود (تصویر شماره ۱). بخش عملکردی دارای کاف رانی خلفی و کاف ساقی قدامی از جنس پلی پروپیلن با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر بود که با هدف افزایش پایداری قدامی-خلفی طراحی شده بود و با اندازه‌گیری اندام به صورت سفارشی برای هر بیمار ساخته شد. در افراد با پارگی لیگامان صلیبی قدامی، بی‌ثباتی قدامی و خلفی سبب جابه‌جایی قدامی تیبیا نسبت به فمور در طی راه رفتن می‌شود [۱۰، ۳۹]. بنابراین قرارگیری کاف ساقی در قدام و کاف رانی در خلف می‌تواند مانع این جابه‌جایی شود. میانه فاصله بین تروکانتر و کندیل خارجی فمور در خلف محل قرارگیری کاف رانی و میانه فاصله سرفیولا تا قوزک خارجی مچ پا در قدام محل قرارگیری کاف ساقی بود.

مفصل زانو پلی‌سنتریک از جنس آلومینیوم و مدل چرخ‌دنده‌ای بود که امکان حرکت آزادانه مفصل را فراهم می‌کند. این مفصل هم‌راستا با محور حرکتی زانو قرار گرفت. از نمای جانبی محل مفصل زانو بند منطبق بر محور آناتومیک زانو بود. همچنین برای به حداقل رساندن لغزش زانو بند عملکردی از استرپ‌های کشسانی استفاده شد که به علت امکان کشش بیشتر نسبت به استرپ‌های غیرکشسان سبب چسبندگی بیشتر ارتوز می‌شود و لغزش به سمت پایین را به حداقل می‌رساند. یکی از نقش‌های اساسی لیگامان صلیبی قدامی کنترل نیروی والگوسی و جلوگیری از بی‌ثباتی در سمت داخلی مفصل زانو است [۴۰]. پس با آسیب این لیگامان بی‌ثباتی داخلی زانو هم اتفاق می‌افتد. بار خارجی بریس زانو در مقابل اعمال نیروی والگوسی مقاومت می‌کند و بعد از پارگی لیگامان صلیبی قدامی باعث جلوگیری از بی‌ثباتی داخلی می‌شود [۴۱، ۴۲]. این مهم توسط نیروی سه نقطه فشار ایجادشده توسط انتهای فوقانی و تحتانی بار خارجی و نیروی متقابل پد زانو در سمت داخل زانو انجام می‌شود (تصویر شماره ۱). در این بریس نیز مفصل ارتوز توسط بار کناری در سمت خارج به کاف فوقانی و تحتانی متصل می‌شد. میزان کشش استرپ‌ها با توجه به ایجاد تعلیق مناسب و میزان تحمل افراد متنوع بود که با بررسی قرمزی پوست ناحیه پس از ۱۵ دقیقه بعد از درآوردن زانو بند تعیین می‌شد. در صورتی که قرمزی پوست پس از ۲۰ دقیقه از بین می‌رفت میزان فشار اعمال شده مناسب در نظر گرفته می‌شد [۴۳]. اسلیو نئوپرنی شرکت Tynor® زیر بریس عملکردی پوشیده شد که به‌طور کامل با محیط زانو تماس داشته

27. Shapiro-wilk

28. Independent Samples t Test

29. Analysis of variance (ANOVA)

30. Mixed within-between analysis of variance

31. Chi-square

32. Shapiro-Wilk Test

جدول ۱. آزمون تی تست مستقل برای مقایسه همسانی دو گروه آزمون و کنترل

متغیر	میانگین \pm انحراف معیار		سطح معنی داری*
	گروه	آزمون	
سن (سال)	۲۹/۶۹ \pm ۷/۸۸	۲۷/۸۴ \pm ۷/۰۴	۰/۵۳۵
تعداد روزهای سپری شده از آسیب	۳۷/۷۷ \pm ۲۰/۷۳	۴۸/۰۸ \pm ۲۱/۳۲	۰/۲۳۴
نمره پرسش نامه تمپا	۴۴/۷۷ \pm ۵/۷۰۹	۴۱/۶۲ \pm ۵/۱۸۹	۰/۴۴۶
نمره ی پرسش نامه سنجش فعالیت های روزمره	۵۱/۴۶ \pm ۷/۸۵	۴۹/۶۹ \pm ۶/۸۴	۰/۵۶۴
عملکرد خود گزارشی	۴۳/۰۸ \pm ۱۵/۴۸	۴۵/۲۸ \pm ۹/۶۷	۰/۶۵۳

* سطح معنی داری $P \leq 0/05$

توانبخشی

جدول ۲. آنالیز واریانس درون گروهی برای متغیرهای تمپا، نمره پرسش نامه سنجش فعالیت های روزمره و عملکرد خود گزارشی

متغیر	لامبدای ویلک	F	سطح معنی داری*	مربع اتای جزئی
نمره پرسش نامه تمپا	اثر اصلی	$F_{(1,33)} = 67/11$	$< 0/001$	۰/۷۴
	اثر متقابل	$F_{(1,33)} = 24/63$	$< 0/001$	۰/۵۱
نمره پرسش نامه سنجش فعالیت های روزمره	اثر اصلی	$F_{(1,33)} = 82/68$	$< 0/001$	۰/۷۷
	اثر متقابل	$F_{(1,33)} = 9/43$	۰/۰۰۵	۰/۲۸
عملکرد خود گزارشی	اثر اصلی	$F_{(1,33)} = 160/32$	$< 0/001$	۰/۸۷
	اثر متقابل	$F_{(1,33)} = 6/04$	۰/۰۲۰	۰/۲۰

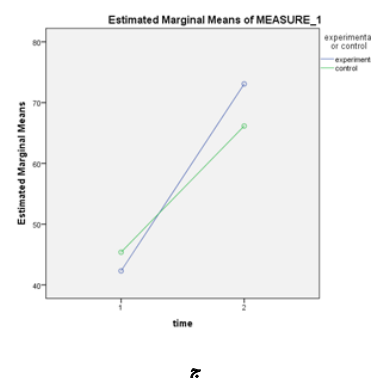
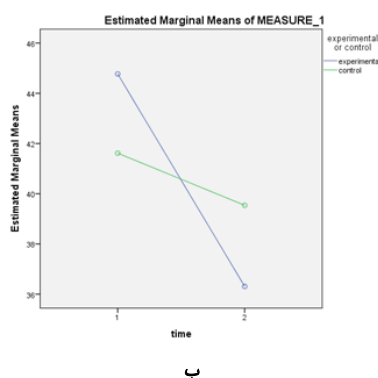
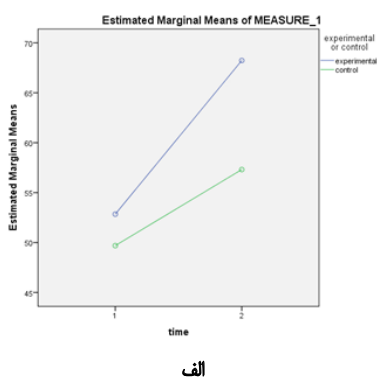
* سطح معنی داری $P \leq 0/05$

توانبخشی

می دهد تغییرات مثبت هر سه متغیر در گروه آزمون بیش از گروه کنترل بوده است. (تصویر شماره ۲).

آنالیز بین گروهی درمورد ترس از حرکت/آسیب مجدد و عملکرد زانو تفاوت معنی داری بین دو گروه نشان نداد (جدول شماره ۳)، اما درمورد نمره پرسش نامه فعالیت های روزمره تفاوت

درون گروهی نشان داد بین نتیجه قبل و بعد از مداخله در ۳ متغیر تفاوت معنی دار وجود دارد و امتیاز هر ۳ متغیر بعد از مداخله در هر دو گروه بهبود پیدا کرده است (اثر اصلی متغیرها معنی دار است). همچنین اثر متقابل هر ۳ متغیر (پرسش نامه تمپا، پرسش نامه سنجش فعالیت های روزمره و عملکرد خود گزارشی) نیز در هر دو گروه معنی دار است (جدول شماره ۲) که نشان



توانبخشی

تصویر ۲. اثر متقابل نمره پرسش نامه تمپا، نمره پرسش نامه سنجش فعالیت های روزمره و عملکرد خود گزارشی در دو گروه آزمون و کنترل. الف: اثر متقابل نمره سنجش فعالیت های روزمره در دو گروه آزمون و کنترل قبل و بعد از مداخله توانبخشی. ب: اثر متقابل ترس از حرکت/آسیب مجدد در دو گروه آزمون و کنترل قبل و بعد از مداخله توانبخشی. ج: اثر متقابل عملکرد خود گزارشی در دو گروه آزمون و کنترل قبل و بعد از مداخله توانبخشی.

نتیجه حاصل از جدول شماره ۷ نشان می‌دهد رابطه معکوس قوی بین حس عمقی و ترس از حرکت وجود داشت. در افرادی که ترس از حرکت کمتر بود، حس عمقی بیشتر بود. همچنین رابطه قوی بین حس عمقی و سازگاری با آسیب وجود داشت. در افراد سازگار حس عمقی بیشتر بود. در طی این مطالعه هیچ‌گونه عوارض جانبی در گروه آزمایش به دلیل استفاده از زانوبند مشاهده نشد

بحث

پس از پارگی لیگامان صلیبی قدامی افراد سازگار با آسیب می‌توانند بدون انجام جراحی بازسازی لیگامانی به فعالیت‌های قبلی خود بازگردند. در صورتی که افراد ناسازگار با آسیب به علت بی‌ثباتی و خالی کردن مکرر زانو به عمل جراحی بازسازی لیگامانی نیاز دارند [۲]. از آنجایی که بلافاصله بعد از پارگی به علت عوارض حاد ناشی از آسیب، هیچ مداخله توانبخشی برای افزایش سازگاری با آسیب انجام نمی‌شود، هدف ما در این مطالعه استفاده از یک زانوبند مناسب بعد از پارگی لیگامان صلیبی قدامی می‌باشد که علاوه بر اینکه در بهبود علائم حاد اختلال ایجاد نکند بتواند به افزایش سازگاری با آسیب نیز کمک کند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد افرادی که از زانوبند هیبریدی متشکل از یک اسلیو کشسان زانوبند عملکردی استفاده کرده بودند نسبت به گروه کنترل بهبود بیشتری در پارامترهای سازگاری با آسیب و ترس از حرکت آسیب مجدد داشتند. همچنین حس عمقی مفصل زانو نیز در گروهی که زانوبند هیبریدی استفاده کرده بودند بهتر از گروه کنترل بود.

نتیجه حاصل از این مطالعه نشان داد تعداد افراد سازگار با آسیب در گروه کنترل که از زانوبند هیبریدی به مدت ۴ هفته استفاده کرده بودند بیشتر بود. با اینکه براساس آزمون غربالگری، ۸ شرکت‌کننده (۶۱/۵ درصد) در گروه آزمون و ۳ فرد (۲۳/۱ درصد) در گروه کنترل سازگار بالقوه بودند اما اختلاف دو گروه معنی‌دار نشد که می‌توان به تعداد نمونه کم به عنوان علت احتمالی نتیجه به دست آمده اشاره کرد. مطالعه حاضر با مطالعاتی همسو بود که بیان کردند بهبود کنترل عصبی عضلانی سبب سازگاری بیشتر می‌شود [۴۴، ۴۵]. در مطالعاتی که مندز دیرمایر و همکاران انجام داده‌اند، علت این امر کم شدن هم‌انقباضی عضلات در هنگام راه رفتن و نرمال شدن سینماتیک زانو و در نتیجه افزایش ثبات زانو بیان شده است [۴۵].

همچنین همبستگی بین زیرگروه‌های آزمون غربالگری با نتیجه نهایی سازگاری با آسیب سنجیده شد تا مشخص شود نتیجه نهایی آزمون غربالگری بیشتر به نتیجه حاصل از کدام زیرگروه نزدیک است. امتیازات زیرگروه‌ها شامل ۱. کسب حداقل ۸۰ درصد از نمره تست پرش ۶ متری [۴]، ۲. کسب حداقل

معنی‌داری بین دو گروه نشان داد. ($P=0/020$) (جدول شماره ۳).

تعیین فراوانی و درصد افراد سازگار با آسیب در هر گروه به تفکیک هر جزء از تست غربالگری و نیز امتیاز نهایی آزمون

در جدول شماره ۳ فراوانی و درصد افراد سازگار با آسیب در هر گروه به تفکیک هر جزء از تست غربالگری و نیز امتیاز نهایی آزمون نشان داده شده است. در گروه آزمون ۸ فرد و در گروه کنترل ۳ فرد سازگار شدند (۶۱/۵ درصد در مقابل ۲۳/۱ درصد) (جدول شماره ۴).

در جدول شماره ۵ رابطه نسبت افراد سازگار با آسیب براساس هریک از تست‌ها، با نسبت افراد سازگار بر مبنای کل تست‌ها براساس آزمون‌های دو گزارش شده است که بر مبنای این جدول نمره پرسش‌نامه فعالیت روزمره بیشترین همبستگی را با نتیجه نهایی آزمون غربالگری دارد ($\phi=0/92$).

نتایج حاصل از جدول شماره ۵ نشان می‌دهد بیشترین رابطه اجزای تست غربالگری با نتیجه نهایی آزمون غربالگری که نشان‌دهنده سازگاری با آسیب است مربوط به نمره پرسش‌نامه سنجش فعالیت‌های روزمره با فی ۰/۹۲ و کمترین رابطه مربوط به عملکرد خودگزارشی با فی ۰/۲۳ بود.

آنالیز خطای مطلق بازسازی زاویه بین گروه‌های آزمون و کنترل و همچنین بین گروه‌های سازگار و ناسازگار با آسیب

برای ارزیابی حس موقعیت مفصل، قدرمطلق اختلاف زاویه بازسازی شده توسط هر فرد و زاویه هدف (فلکشن ۶۰ درجه زانو) محاسبه شد که نام خطای مطلق بازسازی زاویه مشخص شد. برای مقایسه خطای مطلق بازسازی زاویه بین گروه آزمون و کنترل، آزمون تی تست مستقل انجام شد (جدول شماره ۶). نتیجه آزمون نشان داد تفاوت معنی‌دار بین دو گروه وجود دارد و مقدار خطای مطلق بازسازی زاویه در گروه آزمون کمتر است که نشان‌دهنده توانایی بهتر افراد گروه آزمون در بازسازی زاویه هدف و حس عمقی بهتر است. همچنین بین گروه سازگار و ناسازگار با آسیب نیز تفاوت معنی‌دار وجود دارد و مقدار خطای مطلق بازسازی زاویه در گروه سازگار با آسیب کمتر است که نشان‌دهنده توانایی بهتر افراد سازگار در بازسازی زاویه هدف و حس عمقی بهتر در این گروه است (جدول شماره ۴).

برای تعیین رابطه بین میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه با ترس از حرکت/آسیب مجدد از آزمون همبستگی اسپیرمن^{۳۳} و برای تعیین رابطه بین میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه با سازگاری با آسیب از آزمون همبستگی پیرسون^{۳۴} استفاده شد و نتایج آزمون در جدول شماره ۷ آمده است.

33. Spearman's rank correlation coefficient

34. Pearson correlation coefficient

35. 6-meter hop test

جدول ۳. آنالیز برون گروهی واریانس برای متغیرهای تمپا، نمره پرسش نامه سنجش فعالیت‌های روزمره و عملکرد خودگزارشی

متغیر	آماره F	سطح معنی داری	مربع اتای جزئی
نمره پرسش نامه تمپا	$F_{(۱,۱۳۳)} < ۰/۰۰۱$	۰/۸۹۵	$< ۰/۰۰۱$
نمره پرسش نامه سنجش فعالیت‌های روزمره	۰/۲۱	۰/۰۲*	$F_{(۱,۱۳۳)} = ۶/۲۲$
عملکرد خودگزارشی	$F_{(۱,۱۳۳)} = ۱/۲۷$	۰/۲۷	۰/۰۵

* سطح معنی داری $P \leq ۰/۰۵$

توانبخشی

جدول ۴. فراوانی و درصد افراد سازگار با آسیب در گروه‌های آزمون و کنترل به تفکیک موارد آزمون غربالگری و نیز امتیاز کلی حاصل از آزمون

متغیر	گروه آزمون (سازگار با آسیب)	درصد	گروه کنترل (سازگار با آسیب)	درصد
نمره پرسش نامه سنجش فعالیت‌های روزمره	۸	۶۹/۲	۳	۲۳/۱
عملکرد خودگزارشی	۱۳	۱۰۰	۱۱	۸۴/۶
خالی کردن زانو	۱۰	۷۶/۹	۶	۴۶/۲
پرش تک پای ۶-متری	۱۱	۸۴/۶	۸	۶۱/۵
تعداد کل سازگارها با آسیب	۷	۶۱/۵	۳	۲۳/۱

توانبخشی

جدول ۵. رابطه نسبت افراد سازگار با آسیب براساس هریک از تست‌ها با نسبت افراد سازگار با آسیب بر مبنای کل تست‌ها

متغیر	خی دو	سطح معنی داری	فی
نمره پرسش نامه سنجش فعالیت‌های روزمره	$۰/۹۲ = (۱۰, n=۲۶)$	$< ۰/۰۰۱$ *	۰/۹۲
عملکرد خود گزارشی	$۰/۲۳ = (۱۰, n=۲۶)$	۰/۶۸۴	۰/۲۳
خالی کردن زانو	$۰/۶۲ = (۱۰, n=۲۶)$	۰/۰۰۶*	۰/۶۲
پرش تک پای ۶-متری	$۰/۴۸ = (۱۰, n=۲۶)$	۰/۰۰۴۶*	۰/۴۸

* سطح معنی داری $P \leq ۰/۰۵$

توانبخشی

جدول ۶. آزمون تی مستقل برای مقایسه خطای مطلق بازسازی زاویه بین گروه‌های آزمون، کنترل و گروه‌های سازگار، ناسازگار با آسیب

گروه‌ها	میانگین \pm انحراف معیار خطای مطلق بازسازی زاویه	T	سطح معنی داری*
آزمون	$۳/۲۲ \pm ۱/۵۵$	-۴/۸۷	$< ۰/۰۰۱$
کنترل	$۶/۳۲ \pm ۱/۷۰$		
سازگار با آسیب	$۲/۸۶ \pm ۱/۴۷$	-۴/۶۴	$< ۰/۰۰۱$
ناسازگار با آسیب	$۶/۰ \pm ۱/۷۷$		

* سطح معنی داری $P \leq ۰/۰۵$

توانبخشی

جدول ۷. رابطه بین میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه با ترس از حرکت/آسیب مجدد و همچنین با سازگاری با آسیب

رابطه بین میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه	تعداد نمونه	سطح معنی داری*	ضریب همبستگی
ترس از حرکت/آسیب مجدد	۲۶	$< ۰/۰۰۱$	-۰/۷۶
سازگاری با آسیب	۲۶	$< ۰/۰۰۱$	۰/۶۷

* سطح معنی داری $P \leq ۰/۰۵$

توانبخشی

بیومکانیک نرمال زانو را بازسازی کند و نتایج طولانی مدت بیمار را بهبود نمی‌بخشند. همچنین مطالعه حاضر نشان داد رابطه قوی بین سازگاری با آسیب و خطای مطلق بازسازی وجود دارد که با مطالعات توما و فایلا [۵۸-۶۰] همسو بود که نشان دادند هرچه حس عمقی بهتر بشود سازگاری با آسیب نیز بیشتر می‌شود.

نتیجه‌گیری

استفاده از زانوبند هیبریدی ترکیبی از اسلیو کشسانی و بریس عملکردی، پس از آسیب حاد لیگامان صلیبی قدامی می‌تواند حس عمقی، نمره پرسش‌نامه سنجش فعالیت روزمره و نمره عملکرد خودگزارش‌دهی زانو را بهبود بخشد. حس عمقی بهتر با توانایی سازگاری بهتر همراه است. تعداد بیشتری از افرادی که از این زانوبند استفاده کردند با آسیب سازگار شدند.

محدودیت‌ها و پیشنهادات

حجم نمونه کوچک این مطالعه و همچنین شرکت‌کنندگانی که پارگی ایزوله و یک‌طرفه لیگامان صلیبی قدامی داشتند سبب می‌شود نتایج حاصل از آن به نقص لیگامان صلیبی قدامی همراه با سایر ساختارهای آسیب‌دیده مانند لیگامان‌های جانبی یا منیسک‌ها قابل‌تعمیم نباشد. همچنین در مطالعه حاضر، تنها اثرات کوتاه‌مدت این مداخله بر روی افراد بررسی شده است و بررسی نتایج بلندمدت این نوع مداخله، نیازمند مطالعات جداگانه است. بنابراین پیشنهاد می‌شود جهت سنجش ماندگاری اثر زانوبند هیبریدی، در مطالعه‌ای با هدف پیگیری علائم و اطلاع از ماندگاری درمان ارزیابی مجدد پیامدها پس از گذشت ۲ ماه انجام شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران با کد اخلاق IR.IUMS.REC.1397.049 تأیید شده است. در این مطالعه پس از ارائه توضیحات لازم درمورد روند اجرای پژوهش، محرمانه ماندن اطلاعات و امکان خروج از پژوهش، از تمام شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی دریافت شد.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری زهرا نعمتی رشته ارتوز و پروتز دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران است که مرکز تحقیقات توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران با شماره گرت ۹۷-۴-۶-۱۴۰۰۶-۶ این پژوهش را پشتیبانی شده است.

۸۰ درصد از نمره پرسش‌نامه سنجش فعالیت‌های روزمره [۵]، ۳. کسب حداقل ۶۰ امتیاز برای رتبه کلی عملکرد زانو ۳۷ و ۴. حداکثر یک بار خالی کردن زانو از زمان آسیب می‌باشد. نتیجه حاصل نشان داد بیشترین همبستگی بین نتایج حاصل از نمره پرسش‌نامه فعالیت‌های روزمره با نتیجه نهایی وجود دارد [۲].

باتوجه به نتیجه به دست آمده شاید بتوان گفت که در صورت عدم امکان انجام آزمون غربالگری بتوان فقط با استفاده از پرسش‌نامه فعالیت‌های روزانه سازگاری با آسیب را تشخیص داد. اندازه‌گیری پیامدهای گزارش‌شده توسط بیمار در آزمون غربالگری مهم هستند، زیرا دیدگاه فرد را در مورد تأثیر آسیب یا درمان بر زندگی و عملکرد روزمره مشخص می‌کنند و این پیامدها تأثیر بیشتری بر رضایت‌مندی بیمار دارند. بین تعداد افراد سازگار در دو گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما نمرات هر تست در هر دو گروه نشان داد امتیاز گروه آزمون در نمرات پرسش‌نامه سنجش فعالیت‌های روزمره و عملکرد خودگزارشی زانو بهتر بود. این دو پارامتر مربوط به طبقه‌بندی بین‌المللی مشارکت در عملکرد، ناتوانی و سلامت (ICF^{۳۸}) است که برای بیماران و درمانگران بسیار مهم است [۴۶، ۴۷].

نتیجه دیگر حاصل از این مطالعه نشان داد افراد گروه آزمون حس موقعیت بهتری از مفصل زانوی داشتند و توانستند زاویه زانو را با خطای کمتری از زاویه هدف بازسازی کنند. نتیجه فوق منطبق بر مطالعات فوک و موراتا است که نشان می‌دهد استفاده از زانوبند سبب بهبود حس عمقی مفصل زانو می‌شود [۴۸-۵۱]. علت افزایش حس عمقی با بریس هیبریدی، تحریک کپسول مفصلی و پوست ناحیه زانو می‌باشد که ورودی حسی را تقویت می‌کند و حس زانو را افزایش می‌دهد [۵۲، ۵۳]. همچنین براساس نتایج این مطالعه خطای مطلق بازسازی، رابطه قوی معکوس با ترس از حرکت/آسیب مجدد دارد یعنی هرچه ترس از حرکت کمتر بشود خطای بازسازی کاهش می‌یابد که همسو با مطالعاتی بود که بیان کردند اختلال در حس عمقی سبب بروز ترس از حرکت/آسیب مجدد می‌شود [۵۴-۵۶].

همچنین در مطالعه هارپوت و همکاران اثرات مثبت زانوبند و تیپینگ^{۳۹} بر ترس از حرکت/آسیب مجدد قبلاً پس از درمان جراحی نشان داده شده است [۲۲] که علت آن افزایش ثبات زانو ذکر شده است. با این حال، مطالعاتی وجود دارد که اثر مکانیکی زانوبندها را بر روی زانو با لیگامان صلیبی آسیب‌دیده تأیید نمی‌کند و بریس را فقط بر افزایش حس عمقی ۳۶ مؤثر می‌داند [۵۷]، زیرا شواهد بیومکانیکی و بالینی نشان می‌دهد فناوری‌های به‌کاررفته در بریس‌های عملکردی موجود نمی‌تواند به‌طور مؤثر

36. Knee Outcome Survey's Activities of Daily Living Scale
37. Global rating of knee function
38. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)
39. Tapping

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی: زهرا نعمتی و مریم جلالی،

روش‌شناسی: زهرا نعمتی، مریم جلالی و ابوالفضل باقری‌فرد؛
اعتبارسنجی: زهرا نعمتی، مریم جلالی، محمدعلی سنجری؛
تحقیق و بررسی و نگارش پیش‌نویس: زهرا نعمتی؛ ویراستاری
و نهایی‌سازی نوشته و نظارت: مریم جلالی و محمدعلی سنجری
و ابوالفضل باقری‌فرد؛ مدیریت پروژه و تأمین مالی: مریم جلالی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همکاری دکتر هومن یحیی‌زاده و کلیه پرسنل
کلینیک زنان بیمارستان شفا یحیایان در ارجاع بیماران تشکر و
قدردانی می‌کنند.

References

- [1] Wang LJ, Zeng N, Yan ZP, Li JT, Ni GX. Post-traumatic osteoarthritis following ACL injury. *Arthritis Research & Therapy*. 2020; 22(1):57. [DOI:10.1186/s13075-020-02156-5] [PMID]
- [2] Ptasiński AM, Dunleavy M, Adebayo T, Gallo RA. Returning athletes to sports following anterior cruciate ligament tears. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2022; 15(6):616-28. [DOI:10.1007/s12178-022-09782-3] [PMID]
- [3] Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2000; 8(2):76-82. [DOI:10.1007/s001670050190] [PMID]
- [4] Sonesson S, Gauffin H, Kvist J. Early knee status affects self-reported knee function 1 year after non-surgically treated anterior cruciate ligament injury. *Physical Therapy in Sport*. 2021; 50:173-83. [DOI:10.1016/j.ptsp.2021.05.007] [PMID]
- [5] Ataiean M, Shafizadegan Z, Rahnama-Azar AA, Irrgang JJ, Rezaeian ZS. Development of the Persian version of knee outcome survey activities for daily living scale. *Iranian Journal of Medical Sciences*. 2020; 45(6):434-43. [PMID]
- [6] Musahl V, Diermeier T, de Sa D, Karlsson J. ACL surgery: When to do it? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*. 2020; 28(7):2023-26. [DOI:10.1007/s00167-020-06117-y] [PMID]
- [7] Ward SH, Perraton L, Bennell K, Pietrosimone B, Bryant AL. Deficits in quadriceps force control after anterior cruciate ligament injury: Potential central mechanisms. *Journal of Athletic Training*. 2019; 54(5):505-12. [DOI:10.4085/1062-6050-414-17] [PMID]
- [8] Criss CR, Melton MS, Ulloa SA, Simon JE, Clark BC, France CR, et al. Rupture, reconstruction, and rehabilitation: A multi-disciplinary review of mechanisms for central nervous system adaptations following anterior cruciate ligament injury. *The Knee*. 2021; 30:78-89. [DOI:10.1016/j.knee.2021.03.009] [PMID]
- [9] Tayfur B, Charuphongsa C, Morrissey D, Miller SC. Neuromuscular function of the knee joint following knee injuries: Does it ever get back to normal? A systematic review with meta-analyses. *Sports Medicine*. 2021; 51(2):321-38. [DOI:10.1007/s40279-020-01386-6] [PMID]
- [10] Manchado I, Alvarez D, Motta LM, Blanco G, Saavedra P, Garcés GL. Correlation among knee muscle strength and self-reported outcomes score, anterior tibial displacement, and time post-injury in Non-Coper anterior cruciate ligament deficient patients: a cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(24):13303. [DOI:10.3390/ijerph182413303] [PMID]
- [11] Nawasreh Z, Logerstedt D, Marmon A, Snyder-Mackler L. Clinical and biomechanical efficacies of mechanical perturbation training after anterior cruciate ligament rupture. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019; 28(8):877-86. [DOI:10.1123/jsr.2017-0363] [PMID]
- [12] Paterno MV. Non-operative care of the patient with an ACL-deficient knee. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2017; 10(3):322-7. [DOI:10.1007/s12178-017-9431-6] [PMID]
- [13] Macefield VG. The roles of mechanoreceptors in muscle and skin in human proprioception. *Current Opinion in Physiology*. 2021; 21:48-56. [DOI:10.1016/j.cophys.2021.03.003]
- [14] Sliz D, Smith A, Wiebking C, Northoff G, Hayley S. Neural correlates of a single-session massage treatment. *Brain Imaging and Behavior*. 2012; 6(1):77-87. [DOI:10.1007/s11682-011-9146-z] [PMID]
- [15] David E, Amasay T, Ludwig K, Shapiro S. The effect of foam rolling of the hamstrings on proprioception at the knee and hip joints. *International Journal of Exercise Science*. 2019; 12(1):343-54. [DOI:10.70252/GDKN8044] [PMID]
- [16] Beynon BD, Good L, Risberg MA. The effect of bracing on proprioception of knees with anterior cruciate ligament injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2002; 32(1):11-5. [DOI:10.2519/jospt.2002.32.1.11] [PMID]
- [17] Herrington L, Simmonds C, Hatcher J. The effect of a neoprene sleeve on knee joint position sense. *Research in Sports Medicine*. 2005; 13(1):37-46. [DOI:10.1080/15438620590922077] [PMID]
- [18] Palm HG, Brattinger F, Stegmüller B, Achatz G, Riesner HJ, Friemert B. Effects of knee bracing on postural control after anterior cruciate ligament rupture. *The Knee*. 2012; 19(5):664-71. [DOI:10.1016/j.knee.2011.07.011] [PMID]
- [19] Mohd Sharif NA, Goh SL, Usman J, Wan Safwani WKZ. Biomechanical and functional efficacy of knee sleeves: A literature review. *Physical Therapy in Sport*. 2017; 28:44-52. [DOI:10.1016/j.ptsp.2017.05.001] [PMID]
- [20] Strutzenberger G, Braig M, Sell S, Boes K, Schwameder H. Effect of brace design on patients with ACL-ruptures. *International Journal of Sports Medicine*. 2012; 33(11):934-9. [DOI:10.1055/s-0032-1304634] [PMID]
- [21] Delincé P, Ghafil D. Anterior cruciate ligament tears: Conservative or surgical treatment? A critical review of the literature. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2012; 20(1):48-61. [DOI:10.1007/s00167-011-1614-x] [PMID]
- [22] Harput G, Ulusoy B, Ozer H, Baltaci G, Richards J. External supports improve knee performance in anterior cruciate ligament reconstructed individuals with higher kinesiophobia levels. *The Knee*. 2016; 23(5):807-12. [DOI:10.1016/j.knee.2016.05.008] [PMID]
- [23] Hartigan EH, Lynch AD, Logerstedt DS, Chmielewski TL, Snyder-Mackler L. Kinesiophobia after anterior cruciate ligament rupture and reconstruction: noncopers versus potential copers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2013; 43(11):821-32. [DOI:10.2519/jospt.2013.4514] [PMID]
- [24] Ardern CL, Kvist J, Webster KE. Psychological aspects of anterior cruciate ligament injuries. *Operative Techniques in Sports Medicine*. 2016; 24(1):77-83. [DOI:10.1053/j.otsm.2015.09.006]
- [25] Brisson N, Lamontagne M. The efficacy of functional knee braces in stabilizing anterior cruciate ligament deficiency knees: A review. *Journal of Orthopedics*. 2014;6(1):1-12.
- [26] Jüni P, Altman DG, Egger M. Systematic reviews in health care: Assessing the quality of controlled clinical trials. *BMJ*. 2001; 323(7303):42-6. [DOI:10.1136/bmj.323.7303.42] [PMID]

- [27] Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. Individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee classified as noncopers may be candidates for nonsurgical rehabilitation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2008; 38(10):586-95. [DOI:10.2519/jospt.2008.2750] [PMID]
- [28] American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Pennsylvania: Wolters Kluwer Health; 2013. [Link]
- [29] Brotzman SB, Manske RC. Clinical orthopaedic rehabilitation e-book: An evidence-based approach-expert consult. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2011. [Link]
- [30] Negahban H, Mostafaei N, Sohani SM, Mazaheri M, Goharpey S, Salavati M, et al. Reliability and validity of the Tegner and Marx activity rating scales in Iranian patients with anterior cruciate ligament injury. *Disability and Rehabilitation*. 2011; 33(22-23):2305-10. [DOI:10.3109/09638288.2011.570409] [PMID]
- [31] Koca F, Fältström A, Cristiani R, Stålmán A. Comparison of knee function and activity level between bilateral and unilateral ACL reconstruction: A matched-group analysis with minimum 5-year follow-up. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2022; 10(4):23259671221083576. [DOI:10.1177/23259671221083576] [PMID]
- [32] Huang H, Nagao M, Arita H, Shiozawa J, Nishio H, Kobayashi Y, et al. Reproducibility, responsiveness and validation of the Tampa Scale for Kinesiophobia in patients with ACL injuries. *Health and quality of life outcomes*. 2019; 17(1):150. [DOI:10.1186/s12955-019-1217-7] [PMID]
- [33] Irrgang JJ, Snyder-Mackler L, Wainner RS, Fu FH, Harner CD. Development of a patient-reported measure of function of the knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume* 1998; 80(8):1132-45. [DOI:10.2106/00004623-199808000-00006] [PMID]
- [34] Salavati M, Mazaheri M, Negahban H, Sohani S, Ebrahimian M, Ebrahimi I, et al. Validation of a Persian-version of Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) in Iranians with knee injuries. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2008; 16(10):1178-82. [DOI:10.1016/j.joca.2008.03.004] [PMID]
- [35] Woby SR, Roach NK, Urmston M, Watson PJ. Psychometric properties of the TSK-11: A shortened version of the Tampa Scale for Kinesiophobia. *Pain*. 2005; 117(1-2):137-44. [DOI:10.1016/j.pain.2005.05.029] [PMID]
- [36] Jafari H, Ebrahimi I, Salavati M, Kamali M, Fata L. [Psychometric properties of Iranian version of Tampa Scale for Kinesiophobia in low back pain patients (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2010; 11(1):15-22. [Link]
- [37] Drouin JM, Valovich-mcLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology*. 2004; 91(1):22-9. [DOI:10.1007/s00421-003-0933-0] [PMID]
- [38] Tsepis E, Giakas G, Vagenas G, Georgoulis A. Frequency content asymmetry of the isokinetic curve between ACL deficient and healthy knee. *Journal of Biomechanics*. 2004; 37(6):857-64. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2003.11.009] [PMID]
- [39] Atarod M, Frank CB, Shrive NG. Kinematic and kinetic interactions during normal and ACL-deficient gait: A longitudinal in vivo study. *Annals of Biomedical Engineering*. 2014; 42(3):566-78. [DOI:10.1007/s10439-013-0914-3] [PMID]
- [40] Matsumoto H, Suda Y, Otani T, Niki Y, Seedhom BB, Fujikawa K. Roles of the anterior cruciate ligament and the medial collateral ligament in preventing valgus instability. *Journal of Orthopaedic Science*. 2001; 6(1):28-32. [DOI:10.1007/s007760170021] [PMID]
- [41] Rishiraj N, Taunton JE, Lloyd-Smith R, Woollard R, Regan W, Clement D. The potential role of prophylactic/functional knee bracing in preventing knee ligament injury. *Sports Medicine*. 2009; 39(11):937-60. [DOI:10.2165/11317790-000000000-00000] [PMID]
- [42] Rishiraj N, Taunton JE, Lloyd-Smith R, Regan W, Niven B, Woollard R. Functional knee brace use effect on peak vertical ground reaction forces during drop jump landing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2012; 20(12):2405-12. [DOI:10.1007/s00167-012-1911-z] [PMID]
- [43] Webster JB, Murphy DP. Atlas of orthoses and assistive devices. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2019. [Link]
- [44] Méndez-Bouza M, Alonso-Calvete A, Abalo-Núñez R. Efficacy of perturbation-based balance training in anterior cruciate ligament tears. A systematic review. *Apunts Sports Medicine*. 2023; 58(218):100411. [DOI:10.1016/j.apunsm.2023.100411]
- [45] Diermeier T, Rothrauff BB, Engebretsen L, Lynch AD, Ayeni OR, Paterno MV, et al. Treatment after anterior cruciate ligament injury: Panther symposium ACL Treatment Consensus Group. *British Journal of Sports Medicine*. 2020; 8(6):2325967120931097. [DOI:10.1177/2325967120931097] [PMID]
- [46] Arundale AJ, Bizzini M, Giordano A, Hewett TE, Logerstedt DS, Mandelbaum B, et al. Exercise-based knee and anterior cruciate ligament injury prevention. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2018; 48(9):A1-42. [DOI:10.2519/jospt.2018.0303] [PMID]
- [47] Logerstedt DS, Scalzitti D, Risberg MA, Engebretsen L, Webster KE, Feller J, et al. Knee stability and movement coordination impairments: Knee ligament sprain revision 2017. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2017; 47(11):A1-47. [DOI:10.2519/jospt.2017.0303] [PMID]
- [48] Focke A, Steingrebe H, Möhler F, Ringhof S, Sell S, Potthast W, et al. Effect of different knee braces in ACL-deficient patients. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020; 8:964. [DOI:10.3389/fbioe.2020.00964] [PMID]
- [49] Pierrat B, Oullion R, Molimard J, Navarro L, Combreaux M, Avril S, et al. Characterisation of in-vivo mechanical action of knee braces regarding their anti-drawer effect. *The Knee*. 2015; 22(2):80-7. [DOI:10.1016/j.knee.2014.12.001] [PMID]
- [50] Linczeski Z. A systematic review: The effect of prophylactic braces on reducing risk factors related to ACL injury in athletes. [MA thesis]. Michigan: Northern Michigan University; 2022. [Link]

- [51] Murata K, Kanemura N, Kokubun T, Fujino T, Morishita Y, Onitsuka K, et al. Controlling joint instability delays the degeneration of articular cartilage in a rat model. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2017; 25(2):297-308. [DOI:10.1016/j.joca.2016.10.011] [PMID]
- [52] Edin B. Cutaneous afferents provide information about knee joint movements in humans. *The Journal of Physiology*. 2001; 531(1):289-97. [DOI:10.1111/j.1469-7793.2001.0289j.x] [PMID]
- [53] Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2002; 402:76-94. [DOI:10.1097/00003086-200209000-00008] [PMID]
- [54] Okur I, Taspinar B, Kilit TP, Okur EO, Taspinar F. Musculoskeletal system disorders and kinesiophobia in type 2 diabetes: A case-control study. *The Australian Journal of Rehabilitation Counselling*. 2021; 27(1):41-9. [DOI:10.1017/jrc.2021.1]
- [55] Reddy RS, Meziat-Filho N, Ferreira AS, Tedla JS, Kandakurti PK, Kakaraparthi VN. Comparison of neck extensor muscle endurance and cervical proprioception between asymptomatic individuals and patients with chronic neck pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2021; 26:180-6. [DOI:10.1016/j.jbmt.2020.12.040] [PMID]
- [56] Mazaheri M, Heidari E, Mostamand J, Negahban H, van Dieen JH. Competing effects of pain and fear of pain on postural control in low back pain? *Spine*. 2014; 39(25):E1518-23. [DOI:10.1097/BRS.0000000000000605] [PMID]
- [57] Smith SD, LaPrade RF, Jansson KS, Årøen A, Wijdicks CA. Functional bracing of ACL injuries: Current state and future directions. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*. 2014; 22(5):1131-41. [DOI:10.1007/s00167-013-2514-z] [PMID]
- [58] Thoma LM, Grindem H, Logerstedt D, Axe M, Engebretsen L, Risberg MA, et al. Coper classification early after ACL rupture changes with progressive neuromuscular and strength training and is associated with two-year success: The Delaware-Oslo ACL Cohort Study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019; 47(4):807-14. [DOI:10.1177/0363546519825500] [PMID]
- [59] Hartigan E, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Perturbation training prior to ACL reconstruction improves gait asymmetries in non-copers. *Journal of Orthopaedic Research*. 2009; 27(6):724-9. [DOI:10.1002/jor.20754] [PMID]
- [60] Failla MJ, Logerstedt DS, Grindem H, Axe MJ, Risberg MA, Engebretsen L, et al. Does extended preoperative rehabilitation influence outcomes 2 years after ACL reconstruction? A comparative effectiveness study between the MOON and Delaware-Oslo ACL cohorts. *The American Journal of Sports Medicine*. 2017; 45(5):NP9. [DOI:10.1177/0363546516652594] [PMID]