

SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYAKLI KOŞU SPORCULARINDA NÖROATLETİK EĞİTİMİN FİZİKSEL PERFORMANS VE POZİSYON HİSSİ ÜZERİNE ETKİSİ

NURCAN CONTARLI

PROF. DR. NECMİYE ÜN YILDIRIM
PROF. DR. TARIK ÖZMEN

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON

DOKTORA TEZİ

OCAK/2026

TEZ KABUL ONAYI

BEYAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

• Mevcut tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu,

• Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

• Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

• Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

• Mevcut tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,

• Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nurcan CONTARLI

26.01.2026

KAYAKLI KOŞU SPORCULARINDA NÖROATLETİK EĞİTİMİN FİZİKSEL PERFORMANS VE POZİSYON HİSSİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı kayaklı koşu sporcularında nöroatletik eğitimin fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkisini araştırmaktı.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmaya 12–18 yaş aralığında 26 kayaklı koşu sporcusu dahil edildi. Sporcular nöroatletik ve kontrol grubuna rastgele ayrıldı. Nöroatletik grubuna rutin antrenman programına ek olarak 8 hafta boyunca haftada 3 gün nöroatletik eğitim verildi. Kontrol grubu ise rutin antrenmanlarına devam etti. Sporcular inklinometre, Y denge testi, izometrik el dinamometresi ve kronometre ile değerlendirildi.

Bulgular: Nöroatletik grubun dominant ve non dominant taraf 30° ve 60° diz eklem pozisyon hissi ilk ve son ölçümleri arasında fark bulundu ($p<0,05$). Nöroatletik grubun gövde fleksiyon endurans testi ile dominant ve non dominant taraf lateral köprü endurans testi ilk ve son ölçümleri arasında fark bulundu ($p<0,001$). Y denge testinde, nöroatletik grubun her iki bacak tüm uzanma yönlerinde fark bulundu ($p=0,001$). Gruplar karşılaştırıldığında her iki bacak anterior, posteromedial ve posterolateral yönlerinde nöroatletik grup lehine anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Her iki grupta da hamstring ve kuadriseps femoris kas kuvveti ilk ve son ölçümleri arasında fark tespit edilmedi ($p>0,05$). Nöroatletik grubun gövde fleksiyon endurans testi ile dominant ve non dominant taraf lateral köprü endurans testi ilk ve son ölçümleri arasında fark bulundu ($p<0,05$). Gruplar karşılaştırıldığında gövde fleksiyon endurans ($p<0,001$) ve dominant lateral köprü endurans testlerinde ($p=0,033$) nöroatletik grup lehine anlamlı fark tespit edildi. Çeviklik testinde, her iki grupta da ilk ve son ölçümler arasında fark bulundu ($p<0,001$; $p=0,026$). Gruplar karşılaştırıldığında ise nöroatletik grup lehine anlamlı fark tespit edildi ($p=0,001$).

Sonuç: Kayaklı koşucuların antrenman programlarına eklenen nöroatletik eğitimin sporcuların fiziksel performans parametrelerinde ve diz eklem pozisyon hissinde

gelişmeler sağladığı görüldü.

Anahtar Kelimeler: Kayaklı koşu, Nöroatletik eğitim, Denge, Pozisyon hissi, Kas kuvveti, Çeviklik.

THE EFFECTS OF NEUROATHLETIC TRAINING ON PHYSICAL PERFORMANCE AND POSITION SENSE IN CROSS-COUNTRY SKIERS

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to investigate the effect of neuroathletic training on physical performance and position sense in cross-country skiers.

Materials and Methods: A total of 26 cross-country skiers aged between 12 and 18 years were included in this study. The athletes were randomly assigned to either the neuroathletic training group or the control group. In addition to their routine training, the neuroathletic group received neuroathletic training three days per week for eight weeks, while the control group continued only their routine training. Athletes were evaluated using an inclinometer, Y-balance test, isometric hand dynamometer, and stopwatch.

Results: Significant differences were found between the pre- and post-test measurements of dominant and non-dominant knee joint position sense at 30° and 60° in the neuroathletic group ($p<0.05$). Between-group comparisons revealed a significant difference in favor of the neuroathletic group ($p<0.001$). In the Y Balance Test, significant improvements were observed in all reach directions for both legs in the neuroathletic group ($p=0.001$). Between-group comparisons showed significant differences in favor of the neuroathletic group in the anterior, posteromedial, and posterolateral directions for both legs ($p<0.05$). No significant differences were found between pre- and post-test measurements of hamstring and quadriceps femoris muscle strength in either group ($p>0.05$). Significant improvements were observed in the neuroathletic group in trunk flexion endurance and dominant and non-dominant lateral bridge endurance tests ($p<0.05$). Between-group comparisons revealed significant differences in favor of the neuroathletic group for trunk flexion endurance ($p<0.001$) and dominant side lateral bridge endurance ($p=0.033$). In the agility test, significant differences were found between pre- and post-test measurements in both groups

($p<0.05$). However, between-group comparisons demonstrated a significant difference in favor of the neuroathletic group ($p=0.001$).

Conclusion: The addition of neuroathletic training to cross-country skiers' training programs improved physical performance parameters and knee joint position sense.

Keywords: Cross-country skiing, Neuroathletic training, Balance, Position sense, Muscle strength, Agility.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince bilgi birikimi, akademik deneyimi ve örnek kişiliğiyle yol gösteren; sabrı, teşvik eden tutumlarıyla akademik rehberliğinin yanı sıra insani duruşuyla beni geliştiren kıymetli danışmanım Prof. Dr. Necmiye ÜN YILDIRIM'a;

Akademik hayatım boyunca bana yol gösteren, akademik bakış açısı kazanmamda desteğini esirgemeyen değerli bölüm başkanım Prof. Dr. Tarık ÖZMEN'e;

Doktora eğitimim boyunca yol göstericiliğiyle, değerli önerileriyle bana katkı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Aydan AYTAR'a;

Tez çalışmamın şekillenmesinde ve yürütülmesinde yanımda olan ve desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Çağlar SOYLU'ya;

Çalışmam sırasında bana kapılarını açan ve her türlü desteği sağlayan Gerede Gençlik ve Spor İlçe Müdürü sayın Haydar ÇETİNKAYA'ya, başta Ali ÇELİKSOY olmak üzere değerli antrenörler Kelime ÇETİNKAYA ve Uğur AKMAN'a, gönüllü olarak çalışmaya katılan kayaklı koşu sporcularına ve milli sporcumuz Hamit Tarık AYDIN'a;

Doktora eğitimim süresince TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) 2211-Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı kapsamında finansal destek sağlayan TÜBİTAK'a,

Beni her zaman destekleyen güzel aileme;

Tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ÇİZELGE LİSTESİ xii
ŞEKİL LİSTESİ xiii
RESİM LİSTESİ xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 5
2.1 Kayaklı Koşu Sporu 5
2.1.1 Kayaklı Koşunun Dünya'daki Gelişimi 5
2.1.2 Kayaklı Koşunun Türkiye'deki Gelişimi 6
2.1.3 Kayaklı Koşu Teknikleri 7
2.1.3.1 Klasik Teknik 7
2.1.3.2 Paten Tekniği 8
2.1.4 Kayaklı Koşu Pistleri 9
2.1.5 Kayaklı Koşucularda Antrenman Modelleri 9
2.1.5.1 Kış Antrenmanları 10
2.1.5.2 Yaz Antrenmanları 10
2.1.6 Kayaklı Koşu Sporcularının Fiziksel ve Fizyolojik Profilleri 11
2.1.6.1 Vücut Kompozisyonu 12
2.1.6.2 Kardiyovasküler Endurans 13
2.1.6.3 Kuvvet 13
2.1.6.4 Mental Dayanıklılık 15
2.1.6.5 Esneklik 15
2.1.6.6 Sürat ve Çeviklik 16
2.1.6.7 Denge ve Koordinasyon 16
2.2 Postüral Kontrol ve Duyusal Entegrasyon 18
2.2.1 Vestibüler Sistem 18
2.2.1.1. Vestibüler Refleks 19
2.2.2 Vizüel Sistem 21

2.2.2.1 Görme Alanı 22
2.2.2.2 Görme Keskinliği 22
2.2.2.3 Akomodasyon 23
2.2.2.4 Stereopsis 23
2.2.2.5 Kontrast Duyarlılığı 24
2.2.2.6 Renk 24
2.2.2.7 Derinlik 25
2.2.2.8 Hareket 25
2.2.3 Somatosensoriyel Sistem 28
2.3 Nöroatletik Eğitim 29
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER 34
3.1. Çalışma Dizaynı 34
3.2. Katılımcılar 34
3.3 Değerlendirme 36
3.3.1 Diz Eklem Pozisyon Hissi Ölçümü 36
3.3.2 Dinamik Denge Ölçümü 37
3.3.3 Kas Kuvveti Ölçümü 38
3.3.4 Gövde Fleksiyon Endurans Testi 39
3.3.5 Lateral Köprü Endurans Testi 39
3.3.6 Çeviklik Testi 40
3.4 Rutin Antrenman Programı 40
3.5 Nöroatletik Eğitim 41
3.6 Çalışmanın Kalite Düzeyinin Belirlenmesi 49
3.7 İstatistiksel Analiz 50
4. BULGULAR 51
5. TARTIŞMA 62
5.1. Eklem Pozisyon Hissi 63
5.2 Denge 64
5.3 Kas Kuvveti 66
5.4 Kor Endurans 67
5.5 Çeviklik 69
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 72
7. KAYNAKLAR 74
8. EKLER 83

Ek-1 Sporcu İzin Formu 83
Ek-2 Etik Kurul Kararı 84
Ek-3 Kurum İzni 85
Ek-4 Bilgilendirilmiş Onam Formu 86
Ek-5 İz Sürme Testi 87
Ek-6 Sporcu Değerlendirme Formu 89
Ek-7 Örnek Antrenman Programı 90
Ek-8 Orijinallik Raporu 91
Ek-9 Özgeçmiş ve İletişim Bilgileri 92

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1: Rutin kuvvet antrenman programı

Çizelge 3.2: Rutin antrenman programı

Çizelge 3.3: Teknik antrenmanı için nöroatletik egzersiz programı

Çizelge 3.4: Kuvvet antrenmanı için nöroatletik egzersiz programı

Çizelge 3.5: Çalışma kalitesinin belirlenmesi

Çizelge 4.1: Tanımlayıcı Özelliklerin Gruplara Göre Karşılaştırılması

Çizelge 4.2: Grupların diz eklem pozisyon hissi ölçüm sonuçları

Çizelge 4.3: Grupların denge testi ölçüm sonuçları

Çizelge 4.4: Grupların kas kuvveti ölçüm sonuçları

Çizelge 4.5: Grupların kas kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.6: Grupların kor endurans ölçüm sonuçları

Çizelge 4.7: Grupların kor enduransı değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.8: Grupların çeviklik testi ölçüm sonuçları

Çizelge 4.9: Grupların çeviklik testi değerlerinin karşılaştırılması

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Vestibülo-oküler Refleks

Şekil 2.2: Görme Alanı

Şekil 2.3: Görme Keskinliği

Şekil 2.4: Akomodasyon

Şekil 2.5: Stereopsis

Şekil 2.6: Göz Takip Hareketleri

Şekil 2.7: Oküler Vergens

Şekil 3.1: Çalışmanın Akış Şeması

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1: Klasik Teknikler

Resim 2.2: Paten teknikleri

Resim 2.3: Postüral kontrolde vestibüler sistemin dört önemli rolü

Resim 3.1: Dijital inklinometre ve DEPH ölçümü başlangıç pozisyonu

Resim 3.2: Y Denge Testi

Resim 3.3: Kuvvet değerlendirmesi

Resim 3.4: Gövde Fleksiyon Endurans Testi ve Lateral Köprü Endurans Testi

Resim 3.5: Göz masajı uygulaması

Resim 3.6: Palming uygulaması

Resim 3.7: Teknik antrenman için nöroatletik egzersizler

Resim 3.8: Kuvvet antrenmanı için nöroatletik egzersizler

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

˚: Derece

%: Yüzde

ark.: Arkadaşları

H: Hipotez

Kg/m^2: Kilogram bölü metre kare

NEH: Normal Eklem Hareket Açıklığı

VKİ: Vücut Kitle İndeksi

VOR: Vestibülo-Oküler Refleksler

DEPH: Diz eklem pozisyon hissi

ICC: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı

YDT: Y Denge Testi

A: Anterior

PM: Posteromedial

PL: Posterolateral

PEDro: Physiotherapy Evidence Database

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kayaklı koşu değişen yükselti, mesafe ve eğimde karla kaplı arazilerde kayak, özel ayakkabı, baton gibi araç ve gereçler ile yapılan hem alt hem de üst vücut kuvveti ile sürat ve yüksek aerobik dayanıklılık gerektiren bir kış sporudur. Kayaklı koşuda sporcunun farklı vücut segmentleri aynı anda yüksek hız ve güç üreterek uyum içinde çalışır (1). Sporcular, fiziksel, fizyolojik, antropometrik ve motorik özelliklerin yanı sıra branşa özgü teknik ve taktiksel becerilerin gelişimini sağlayacak çalışmaları içeren yaz ve kış antrenmanları yaparlar (2). Kayaklı koşu antrenmanları hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini etkili bir şekilde kullanımını amaçlayan (3,4) özellikle yarışma sırasında kullanılan bütün kasları çalıştıran kuvvet, güç, dayanıklılık ve sürat gelişimine yönelik spesifik egzersizler, tekerlekli kayak egzersizleri, branşa özgü teknikleri kapsayan içeriklerden oluşmaktadır (5). Bu nedenle, kayaklı koşu sporcularının vücut yapıları ve fiziksel özellikleri, performanslarını doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer alır.

Kayaklı koşuda hem alt hem de üst vücut aktif bir şekilde kullanılır (6). Kuvvet hem günlük yaşam aktiviteleri hem de tüm sportif aktiviteler için performansı belirleyici bir faktördür (7). Kuvvet ile performans arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Kayaklı koşucularda üst vücut kaslarına odaklanan kuvvet antrenmanlarının, daha çok aerobik dayanıklılığı geliştirdiği belirtilirken; alt ekstremite kaslarına yönelik kuvvet antrenmanlarının yürüme, koşma, durma, dönüş, dizin stabilitesi ve gövdenin kontrolüne katkı sağladığı bildirilmiştir (8,9). Kayaklar üzerinde üst ve alt ekstremiteler bazen aynı anda bazen de birbirinden bağımsız olarak çalışmaktadır (10). Vücudun üst bölgesi ile alt bölgesi arasında gücün transferinde kor bölgesi önemli rol oynamaktadır (11). Ekstremite hareketleri kor bölgesindeki kasların aktivasyonu ile başlamaktadır ve ortaya çıkan kuvvet ekstremitelere aktarılmaktadır (12). Kor enduransı, postür kontrolü ve hareket stabilitesi için kritik bir faktördür (13). Dolayısıyla güçlü bir kor, hem üst hem de alt ekstremite hareketlerinde daha iyi stabilizasyon sağlayarak performansı artırır (14) ve yaralanma riskini azaltır (15).

Kor kuvveti, postüral stabilite ile güçlü bir ilişki içerisindedir; postüral stabilitesi yüksek sporcuların, genellikle daha fazla kor kas dayanıklılığı ve çevikliğe sahip olduğu gözlenmektedir (16). Diğer motorik özellikler kadar denge de kayaklı

koşu sporunda önemli bir role sahiptir. Denge, görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerden devamlı olarak sağlanan duyusal uyaranlar ile vücudun ağırlık merkezini destek yüzeyinde konumlandırabilme yeteneğidir. Yetersiz denge sporcuların müsabaka performansını olumsuz yönde etkileyebilir ve yaralanma riskini artırabilir (17). Kayaklı koşucularda, kayma sırasında pistin uygunluğu, inişli çıkışlı yokuşlar, kar derinliği, görüş mesafesi gibi birçok faktör dengeyi etkilemektedir. Yarış sırasında kayakların kontrolü, ağırlığın ayaklar üzerine aktarımı ve dengenin sağlanırken hızın korunması sporcunun performansında belirleyicidir (18).

Kayaklı koşu sporcularının hem sportif performanslarında (14), hem de yaralanma riskleri (15) üzerinde diğer bir belirleyici faktör de propriyosepsiyondur. Propriyosepsiyon, somatosensoriyel sistemin bir alt bileşeni olarak, vücudun pozisyonunu, hareketini, hızını, dengesini, kasların ürettiği kuvveti ve deri ile kas-iskelet sisteminden gelen duyusal uyarıları algılama becerisidir (19). Propriyosepsiyon duyusu yaralanmaları önleme, rehabilitasyon, yetenek belirleme ve performans geliştirmedeki rolü nedeniyle tüm spor branşlarında önemli bir yere sahiptir (20). Denge ile yakın ilişkide olan propriyosepsiyonun geliştirilmesi, atletik performansın ve çevikliğin artmasında da etkilidir (21).

Çeviklik, sporcunun konumunu yüksek hız ve doğruluk ile aniden yer değiştirebilme becerisidir (22). Çeviklik için gerekli olan güç ve dinamiklik, kuvvetin kor kaslarından ekstremitelere düzgün transferine bağlıdır. Çeviklik becerisinin geliştirilmesinde denge, en önemli motorik özelliklerden biri olarak ön plana çıkmaktadır (23). Hızlanma ve yavaşlama gibi hareket geçişlerinde sporcunun dengesini sağlayabilmesi, teknik hareketlerin doğru bir şekilde uygulanmasına olanak sağlamaktadır (24). Çeviklik, yalnız kasların hızlı kasılma yeteneğiyle değil, aynı zamanda sinir sisteminin kaslara ne kadar hızlı ve etkili komut gönderebildiğiyle de doğrudan ilişkilidir. Özellikle hızlı kasılan tip II kas liflerinin daha iyi kontrol edilmesi, kısa mesafelerde sürat ve çeviklik performansını olumlu yönde etkiler. Kasların hızlı kasılma kapasitesi, yani patlayıcı kuvvet, nöroatletik eğitim sayesinde sinir sisteminin kas liflerini daha etkin bir şekilde aktive etmesiyle artar (24). Bu durum hem performansın verimliliği hem de sakatlık riskinin azaltılması açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Son yıllarda sportif performansı artırmak, yaralanmaları önlemek için özellikle motor planlama, görsel-bilişsel işlemleme ve vestibüler sistem işlevlerini güçlendirerek sporcunun çevreyi daha hızlı algılamasını, doğru karar vermesini ve hareketi daha kontrollü gerçekleştirmesini sağlayacak nöroatletik egzersizler içeren yeni nesil antrenmanlara olan ihtiyaç vurgulanmaktadır (25).

Sporcular, yüksek motivasyon, enerji düzeyi ve disiplinli bir antrenman sürecine rağmen hedefledikleri düzeye ulaşamadıkları için beklenen performansı ve başarıyı gösteremeyebilirler. Çünkü, sadece fiziksel antrenmanlara odaklanıldığında etkili bir performansın gerekliliği olan bilişsel yetiler, dikkat ve bileşenleri genellikle göz ardı edilmektedir. Ancak bir sporcunun üst düzey performans sergileyebilmesi için fiziksel antrenmanların görsel sistem, vestibüler sistem ve propriyoseptif sistemle bütüncül bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Bu üç sistemden gelen duyusal uyarıların yeterliliği ve doğruluğu, sporcunun fiziksel performans düzeyi üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Atletik antrenman ve nörobilim disiplinlerini içine alarak sinir sisteminin zayıf noktalarına odaklanan nöroatletik eğitim, performansı artırmak ve yaralanmaları önlemek için vücudun uyaranları işleme yeteneğinin artırılmasına yardımcı olabilir (25). Bu bağlamda uygulanacak nöroatletik egzersizlerin, merkezi sinir sisteminin (MSS) duyusal girdileri bütüncül ve etkin biçimde kullanma kapasitesini artırabileceği düşünülmektedir. Nöroatletik egzersizler sırasında görsel, vestibüler ve proprioseptif sistemlerden gelen bilgiler eş zamanlı olarak işlenir ve postüral kontrol, eklem pozisyon hissi ve fonksiyonel motor yanıtlarla entegre edilir. Bu bütüncül yaklaşım sayesinde sporcularda tek bir duyu sistemi değil, duyu-motor entegrasyon, hareket kontrolü ve adaptif motor davranışlar da desteklenmektedir.

Bu öneriler doğrultusunda literatür incelendiğinde kayaklı koşucular için kanıta dayalı araştırmaların, rutin antrenman programlarının etkilerinin araştırıldığı yayınların (26-32) olduğu fakat nöroatletik eğitimin sporcu performansı üzerine etkilerini araştıran çalışmaların sayısının oldukça az olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında rutin antrenman programlarına eklenen nöroatletik egzersizlerden oluşan yeni nesil antrenman programlarına kanıt değeri yüksek bir araştırma ile literatüre ve alana katkı vermek amacıyla bu çalışma planlanmıştır.

Tüm bu bilgilere ve araştırmalara göre hipotezlerimiz şu şekildedir;

Hipotez 1

H1: Kayaklı koşucularda 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim diz eklemi pozisyon hissini geliştirir.

Hipotez 2

H1: Kayaklı koşucularda 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim dinamik dengeyi geliştirir.

Hipotez 3

H1: Kayaklı koşucularda 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim kas kuvvetini artırır.

Hipotez 4

H1: Kayaklı koşucularda 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim kor enduransı artırır.

Hipotez 5

H1: Kayaklı koşucularda 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim çeviklik performansını artırır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kayaklı Koşu Sporu

Kayaklı koşu; 400 metre ile 50 kilometre ve üzeri mesafelere kadar ulaşabilen, uzun süreli yorgunluğa direnmeyi gerektiren olimpik bir kış sporudur. Bu branş farklı yükseklik, mesafeler ve eğimlere sahip karlı zeminlerde kayak, ayakkabılar, baton gibi araç ve gereçler kullanılarak yapılan tüm vücudun hızlı güç üretimini ve yüksek aerobik dayanıklılığını gerektirir (30-32). Her yaş grubundan insan bu spora başlayıp kolayca yapabilir. Kayaklı koşu, rekreasyonel ve rekabetçi sporcular için kısa ve uzun vadede sağlık açısından pek çok faydası olan, en az tehlikeli fakat en yorucu dayanıklılık sporlarından biridir (1). Kayaklı koşuda sporcunun vücudunun her bölümü bir uyum içinde sporcunun sarf ettiği çabaya eşlik eder (1). Kayaklı koşu branşı tüm vücut segmentlerinin aktivite gösterdiği hem kassal kuvvet hem de kardiyovasküler dayanıklılık ile ilişkilendirilir (33). Kayaklı koşu, engebeli arazilerde gerçekleştirilen ve dayanıklılık sporları arasında zorluk seviyesiyle öne çıkan bir branştır. Diğer dayanıklılık sporlarına kıyasla daha yüksek hızlarda yapılabilir (5). Elit kayaklı koşucular, sırasıyla, kadın ve erkeklerde yılda 500-700 saat ve 650-750 saat arasında antrenman yaparlar. Buna ek olarak, bir yılda yaklaşık 35-40 yarışmaya katılırlar (34-35). Uzun mesafelerde yapılan antrenman veya yarışmalar sporcunun yorgunluğa karşı çok dirençli olmasını gerektirir (1). Kayma tekniği, sporcunun enerjisini en doğru şekilde kullanmayı sağlayarak yorgunluğun gecikmesini sağlar (36-37). Kayaklı koşu sporcuları performanslarını artırmak amacıyla hem yazın hem de kışın antrenman yapmak zorundadırlar. Farklı arazilerde yapılan kayak, tekerlekli kayak, koşu ve bisiklet antrenmanları kayaklı koşu sporcuları için temel antrenman modelleridir (2,5).

2.1.1. Kayaklı Koşunun Dünya’daki Gelişimi

Kış sporlarının en eski dallarından biri olarak bilinen kayaklı koşu, başlangıçta Kuzey Avrupa ve İskandinavya bölgelerinde avcılık ve taşımacılık amacıyla kullanılmıştır. Bu spor, bölgede 'kırkayak' veya 'Nordik' adıyla da anılmıştır (38). Kayaklı koşunun tarihi, Kuzey Avrupa'da yaklaşık 4000 yıl öncesine dayanmaktadır. Bilinen en eski kayak takımı ise MÖ 2500 yılına ait Rodoy'da bulunan bir mağara duvarına çizilen resimlerde yer almaktadır. Başlangıçta taşıma ve ulaşım aracı olarak

kullanılan ilk kayak yarışması, 1767 yılında Norveçli askerler tarafından düzenlenmiştir. Kayaklı koşunun belgelenmiş ilk yarışması ise 1843 yılında Norveç'in Tromsø şehrinde yapılmıştır. İlk büyük kayakla atlama yarışması 1879 Oslo'da yapılmıştır (39-40). Kayaklı koşu, özellikle Alaska, Sibirya, Amerika ve Kuzey Avrupa'da uzun kış mevsimlerine sahip bölgelerde yaygın olarak yapılmaktadır. Başlangıçta taşıma, avcılık ve yürüyüş gibi işlevsel amaçlarla geliştirilen kayaklı koşu, zamanla düzenlenen yarışmalarla olimpiyat sporu olma statüsüne kavuşmuştur (41).

2.1.2. Kayaklı Koşunun Türkiye'deki Gelişimi

Türklerin kayakla tanışıklığı, MÖ 4000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Bu süreç, sert doğa koşullarıyla başa çıkmak ve yumuşak kar zemininde batmadan hareket edebilmek amacıyla geliştirilen, "çana" adı verilen bir araçla başlamıştır. İlk dönemlerde avlanma ve ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan kayak, zamanla spor aktivitelerinde de kullanılmaya başlanmıştır (40).

Ülkemizde kayak sporu, 1914 yılında Haliç'te bir marangoz atölyesinde üretilen kayakların kullanılmasıyla başlamış; Kafkas Cephesi'ne kayakçı asker yetiştirmek amacıyla Erzurum'da açılan kurslarda 30 asker eğitilmiştir. Kayak sporunun ilk sivilleşmesi 1930 yılında Ankara Gazi Eğitim Enstitüsü ve Ziraat Yüksek Mektebinde Alman Beden Eğitimi Öğretmeni Herr Ridel'in öncülüğünde faaliyete başlanmıştır. 1933-1934 yılları arasında Bursa, Ankara ve Erzurum Halkevleri ile Muhafız Alayı kayak sporuna özel bir ilgi göstermiştir. 1936 yılına gelindiğinde Türk ekibinin de Olimpiyatlara katılması gündeme gelmiştir. Ridel'in öncülüğünde önce Ankara Elmadağ ve Ayaş beldesinde çalışmalar başlamıştır. Türk Milli Takımı 1936'da Almanya'nın Garmisch Parten Kirschen kış sporları merkezinde düzenlenen kış olimpiyat oyunlarına katılmıştır. Türkiye'de kayak sporunun gelişimi 1936 yılında Kayak Federasyonu'nun kurulması ve aynı yıl sporcuların ilk kez Kış Olimpiyatları'na katılmasıyla önemli bir ivme kazanmıştır. 1944'te, Uluslararası Kayak Federasyonu kurallarına uygun ilk yarışma Türkiye'de gerçekleştirilmiştir. Türk sporcular, 1948 Saint Moritz, 1952 Oslo, 1956 Cortina d'Ampezzo, 1960 Squaw Valley ve 1964 Innsbruck Kış Olimpiyatları'na katılmıştır. 1970 yılında Uludağ'da düzenlenen Balkan Şampiyonası'nda Türk genç takımı, Kuzey Disiplini 4x10 km bayrak yarışını kazanarak önemli bir başarıya imza atmıştır (42). Daha sonra 1986 yılında Türkiye Buz Pateni ve Kış Sporları Federasyonu adı altında faaliyetine devam etmiş, 1990

yılında da tekrar Türkiye Kayak Federasyonu olarak çalışmalarını sürdürmeye başlamıştır (43).

2.1.3. Kayaklı Koşu Teknikleri

Kayak sporu kullanılan malzeme, yapılan bölge ve alanlara göre alp disiplini (Alpine) kayağı ve kuzey disiplini (Nordic) kayağı olmak üzere iki ana disipline ayrılır. Kuzey disiplini, ilk kez Norveç'te ve Kuzey Avrupa ülkelerinde yapıldığı için adını buradan alır. Kuzey disiplini kayağı yapan sporcuların daha çok dayanıklılık ve aerobik güç profilleri öne çıkmaktadır (44). Kayaklı koşuda, klasik ve paten olmak üzere iki ana teknik kullanılır (45). Arazinin özelliklerine bağlı olarak, her iki stilin uygulama teknikleri de farklılık gösterebilir (46). Kayaklı koşu ekipmanları, diğer kayak branşlarına kıyasla daha ince, uzun ve hafif olup, bir çift kayak 1,4 kg civarında bir ağırlığa sahiptir (47). Ayrıca, ayakkabılar yalnız ön kısımdan bağlanarak, adım kombinasyonlarının rahat yapılmasına olanak tanır. Batonlar da yine diğer kayak türlerine göre daha uzun ve hafiftir (48).

2.1.3.1. Klasik teknik

Klasik teknik, kayaklı koşunun temel ve en geleneksel formunu temsil etmektedir (5,46, 49). Klasik teknik yarışlarında, sporcuların paten tekniği kullanmaları kurallara aykırıdır. Klasik teknikte kayaklar, yarış parkurunda oluşturulan çift oluk içerisinde, paralel konumda ve ayak uçları ileriye bakacak şekilde hareket ettirilir. Sporcular, bu olukları sağladığı denge ve hız avantajı nedeniyle sıklıkla tercih etmektedir (50). Bu pozisyonda bacaklar doğal bir açıklıkta, dizler ve dirsekler hafifçe bükülmüş, üst gövde ise kalçadan aşırı bükülmeden öne eğik durumdadır. Klasik teknik 4 alt stilden oluşur: Fule (adım), çift sopa, çift sopa tek fule ve balıksırtı (kılçık) stilidir. (51).

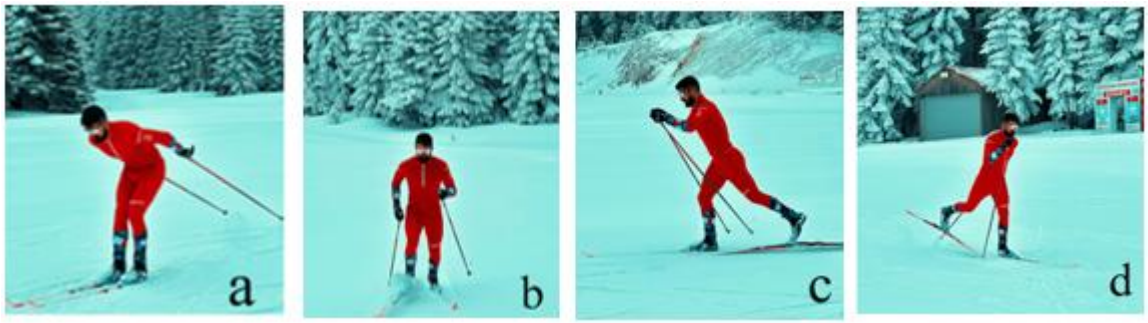
Fule (adım) tekniğinde kollar ve bacaklar çapraz bir şekilde itiş hareketi gerçekleştirir ve bu özellik, klasik stil tekniklerinden en yaygın olanıdır (51; 52). Diyagonal teknik olarak da bilinir. Genellikle orta ve dik eğimli yokuşlarda tercih edilmektedir (51).

Çift sopa tekniğinde kollar senkronize bir şekilde öne hareket eder ve ardından üst gövdenin öne eğilmesiyle birlikte güçlü bir itme hareketi gerçekleştirilir (53). Teknik, hafif eğimli yokuşlar, yokuş aşağı ve düz alanlarda etkili bir şekilde kullanılmaktadır (46, 54).

Çift sopa tek fule tekniği, hafif eğimli yokuşlar ve düz zeminlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknik, çift batonla yapılan itişin, bacakların öne doğru hareketiyle uyumlu bir şekilde koordine edilmesine dayanır. Özellikle hafif yokuş yukarı eğimlerde ve düz alanlarda etkili bir kullanım sunar (46).

Balıksırtı (kılçık) tekniği, kayak sporunda dik yokuşları tırmanırken yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknikte, kayaklar V şeklinde açılarak karda balıksırtı desenine benzeyen izler oluşturur. Bu yöntem, eğimin fazla olduğu ve diğer tekniklerin yeterli gelmediği durumlarda kullanılır (46).

Klasik kayakta teknikler arası geçişler genellikle çift sopadan çift sopa tek fuleye ve çift sapa tek fuleden fule tekniğine doğru olur (52).



Resim 2.1: Klasik Teknikler a. Çift sopa tekniği b. Balıksırtı (kılçık) tekniği c. Çift sopa tek fule tekniği d. Fule tekniği (Kayaklı koşu milli takım sporcusu Hamit Tarık Aydın) (Ek-1).

2.1.3.2. Paten Tekniği

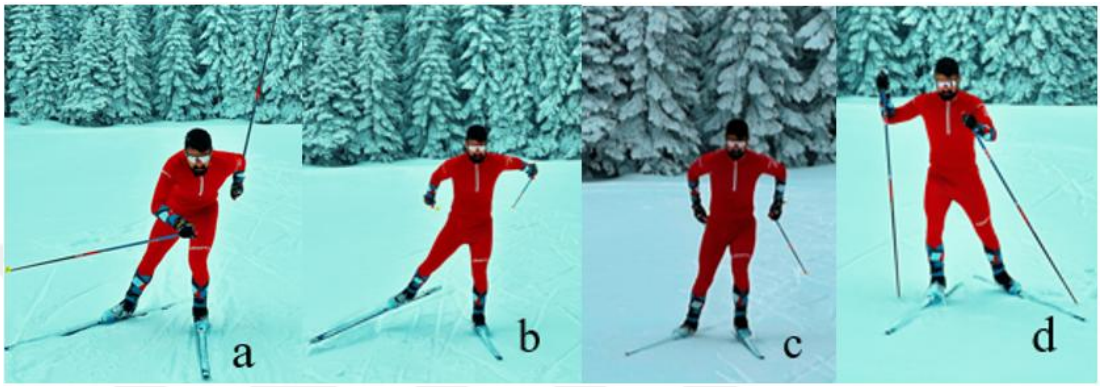
Paten tekniği klasik tekniğin aksine, daha kısa kayaklar ve daha uzun batonlar kullanılarak uygulanır (46). Paten teknikte rampa, çift paten, tek paten ve diyagonal teknikler yer alır. Bu teknikler, sporcuların çeşitli eğim ve zemin koşullarına uyum sağlayarak maksimum sürat ve kontrol elde etmesini hedefler (55).

Rampa tekniği, ayaklar V şeklinde, dizler yokuşun eğim şiddetine göre bükülü tutulur. Bu teknikte sporcu her iki koluyla geriye doğru itiş yaparken, ağırlık verilen bacak geride kalırken, serbest olan bacak ileri doğru atılır. Yarışa başlarken genellikle sporcular bu teknikle başlar (46,51).

Çift paten tekniği, her iki kolun ve bacakların aynı anda hareket ettiği bir tekniktir. Her iki kol, geriye doğru paralel olarak itilirken, bacaklar kollara paralel bir şekilde yanlara doğru kayarak itiş yapar. Bu teknik, genellikle hafif eğilimli yokuşlar ve düz alanlarda kullanılır (46,56).

Tek paten tekniği, her iki kolun ve bacakların aynı anda kullanıldığı fakat ağırlığın tek bacak üzerine verildiği bir tekniktir. Bu teknik düzlük ve inişlerde kullanılır. Çift paten ve tek paten tekniklerinde gövde çok az fleksiyon yapar (46).

Diyagonal (kollar serbest paten) tekniği, gövdenin öne eğildiği ve üst ve alt ekstremitenin diyagonal olarak hareket ettiği bir tekniktir. Genellikle düz arazilerde ve yokuş aşağı alanlarda tercih edilir (46,53).



Resim 2.2: Paten teknikleri: a. Diyagonal teknik, b. Tek paten tekniği, c. Çift paten tekniği, d. Rampa tekniği (Kayaklı koşu milli takım sporcusu Hamit Tarık Aydın) (Ek-1).

Kayaklı koşu sırasında, alt tekniklerin seçiminde çeşitli faktörler etkili olmaktadır. Hava koşulları, bireysel güç ve teknik beceriler, sporcunun hangi tekniği kullanacağı konusunda belirleyici rol oynar. Özellikle karın sertliği veya kayma durumu teknik tercihi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (46,56).

2.1.4. Kayaklı Koşu Pistleri

Kayaklı koşu pistleri şu özelliklere göre tasarlanmalıdır: Pistlerin 1/3'lük kısmı düz, 1/3'lük kısmı yokuş ve 1/3'lük kısmı ise iniş olmalıdır. Bu üç bölümde yarışma hızları farklılık gösterir. Yarış süreleri açısından incelendiğinde, tırmanış bölgesinde geçen zaman, toplam sürenin yarısından fazlasını oluştururken, iniş bölgesindeki süre ise toplam sürenin %10'unu kapsar (5).

Bir kayaklı koşu sporcusunun yarışma sırasında, hız aralıkları (5-70 km/saat gibi geniş bir yelpazede) ve eğim değişimlerine (-%20'den %20'ye kadar) bağlı olarak farklı teknikler arasında geçiş yapması ve bu tekniklere uyum sağlaması gerekmektedir (5, 34).

2.1.5. Kayaklı Koşuda Antrenman Modelleri

Kayaklı koşuda farklı mesafelerde gerçekleştirilen yarışmalar, birbirinden farklı kondisyonel özellikler gerektirmektedir. Kış aylarında kar üzerinde

gerçekleştirilen antrenmanlar, sporcular için en önemli çalışma dönemlerini oluşturur. Ancak, mevsimsel koşullar nedeniyle bu antrenmanların 12 ay boyunca sürdürülmesi mümkün değildir. Bu durum, kayaklı koşu sporcularını antrenman programlarına farklı çalışmalar eklemeye yönlendirmektedir (5).

2.1.5.1. Kış Antrenmanları

Kış sezonunda kayakla yapılan antrenmanlar, kayaklı koşu sporcuları için en önemli antrenman türlerindendir. Ancak, bu antrenmanların süresi, bölgesel özellikler ve kar yağışı koşullarına göre değişiklik göstermekte ve genellikle kısıtlı zamanlarla sınırlıdır. Elit sporcuların birçoğu, yaz aylarını buzullarda geçirirken, bazıları da kayak tünelleri adı verilen yerlerde yapay kar koşullarında antrenman yapmaktadırlar. Antrenmanların stili ve şiddeti, sporcuların yarışma mesafelerine göre farklılık gösterir (57). Özellikle kış mevsiminde, üst düzey sporcular haftada en az 2, en fazla 6 gün olmak üzere kar üzerinde antrenman yaparlar. Ancak hiçbir kayaklı koşu sporcusu yılın tamamını kayak yaparak geçirmez. Dolayısıyla sporcular için sadece kış antrenmanları yeterli olmaz (58).

2.1.5.2. Yaz Antrenmanları

Koşu antrenmanları

Kayaklı koşucuların antrenman programlarında en fazla yer alan egzersizler koşulardır. Koşu antrenmanları, kayaklı koşu da dahil olmak üzere her spor dalında temel egzersizlerden biri olup, aynı zamanda karmaşık olmayan ve her yerde uygulanabilen pratik alıştırmalardır. Kayaklı koşu pistlerindeki teknikler göz önüne alındığında, özellikle yokuşlarda kayaklı koşucular için koşmak, kaymaktan daha kritik bir rol oynamaktadır. Aerobik dayanıklılığı artırmak amacıyla, batonla yapılan koşu antrenmanları en çok tercih edilen yöntemlerdendir. İyi koşmak, iyi kaymak için temel bir unsurdur (2).

Tekerlekli Kayak

Tekerlekli kayak, günümüzde kar üzerinde yapılan antrenmanlar kadar tercih edilen bir antrenman yöntemi haline gelmiştir. Kayaklı koşucular için tekerlekli kayak, kaçınılmaz bir antrenman şekli olarak öne çıkmaktadır. Kayaklı koşu sporcularının tamamı, tekniklerini geliştirmek (klasik ve paten stilleri) amacıyla tekerlekli kayak kullanmaktadır (2, 59). Tekerlekli kayakta çalışan kas gruplarının, kayaklı koşu ile

aynı olması ve kayaklı koşuda uygulanan tekniklerin tekerlekli kayakla aynı şekilde yapılabiliyor olması, bu spor dalına yeni bir boyut kazandırmıştır (60,61).

Bisiklet Antrenmanları

Bu antrenman yöntemi, genellikle yorucu antrenmanlardan sonra toparlanma sürecini desteklemek için oldukça önemlidir. Bisiklet pedallarını çevirmek ile kayaklı koşu sırasında bacakların itekleme pozisyonundaki hareket biçimi birbirine oldukça benzer, bu nedenle özellikle bacak kuvvetinin artırılmasında tercih edilen bir yöntemdir (2).

Batonlu Çalışmalar

Kayaklı koşuda baton ve kayak kullanımı birbirini tamamlayan çalışmalardır. Kayaklı koşu sırasında kol ve üst vücut kuvveti, performans için büyük önem taşımaktadır (62). Bu nedenle, bacak kuvvetinin performans için önemli olduğu kadar, kol kuvveti de aynı oranda önemli bir rol oynamaktadır (63). Özellikle yaz aylarında, kol kuvveti ve dayanıklılığının azalmasını engellemek amacıyla batonlu yürüyüşler ve koşular büyük bir önem taşır. Yürüyüşler ve koşularda kullanılan batonlar, kış sezonunda kullanılanlardan daha kısa olmalı ve %70-75 daha ağır olmalıdır. (64).

Kuvvet Çalışmaları

Kayaklı koşucuların yaz ve kış antrenman programlarında kuvvet çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Kayak yarışmalarında sporcuların kayma hızlarındaki artışın en önemli sebeplerinden biri kuvvet gelişimidir (65). Genel kuvvet çalışmaları kapsamında, kayaklı koşucular özellikle hazırlık dönemlerinde ağırlık antrenmanları ve plyometrik çalışmalar gibi yöntemleri uygularlar. Özel kuvvet çalışmaları için ise kayaklı koşu branşına özgü batonlu tepe koşuları, özel aparatlarla kol çalışması, tekerlekli tahta egzersizleri, lastik çalışmaları ve tekerlekli kayak kullanımı tercih edilmektedir. Kış aylarında özel kuvvet çalışmaları intervaller şeklinde kayaklarla yapılır (57,66).

2.1.6. Kayaklı Koşu Sporcularının Fiziksel ve Fizyolojik Profilleri

Kayaklı koşu, dayanıklılık ve koordinasyon gerektiren hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini etkili bir şekilde kullanan bir spor dalıdır (3, 4). Bu nedenle, kayaklı koşu sporcularının vücut yapıları ve fiziksel özellikleri performanslarını doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer alır.

2.1.6.1. Vücut Kompozisyonu

Kayaklı koşucularda vücut tipi genellikle uzun boy ve düşük vücut ağırlığı şeklindedir. Uzun boy, sporcuların daha geniş adım mesafesiyle hareket etmesine olanak tanır, bu da enerji tasarrufu sağlar (33). Diğer dayanıklılık sporlarına kıyasla kayaklı koşucuların hem üst vücut hem de alt vücut kaslarını eş zamanlı olarak kullandıkları gözlemlenmektedir (33). Larson ve Henriksson-Larsén (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, orta mesafe yarışlarında düşük vücut yağ yüzdesi ile performans arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Özellikle kollardaki yağ oranının düşük olmasının, yarışmanın tırmanış bölümlerinde avantaj sağladığı vurgulanmıştır (62). Genel olarak, kayaklı koşucular için düzlük ve inişlerde vücut ağırlığının yüksek olması avantaj sağlarken, yokuşta bu durum dezavantaj oluşturabilmektedir. Stöggl ve arkadaşlarının (2010) çalışmasına göre, klasik teknik uygulamalarında daha uzun boylu ve düşük vücut yağ oranına sahip olmak performans için avantajlı bir durumken, paten teknik uygulamalarında kas kütlesinin yüksek olması koşuluyla vücut ağırlığının fazla olması performansı olumlu yönde etkileyebilmektedir (65).

Kayaklı koşuda, sporcuların sahip olduğu fiziksel kapasiteler, boy uzunluğundan daha belirleyici bir faktördür. Bireysel yetenekler ve kondisyon düzeyi de performansı etkileyen önemli faktörlerdir (2, 57). Kayaklı koşu sporcuları genellikle düşük yağ oranına ve yüksek kas kütlesine sahiptir. Bu durum, dayanıklılık performansını artırırken hareket etkinliğini de geliştirir. Özellikle alt ekstremite kaslarının güçlü olması, sporcuların itme ve kayma hareketlerini daha verimli gerçekleştirmesini sağlar (67). Kayaklı koşu sporcularının vücut kompozisyonuna bakıldığında, bu sporcuların vücut yağ oranlarının genellikle düşük seviyelerde olduğu gözlemlenmektedir. Bergh ve Fosberg'in yapmış oldukları araştırmaya göre, kas yoğunluğunun etkisiyle vücut ağırlığı daha yüksek olan kayaklı koşucuların düz zeminlerde avantaj sağladığını ifade etmişlerdir (68). Diğer yandan, Niinima ve ark. (1979), mesafe yarışlarında, özellikle klasik teknikte, vücut yağ yüzdesinin düşük olması ile performans arasında herhangi bir ilişki tespit etmemiş, fakat performans ile vücut kütlesi arasında negatif bir ilişki bulmuşlardır (69).

2.1.6.2. Kardiyovasküler endurans

Kayaklı koşu, yüksek düzeyde kardiyovasküler dayanıklılık gerektirir. Sporcuların maksimal oksijen tüketim ($MaxVO_2$) değerleri genellikle diğer spor dallarına göre oldukça yüksektir (70, 71). Arteriyovenöz oksijen farkı incelendiğinde, periferik faktörlerin $MaxVO_2$ kapasitesi üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak, özellikle uzun mesafeli yarışlarda, kaslardaki kapiller damar yoğunluğu, mitokondri sayısı ve kasların oksidatif kapasitesi gibi unsurlar, performansı etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Kayaklı koşucuların hem kol hem de bacak kaslarının yüksek oksidatif enzim aktivitesine sahip oldukları bilinmektedir. Bununla birlikte, en yüksek $MaxVO_2$ değerlerine sahip olmalarına rağmen, bacak kas oranlarının mesafe koşucuları ve bisiklet sporcularına kıyasla eşit ya da daha düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir (72).

Kayaklı koşucuların kas yapısında, baskın olarak yavaş kasılan kas liflerinin yer aldığı ve bu liflerin en az %60 oranında bulunduğu tespit edilmiştir (73). Ancak, kas tipi dağılımındaki bireysel farklılıklar dikkat çekicidir ve benzer değişkenlik deltoid kaslarında da gözlemlenmiştir. Yavaş kasılan kas liflerinin yüksek oksidatif kapasitesi bulunmaktadır ve kayaklı koşu büyük ölçüde aerobik kapasite ile ilişkilendirilmektedir. Sandbakk ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, dünya kupasında yarışan kayakçılar ile ulusal düzeyde yarışan sporcuların karşılaştırması yapılmış ve dünya kupası sporcularının aerobik kapasite, yüksek sürat ve yarış performansı açısından daha üstün değerlere sahip olduğu saptanmıştır (74).

Maksimal oksijen tüketim kapasitesi ($MaxVO_2$) yüksek olan sporcuların genellikle daha başarılı oldukları görülmektedir. Ancak bu durum, tek başına başarıyı belirleyen kesin bir faktör olarak değerlendirilemez. Başarıda etkili olan diğer unsurlar arasında, iyi kayma teknikleri ve nöromusküler sistemin işlevselliği de önemli bir yer tutmaktadır (72).

2.1.6.3. Kuvvet

Kuvvet fiziksel uygunluğun en önemli bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kuvvet hem fiziksel aktivite hem de her türlü spor branşı için önemli bir performans faktörüdür (7). Araştırmalar, alt ve üst vücut kuvveti ile gücü arasında kayaklı koşu performansı üzerinde güçlü bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur. Üst vücudu hedef alan kuvvet antrenmanlarının, kayaklı koşucuların aerobik kapasitelerini

olumlu yönde etkilediği de belirtilmektedir. Kayaklar üzerindeki hareket, zaman zaman üst ve alt ekstremitelerin eş zamanlı, zaman zaman ise birbirinden bağımsız çalışmasıyla sağlanmaktadır. Özellikle üst ekstremite kaslarının ve bu bölgedeki kas gruplarının kayaklı koşu performansı açısından hayati öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır (10, 63). Kayaklı koşu sırasında üst vücut kuvvetinin sürat performansına katkısı, kullanılan tekniğe göre değişkenlik göstermektedir. Klasik teknikte adımlama sırasında %10, çift sopa kullanımında %95 ve paten tekniğinde %50 oranında katkı sağladığı belirtilmektedir. Üst vücut dayanıklılık kapasitesi, bir kayaklı koşucu için her zaman kritik bir öneme sahiptir. Yapılan çeşitli araştırmalar, elit seviyedeki kayakçılarda üst vücut dayanıklılık kapasitesinin performansla yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (62, 63). Sprint performansı açısından kuvvetin bu performansı etkileyen en önemli belirleyicilerden biri olduğu gösterilmiştir (57). Alt ekstremite kaslarından özellikle kuadriseps femoris ve hamstringler durma, sıçrama, topa vuruş hareketlerinde, koşma, yürüme, dönüş, dizin stabilitesini sağlama ve gövdenin kontrolünde önemlidir (8, 9). İstirahatte bu iki kas kompleksi kalça ve dizin hareketlerini dengeler. Yürüyüş veya atletik aktivitelerde antagonist bu iki kas grubu, koordineli alt ekstremite hareketini oluşturmak için uyumlu bir şekilde çalışır (75).

Sporcularda performans gelişiminde kor bölgesinin dayanıklılığı önemli bir rol oynamaktadır. Vücudun merkez bölgesi olarak bahsedilen kor, üstte diyafram önde abdominal kaslar, arkada erektör spina ve glutealler, altta pelvik taban ve kalça çevresi kasları ile çevrelenmiş silindir bir korsedir (13). Kor bölgesi sportif aktivitelerde tüm kinetik zincirlerin merkezidir. Kor stabilizasyonu hareketin en uygun konumda, optimum hızda ve zamanda yapılarak, ekstremitelerin koordineli hareketinin gerçekleşmesini destekler (76). Kor kasları, lokal ve global olmak üzere iki ana bölüme ayrılmaktadır. Lokal kaslar (multifidus, transversus abdominis, internal oblikler, dış obliklerin medial lifleri, quadratus lumborum, diyafram ve iliocostalis ve longissimus'un lomber segmentleri) genellikle daha derindir, omurgaya yakın yerleşmiştir ve stabilizasyon işlevi gören, yüksek oranda Tip I (yavaş kasılan) kas liflerine sahiptir. Öte yandan, global kaslar (rektus abdominus, dış obliklerin lateral lifleri, erektör spina, iliokostal kasın torasik bölümleri ve kalça kasları) genellikle daha

yüzeyseldir ve ana işlevleri tork üretmek ve eklem hareketini sağlamak olup, daha fazla Tip II (hızlı kasılan) kas lifleri içermektedir (77).

Kor bölgesi vücudun üst bölgesi ile alt bölgesi arasında kuvvet aktarımından sorumludur (11). Kayaklı koşuda hem alt hem de üst vücut aktif bir şekilde kullanılır. Güçlü kol ve omuz kasları, itme hareketlerini desteklerken, alt ekstremiteler kayma hareketine katkıda bulunur. Bu nedenle, sporcunun başarı düzeyi, alt ve üst vücut kaslarının uyumlu çalışmasına ve bu kas grupları arasındaki kuvvet dengesine bağlıdır. Kassal dengesizlik, yalnız performans kayıplarına değil, aynı zamanda sakatlanma riskinin artmasına da neden olabilir (7). Örneğin, üst vücut kaslarının zayıf olması, sporcularda özellikle uzun mesafelerde erken yorgunluğa yol açabilir (78, 79). Alt ve üst vücut kas kuvvetleri arasındaki dengesizlik, sporcularda sakatlanma riskini artırır. Alt vücut kaslarının yetersizliği diz ve kalça eklemlerine aşırı yük bindirirken, üst vücut kaslarının zayıflığı omuz yaralanmalarına neden olabilir (72). Ayrıca, bu dengesizlikler kompansatuar hareketlere yol açarak kas grubunun aşırı yüklenmesine sebep olabilir ve bu durum aşırı kullanım yaralanmalarına neden olabilir (78).

2.1.6.4. Mental Dayanıklılık

Mental dayanıklılık, psikolojik zorluklarla başa çıkabilme yeteneği olarak tanımlanır (80). Kayaklı koşu, fiziksel dayanıklılığın yanı sıra önemli derecede mental dayanıklılık gerektiren bir spordur (81). Zorlu hava koşulları, uzun süreli fiziksel efor ve sürekli değişen arazi yapısı, sporcuların sadece fiziksel olarak değil, zihinsel olarak da güçlü olmalarını zorunlu kılar (82). Mental dayanıklılık, sporcuların stres, baskı ve zorluklarla başa çıkabilme kapasitesini ifade eder (83). Zorlu doğa koşullarında yapılan bu spor, sporcuların mental dayanıklılığını da sınar. Konsantrasyon, motivasyon ve stres yönetimi, başarı için kritik öneme sahiptir (84).

2.1.6.5. Esneklik

Esneklik, kasların uzayabilme kapasitesini eklemlerin hareket açıklığını ve kontrolünü ifade eder (85). Kayaklı koşu gibi çok yönlü hareketlerin gerekli olduğu sporlarda esnekliğin geliştirilmesi, sporcuların teknik performansını artırır ve biyomekanik verimliliği artırır (86,87). Esneklik, kayaklı koşucuların hem düz hem de engebeli arazi koşullarında hareketlerini kontrol etmelerini sağlar (88). Özellikle kayak itişi sırasında alt vücut kaslarının esnekliği, adım uzunluğunu artırarak performansı olumlu etkiler (85). Üst vücut mobilitesi ise dengeyi sağlama ve etkili güç

transferi için gereklidir (86). Kayaklı koşu sporcularının esnekliği ve eklem hareketliliği, doğru tekniklerin uygulanabilmesi için önemlidir. Bu özellikler, aynı zamanda sakatlık riskini azaltır (87).

2.1.6.6. Sürat ve Çeviklik

Çeviklik, bilişsel özellikler olan algılama, karar verme ve reaksiyon gösterme süreçlerinin, hızlanma, yavaşlama ve ani yön değişikliği gibi mekanik özelliklerle uyum içinde sergilendiği bir motor beceridir (89). Motor beceri düzeyi yüksek olan sporcular, ani yön değiştirme, sıçrama ve sprint gibi hareketleri daha etkili bir şekilde gerçekleştirebilmekte ve bu durum, sakatlanma riskini en aza indirmektedir (90).

Kayaklı koşu, genellikle dik ve engebeli arazilerde yapılır ve burada çevik hareketler, sporcunun daha hızlı ve güvenli bir şekilde pistte ilerlemesini sağlar. Çevikliğin artması, sporcunun daha verimli hareket etmesine yardımcı olur ve yarış sırasında hız kaybetmeden yön değiştirebilmesini sağlar. Çevikliğin gelişmesi, aynı zamanda vücut denge ve koordinasyonunu geliştirir, bu da sporcuların hızla değişen koşullara adapte olmalarını sağlar (87). Çeviklik, özellikle kayaklı koşucuların hız ve teknik becerilerini en üst düzeye çıkarmalarına olanak tanır. Kayaklı koşucular, dik yamaçlarda ve keskin virajlarda hız kaybetmeden doğru teknikle hareket etmek zorundadır (91).

2.1.6.7. Denge ve Koordinasyon

Denge, görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerden gelen sürekli duyusal girdilere dayanarak vücudun ağırlık merkezini destek yüzeyinde tutma yeteneğidir. Propriyosepsiyon, somatosensoriyel sistemin bir alt bileşeni olarak, deri ve kas-iskelet yapılarından gelen ağrı, dokunma ve sıcaklık gibi duyusal bilgileri kapsar. Ayrıca, vücudun hareketini, hızını, statik duruşunu ve kasların ürettiği kuvveti algılama becerisi olarak tanımlanır (19). Bu duyusal bilgiler, dış çevreden gelen kimyasal etkiler ya da ısı gibi uyaranlara bağlı olarak vücudun iç yapılarında meydana gelen değişikliklerden elde edilir. Mekanik propriyoseptörlerden alınan sinyaller, MSS'ne iletilerek serebral korteks ve serebellumda elektriksel sinyallere dönüştürülür. Bu sinyaller, vücut hareketlerinin ve pozisyonlarının kontrolünün sağlanmasında rol oynar (92).

Propriyosepsiyon, kayaklı koşu sporcularının hem sportif performansları (14) hem de yaralanma risklerini azaltma açısından kritik bir faktördür (15).

Propriyosepsiyon ile doğrudan ilişkili olan denge becerilerinin geliştirilmesi, atletik performansın artırılmasında ve alt ekstremite yaralanmalarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (20, 21). Yapılan araştırmalar, propriyosepsiyon geliştirmeye yönelik egzersizlerin eklem stabilitesini artırdığını, dinamik nöromusküler kontrolü geliştirdiğini ve bu sayede sporcuların performanslarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (93, 94). Özellikle diz stabilitesini desteklemesi, etkili hareketin ortaya konulması ve yaralanmaların önlenmesi açısından propriyosepsiyon duyusunun kalitesi farklı spor dallarında büyük önem taşımaktadır (95).

Kayak sporunda kullanılan tekniklerin tümü denge üzerine kurulmuştur. Kayma sırasında pistin uygunluğu, inişli çıkışlı yokuşlar, kar derinliği, görüş mesafesi gibi birçok faktör dengeyi etkilemektedir. Yarış esnasında kayakların etkin kontrolü, vücut ağırlığının alt ekstremiteler üzerine uygun şekilde aktarılması ve denge korunurken hızın sürdürülebilmesi, kayaklı koşu performansının belirleyici unsurları arasında yer almaktadır (18). Kayak sırasında dengeyi sağlamak, iç ve dış faktörler arasındaki uyumun yanı sıra iniş ve yokuş gibi zorlu koşullar arasında dengeyi sürdürebilmeyi de gerektirmektedir. Buna ek olarak, kayak pistlerindeki dik yokuşlar, karın derinliği, yoğunluğu ve yapısı ile hava koşullarına bağlı olarak değişen görüş mesafesi gibi dengeyi etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Tüm bu değişkenler göz önüne alındığında, dengeyi korumak için çoğu zaman tek kayak üzerinde hareket edebilmek önem arz etmektedir (96). Kayaklı koşucularda denge eğitiminin hızlı kuvvet üretimini arttırdığı ve hızlı kuvvet üretme becerisinin de kayaklı koşucuların sportif performansında kritik bir faktör olduğu bildirilmektedir (97, 98). Stöggl ve ark. (2011), 16 elit kayaklı koşucuyu dahil ederek yaptıkları çalışmalarında maksimum paten hızı ile bacak itme kuvveti arasında pozitif bir ilişki olduğuna dikkat çekmişlerdir (99). Fakat kar üzerinde gerçekleştirilebilecek denge antrenmanları genellikle sınırlı düzeydedir.

Kayaklı koşu, teknik beceriler, dayanıklılık ve kuvvetin yanı sıra yüksek düzeyde koordinasyon gerektiren bir spordur (100). Sporcuların kayak hareketlerini kollar ve bacaklarla senkronize bir şekilde gerçekleştirmesi performansı artırır. Koordinasyon, görsel, vestibüler ve proprioseptif sistemlerin entegrasyonu ile birden fazla kas grubunun uyum içinde çalışmasını sağlayarak karmaşık hareketlerin doğru ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini mümkün kılar. Kayaklı koşu sporcuları için

koordinasyon hem performansın artırılmasında hem de sakatlanma riskinin azaltılmasında kritik bir rol oynar (6). Kayaklı koşuda yüksek düzeyde koordinasyona sahip sporcular, enerji tüketimini azaltarak daha az eforla daha hızlı hareket edebilirler (101). Ayrıca, doğru koordinasyon sayesinde sporcular kayma ve itme hareketlerini etkili bir şekilde gerçekleştirebilir, bu da yarış esnasında daha iyi bir teknik uygulamayı mümkün kılar (72).

2.2. Postüral Kontrol ve Duyusal Entegrasyon

Postüral kontrol, bireyin yerçekimine karşı vücut pozisyonunu koruyabilmesi ve hareket sırasında stabiliteyi sürdürebilmesi için gerekli olan karmaşık bir motor beceri olup, MSS'nin çoklu duyusal girdileri etkin biçimde bütünleştirmesine dayanmaktadır (102). Bu süreçte somatosensöriyel, vestibüler ve vizüel sistemlerden gelen bilgiler MSS tarafından entegre edilerek uygun motor yanıtların oluşturulması sağlanır. Duyusal entegrasyonun etkinliği, statik ve dinamik denge performansının temel belirleyicilerinden biri olup, bireyin çevresel değişkenlere uyum sağlama ve postüral stabiliteyi sürdürme kapasitesini doğrudan etkilemektedir (103). Vizüel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemler, çevremizden ve vücudumuzdan gelen farklı türdeki bilgileri algılar ve bu bilgileri sinir sistemine ileterek vücudun düzgün bir şekilde hareket etmesini, çevreyle etkili bir şekilde etkileşime girmesini ve dengeyi sağlamasını mümkün kılar. Her bir sistem, farklı türdeki duyusal bilgileri işleyerek, beyin ve vücut arasında sürekli bir iletişim kurar. Bu süreç, hareketlerin koordine edilmesi ve çevresel değişikliklere hızlı bir şekilde adapte olunması için kritik öneme sahiptir (104, 105).

2.2.1. Vestibüler Sistem

Vestibüler sistem, iç kulakta yer alan yarım daire kanalları ve otolit organlar aracılığıyla başın hareketini ve yerçekimine göre konumunu algılayarak denge, postüral kontrol ve görsel stabilitenin sağlanmasında rol oynayan duyusal bir sistemdir. Vestibüler nöronlardan, serebellumdan ve korteksten gelen efferent uyarılar, vücudun çevreyle dengesini koruması için motor ve oküler sistemde cevap oluştururlar (106).

Vestibüler sistem, diğer duyusal sistemlerden farklı olarak birden fazla duyu ve işlevle aynı anda çalışabilme özelliğine sahiptir. Örneğin, vestibüler sistem, proprioseptif sistemle birlikte çalışır ve bir hareket planının beyne iletilen uyarıları

sayesinde beynin aktif olarak yapılan baş hareketlerini pasif hareketlerden ayırt etmesine yardımcı olur (107). Ayrıca, vizüel ve proprioseptif sistemler vestibüler sistemle birlikte çalışarak, baş ve vücut dengesinin sağlanması ve bakış yönünün sabit kalması için önemli bir rol oynar.



Resim 2.3: Postüral kontrolde vestibüler sistemin dört önemli rolü: Sporcu virajlarda eğildiğinde gövde oryantasyonunu yerçekimi ve piste göre algılar (1). Üst gövdesini yerçekimine (sensöryal oryantasyon) göre yönlendirir (2). Ağırlık merkezini (postüral cevaplar) kontrol eder (3). Boşlukta başını stabilize eder (4). (Kayaklı koşu milli takım sporcusu Hamit Tarık Aydın) (Ek-1).

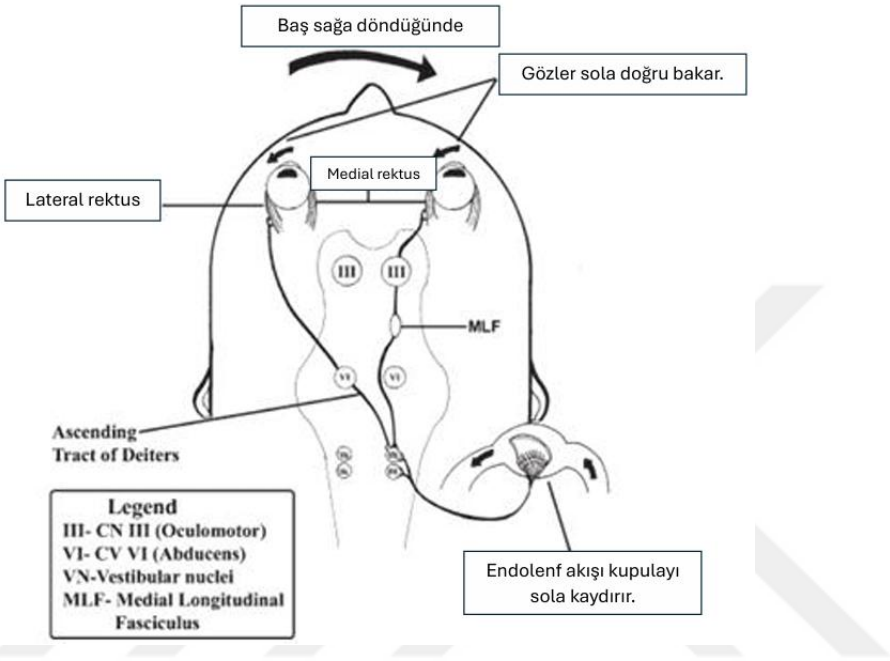
2.2.1.1. Vestibüler refleks

Vestibüler uyarım, üç tür refleks yanıtına yol açar: vestibülo-oküler, vestibülo-spinal ve vestibülo-koklear yanıtlar.

Vestibülo-Oküler Refleksler (VOR)

Vestibülo-oküler refleksler, baş veya vücut hareket ederken sabit bir nesneye bakışın korunmasına yardımcı olur. Vestibülo-oküler refleks, başın dönmesi sırasında retinal görüntüleri stabilize etmek için göz hareketlerini koordine eder. Örneğin, baş sağa döndüğünde, yarım daire kanallarının ampullasındaki endolenf akışı kupulayı sola doğru saptırır. Bu, sağ taraftaki saç hücrelerinin depolarizasyonuna, sol taraftaki saç hücrelerinin ise hiperpolarizasyonuna neden olur. Sonuç olarak, sağ vestibüler sinirin afferent liflerindeki ateşleme frekansı artar ve impulslar ipsilateral superior ve medial vestibüler çekirdeklere ve serebelluma iletilir. Uyarıcı impulslar medial longitudinal fasikülüs aracılığıyla sağ okülomotor çekirdeklere ve Deiters'in çıkan

traktusu aracılığıyla sol abdusens çekirdeklerine iletilir. Bunun sonucunda ipsilateral medial rektus ve kontralateral lateral rektus kasılır ve gözlerin sola (başın dönüş yönünün tersine) hareket etmesine neden olur. Eğer göz hızı ve baş hızı eşleşmezse, beyinciğin flokkonodüler lobundan gelen girdiler vestibüler çekirdeklere iletilir ve bu uyumsuzluğu düzeltmek için ateşleme hızları modifiye edilir (108).



Şekil 2.1: Vestibülo-oküler Refleks (106).

Vestibulo-Spinal Refleks

Vestibülo-spinal refleksler, postürü ayarlamaya ve korumaya yardımcı olur. Bu, vestibüler impulsların, vestibülo-spinal traktuslar aracılığıyla omuriliğin ön boynuzlarındaki motor nöronlara iletildiği myotatik refleks ile gerçekleşir. Miyotatik refleks, gövde ve uzuvlardaki iskelet kaslarının tonusunun kontrolünden sorumludur ve sadece vestibüler sistem tarafından değil, aynı zamanda bazal ganglionlar, serebellum ve retiküler formasyon gibi beyin merkezleri tarafından da düzenlenir (109). Vestibüler sistemin, serebellumun ve retiküler sistemin aktiviteleri, bu yollar aracılığıyla hareketlerin koordine edilerek dengenin korunmasını sağlar (109, 110).

Bu refleks, ipsilateral gövde ve proksimal ekstremite ekstansörlerinin monosinaptik aktivasyonuna ve kontralateral proksimal ekstansörlerin disinaptik inhibisyonuna neden olur. Başın yarım daire kanalları tarafından algılanan açısal dönüşü, medial vestibüler çekirdeğe iletilir ve medial vestibulospinal traktus burada

başlar. Bu traktus, servikal omurilikteki motor nöronlara bilateral olarak uzanır. Baş ve boyun hareketlerini koordine eden servikal kasları aktive eder (111).

Vestibülo-Koklear Refleks

Vestibülo-koklear reflekslerin, özellikle ani hareketler sırasında başı stabilize etmek için servikal kaslar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (112). Baş veya vücut hareketleri sırasında görmenin stabilitesi, vestibüler sistemin önemli bir fonksiyonudur. Çeşitli göz hareketleri, ilgi duyulan bir nesnenin görüntüsünü foveaya yansıtmak ve foveada tutmak gibi önemli işlevlere sahiptir. Genel anlamda hızlı göz hareketleri olan sakkadlar, hedefin görüntüsünü foveaya getirirken, vestibülo-oküler refleksler, yavaş takip hareketleri ve optokinetik nistagmus gibi yavaş göz hareketleri görüntünün burada kalmasına yardımcı olur (113).

Sakkadik hareketler, gözlerin bir hedefe hızlıca odaklanmasını sağlayan yüksek hızlı göz hareketleridir. Sakkadik hareketler, parapontin retiküler formasyon tarafından kontrol edilir ve vestibüler veya optokinetik nistagmusun hızlı fazlarında olduğu gibi hem istemli olarak hem de refleks olarak üretilebilirler (109).

Smooth pursuit, gözlerin yavaşça (saniyede 60-70°'ye kadar hızla) ve düzgün bir şekilde hareket eden bir hedefi doğru bir şekilde takip etmelerini sağlayan düşük hızda bir göz hareketidir. *Smooth pursuit* sadece fovealı hayvanlarda bulunur (109).

Optokinetik göz hareketleri, görsel alanın tamamının hareketiyle görsel olarak iletilir ve hem kortikal hem de subkortikal bileşene sahiptir. Kortikal bileşen, anatomik ve fizyolojik olarak düzgün izleme fonksiyonu ile yakından ilişkilidir. Bu sistem, düzgün izleme ile baş hareketi sırasında görüntülerin retinada sabit bir şekilde tutulmasını sağlar (114).

2.2.2. Vizüel Sistem

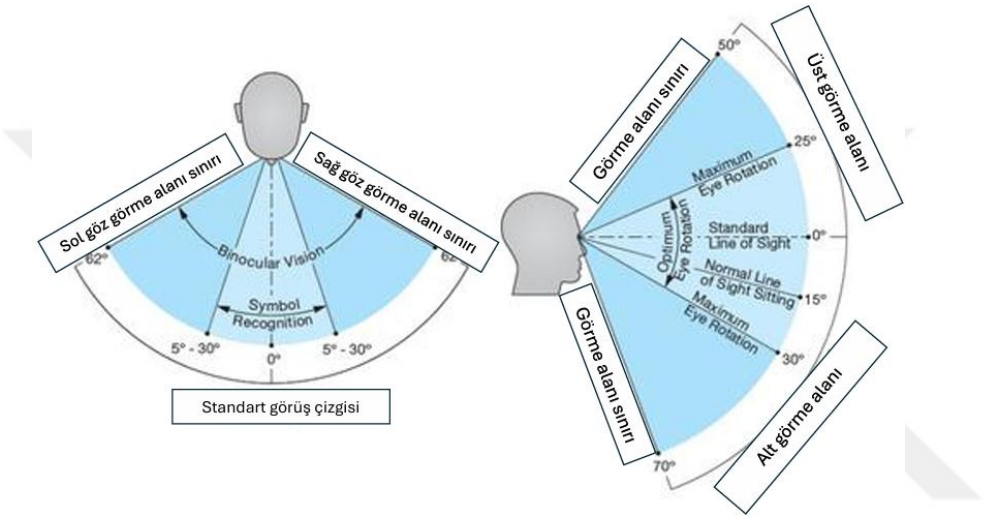
Görsel sistem, işlevsel olarak oldukça özelleşmiş ve genel bir hiyerarşik organizasyonu izleyen birbirine bağlı yapı ve yollardan oluşur. Bu özelleşme, ilk olarak ışığa duyarlı fotoreseptör ve ganglion hücrelerinin ışığın farklı mekansal ve zamansal özelliklerine seçici olarak yanıt verildiği retinada başlar (115).

Görme, dengeyi sağlamak için birincil duyusal sistem olarak bilinse de (116), karanlıkta dik durabilmek veya çarpmadan hareket edebilmek de mümkündür. Fakat karanlık bir ortamda sabit bir ışık kaynağına odaklanan kişilerin dengelerini koruyabilmek için yaptıkları vücut salınımlarının büyük ölçüde azaldığı bilinmektedir

(117). Yani bireyin etrafındaki görsel ortamın iyileştirilmesi postüral stabiliteyi artırır. Ayrıca nesne boyutu, konum, iki göz arasındaki fark, görsel hareket, görsel keskinlik, alan derinliği ve uzaysal frekans gibi faktörler de görsel postür kontrolünü etkiler (117).

2.2.2.1. Görme Alanı

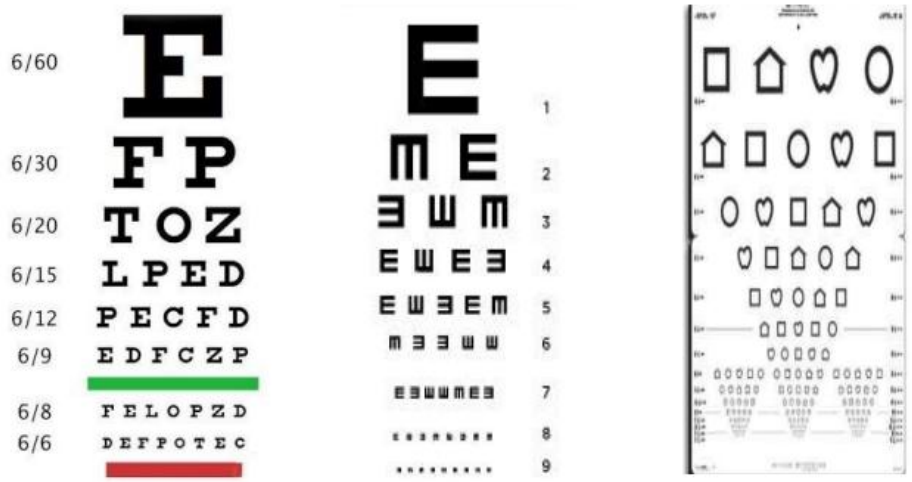
Görme alanı gözün retina tabakasının algıladığı uzaysal ve üç boyutlu alan olarak tanımlanır. Bu alan, bireyin başını veya gözlerini hareket ettirmeden, karşısında bulunan sabit bir noktaya odaklanırken çevresinde taradığı tüm alanı ifade eder (118).



Şekil 2.2: Görme Alanı (118).

2.2.2.2. Görme Keskinliği

Görme keskinliği, gözün tespit edilebilen veya tanımlanabilen en ince detay seviyesini tahmin eder. Genelde görme keskinliği, sağlıklı bir kişinin 6 metrede gösterdiği performansa göre yorumlanır. Bu mesafede, normal görme keskinliği 6/6 (veya 20/20) olarak ifade edilir; bu da kişinin retina üzerinde 5 dakikalık açıya sahip şekilleri ayırt edebildiğini ve 1 dakikalık açıya sahip çizgiler veya boşlukları fark edebildiği anlamına gelir (119). Foveanın merkezi, uzun, ince ve sıkı bir şekilde yerleşmiş koni fotoreseptörlerinden oluşur. Bu koniler arasındaki mesafe, ince detayların çözünürlük sınırını belirler. Keskinlik gelişiminde fotoreseptörlerin yanı sıra sinirsel faktörler de etkilidir ve özellikle görsel korteksin olgunlaşması bu süreçte önemli bir rol oynar (119).



Şekil 2.3: Görme Keskinliği (120).

2.2.2.3. Akomodasyon

Akomodasyon, lensin kırıcılık gücünü artırarak farklı mesafelerdeki nesnelerin retinaya daha net bir şekilde yansımasını sağlayan doğal bir uyum mekanizmasıdır. Yani göz, farklı uzaklıktaki mesafeleri görebilmek için odak noktasını değiştirir (121).



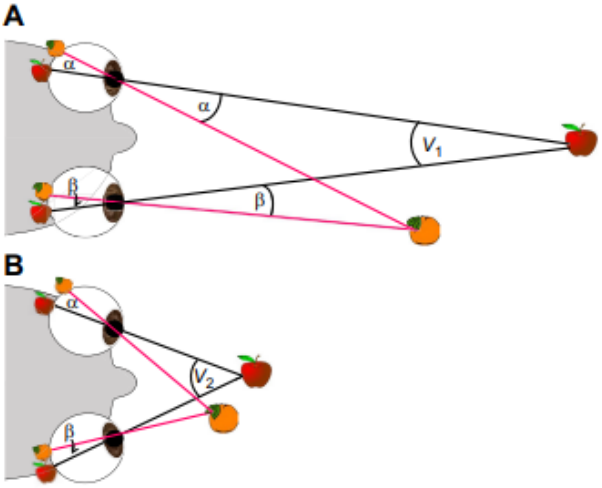
Şekil 2.4: Akomodasyon (122).

2.2.2.4. Stereopsis

Stereopsis, derinliği algılamak için iki gözden gelen görüntüleri birleştirme yeteneğidir. Bu beceri dünyayı üç boyutlu görebilmek için gereklidir ve aynı zamanda görsel-motor becerilerde de önemli bir rol oynar. Görsel kortikal alanları iki gruba ayırır: Birincisi, büyük ölçüde nesnelerin konumu ve hareketiyle ilgilenen "dorsal akış", ikincisi ise büyük ölçüde nesnelerin şekli ve rengiyle ilgilenen "ventral akış"tır. Stereopsis'in dorsal akışın bir fonksiyonu olduğu öne sürülmüştür (123).

Stereopsis, gözlerin başta yan yana konumlanması sayesinde derinlik algısının oluşmasını sağlar. Bu sayede her iki göz, çevremizi biraz farklı açılardan görür. Mesela

parmağımız yüzümüze yakın bir yerde tutup her iki gözle sırayla baktığımız anda oluşan iki retina görüntüsü çoğu açıdan birbirine benzer olup tek farkı pozisyonel bir kaymadır. Bu kayma, gözünüzü değiştirdiğinizde parmağınızın hareket ediyormuş gibi görünmesini sağlar (124).



Şekil 2.5: Stereopsis (124).

2.2.2.5. Kontrast Duyarlılığı

Kontrast duyarlılığı, hedefin tanımlanması için gereken en küçük parlaklık farkının tersidir ve yüksek düzeyde mekansal frekansa bağlıdır. Kontrast duyarlılığı, günlük yaşam aktivitelerinde performansı tahmin etmede ve gerçek nesneleri tespit etmede daha etkili olduğu için görme keskinliğinden daha iyi bir ölçüttür (125). Bireyde görme keskinliği normal sınırlar içinde olsa bile birçok yaygın klinik durumda kontrast duyarlılığında bozulma olabilir (126).

2.2.2.6. Renk

Hem görme keskinliği hem de kontrast duyarlılığı, siyah, beyaz ve gri tonlama uyarıcıları için algı sınırlarını ölçer. Ancak renk, doğal ortamda önemli bir sinyaldir ve nesneleri tanımayı kolaylaştırır. İnsan renk görüşü trikromatik olarak adlandırılır, yani retinadaki 3 koni fotoreseptör sınıfına bağlıdır. Bu renge duyarlı koniler, her dalga boyundaki ışığın renk görünümüne bağlı olarak sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi konilere karşılık gelen uzun, orta ve kısa dalga boylarında zirveye ulaşan spektral hassasiyetlere sahiptir. Eğer fotosensitif pigmentlerin kodlanmasından sorumlu genlerde bir bozukluk varsa bu, anormal trikomatiklik olarak adlandırılan renk algısının bozulmasına yol açabilir (127).

2.2.2.7. Derinlik

Görme keskinliği, kontrast duyarlılığı ve renk testlerinin hepsi, iki boyutta sunulan uyaranların algılama sınırlarını ölçer. Ancak, nesnelerin derinlikteki göreceli konumu da çevreyle etkileşimde bulunmak için kritik bir ipucudur (128). Derinlik bilgisi, tek gözlü ve iki gözlü ipuçlarından elde edilebilir. İnsan gözlerinin arasındaki mesafe ve her bir gözün foveasını bir nesneye yönlendiren ve o nesnenin yaklaşıp uzaklaşmasını sağlayan konverjans hareketleri, iki önemli derinlik ipucu oluşturur (129).

2.2.2.8. Hareket

Çevremizle güvenli bir şekilde etkileşim kurmak ve hareket edebilmek, hareketi algılama yeteneğimize bağlıdır. Yanıp sönen bir ışık gibi bir uyarıcıyı fark etme ilk olarak retinada başlar. Yön seçici görsel nöronlar, geniş görsel alanlarda hareketi işleme konusunda uzmanlaşmış olan orta temporal girusa bağlanır. Hareketi algılayabilme yeteneğinin azalması, görsel bilgilerin doğru bir şekilde birleşmesini engelleyebilir ve bu da günlük yaşam aktivitelerini zorlaştırabilir (130). Okülomotor sistem, gözlerin sabit kalmasında ve hareketlerinin kontrol edilmesinde görevlidir. Bu sistem, görsel sistemin efferent kolu ve vestibüler sistemden oluşur. Efferent kolu göz pozisyonunu korur ve göz hareketlerini gerçekleştirir. Vestibüler sistem ise beynimize, hareket, baş pozisyonu ve mekansal yönelim hakkında bilgi verir, bu da postür, denge ve hareket sırasında stabilite sağlama gibi motor fonksiyonları kolaylaştırır. İşitme ve dokunma duyusu da göz hareketlerini etkiler (131). Göz kaslarının kasılması sayesinde gözün göz çukurunda gerçekleştirdiği hareketleri; fiksasyonlar ve sakkadlar, pürüzsüz takip hareketi, fiksasyon sırasında gerçekleşen göz hareketleri sırasında açığa çıkan tremorlar, mikrosakkadlar ve kaymalar gibi göz hareketleri, göz kırpmalar ve oküler vergens olarak sıralayabiliriz (132).

Fiksasyon ve Sakkadlar

Göz hareketi fiksasyonlar ve sakkadların sıralaması olarak yorumlanabilir. Fiksasyon, bakışımızın belirli bir konumda kaldığı bir süredir. Sakkad ise, bir fiksasyondan diğerine geçerken yapılan ve bakışını yeniden konumlandıran balistik göz hareketleridir. Tipik olarak insanlar, saniyede 3-5 sakkad yapar, ancak bu hız algısal ve bilişsel taleplere göre değişir. Bu hareketler isteyerek yapılabilir, ancak genellikle otomatik olarak gerçekleşir ve fark edilmez. Bir spor etkinliğini izleyen,

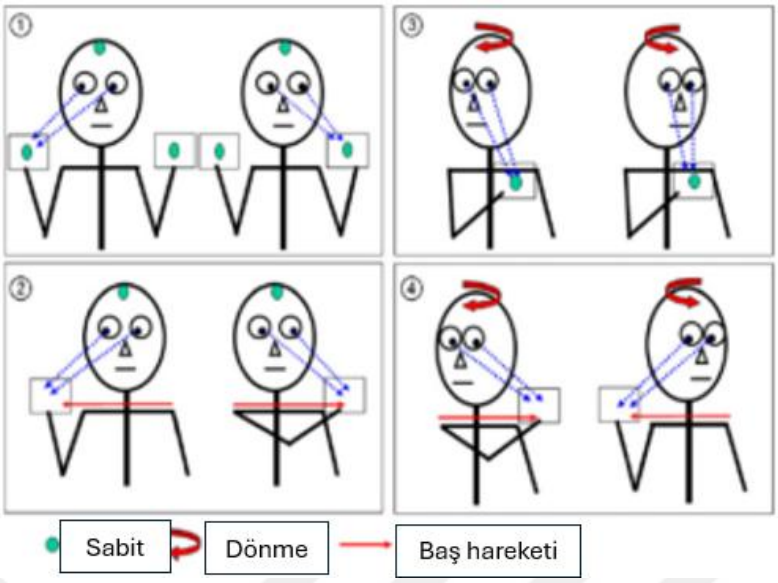
birisiyle sohbet eden, televizyon izleyen veya kitap okuyan bir kişi bu hareketlerin farkına varmadan birçok sakkad yapar. Gözlerin gerçek hareketi fark edilmediği gibi görüntülerin retinanın üzerinde kayıp yer değiştirdiği ve bakış yönünün değiştiği de genellikle fark edilmez. Görsel keşif süreci, sırasıyla fiksasyonlar ve sakkadların birbirini takip etmesiyle karakterizedir (133). Ancak, bir fiksasyon, sabit bir göz anlamına gelmez; gözlerimiz, fiksasyon dönemlerinde bile sürekli tremorlar, mikrosakkadlar ve kaymalar gibi istem dışı hareketler yapar (134). Sakkadlar, sabit uyaranlara odaklanılmış görsel dikkat sırasında engellenir ve bunun sonucunda neredeyse sabit bir merkezi fiksasyon elde edilir (134).

Göz kırpma

Göz kırpma, göz kapağının hızla açılıp kapanmasını ifade eder. Göz kırpmalar, göz takibi ölçümlerinde ilkel olmasına rağmen yaygın olarak kullanılır. Göz kırpma, bilinçli bir eylemden kaynaklandığında istemli bir göz kırpma haline gelir. İstem dışı göz kırpmalarda ise spontan göz kırpmalar ve refleksif göz kırpmalar olmak üzere iki tür vardır. Refleksif göz kırpmalar, dışsal uyaranların koruma amacıyla tetiklediği göz kırpmalardır, bu kategorilerden herhangi birine ait olmayan istem dışı her göz kırpma ise spontan göz kırpma olarak kabul edilir (135).

Pürüzsüz takip

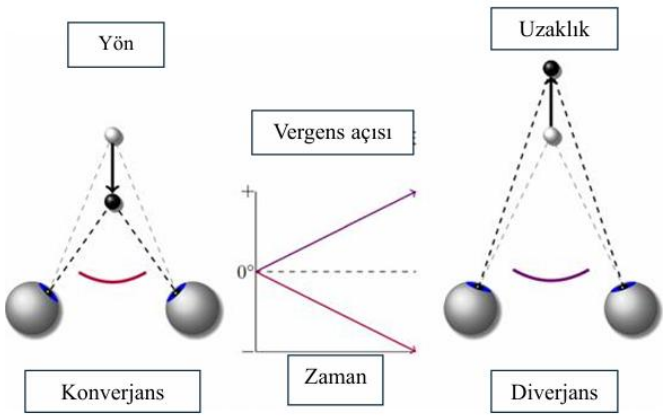
Pürüzsüz takip, hareket halindeki nesneleri izlemek için yapılan göz hareketleridir. Bu sayede biz ya da nesneler hareket ediyor olsa bile gözler, retina görüntüsünün net ve kaliteli oluşabilmesi için seçilen nesneler üzerinde sabit kalır. Benzer durum başın hafif hareketleri sırasında da geçerlidir; bu hareketler kısmen vestibüler mekanizmalar tarafından telafi edilir (136). Hareket halindeki hedeflerin de net bir şekilde görülebilmesi için düzgün takip gerekir. Tipik bir pürüzsüz takip hareketi, genellikle takip edilen nesneye odaklanmak için sakkadik göz hareketi ile başlatılır. Pürüzsüz takip sistemi, sakkadik sistemle çok benzer bir fonksiyonel mimariye sahiptir; ancak pürüzsüz takip, sakkadlardan daha düşük bir gecikmeye (100-125 ms) sahiptir (sakkadlar 200-250 ms). Pürüzsüz takip asimetriktir. Çoğu insan ve primat yatay takipte dikey takipten daha iyidir. Takip, sürekli görsel geri bildirim ile modifiye edilir (137, 138).



Şekil 2.6: Göz Takip Hareketleri (138).

Oküler Vergens

Vergens göz hareketleri, gözleri zıt yönlerde hareket ettirir ve böylece nesnelerin görüntülerinin her iki foveaya düşmesi sağlanır. Bu süreçte binoküler görüş, iki gözün zıt hareketleriyle korunur. Aynı anda yapılan bu karşıt hareketler gözlerde oküler konverjans oluşturur. Konverjans, gözlerin içeriye doğru, ayrı ayrı hareket etmesidir, oysa diverjans, gözlerin zıt yönde dışarıya doğru hareket etme yeteneğidir (139). Vergens göz hareketi sistemi, gözlerin birlikte değil, ayrı ayrı hareket etmesine neden olan tek görsel tepkidir. Bu sistem, derinlik algısı ve göz hareketlerinin tekrar odaklanması açısından önemli bir rol oynar. Sakkadik sistemle birlikte çalışarak, her iki göz de hızlı ve simetrik şekilde odaklanabilir (139).



Şekil 2.7: Oküler Vergens (139).

2.2.3. Somatosensoriyel Sistem

Somatosensoriyel sistem deri yüzeyinde meydana gelen olayları bize hissettirmek gibi temel bir işlevinin yanı sıra, vücudumuzun uzaydaki konumunu anlamamıza yardımcı olur ve motor sistemimize hareketleri kontrol edip koordine etmesi için geri bildirim sağlar. Sensorimotor kontrol, MSS'nin hareket, denge, postür ve eklem stabilitesini yönetmesini ifade eder. Günlük yaşamda normal bir duruşu korumak ve aktiviteleri güvenle gerçekleştirebilmek için iyi uyum sağlamış motor hareketler gerekir ve bu hareketler tüm vizüel, vestibüler ve somatosensör sistemlerden, eksiksiz ve iyi entegre edilmiş bilgilerin birleşerek iskelet kaslarının aktivasyonunu koordine eden motor komutlara dönüşmesi sonucu açığa çıkar (140).

Propriyoseptif bilgiler, omurilik düzeyinde, beyin sapında, daha yüksek kortikal merkezlerde, ayrıca subkortikal serebral çekirdeklerde ve serebellumda işlenir. Bu bilgiler, afferent yollar aracılığıyla çoğunlukla medullaya ve talamusa, ardından somatosensoryal kortekse (bilinçli propriyosepsiyon) veya spinal nukleus aracılığıyla serebelluma (bilinçsiz propriyosepsiyon) aktarılır. Servikal propriyoseptif bilgiler aynı zamanda göz ve baş hareketlerinin koordinasyonunun refleks merkezi olduğu düşünülen orta beyindeki süperior kollikulusa da iletilir. Servikal propriyoseptörler ayrıca vestibüler nükleuslarla önemli merkezi bağlantılara sahiptir ve baş ve gözün hareket kontrolü ile dengeyi içeren reflekslerde görev alırlar (serviko-oküler, serviko-kollik ve tonik boyun refleksi) (141). Bunlar, vestibüler ve görsel sistemlerle ilişkili boyun ve göz kaslarını etkileyen diğer reflekslerle birlikte çalışır.

Propriyosepsiyonun sensorimotor kontroldeki rolü çok yönlüdür. Uygun motor komutları planlamak için MSS, vücut parçalarının biyomekanik ve mekansal özelliklerinin güncellenmiş bir vücut şemasına ihtiyaç duyar ve bu şema çoğunlukla propriyoseptörler tarafından sağlanır. Propriyosepsiyon, hareket sonrası da önemlidir, çünkü hareketin gerçek hali, planlanan hareketle ve efferent çıkış tarafından sağlanan tahmin edilen hareketle karşılaştırılır. Bu, motor komutun içsel ileri modeli güncellenerek motor öğrenme için önemli bir rol oynar (142). Hareketler sırasında propriyosepsiyonun önemi, geri bildirim (reaktif) kontrolü, ileriye dönük (hazırlık) kontrolü ve kas tonusunun düzenlenmesindedir. Bu, hareket hassasiyeti, eklem stabilitesi, koordinasyon ve denge gibi belirli hareket rollerinin başarılması için

gereklidir (143). Servikal propriyoseptif bilgi de baş ve göz hareket kontrolü için son derece önemli bir role sahiptir.

Nöroatletik eğitimin hareketin ve postüral kontrolün sağlanmasında vizüel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerin uyaranlara daha hızlı ve etkili bir şekilde tepkiler oluşturmasını sağlayarak sporcuların performanslarını artırabileceği düşünülmektedir. Nöroatletik eğitim bu sistemlerin verimli bir şekilde çalışmasını sağlayarak kuvvet, denge ve koordinasyon, çeviklik gerektiren kayaklı koşu sporunda yaralanma riskinin azaltılmasına ve performans artışına katkı sağlayabilir. Ayrıca bu antrenman her üç duyusal sistemin entegrasyonunu güçlendirerek, vücut pozisyonunun doğru algılanmasını, motor becerilerin daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine ve postüral kontrole katkı sağlayabilir.

2.3. Nöroatletik Eğitim

Sporcular yüksek motivasyon, enerji ve disiplinli çalışmaya rağmen hedefledikleri performans düzeyine ulaşamayabilirler. Spordaki performans fiziksel, fizyolojik, biyomekanik ve teknik becerilerle ilişkilendirilmektedir. Ancak, etkili bir performans, başarı sürecinde bilişsel yetiler, dikkat ve bileşenleri genellikle göz ardı edilmektedir. Vücutta gerçekleşen tüm fizyolojik ve biyomekanik süreçleri düzenleyen ve kontrol eden temel yapının beyin olduğu gerçeği unutulmaktadır.

Tüm fizyolojik ve motor işlevler, hayatta kalma hedefine bağlı olarak önceliklendirilir ya da ertelenir. Sinir sisteminin işleyişi potansiyel tehditleri ve öngörülemeyen durumları algılamak, bunlara hızlı ve etkili tepkiler vermek üzere tasarlanmıştır. Dolayısıyla, atletik performansın artırılmasında beyin ve sinir sistemi işlevlerinin dikkate alınması hayati bir öneme sahiptir (144). Bireyin performansı, beynin mevcut veri durumuna dayanarak verdiği kararlar doğrultusunda şekillenir. Antrenman sonuçları yalnız bireyin iradesine, antrenman programının niteliğine veya sporcunun genetik özelliklerine değil; aynı zamanda sporcunun beyni ve MSS'nin ne derece verimli çalıştığına da bağlıdır (145). Çünkü hareketin hassasiyeti, gücü, esnekliği ve koordinasyon düzeyi vizüel sistem, vestibüler sistem ve somatosensoriyel sistemlerden beyne iletilen bilgilerin kalitesi ve bu bilgilerin işlenme biçimiyle doğrudan ilişkilidir. Bu sistemlerin her biri, vücudun farklı bölgelerinden bilgi alır ve bu bilgileri sinir sistemi aracılığıyla işleyerek vücudun uzaydaki durumunu ve hareketini algılar. Bu üç sistemin uyumlu bir şekilde çalışması, vücudun çevresel

değişimlere hızlı ve doğru bir şekilde yanıt verebilmesi için gereklidir. Bu uyum kayaklı koşu gibi bir spor branşında hızlı dönüş ve yön değişiklikleri, düşme ve yaralanma riskini azaltma, hızlı tepki, enerji verimliliği ve hız açısından oldukça önemlidir.

Kognisyon; dikkat, bilginin oluşumu, hafıza ve çalışma belleği, yargı ve değerlendirme, akıl yürütme ve hesaplama, problem çözme, karar verme, anlama ve konuşma gibi entellektüel işlevlerin ve süreçlerin birçok yönünü kapsayan zihinsel süreçler dizisidir. Bu becerileri geliştirmek için yapabileceğimiz kognitif temelli egzersizlerle zihinsel gücümüzü geliştirmek mümkündür (144). Nöroatletik eğitim, atletik antrenman ve nörobilim disiplinlerini kapsayan geniş bir terimdir. Bu terim, sinir sistemi tarafından hareket kontrolünün bileşenleri aracılığıyla biyomekanik olarak kontrol edilen ve nörofizyolojik yapılara odaklanmış daha kapsamlı bir anletik antrenmanı ifade eder (25). 2000'li yılların başında antrenör Eric Cobb, nörobilimden elde edilen bulgular ile terapi ve eğitimden elde edilen pratik deneyimi birleştirerek nörobilimsel bulgulara dayalı nöroatletik eğitimi geliştirmiştir. Gerçekleştirdiğimiz her hareket için vizüel sistem, vestibüler sistem, somatosensoriyel sisteme ve sinir sisteminin zayıf noktalarına odaklanan nöroatletik eğitim performansı artırmak ve yaralanmaları önlemek için sinir sistemi ile kas-iskelet sistemi arasındaki koordinasyonu artırmaya, işleyiş süreçlerini düzenlemeye, vücudun orijinal uyaranları işleme yeteneğini geri kazanmasına yardımcı olabilir ve hayatımızın neredeyse tüm alanlarındaki performansımızı geliştirir (145).

Sporcu, branşına özgü hareketleri gerçekleştirirken bireysel sporlarda kendisinin, takım sporlarında ise takım arkadaşlarının ve rakiplerinin pozisyonuna göre motor tepkilerini yönetme, hızla bastırma ve yeni bir karar verme (inhibitör kontrol) yeteneğine sahip olmalıdır. Yani, bir sporcu yarışma sırasında planladığı hareketlerini takımına, rakiplerine ve sahadaki değişikliklere göre hızlı ve etkili bir karar verecek şekilde adapte edebilmelidir. Bu yüzden sporcunun en yüksek başarıyı elde edebilmesi için sadece fiziksel antrenmanlara odaklanmak yeterli olmaz (145).

Nöroatletik eğitim ve vizüel sistem arasındaki ilişki, hareket kontrolü ve denge üzerinde doğrudan etkili olan bir mekanizmadır. Vizüel sistem, çevremizi algılamamızı sağlayan en önemli duyusal sistemlerden biridir ve beyinle olan yakın bağlantısı sayesinde motor hareketlerin yönlendirilmesinde kritik bir rol oynar (146).

Nöroatletik eğitimde göz hareketlerini ve odaklanmayı artıran egzersizler çevresel farkındalığı artırır ve değişen durumlara daha hızlı tepki verilmesini sağlar. Nöroatletik eğitim bu sistemi güçlendirmek ve görsel verilerin daha hızlı ve doğru bir şekilde işlenmesini sağlamak için çeşitli egzersizler içerir. Gözlerden gelen uyarılar beynin somatosensoriyel ve vestibüler sistemle birlikte çalışmasını sağlar. Nöroatletik eğitimde göz hareketleri, odaklanma, yakınsama-uzaksama ve görsel takibi gibi beceriler geliştirilir. MSS bu eğitimle daha etkin çalışarak kaslara gönderilen komutların hızını ve doğruluğunu artırır, bu da dengenin sağlanmasında ve hareketlerin koordinasyonunda büyük bir avantaj sunar. Bu sayede gözle takip edilen bir nesneye uygun motor tepki verme yeteneği geliştiği için birey çevresel değişikliklere daha hızlı tepki verebilir ve hareketlerini daha kontrollü bir şekilde gerçekleştirebilir (147). Bu da sporcularda hız, refleks ve isabet oranının artmasına yardımcı olur. Sonuç olarak, nöroatletik eğitim beyin, gözler ve kaslar arasındaki bağlantıyı güçlendirir. Böylece bireyin hem spor performansını artırır hem de denge, koordinasyon ve refleks cevaplarında önemli gelişmeler sağlar. Bu nedenle nöroatletik eğitim programlarında vizüel sistemin eğitimi büyük bir yer tutar.

Nöroatletik eğitim ve vestibüler sistem arasındaki ilişki özellikle başın hareketlerine duyarlı olan yarım daire kanalları ve yerçekimine karşı konumumuzu algılayan otolit organları aracılığıyla çalışır. Bu yapıların gönderdiği bilgiler, beyin tarafından işlenerek kaslara gerekli motor yanıtlar iletilir. Bu sistem, vücudun uzaydaki pozisyonunu belirlemek, dengeyi korumak ve göz hareketlerini koordine etmek için beyinle sürekli iletişim halindedir (148). Nöroatletik eğitim, bu süreci destekler ve vestibüler sistemin daha hızlı ve doğru çalışmasını sağlar. Örneğin, başın pozisyonu değiştiğinde dengeyi korumak için kaslara gönderilen komutların hızlanması, bu eğitim sayesinde gelişir. Ayrıca, vestibüler sistem göz hareketleriyle de yakından ilişkilidir. Vestibülo-oküler refleks adı verilen mekanizma, baş hareket ederken gözlerin sabit bir noktaya odaklanmasını sağlar. Nöroatletik eğitimde, bu refleksin güçlendirilmesi için görsel takip ve baş hareketleriyle yapılan egzersizler sıklıkla kullanılır. Bu sayede birey, hareket halindeyken çevresini daha net algılar ve dengesini daha kolay korur. Özetle, nöroatletik eğitim vestibüler sistemin işlevselliğini artırarak denge, koordinasyon ve hareket doğruluğunda önemli gelişmeler sağlar. Bu eğitim, sinir sistemiyle kas-iskelet sistemi arasındaki etkileşimi artırarak bireyin hem

günlük yaşamda hem de spor performansında daha güvenli ve etkili hareket etmesine yardımcı olur. Denge, nöroatletik eğitimde önemli bir yer tutar. Denge, yalnız kas gücü ya da postür kontrolüyle sağlanmaz; beyinden gelen motor komutlar, görsel algı, vestibüler sistem ve proprioseptif geri bildirimlerin bir bütün halinde çalışması gerekir. Nöroatletik eğitim beyin, omurilik ve periferik sinir sistemi ile iş birliği içinde çalışarak eklemler, kaslar ve tendonlardaki reseptörlerin beyne gönderdiği sinyalleri güçlendirir, reflekslerin hızını artırır ve bireyin daha hızlı ve etkili bir şekilde pozisyonunu korumasını sağlar. Bu sayede birey, daha hızlı ve kontrollü tepkiler vererek dengesini daha iyi korur (149). Kor enduransı, postür kontrolü ve hareket stabilitesi için kritik bir faktördür. Güçlü bir kor hem üst hem de alt ekstremite hareketlerinde daha iyi stabilizasyon sağlar ve sakatlık riskini azaltır. Nöroatletik eğitim, bu kasların daha etkin ve senkronize çalışmasını destekleyerek gövde stabilitesini artırır (150). Nöroatletik eğitimle sinir sistemi, kor kaslarına daha hızlı ve doğru komutlar gönderir; bu da vücudun ani pozisyon değişikliklerine ve dengesiz zeminlere karşı daha etkili tepki vermesini sağlar. Özellikle sürat, çeviklik ve patlayıcı kuvvet gerektiren sporlarda kor enduransının yüksek olması performansın artmasında kilit bir rol oynar (151).

Propriosepsiyon, vücudun uzaydaki konumunu algılama yeteneğidir ve nöroatletik eğitim bu algıyı geliştirmek için özel egzersizler içerir. Kaslarda, eklemlerde ve bağ dokularında bulunan proprioseptörler, sürekli olarak beyne bilgi göndererek hareketlerin doğru, kontrollü ve dengeli bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Nöroatletik eğitim bu reseptörlerin duyarlılığını artırarak sinir sistemi ile kas-iskelet sistemi arasındaki iletişimi güçlendirir. Ayrıca, nöroatletik eğitim propriosepsiyonu geliştirerek reflekslerin hızlanmasını ve postür kontrolünün gelişmesini sağlar.

Çeviklik, yalnız kasların hızlı kasılma yeteneğiyle değil, aynı zamanda sinir sisteminin kaslara ne kadar hızlı ve etkili komut gönderebildiğiyle de doğrudan ilişkilidir. Kasların hızlı kasılma kapasitesi, yani patlayıcı kuvvet, nöroatletik eğitim sayesinde sinir sisteminin kas liflerini daha etkin bir şekilde aktive etmesiyle artar. Özellikle hızlı kasılan tip II kas liflerinin daha iyi kontrol edilmesi, kısa mesafelerde sürat ve çeviklik performansını olumlu yönde etkiler (152). Nöroatletik eğitim, görsel, vestibüler ve proprioseptif sistemleri içeren egzersizlerle reaksiyon süresini hızlandırır. Sinir iletim hızının artması, kasların daha hızlı ve etkili bir şekilde aktive

olmasını sağlar, bu da özellikle patlayıcı kuvvet ve hız gerektiren hareketlerde performansın artmasına katkıda bulunur. Özellikle çevresel uyaranları algılama ve bu uyaranlara hızlı tepki verme becerisi geliştiğinde, bir sporcunun ani yön değişiklikleri yapması, patlayıcı kuvvet üretmesi ve süratini artırması daha kolay hale gelir. Gözler kapalı denge çalışmaları, hızlı görsel takip egzersizleri ve hareket öncesi karar verme sürecini hızlandıran bilişsel yüklemeler, nöroatletik eğitimin sürat üzerindeki etkisini destekleyen uygulamalardandır (153). Sonuç olarak, nöroatletik eğitim sinir sisteminin yanıt süresini hızlandırarak reaksiyon zamanını, kas aktivasyonunu ve koordinasyonu iyileştirir. Bu da sporcunun sadece düz bir çizgide hızlanmasını değil, aynı zamanda çeviklik, yön değiştirme ve patlayıcı kuvvet gerektiren durumlarda da maksimum performans göstermesini sağlar.

Bu bilgiler doğrultusunda; görsel, vestibüler ve somatosensöriyel sistemleri bütüncül biçimde hedefleyen nöroatletik eğitim modelinin, klasik antrenman müdahalelerine eklenmesinin kayaklı koşu sporcularının performansını artırmada etkili ve tamamlayıcı bir yaklaşım olabileceği düşünülmektedir. Nöroatletik eğitim, hareketin ve postüral kontrolün sağlanmasında bu duyusal sistemlerin uyaranlara daha hızlı ve etkili yanıtlar oluşturmasını destekleyerek kuvvet, denge, koordinasyon ve çeviklik gibi fiziksel uygunluk becerilerini artırabilir. Aynı zamanda duyusal sistemler arasındaki entegrasyonu güçlendirerek vücut pozisyonunun doğru algılanmasına, motor becerilerin daha etkili şekilde uygulanmasına ve postüral kontrolün geliştirilmesine katkı sağlayarak, kayaklı koşu sporunda fiziksel performansın artırılması açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. Çalışma Dizaynı

Bu araştırma kayaklı koşu sporcularında 8 haftalık nöroatletik eğitim programının fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkisini incelemek üzere prospektif, randomize kontrollü, tek kör (değerlendirici) bir çalışma olarak planlandı. Çalışma Karabük Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından (Karar Nu.:2024/1866, Bkz. Ek-2) etik açıdan uygun bulundu. Çalışmanın uygulanması için Gençlik ve Spor Bakanlığı 07.11.2024-387737 tarih ve sayılı karar ile izin alındı (Bkz. Ek-3). Antrenör ve aileler çalışmanın amacı ve içeriği hakkında bilgilendirildi, yazılı ve sözlü onamları alındı (Bkz. Ek-4). Çalışma sırasında elde edilen bilgiler, gizliliğe dikkat edilerek bilimsel araştırma amacı ile kullanıldı ve "Helsinki Deklarasyonu" ilkelerine uygun olarak tamamlandı. Çalışmaya ilişkin bilgiler prospektif olarak klinik çalışmalar veri tabanına kaydedildi (NCT06743230).

3.2. Katılımcılar

Bu çalışma Aralık 2024- Mart 2025 tarihleri arasında Gerede Arkut Kayaklı koşu ve Biathlon Merkezinde yapıldı. Çalışmanın örneklemini kayaklı koşu antrenmanlarına düzenli katılan 12-18 yaş arasındaki 26 kayaklı koşu sporcusu oluşturdu.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri;

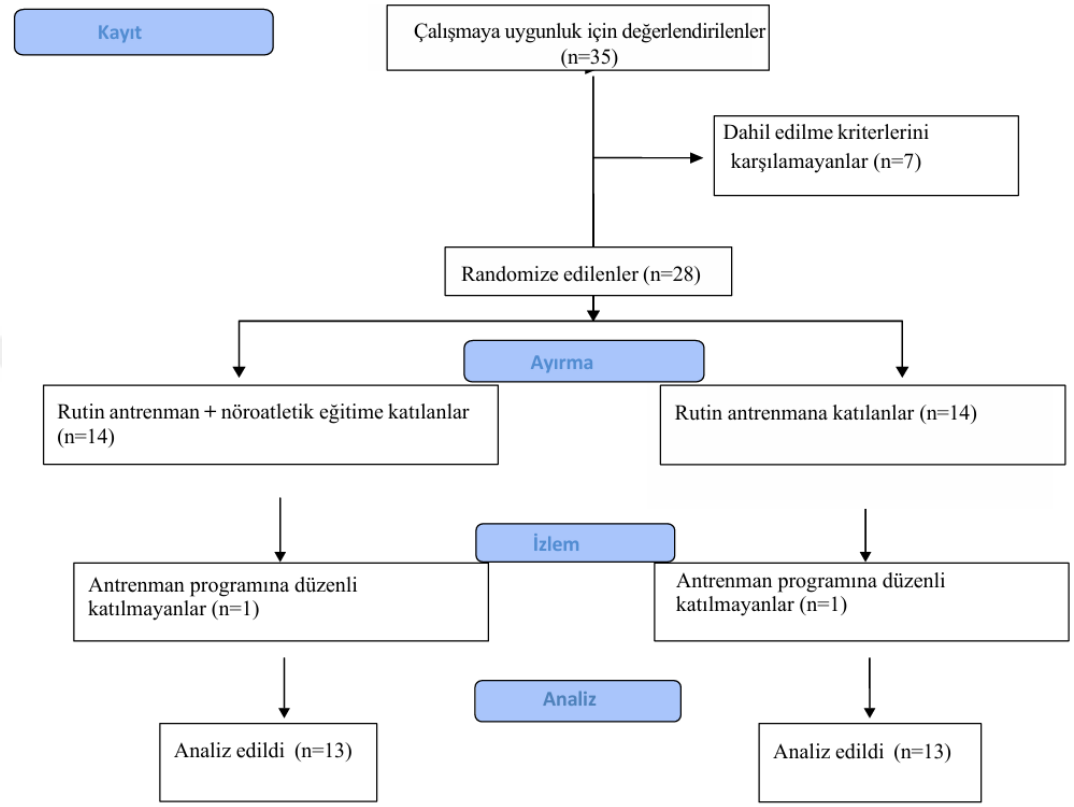
- En az 3 yıldır düzenli olarak antrenmanlara katılan kayaklı koşu sporcusu olmak
- İz sürme testini başarıyla tamamlamış olmak (Ek-5)
- Gönüllü olmak

Dışlama kriterleri ise;

- Son 2 yılda anlt ekstremite cerrahisi geçirenler
- Dengeyi ve motor performansı etkileyebilecek romatizmal, nörolojik veya ortopedik hastalığı olan sporcular
- Görme ve işitme bozukluğu nedeniyle yardımcı cihaz kullanan sporcular (gözlük, işitme cihazı vb. kullananlar)

Çalışmanın örneklem büyüklüğü benzer bir çalışmada kas kuvveti parametresi referans alınarak etki büyüklüğü=1,75, %95 güven aralığında ve %95 güç oranı ile her

grupta 10 sporcu olarak hesaplandı (154). Çalışma süresince örneklem sayısında kayıp olabileceği göz önüne alınarak çalışmaya her grupta 14 sporcu ile başlanması gerektiğine karar verildi. Çalışmanın Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT)'a göre oluşturulmuş akış şeması Şekil 3.1'de yer almaktadır.



Şekil 3.1: Çalışmanın Akış Şeması

İz sürme testi

İz Sürme Testi (İST), dikkat, konsantrasyon, görsel-motor izleme, işlemleme hızı ve motor hız gibi çeşitli bilişsel işlevler hakkında bilgi sağlayan bir değerlendirme aracıdır (155). Test, A ve B olmak üzere iki alt bölümden oluşmaktadır. A bölümü, bireyin görsel tarama becerisi ve bilgi işleme hızını değerlendirirken; B bölümü, zihinsel esneklik, uyarıcı setleri arasında geçiş yapabilme ve ardışık düzeni sürdürebilme yeteneğini ölçmektedir. Test uygulamasına geçilmeden önce, katılımcının test prosedürünü anlamasını sağlamak amacıyla 1'den 8'e kadar kısa bir deneme yaptırılmaktadır (156). Testin A bölümünde, katılımcıdan sayfa üzerinde rastgele yerleştirilmiş ve numaralandırılmış daireler içerisindeki rakamları 1'den 25'e kadar elini kaldırmadan çizgilerle sıralı biçimde birleştirmesi istenir. B bölümüne

geçmeden önce ikinci bir deneme uygulanır. B bölümünde ise katılımcıdan, yine daireler içinde düzensiz biçimde yerleştirilmiş rakamlar ve harfleri, bir sayı bir harf olacak şekilde ardışık sırayla (1–A–2–B–3–C şeklinde) birleştirmesi beklenir. Her iki bölüm için ayrı ayrı tamamlanma süreleri kaydedilir ve uygulama sırasında yapılan hatalar değerlendirmeye alınır (156, 157).

3.3. Değerlendirme

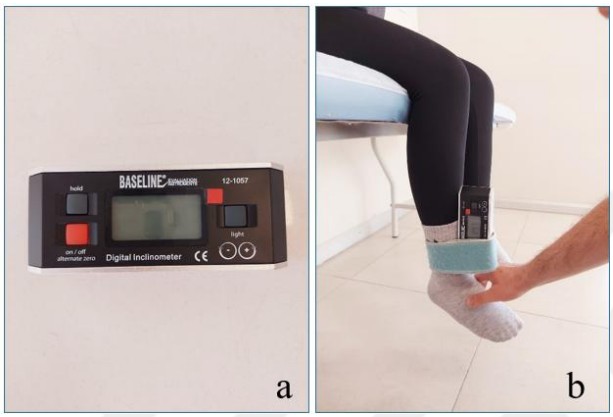
Tüm ölçümler gruplamaya kör olan sporcu sağlığı alanında 10 yıl deneyimli tek bir fizyoterapist tarafından gerçekleştirildi. Sporcuların yaş (yıl), boy (m), kilo (kg), cinsiyet (kadın/erkek), spor geçmişi gibi tanımlayıcı özellikleri değerlendirme formuna kaydedildi (Bkz. Ek-6). Sporculara diz eklem pozisyon hissi (DEPH), dinamik denge, kas kuvveti, gövde fleksiyon endurans testi, lateral köprü endurans testi, çeviklik testi çalışmanın başlangıcında ve 8 hafta sonunda yapıldı. Çalışmaya dahil edilen sporcular bilgisayar destekli randomizasyon yazılımı (https://www.randomizer.org/) ile nöroatletik grup ve kontrol grubu olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Bütün sporcular 8 haftalık çalışma süresince rutin antrenmanlarına devam ettiler. Nöroatletik gruba rutin antrenmana ek olarak haftada 3 gün 8 haftalık nöroatletik eğitim verildi. Bu çalışma sezon öncesi yoğun hazırlık döneminde gerçekleştirildi.

3.3.1. Diz Eklem Pozisyon Hissi Ölçümü

DEPH dijital inklinometre (Baseline, ABD) ile pasif-aktif yeniden konumlandırma yöntemi kullanılarak ölçüldü. DEPH sıklıkla 15°, 20°, 30°, 40°, 45°, 60° ve 90° derecelerde ölçülmektedir. (158-164). Fakat 30° ve 60°'de yapılan eklem pozisyon hissi ölçümlerinin klinik değerlendirme için en güvenilir açılar olduğu bilindiğinden çalışmamızda bu açılar referans alındı (165,166).

Değerlendirme sessiz bir odada ve sporcuların gözleri kapalı şekilde gerçekleştirildi. Her bir sporcunun kalça ve dizleri 90° fleksiyonda (başlangıç pozisyonu) olacak şekilde yatak üzerinde dik olarak oturması istendi. İnklinometre sporcunun bacak ön yüzüne velkro ile sabitlendi. Teste başlamadan önce test prosedürü sporculara sözlü olarak açıklandı ve pratik olarak gösterildi. Araştırmacı tarafından sporcuların ekstremiteleri pasif olarak başlangıç pozisyonundan itibaren 30° ve 60°'lik diz fleksiyon açılarına (hedef açılar) hareket ettirildi. Sporculardan, her bir ölçümde 5

sn bekleme süresince hedef açıyı zihinlerine kaydetmeleri istendi. Daha sonra sporcular ekstremitelerini başlangıç pozisyonundan hedef açılara doğru aktif olarak hareket ettirdiler. Hedef açıdan sapma miktarı mutlak açısal hata olarak kaydedildi. Her bir hedef açıda 2 kez ölçüm alındı (167). Romero-Franco ve ark. (2019), diz pozisyon hissi ölçümünde dijital inklinometre kullanmanın gözlemciler içi (ICC ≥ 0,97) ve gözlemciler arası (ICC ≥ 0,70) yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir (168).



Resim 3.1: a. Dijital inklinometre b. DEPH ölçümü başlangıç pozisyonu

3.3.2. Dinamik Denge Ölçümü

Dinamik denge, Y Denge Testi ile değerlendirildi. Öncelikle mezura ile sporcuların bacak uzunluğu spina iliaka anterior superiordan ipsilateral medial malleole kadar ölçüldü. Test alanı için 3 adet 1,5 m uzunluğundaki mezura düz bir zemine tespit edildi. Bir mezura anterior (A) uzanma yönü olarak öne doğru yerleştirildi, diğer iki mezura posteromedial (PM) ve posterolateral (PL) uzanma yönleri olarak belirlendi. A ile PM veya PL uzanma yönleri arasındaki açı 135° iken, PM ve PL uzanma yönleri arasındaki açı 90° idi. Her bir sporcudan üç mezuranın kesiştiği noktada bir ekstremite üzerinde ayakta dururken diğer ekstremite ile dengeyi koruyarak A, PM ve PL yönlerinde mümkün olduğu kadar uzağa ayak ucu ile erişmeleri istendi. Sporcular çıplak ayakla 30 sn ara ile üç deneme gerçekleştirdi. Ulaşılan mesafe bacak uzunluğuna bölünerek 100 ile çarpılarak kaydedildi. (208, 209). Plisky ve arkadaşları tarafından testin sporcularda güvenilirlik çalışması yapılmış ve gözlemciler içi (ICC: 0,85-0,91) ve gözlemciler arası (ICC: 0,99-1,00) yüksek güvenilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (169).



Resim 3.2: Y denge Testi a. Y Denge Testi A yönde denge değerlendirmesi, b. Y Denge Testi PM yönde denge değerlendirmesi, c. Y Denge Testi PL yönde denge değerlendirmesi

3.3.3. Kas Kuvveti Ölçümü

Çalışmamızda kas kuvvetini değerlendirmek için izometrik el dinamometresi (Power Track II Commander, JTECH Medical, USA) kullanıldı (170). Diz ekstansiyon kas kuvveti ölçümü için; sporcular kalça ve dizleri 90º fleksiyonda, ayaklar serbest, destek almayacak şekilde yatak üzerine oturdu. Test öncesinde sporcular sözlü ve pratik olarak ölçüm hakkında bilgilendirildi. Testi yapan araştırmacı dinamometrenin probunu sporcuların ayak bileği ön yüzü üzerine yerleştirdi. Sonra sporculardan diz ekstansiyon hareketi yapmaları istendi.

Diz fleksiyon kas kuvveti ölçümü için sporcular aynı pozisyondayken dinamometrenin probu ayak bileğinin arka yüzüne yerleştirilerek sporcudan dizini fleksiyona getirmesi istendi (171). Her bir test 2 kez tekrarlandı ve en iyi değer kaydedildi (172). Bu test sporcularda yüksek geçerlilik (ICC = 0,70) oranına sahipken (172); çalışmamızda kullanılan Power Track II Commander marka dinamometre diz fleksiyon (ICC:0,84), diz ekstansiyon (ICC:0,95), kalça abdüksiyon (ICC: 0,85), kalça adduksiyon (ICC: 0,94), kalça fleksiyon (ICC:0,76) kuvvet ölçümlerinde gözlemciler içi güvenilirliğe sahip olduğu gösterilen kas kuvveti değerlendirme aracıdır (173).



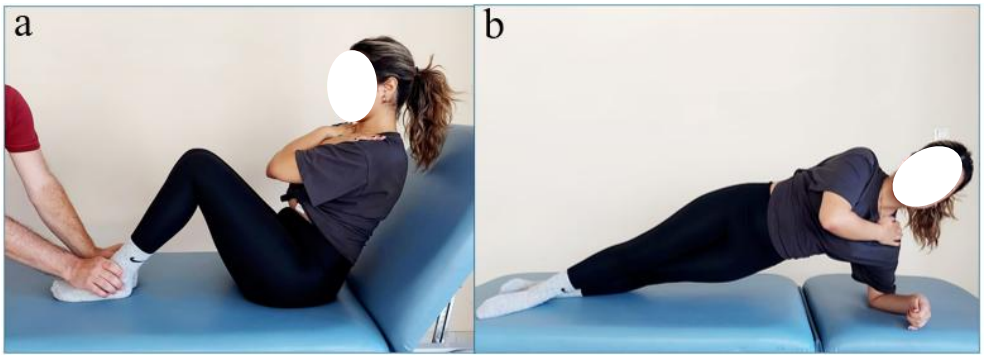
Resim 3.3: Kuvvet değerlendirmesi a. Power Track II Commander kas kuvvet ölçüm cihazı b. Diz fleksiyon kas kuvveti ölçüm pozisyonu, c. Diz ekstensiyon kas kuvvet ölçüm pozisyonu

3.3.4. Gövde Fleksiyon Endurans Testi

Abdominal kas enduransını değerlendirmek için yapılan bu testte sporcular gövde 60° fleksiyonda, kalça ve dizler 90° fleksiyonda, ayaklar stabil olacak şekilde yatak üzerinde pozisyonlandı. 60°'lik gövde fleksiyon açısını korumak için inklinometre ile sporcuların sırtına paralel konumda üçgen yastıklar yerleştirildi. Sporcular bu pozisyonu alır almaz kronometre başlatıldı. Sporcuların test pozisyonunu koruyamadığı veya vücut salınımları ortaya çıktığı anda test sonlandırıldı ve geçen süre kaydedildi (174). Testin sağlıklı bireylerde güvenilirlik çalışması yapılmış ve gözlemciler içi (ICC: 0,91) (217) ve gözlemciler arası (ICC: 0,98 (0,94-0,99)) yüksek güvenilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (175).

3.3.5. Lateral Köprü Endurans Testi

Sporcuların yan yatış pozisyonunda bacakları ekstansiyonda bir ayak diğerinin önünde, gövde düz bir hatta olacak şekilde, aynı taraf dirsek eklemi fleksiyon pozisyonunda ön koldan destek alarak yan köprü kurmaları istendi. Üstteki kol ise karşı omuza çaprazlandı. Sporcuların bu pozisyonu koruyabildikleri süre kronometre ile kaydedildi (174). Test gözlemciler içi (ICC ≥ 0,97) yüksek güvenilirliğe sahiptir (174).



Resim 3.4: a. Gövde Fleksiyon Endurans Testi, b. Lateral Köprü Endurans Testi

3.3.6. Çeviklik Testi

Bu test için 12 metrelik bir parkura 2 metre aralıklarla 6 adet huni yerleştirildi. Sporculardan huniler arasında maksimum hızda koşmaları istendi ve geçen süre kronometre ile kaydedildi (87). Alricsson ve ark. (2001), çalışmalarında çeviklik testinin sporcularda gözlemciler içi (ICC:0,96) yüksek güvenilirliğe sahip olduğu tespit etmişlerdir (176).

3.4. Rutin antrenman programı

Sporcuların rutin antrenmanı aynı antrenör tarafından takip edildi. Antrenman programı haftada 5 gün esneklik çalışması, serbest ağırlıklar ve aletlerle kuvvet çalışması; batonlu yürüyüş, koşu, bosu topu üzerinde tek/çift ayaklı dengede durma, tek/çift ayaklı mini squat yapma, tek/çift ayak üzerinde top fırlatıp yakalama, tek/çift ayak ile squat yaparken ağırlık kaldırıp indirme, farklı yönlerde pertürbasyon eğitimi ve branşa özgü teknik çalışmaları içerdi.

Çizelge 3.1: Rutin kuvvet antrenman programı

Egzersiz Tipi	Tekrar sayısı	Set sayısı
Seated Cable Row	20 tekrar	2 set
Lat pulldown	20 tekrar	2 set
Leg press	20 tekrar	2 set
Push down	20 tekrar	2 set
Push up	20 tekrar	2 set
Squat	20 tekrar	2 set
Plate Halo	20 tekrar	2 set

Çizelge 3.2: Rutin antrenman programı

Günler	Sabah	Öğleden sonra
1. gün	Kuvvette Devamlılık	Paten Serbest
2. gün	Özel Kuvvet Klasik	Batonlu Yürüyüş
3. gün	4. Bölge Klasik	**Dinlenme**
4. gün	Maksimal Kuvvet	Klasik Serbest
5. gün	Sprint Tur Paten	Batonlu Koşu
6. gün	Paten Kayak Serbest 25 Km	**Dinlenme**
7. gün	**Dinlenme**	
8. gün	Klasik Kayak Serbest 25 Km	Batonlu Koşu
9. gün	Maksimal Kuvvet	Paten Serbest
10. gün	Sprint Tur Klasik	**Dinlenme**
11. gün	Sıçrama İmitasyon	Klasik Serbest
12. gün	Özel Kuvvet Paten	Batonlu Yürüyüş
13. gün	4. Bölge Paten	**Dinlenme**
14. gün	**Dinlenme**	
15. gün	Sıçrama İmitasyon	Paten Serbest
16. gün	Özel Kuvvet Klasik	Batonlu Yürüyüş
17. gün	4. Bölge Klasik	**Dinlenme**
18. gün	Maksimal Kuvvet	Klasik Serbest
19. gün	Sprint Tur Paten	Batonlu Koşu
20. gün	Paten Kayak Serbest 25 Km	**Dinlenme**
21. gün	**Dinlenme**	
22. gün	Klasik Kayak Serbest 25 Km	Batonlu Koşu
23. gün	Maksimal Kuvvet	Paten Serbest
24. gün	Sprint Tur Klasik	**Dinlenme**
25. gün	Kuvvette Devamlılık	Klasik Serbest
26. gün	Özel Kuvvet Paten	Batonlu Yürüyüş
27. gün	4. Bölge Paten	**Dinlenme**
28. gün	**Dinlenme**	
29. gün	Kuvvette Devamlılık	Paten Serbest
30. gün	Özel Kuvvet Klasik	Batonlu Yürüyüş
31. gün	4. Bölge Klasik	**Dinlenme**

3.5. Nöroatletik Eğitim

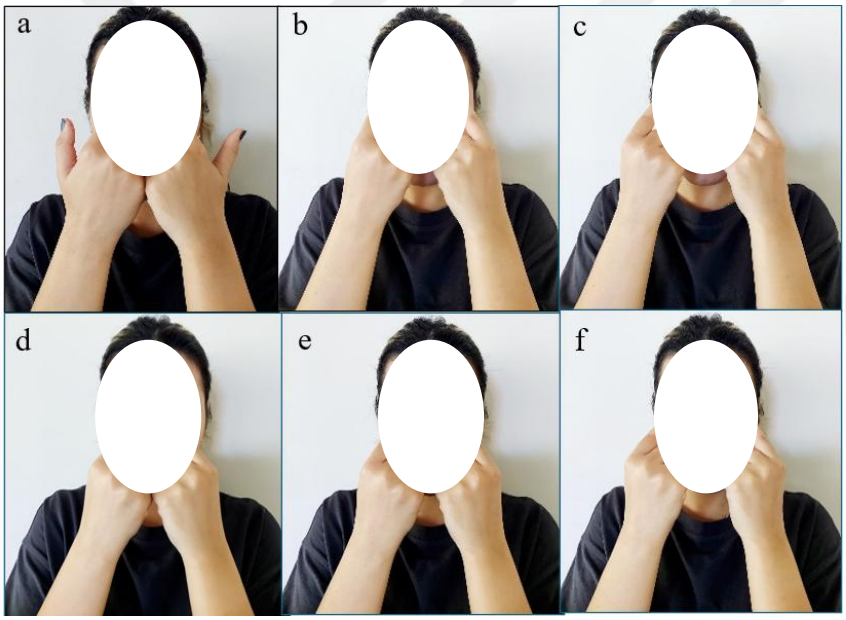
Nöroatletik eğitim, rutin antrenmana ek olarak 8 hafta boyunca haftada 3 kez yapıldı. Örnek antrenman programı Ek-7'de sunuldu. Nöroatletik eğitim uygulaması sırayla göz masajı ve palming uygulaması ile başladı. Boncuk takip egzersizi, smart optometry egzersizi, huni takip, yakınsama-uzaksama egzersizi, kalça ve gövde

ekstansiyon egzersizi, vertikal takip egzersizi, uzak-yakın kart egzersizi, unilateral göz egzersizlerini içerdi.

Eğitim içeriği aşağıda sunuldu:

Görsel resetleme egzersizleri: göz masajı (5-10 saniye) ve palming (30-60 saniye) olarak ikiye ayrıldı (25, 145).

Göz Masajı: Sporculardan işaret parmakları ile altı farklı göz bölgesi için göz masajı yapmaları istendi. Sporcular ilk önce uygulanacak noktaya parmak ucuyla 5 sn süreyle hafif bir basınç verdiler. Masaj sırasıyla, santral inferior orbit, medial inferior orbit, lateral inferior orbit, santral superior orbit, medial superior orbit, lateral superior orbite 5-10 saniye süre ile 3 set halinde yapıldı.



Resim 3.5: Göz masajı uygulaması: a. santral superior orbit b. Medial superior orbit c. lateral superior orbit d. santral inferior orbit e. Medial inferior orbit f. lateral inferior orbit.

Palming: Sporculardan ellerini birbirine ovuşturarak ısıttı. Daha sonra iki elin parmaklarını birbirine geçirerek veya üst üste yerleştirerek ışık almayacak şekilde gözlerini kapatmaları istendi. Bu uygulama 3 set ve her set 30-60 sn olarak tekrarlandı.



Resim 3.6: Palming uygulaması

Teknik Antrenman için Uygulanan Nöroatletik Eğitim Programı

Sporcular, teknik antrenman programı kapsamında 1,5 km'lik pisti; 2 tur ısınma, 3 tur ana antrenman ve 2 tur toparlanma olacak şekilde tamamlandı. Sporcunun antrenmanı tamamlayabilmesi için pisti 7 kez tekrar etmesi gerekir. Aşağıdaki nöroatletik egzersizler 3 tur ana antrenman kapsamında verildi:

1. Boncuk takip egzersizi: Sporcu birinci tur ana antrenman için pistte kaymaya başlamadan hemen önce burun-kol mesafesinde tuttuğu ipe yerleştirilen 3 tane boncuğa (kırmızı, mavi, yeşil) 10'ar saniye bakması istendi. Egzersiz metronom eşliğinde 4 farklı yönde (ileri-geri-sağ-sol) her yönde 8-10 tekrar yapılacak şekilde ip üzerine titreşim verilerek gerçekleştirildi.

1. ve 2. hafta boncuk takip egzersizi: Sporcudan ilk 2 hafta boyunca pistte kaymaya başlamadan hemen önce burun-kol mesafesinde tuttuğu ipe yerleştirilen 3 tane boncuğa (kırmızı, mavi, yeşil) her bir boncuğa 10'ar saniye bakarak metronom eşliğinde ileri doğru yürümesi istendi.

3. ve 4. hafta boncuk takip egzersizi: Sporcudan 3. ve 4. hafta boyunca pistte kaymaya başlamadan hemen önce her bir boncuğa 10'ar saniye bakarak metronom eşliğinde önce ileri doğru daha sonra geriye doğru yürümesi istendi.

5. ve 6. hafta boncuk takip egzersizi: Sporcudan 5. ve 6. hafta boyunca pistte kaymaya başlamadan hemen önce her bir boncuğa 10'ar saniye bakarak metronom eşliğinde sırayla ileri-geri ve yana adımlarla sağa doğru yürümesi istendi.

7. ve 8. hafta boncuk takip egzersizi: Sporcudan 7. ve 8. hafta boyunca pistte kaymaya başlamadan hemen önce her bir boncuğa 10'ar saniye bakarak metronom eşliğinde sırayla ileri-geri ve yana adımlarla önce sağa sonra sola doğru yürümesi istendi.

2. Smart Optometry egzersizi: Sporcu ikinci tur ana antrenman için pistte kaymaya başlamadan hemen önce telefonuna indirdiği "Smart Optometry" uygulamasını kullanarak 1'er dakika boyunca hareket eden paralel çizgileri gözüyle takip etmesi istendi.

1. ve 2. hafta Smart Optometry egzersizi: Sporcudan ilk 2 hafta boyunca ikinci ana antrenmana başlamadan hemen önce uygulamayı kullanarak bir dakika boyunca sağdan sola hareket eden paralel çizgileri takip etmesi istendi.

3. ve 4. hafta Smart Optometry egzersizi: Sporcudan 3. ve 4. hafta boyunca ikinci ana antrenmana başlamadan hemen önce uygulamayı kullanarak birer dakika boyunca sağdan sola ve soldan sağa hareket eden paralel çizgileri takip etmesi istendi.

5. ve 6. hafta Smart Optometry egzersizi: Sporcudan 5. ve 6. hafta boyunca ikinci ana antrenmana başlamadan hemen önce uygulamayı kullanarak birer dakika boyunca sağdan sola ve soldan sağa hareket hızı artırılan paralel çizgileri takip etmesi istendi (hareket hızı ekrana tek sefer dokunularak artırıldı).

7. ve 8. hafta Smart Optometry egzersizi: Sporcudan 7. ve 8. hafta boyunca ikinci ana antrenmana başlamadan hemen önce uygulamayı kullanarak birer dakika boyunca sağdan sola ve soldan sağa hareket hızı artırılan paralel çizgileri takip etmesi istendi (hareket hızı ekrana çift sefer dokunularak artırıldı).

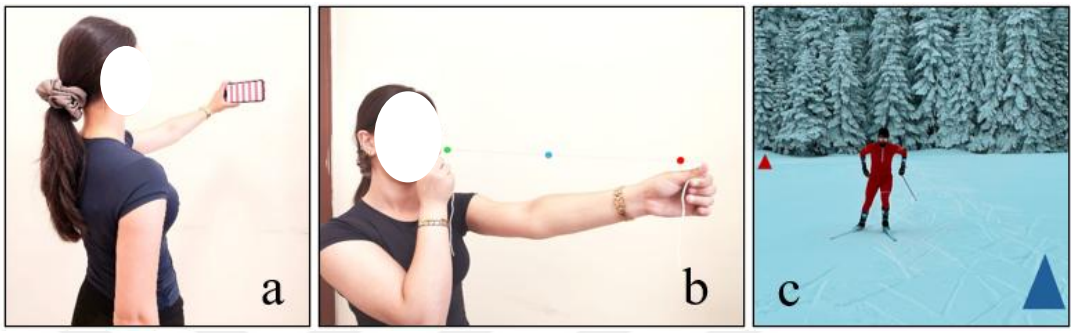
3. Huni takip egzersizi: Sporcunun üçüncü tur ana antrenman için 1,5 km uzunluğunda pist üzerinde işaretlenen noktalarda yerleştirilmiş huni rengine göre pistin sağ veya sol tarafına yönelmesi istendi. Bu noktalarda yer alan huni kırmızı renkte ise sporcular pistin sol tarafına; huni rengi mavi ise sporcunun pistin sağ tarafına geçmesi istendi.

1. ve 2. hafta huni takip egzersizi: Sporcudan ilk 2 hafta boyunca üçüncü ana antrenmanda pistin iki farklı bölgesine eşit mesafelerde konulan kırmızı huninin solundan ve mavi huninin sağından geçmesi istendi.

3. ve 4. hafta huni takip egzersizi: Sporcudan 3. ve 4. hafta boyunca üçüncü ana antrenmanda pistin üç farklı bölgesine eşit mesafesine konulan kırmızı huninin solundan ve mavi huninin sağından geçmesi istendi.

5. ve 6. hafta huni takip egzersizi: Sporcudan 5. ve 6. hafta boyunca üçüncü ana antrenmanda pistin dört farklı bölgesine eşit mesafesine konulan kırmızı huninin solundan ve mavi huninin sağından geçmesi istendi.

7. ve 8. hafta huni takip egzersizi: Sporcudan 7. ve 8. hafta boyunca üçüncü ana antrenmanda pistin beş farklı bölgesine eşit mesafesine konulan kırmızı huninin solundan ve mavi huninin sağından geçmesi istendi.



Resim 3.7: Teknik antrenman için nöroatletik egzersizler a. Smart optometry egzersizi, b. Boncuk takip egzersizi c. Huni takip egzersizi

Çizelge 3.3: Teknik antrenmanı için nöroatletik egzersiz programı

TEKNİK ANTRENMAN	Boncuk takip egzersizi	3 set x her boncuk için 10 sn	10 sn	Sporcu birinci tur ana antrenman için pistte kaymaya başlamadan hemen önce burun-kol mesafesinde tuttuğu ipe yerleştirilen boncuklara 10'ar saniye bakması istendi. Egzersiz metronom eşliğinde 4 farklı yönde (ileri-geri-sağ-sol) ip üzerine titreşim verilerek gerçekleştirildi. İlerleyen haftalarda set sayısı artırılarak metronom eşliğinde sağa-sola-ileri-geri yürüme yapıldı.
	Smart Optometry egzersizi	1 set x (her sütun kaybolana kadar)	10 sn	Sporcu ikinci tur ana antrenman için pistte kaymaya başlamadan hemen önce telefonuna indirdiği uygulamayı kullanarak 1'er dakika boyunca sağdan sola/soldan sağa doğru hareket eden paralel çizgileri gözüyle takip etmesi istendi. İlerleyen haftalarda set sayısı ve çizgilerin hızı artırıldı ve telefonun yönü çevrilerek farklı yönlerde de çalışıldı.
	Huni takip egzersizi	3 set x (750-500-375-300) m	Sporcu üçüncü tur ana antrenman için başlangıçta her 750 metre aralıklarla yerleştirilen hunilerin rengine göre sağından veya solundan geçerek antrenmanı tamamladı. İlerleyen haftalarda huniler arasındaki mesafeler azaldı (750-500-375-300). Örnek: (1500 m/750) x 3 tur=6 tekrar. Sonraki haftalarda sırayla 6-9-12-15 kez yapıldı.	

Kuvvet Antrenmanı için Uygulanan Nöroatletik Eğitim Programı

Sporcular palming (Resim 3.6) ve göz masajı (Resim 3.5) yaptıktan sonra nöroatletik egzersizler aşağıdaki şekilde uyarlandı:

1. Yakınsama-uzaksama egzersizi: Sporcu Seated Cable Row egzersizine başlamadan önce kol mesafesinde ve burun hizasında tuttuğu kalemi metronom eşliğinde görüntü bulanıklaşana kadar burnuna yaklaştırıp tekrar burun hizasında kol mesafesine uzaklaştırması istendi (Resim 3.8-a).

2. Gövde hiperekstansiyon egzersizi: Sporcu lat pulldown egzersizine başlamadan önce gövdesini hiperekstansiyona getirerek kol mesafesinde elinde tuttuğu kalemi yukarı kaldırdı ve kaleme bakarak metronom eşliğinde geriye yürümesi istendi (Resim 3.8-b).

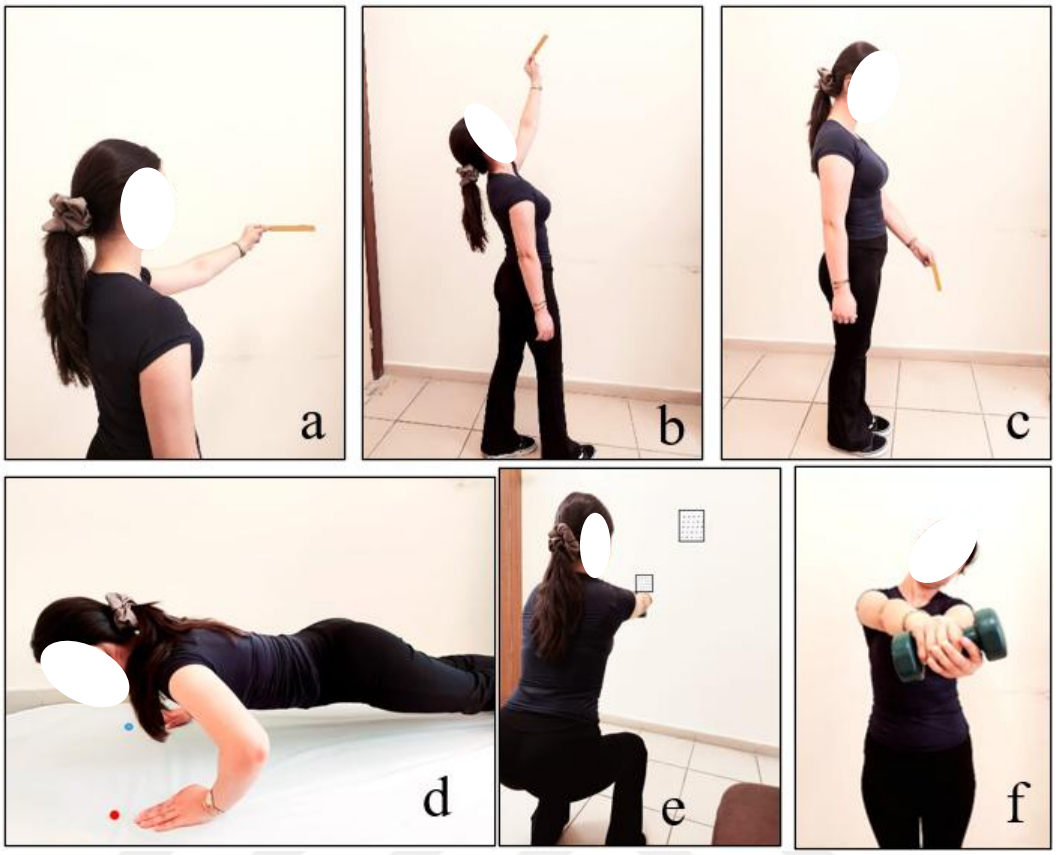
3. Vertikal takip egzersizi: Sporcudan leg press yaparken ağırlığı itme aşamasında gözleriyle yukarı yönde kaldırılan çubuğu takip etmesi, ağırlığı bırakma (dizi fleksiyona çekme) aşamasında ise aşağı yönlü indirilen çubuğu metronom eşliğinde takip etmesi istendi.

Üst ekstremite için; sporcudan push down egzersizi öncesi burun-kol mesafesinde tuttuğu çubuğu gözüyle takip ederek sırayla ortadan yukarıya, yukarıdan ortaya, ortadan aşağıya ve aşağıdan ortaya doğru sırayla metronom eşliğinde yapması istendi (Resim 3.8-c).

4. Boncuk takip egzersizi: Sporcu metronom eşliğinde push up yaparken göğsünü yere yaklaştırdığında sağ elinin yanındaki kırmızı boncuğa, göğsünü yerden uzaklaştırırken de sol elinin yanındaki mavi boncuğa bakması istendi (Resim 3.8-d).

5. Uzak-yakın kart egzersizi: Sporcu dirsekler ekstensiyonda ağırlıkla squat yaparken dambılın üzerine ve 2 metre uzaklıkta karşısındaki duvara göz hizasında üzerinde farklı büyüklükte harfler bulunan kartlar yerleştirildi. Çömelirken göz temasını kesmeden önce yakın kart üzerindeki sonra uzak kart üzerindeki harfleri sırayla okuması ve her squatta bunu tekrarlaması istendi (Resim 3.8-e).

6. Unilateral göz egzersizi: Sporcu tek gözü kapalı, kollar 90° fleksiyonda dirsekler ekstansiyonda metronom eşliğinde dambılı sağa doğru çevirirken başını sağ lateral fleksiyona, sola doğru çevirirken de başını sol lateral fleksiyona getirmesi istendi (Resim 3.8-f).



Resim 3.8: Kuvvet antrenmanı için nöroatletik egzersizler a. Yakınsama-uzaksama egzersizi b. Gövde hiperekstansiyon egzersizi c. Vertikal takip egzersizi d. Boncuk takip egzersizi e. Uzak-yakın kart egzersizi f. Unilateral göz egzersizi

Sporculara 8 hafta boyunca haftada 3 gün verilen nöroatletik egzersizlerin progresyonu Çizelge 3.4'te sunulmuştur.

Çizelge 3.4: Kuvvet antrenmanı için nöroatletik egzersiz programı

Egzersizler		Set ve Tekrarlar	Ara	İlerleme
KUVVET ANTRENMANI	Yakınsama-uzaksama egzersizi	1 set x 30 sn	10 sn	Sporcu Seated Cable Row egzersizine başlamadan önce kol mesafesinde ve burun hizasında tuttuğu kalemi metronom eşliğinde (60 bpm) görüntü bulanıklaşana kadar burnuna yaklaştırıp tekrar burun hizasında kol mesafesine uzaklaştırması istendi (Resim 3.8-a). İlerleyen haftalarda set sayısı artırıldı.
	Gövde hiperekstansiyon egzersizi	1 set x 30 sn	10 sn	Sporcu lat pulldown egzersizine başlamadan önce gövdesini hiperekstansiyona getirerek kol mesafesinde elinde tuttuğu kalemi yukarı kaldırdı ve kaleme bakarak metronom eşliğinde (60 bpm) geriye yürümesi istendi (Resim 3.8-b). İlerleyen haftalarda set sayısı artırıldı.
	Vertikal takip egzersizi	1 set x 30 sn	10 sn	Sporcudan leg press yaparken ağırlığı itme aşamasında gözleriyle yukarı yönde kaldırılan çubuğu takip etmesi, ağırlığı bırakma (dizi fleksiyona çekme) aşamasında ise aşağı yönlü indirilen çubuğu metronom eşliğinde takip etmesi istendi. Üst ekstremite için; sporcudan push down egzersizi öncesi burun-kol mesafesinde tuttuğu çubuğu gözüyle takip ederek sırayla ortadan yukarıya, yukarıdan ortaya, ortadan aşağıya ve aşağıdan ortaya doğru sırayla metronom eşliğinde yapması istendi (Resim 3.8-c). İlerleyen haftalarda set sayısı artırıldı.
	Boncuk takip egzersizi	1 set x 30 sn	10 sn	Sporcu metronom eşliğinde (60 bpm) push up yaparken göğsünü yere yaklaştırdığında sağ elinin yanındaki kırmızı boncuğa, ikinci tık sesinde göğsünü yerden uzaklaştırırken de sol elinin yanındaki mavi boncuğa bakması istendi (Resim 3.8-d). İlerleyen haftalarda set sayısı artırıldı.
	Uzak-yakın kart egzersizi	1 set x 30 sn	10 sn	Sporcu dirsekler ekstensiyonda ağırlıkla squat yaparken dambılın üzerine ve 2 metre uzaklıkta karşısındaki duvara göz hizasında üzerinde farklı büyüklükte harfler bulunan kartlar yerleştirildi. Çömelirken göz temasını kesmeden önce yakın kart üzerindeki sonra uzak kart üzerindeki harfleri sırayla okuması ve her squatta bunu tekrarlaması istendi (Resim 3.8-e). İlerleyen haftalarda set sayısı artırıldı ve direnç artışına 1 maksimum tekrar (MT) ile karar verildi.
	Unilateral göz egzersizi	1 set x 30 sn	10 sn	Sporcu tek gözü kapalı, kollar 90° fleksiyonda dirsekler ekstansiyonda metronom eşliğinde dambılı sağa doğru çevirirken başını sağ lateral fleksiyona, sola doğru çevirirken de başını sol lateral fleksiyona getirmesi istendi (Resim 3.8-f). İlerleyen haftalarda set sayısı artırıldı ve direnç artışına 1MT ile karar verildi.

3.6. Çalışmanın Kalite Düzeyinin Belirlenmesi

Çalışmanın en yüksek kalite düzeyinde gerçekleştirilmesini sağlamak için randomize kontrollü çalışmalarda kalitenin belirlenmesinde geçerli bir yöntem olan Physiotherapy Evidence Database (PEDro) skalası kurallarının sağlanması esas alındı (177). PEDro skalası, Verhagen ve ark. (1998) tarafından geliştirilen Delphi listesi temel alınarak oluşturuldu (178). Bu liste sistematik derlemelere dahil edilecek randomize kontrollü çalışmaların kalite değerlendirilmesini sağlamak için oluşturulan kriterlerden meydana gelmektedir. Bu listede yer almayan iki madde de PEDro ölçeğine (madde 8 ve 10) eklendi. Çalışmamızın PEDro skalası kullanılarak yapılan kalite değerlendirmesi Çizelge 3.5'te verildi.

Çizelge 3.5: Çalışma kalitesinin belirlenmesi

	Evet	Hayır	Belirsiz
Dahil edilme-edilmeme kriterleri belirtilmiştir.	✓		
Denekler gruplara rastgele ayrılmıştır.	✓		
Gruplara dağılım gizlenmiştir.		✓	
Gruplar, en önemli prognostik belirleyiciler açısından başlangıçta benzerdi.	✓		
Tüm deneklerin körlenmesi sağlanmıştır.		✓	
Terapiyi uygulayan tüm terapistlerin körlenmesi sağlanmıştır.		✓	
En az bir ölçüm yapan tüm değerlendiricilerin körlenmesi sağlanmıştır.	✓		
Başlangıçta gruplara dağıtılan deneklerin %85'inden fazlasının en az bir anahtar ölçümü yapılmıştır.	✓		
Tedavi alan ve kontrol grubuna dağılmış olan tüm deneklerin değerlendirme ölçümleri yapılmıştır, eğer yapılmamışsa veri en az bir anahtar değerlendirme için "intention to treat" ile analiz edilmiştir.		✓	
Gruplar arası istatistiksel karşılaştırma sonuçları en az bir anahtar ölçüm için gerçekleştirilmiştir.	✓		
Çalışmada en az bir anahtar ölçüm için puan ölçümleri ve variabilite ölçümleri gerçekleştirilmiştir.	✓		
Toplam Skor	7		

3.7. İstatistiksel Analiz

Çalışma verileri IBM SPSS Statistics 26 (IBM Corp. Released 2012. Armonk, NY) programında analiz edildi. Kategorik değişkenler için frekans dağılımları; sayısal değişkenler için tanımlayıcı istatistikler (ort±ss, medyan) verildi. Çalışmaya dahil edilen sporcuların kas kuvveti, dinamik denge, DEPH, kor enduransı, sürat performansı sayısal değişkenliklerinin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk Testi ($n<30$) ile değerlendirildi. Normal dağılıma uymayan dinamik denge, DEPH verilerinin analizinde grupların ilk ve son ölçümleri arasındaki farkların belirlenmesinde Wilcoxon işaretli sıralar testi (Wilcoxon Signed Ranks Test); gruplar arasındaki farkların belirlenmesinde ise Mann-Whitney U Testi kullanıldı.

Normal dağılım gösteren kas kuvveti, kor endurans ve çeviklik verilerinin analizinde grupların ilk ve son ölçümleri arasındaki farkların belirlenmesinde Eşleştirilmiş örneklem t testi (Paired Sample t- Test) yapıldı. İki grubun ilk ve son ölçüm ortalamaları arasındaki zaman ve grubun ortak etkisini belirlemek için karışık ölçümlerde iki yönlü varyans analizi (Two-Way (Mixed) ANOVA) yapıldı. Parsiyel eta kare (η^2p) değerleri için $\eta^2p=0,01$ ise küçük etki, $\eta^2p=0,06$ ise orta etki, $\eta^2p=0,14$ ise büyük etki belirlendi. Cohen's *d* değerleri için etki büyüklüğü $d<0,2$ önemsiz, $d=0,2$-$0,59$ küçük, $d=0,60$-$1,19$ orta, $d=1,20$-$1,99$ büyük, $d=2,0$-$3,99$ çok büyük, $d>4,0$ ise mükemmele yakın etki olarak kabul edildi (179). Nonparametrik testlerde gruplardaki değişime ilişkin etki büyüklüğü için r değeri hesaplandı. Etki büyüklüğü $r=0,10$ "küçük", $r=0,30$ "orta", $r=0,5$ "büyük", $r\geq0,70$ "çok büyük etki" olarak kabul edildi (180). İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Kayaklı koşu sporcularında nöroatletik eğitimin fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkisini araştırdığımız çalışmamızın sonucunda aşağıdaki bulgular elde edildi. Çalışmaya katılan bireylere ait yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, VKİ ve spor yılına ait tanımlayıcı istatistik (Ort±SS, ortanca, min-maks) değerleri Çizelge 4.1'de verildi. Gruplar yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, VKİ ve spor yılı değerleri açısından benzer bulundu (p>0,05).

Çizelge 4.1: Tanımlayıcı özelliklerin gruplara göre karşılaştırılması

	Nöroatletik (n=13)		Kontrol (n=13)		p
	Ortanca (Min-Maks)	Ort±SS	Ortanca (Min-Maks)	Ort±SS	
Yaş (yıl)	14 (12-17)	13,85±1,676	14 (12-16)	13,46±1,266	0,515
Boy uzunluğu (cm)	164 (140-180)	162,62±11,536	158 (141-165)	155,62±7,974	0,085
Vücut ağırlığı (kg)	49 (30-75)	51,00±14,271	47 (32-64)	46,77±10,418	0,396
VKI (kg/m²)	18,22 (13,70-24,49)	18,903±3,154	18,36 (15,22-23,51)	19,326±3,126	0,734
Spor yılı	3 (3-8)	4,00±1,683	4 (3-9)	4,38±1,660	0,563

VKI: Vücut kütle indeksi, Min: Minimum, Maks: Maksimum Ort±SS: Ortalama±Standart sapma p: Independent t Test

Çalışmaya, dahil edilme kriterlerini karşılayan 26 kayaklı koşu sporcusu (14 erkek %54, 12 kız %46, yaş ortalaması 13,65±1,468 yıl) dahil edildi. Nöroatletik eğitim grubundaki bireylerin (n=13, 7 erkek %54, 6 kız %46) yaş ortalaması 13,85±1,676 yıl, kontrol grubundaki bireylerin (n=13, 7 erkek %54, 6 kız %46) yaş ortalaması 13,46±1,266 yıl olarak tespit edildi.

Çizelge 4.2: Grupların diz eklem pozisyon hissi ölçüm sonuçları

		Nöroatletik grubu		Kontrol grubu				
		Min-Maks	**Ort±SS**	**Min-Maks**	**Ort±SS**	**Test ist.**	**p^m**	***r***
Dominant DEPH 30°	**İÖ**	(3-7)	4,85±1,06	0-6	4±1,82	65,000	0,304	0,765
	SÖ	(0-1)	0,46±0,51	0-6	3,85±1,95	12,500	**<0,001**	
	Test ist.	-3,210		-1,000				
	p^w	**<0,001**		0,317				
	r	0,935		0,039				
Non dominant DEPH 30°	**İÖ**	(1-6)	3,62±1,32	2-5	3,15±0,89	63,500	0,261	0,819
	SÖ	(0-1)	0,46±0,51	1-5	3 ±1,15	3,000	**<0,001**	
	Test ist.	-3,097		-1,000				
	p^w	**0,002**		0,317				
	r	0,844		0,072				
Dominant DEPH 60°	**İÖ**	(2-6)	4,38±1,19	0-6	3,54±1,66	57,500	0,157	0,864
	SÖ	(0-2)	0,69±0,75	1-6	4,38±1,32	4,500	**<0,001**	
	Test ist.	-3,195		-1,933				
	p^w	**0,001**		0,053				
	r	0,880		0,269				
Non dominant DEPH 60°	**İÖ**	(3-7)	4,62±1,12	1-6	3,92±1,55	65,000	0,298	0,747
	SÖ	(0-1)	0,54±0,51	0-6	3,38±1,71	13,500	**<0,001**	
	Test ist.	-3,203		-1,539				
	p^w	**0,001**		0,124				
	r	0,919		0,163				

DEPH: Diz eklem pozisyon hissi, Min: Minimum, Maks: Maksimum Ort±SS: Ortalama±Standart sapma, İÖ: İlk Ölçüm, SÖ: Son Ölçüm, p^w*: Wilcoxon Signed Ranks Test* p^m *:Mann-Whitney U Testi r: Etki büyüklüğü.*

Bireylerin DEPH ölçüm sonuçları incelendiğinde nöroatletik grubun dominant ve non dominant taraf 30° ve 60° DEPH ilk ve son ölçümleri arasında bir fark bulundu (sırasıyla p<0,001; p=0,002; p=0,001; p=0,001). Kontrol grubunda ise DEPH ölçüm sonuçları incelendiğinde dominant ve non dominant taraf 30° ve 60° DEPH ilk ve son ölçümleri arasında fark yoktu (p>0,05). Grupların ilk ölçüm dominant ve non dominant taraf 30° ve 60° DEPH sonuçları karşılaştırıldığında fark bulunmazken (p>0,05); son ölçümlerde fark tespit edildi (p<0,001). Aynı zamanda etki büyüklükleri karşılaştırıldığında nöroatletik grubun dominant ve non dominant taraf 30° ve 60° DEPH değişimlerinde çok büyük etki büyüklüğü *(*sırayla *r*= 0,935; 0,844; 0,880; 0,919) görülürken; kontrol grubunda ise zamana bağlı dominant ve non dominant taraf

30° DEPH değişimlerinde önemsiz düzeyde *(r*= 0,039; 0,072*)* iken; 60° DEPH değişimlerinde küçük düzeyde (*r*= 0,269; 0,163) olduğu görüldü (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.3: Grupların denge testi ölçüm sonuçları

		Nöroatletik grubu		Kontrol grubu				
		Min-Maks	**Ort±SS**	**Min-Maks**	**Ort±SS**	**Test ist.**	**p^m**	***r***
Dominant A (cm)	**İÖ**	77,65-86,32	82,27±3,22	75,58-94,94	85,62±5,22	48,000	0,061	0,764
	SÖ	87,21-98,95	95,04±3,20	75,58-94,94	84,44±5,45	9,000	**<0,001**	
	Test ist.	-3,182		-2,253				
	p^w	**0,001**		**0,024**				
	r	0,893		0,109				
Dominant PM (cm)	**İÖ**	73,26-90,11	85,63±4,85	77,22-95,45	88,89±4,59	47,000	0,054	0,694
	SÖ	89,53-98,95	96,54±2,33	78,48-95,45	89,47±4,62	10,000	**<0,001**	
	Test ist.	-3,182		-1,683				
	p^w	**0,001**		0,092				
	r	0,820		0,062				
Dominant PL (cm)	**İÖ**	73,68-86,05	80,93±3,59	77,22-90,63	83,48±3,91	50,000	0,077	0,925
	SÖ	90,53-97,70	95,39±2,05	79,75-89,58	84,07±2,57	0,000	**<0,001**	
	Test ist.	-3,181		-1,245				
	p^w	**0,001**		0,213				
	r	0,927		0,088				
Non dominant A (cm)	**İÖ**	75,79-87,01	79,78±3,88	75-92,31	81,45±5,42	80,000	0,817	0,714
	SÖ	84,21-94,87	91,91±3,16	76,74-92,21	82,90±5,37	14,000	**<0,001**	
	Test ist.	-3,180		-2,001				
	p^w	**0,001**		**0,045**				
	r	0,863		0,133				
Non dominant PM (cm)	**İÖ**	75,86-85,88	81,94±2,55	80,90-101,12	89,29±5,56	20,000	**0,001**	0,437
	SÖ	91,95-96,84	94,05±1,39	79,22-102,25	89,97±5,76	34,000	**0,01**	
	Test ist.	-3,180		-1,244				
	p^w	**0,001**		0,214				
	r	0,947		0,059				
Non dominant PL (cm)	**İÖ**	80,77-91,76	81,94±3,38	79,78-92,41	86,85±4,01	57,500	0,166	0,724
	SÖ	91,57-97,67	94,47±1,88	78,21-93,26	87,32±4,43	5,000	**<0,001**	
	Test ist.	-3,180		-0,533				
	p^w	**0,001**		0,594				
	r	0,916		0,055				

Min: Minimum, Maks: Maksimum Ort±SS: Ortalama±Standart sapma, A: Anterior, PM: Posteromedial, PL: Posterolateral, İÖ: İlk Ölçüm, SÖ: Son Ölçüm, p^w: *Wilcoxon Signed Ranks Test* p^m*:Mann-Whitney U Testi r: Etki büyüklüğü*

Sporcuların Y Denge Testi ölçüm sonuçları incelendiğinde nöroatletik grubun dominant ve non dominant taraf tüm uzanma yönlerinde fark bulundu (p=0,001). Kontrol grubunda ise yalnız dominant ve non dominant taraf A uzanma yönünde fark tespit edildi (sırasıyla p=0,024; p=0,045). Grupların ilk ölçüm Y Denge Testi sonuçları karşılaştırıldığında non dominant taraf PM uzanma yönünde fark bulunurken (p=0,001), diğer uzanma yönlerinde fark gözlenmedi (p>0,05). Fakat son ölçümlerde fark tespit edildi (p<0,05).

Aynı zamanda gruplar arasında etki büyüklükleri incelendiğinde, nöroatletik grubun dominant ve non dominant tarafın A, PM ve PL uzanma yönlerinde çok büyük düzeyde etki büyüklüğü (sırasıyla *r*= 0,893; 0,820; 0,927; 0,863; 0,947; 0,916) görülürken; kontrol grubunda ise dominant ve non dominant taraf A uzanma yönünde küçük düzeyde etki büyüklüğü (sırasıyla *r*= 0,109; 0,133) görülürken; dominant ve non dominant PM ve PL uzanma yönlerindeki değişimin önemsiz etki büyüklüğüne (sırasıyla *r*= 0,062; 0,059; 0,088; 0,055) sahip olduğu görüldü (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4: Grupların kas kuvveti ölçüm sonuçları

		Nöroatletik grubu		Kontrol grubu	
		Min-Maks	**Ort±SS**	**Min-Maks**	**Ort±SS**
Dominant HM (kg)	**İÖ**	11,22-28,05	17,33±4,75	10,20-19,18	15,95±2,55
	SÖ	11,02-26,62	19,19±4,89	9,38-20,40	16,09±3,02
	Test ist.	-1,420		-0,174	
	p^p	0,181		0,865	
	Cohen's d	0,385		0,050	
Non dominant HM (kg)	**İÖ**	11,22-28,05	16,87±5,52	11,42-19,58	15,04±2,74
	SÖ	10,20-25,30	19,04±5,62	9,79-21,42	15,88±3,37
	Test ist.	-1,551		-0,921	
	p^p	0,147		0,375	
	Cohen's d	0,389		0,273	
Dominant KF (kg)	**İÖ**	13,46-27,34	18,80±4,87	13,16-28,56	19,30±4,47
	SÖ	11,22-32,95	20,76±6,83	12,34-29,99	20,32±5,71
	Test ist.	-1,445		-0,976	
	p^p	0,174		0,349	
	Cohen's d	0,330		0,198	
Non dominant KF (kg)	**İÖ**	13,67-27,34	19,26±4,00	12,04-27,74	19,27±4,55
	SÖ	11,63-34,07	21,03±7,32	12,04-30,50	19,88±6,12
	Test ist.	-1,327		-0,477	
	p^p	0,209		0,642	
	Cohen's d	0,300		0,113	

Min: Minimum, Maks: Maksimum Ort±SS: Ortalama±Standart sapma, HM: Hamstring, KF: Kuadriseps Femoris, İÖ: İlk Ölçüm, SÖ: Son Ölçüm, p^p: Paired t Test.

Nöroatletik ve kontrol grubundaki bireylerin dominant ve non dominant taraf hamstring ve kuadriseps femoris kas kuvveti ölçüm sonuçları incelendiğinde ilk ve son ölçüm değerleri arasında fark tespit edilmedi ($p>0,05$). Grupların dominant ve non dominant taraf kas kuvveti ilk ve son ölçümleri karşılaştırıldığında fark tespit edilmedi ($p>0,05$).

Grupların kas kuvveti ilk ve son ölçüm sonuçları kıyaslandığında nöroatletik gruba ait tüm kas kuvveti ölçümlerinde küçük düzeyde etki büyüklüğü (sırasıyla d= 0,385; 0,389; 0,330; 0,300) görüldü. Kontrol grubunda ise non dominant hamstring ilk ve son ölçümleri arasında küçük etki büyüklüğü (d=0,273); diğer ölçümlerde ise önemsiz düzeyde etki büyüklüğü tespit edildi (sırayla d=0,050; 0,198; 0,113) (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5: Grupların kas kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p	η^2p
Dominant HM	**Gruplar arası**						
	Grup	65,462	1	65,462	2,801	0,107	0,105
	Hata	560,939	24	23,372			
	Grup içi						
	Zaman	13,112	1	13,112	1,688	0,206	0,066
	GrupxZaman	9,684	1	9,684	1,247	0,275	0,049
	Hata	186,428	24	7,768			
Non dominant HM	**Gruplar arası**						
	Grup	81,185	1	81,185	2,580	0,121	0,097
	Hata	755,286	24	31,470			
	Grup içi						
	Zaman	29,349	1	29,349	3,249	0,084	0,119
	GrupxZaman	5,714	1	5,714	0,633	0,434	0,026
	Hata	216,802	24	9,033			
Dominant KF	**Gruplar arası**						
	Grup	0,01	1	0,01	<0,001	0,989	<0,001
	Hata	1247,175	24	51,966			
	Grup içi						
	Zaman	29,043	1	29,043	3,025	0,095	0,112
	GrupxZaman	2,833	1	2,833	0,295	0,592	0,012
	Hata	230,393	24	9,600			
Non dominant KF	**Gruplar arası**						
	Grup	4,265	1	4,265	0,081	0,779	0,003
	Hata	1267,939	24	52,831			
	Grup içi						
	Zaman	18,490	1	18,490	1,657	0,210	0,065
	GrupxZaman	4,382	1	4,382	0,393	0,537	0,016
	Hata	267,815	24	11,159			

HM: Hamstring, KF: Kuadriseps Femoris, sd: Serbestlik derecesi, η^2p: Parsiyel eta kare (etki büyüklüğü)

Grupların hamstring ve kuadriseps femoris kas kuvveti değerlerinin grup ve zaman faktörlerine göre karşılaştırılması amacıyla uygulanan Two-Way (Mixed) ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.5'te sunuldu.

Dominant ekstremite hamstring kas kuvveti değerleri incelendiğinde, grup ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($F(1,24)=2,801$; $p=0,107$; $\eta^2p=0,105$). Zaman ana etkisi de anlamlı bulunmadı ($F(1,24)=1,688$; $p=0,206$; $\eta^2p=0,066$). Grup × zaman etkileşimi açısından da fark saptanmadı ($F(1,24)=1,247$; $p=0,275$; $\eta^2p=0,049$).

Non dominant ekstremite hamstring kas kuvveti değerlerinde grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (F(1,24)=2,580; p=0,121; η^2p=0,097). Zaman ana etkisi anlamlılık düzeyine yaklaşmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (F(1,24)=3,249; p=0,084; η^2p=0,119). Grup x zaman etkileşimi de anlamlı olmadığı görüldü (F(1,24)=0,633; p=0,434; η^2p=0,026).

Dominant ekstremite kuadriseps femoris kas kuvveti değerleri açısından grup ana etkisinin anlamlı olmadığı belirlendi (F(1,24)<0,001; p=0,989; η^2p<0,001). Zaman ana etkisi istatistiksel olarak anlamlılık düzeyine yakın olmakla birlikte anlamlı bulunmadı (F(1,24)=3,025; p=0,095; η^2p=0,112). Grup x zaman etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (F(1,24)=0,295; p=0,592; η^2p=0,012).

Non dominant ekstremite kuadriseps femoris kas kuvveti değerlerinde grup ana etkisi (F(1,24)=0,081; p=0,779; η^2p=0,003), zaman ana etkisi (F(1,24)=1,657; p=0,210; η^2p=0,065) ve grup x zaman etkileşimi (F(1,24)=0,393; p=0,537; η^2p=0,016) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı.

Çizelge 4.6: Grupların kor endurans ölçüm sonuçları

		Nöroatletik grubu		**Kontrol grubu**	
		Min-Maks	**Ort±SS**	**Min-Maks**	**Ort±SS**
Gövde fleksiyon endurans (sn)	**İÖ**	56-432	231,77±118,09	60-377	195,54±105,48
	SÖ	176-926	502,62±216,48	82-430	245,31±123,76
	Test ist.	-6,357		-2,925	
	p^p	**<0,001**		**0,013**	
	Cohen's d	1,553		0,432	
Lateral köprü endurans (dominant) (sn)	**İÖ**	30-90	58,08±13,54	28-160	82,62±31,71
	SÖ	55-85	69,23±9,79	44-140	80±22,45
	Test ist.	-3,512		0,506	
	p^p	**0,004**		0,622	
	Cohen's d	0,943		0,095	
Lateral köprü endurans (non dominant) (sn)	**İÖ**	50-74	59,54±7,33	50-134	82,54±24,58
	SÖ	53-95	70,85±12,44	40-160	90,62±27,04
	Test ist.	-4,156		-1,187	
	p^p	**0,001**		0,258	
	Cohen's d	1,107		0,312	

Min: Minimum, Maks: Maksimum Ort±SS: Ortalama±Standart sapma, HM: Hamstring, KF: Kuadriseps Femoris, İÖ: İlk Ölçüm, SÖ: Son Ölçüm, p^p: Paired t Test, p^i: Independent Samples t Test.

Nöroatletik grubun gövde fleksiyon endurans testi ile dominant ve non dominant taraf lateral köprü endurans testleri ilk ve son ölçüm değerleri arasında fark bulundu (sırasıyla p<0,001; p=0,004; p=0,001). Kontrol grubunun yalnız gövde fleksiyon endurans testi ilk ve son ölçümleri arasında fark bulundu (p=0,013).

Cohen's d değerleri incelendiğinde, nöroatletik grubun gövde fleksiyon endurans ölçümleri ile non dominant taraf lateral köprü endurans ölçümlerindeki değişimin büyük düzeyde etki büyüklüğüne sahip olduğu tespit edildi (*d*= 1,553; 1,107). Buna karşılık, dominant taraf lateral köprü endurans ölçümündeki değişim orta düzeyde etki büyüklüğü gösterdi (*d*= 0,943). Kontrol grubunda ise zamana göre gövde fleksiyon endurans ile dominant ve non dominant taraf lateral köprü endurans ölçümlerindeki değişimler küçük ya da önemsiz düzeyde etki büyüklüğüne sahipti (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.7: Grupların kor enduransı değerlerinin karşılaştırılması

	Varyans kaynağı	**Kareler toplamı**	**sd**	**Kareler ortalaması**	**F**	**p**	**η^2p**
Gövde fleksiyon endurans	Gruplar arası						
	Grup	280035,692	1	280035,692	7,612	**0,011**	0,241
	Hata	882896,385	24	36787,349			
	Grup içi						
	Zaman	334081,231	1	334081,231	48,835	**<0,001**	0,670
	GrupxZaman	158843,769	1	158843,769	23,220	**<0,001**	0,492
	Hata	164183	24	6840,958			
Lateral köprü endurans (dominant)	Gruplar arası						
	Grup	4051,558	1	4051,558	5,229	**0,031**	0,179
	Hata	18594,923	24	774,788			
	Grup içi						
	Zaman	236,942	1	236,942	1,979	0,172	0,076
	GrupxZaman	616,173	1	616,173	5,147	**0,033**	0,177
	Hata	2873,385	24	119,724			
Lateral köprü endurans (non dominant)	Gruplar arası						
	Grup	5944,923	1	5944,923	9,948	**0,004**	0,293
	Hata	14342,385	24	597,599			
	Grup içi						
	Zaman	1221,231	1	1221,231	6,994	**0,014**	0,226
	GrupxZaman	33,923	1	33,923	0,194	0,663	0,008
	Hata	4190,846	24	174,619			

sd: Serbestlik derecesi, η'p: Parsiyel eta kare (etki büyüklüğü)

Grupların kor endurans değerlerinin grup ve zaman faktörlerine göre karşılaştırılması amacıyla uygulanan Two-Way (Mixed) ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.7'de sunuldu.

Analiz sonuçlarına göre grup ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlendi (F(1,24)=7,612; p=0,011; η^2p=0,241). Zaman ana etkisinin de anlamlı olduğu saptandı (F(1,24)=48,835; p<0,001; η^2p=0,670). Ayrıca grup ve zaman faktörleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir etkileşim olduğu görüldü (F(1,24)=23,220; p<0,001; η^2p=0,492).

Lateral köprü enduransının dominant taraf ölçümlerinde grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulundu (F(1,24)=5,229; p=0,031; η^2p=0,179). Zaman ana etkisinin anlamlı olmadığı belirlendi (F(1,24)=1,979; p=0,172; η^2p=0,076). Bununla birlikte grup ve zaman faktörleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir etkileşim saptandı (F(1,24)=5,147; p=0,033; η^2p=0,177).

Non dominant tarafta lateral köprü enduransı için grup ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (F(1,24)=9,948; p=0,004; η^2p=0,293). Zaman ana etkisi de istatistiksel olarak anlamlı bulundu (F(1,24)=6,994; p=0,014; η^2p=0,226). Ancak grup ve zaman faktörleri arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi (F(1,24)=0,194; p=0,663; η^2p=0,008).

Çizelge 4.8: Grupların çeviklik testi ölçüm sonuçları

		Nöroatletik grubu		**Kontrol grubu**	
		Min-Maks	**Ort±SS**	**Min-Maks**	**Ort±SS**
Çeviklik testi (sn)	**İÖ**	8,34-11,02	9,33±0,89	7,16-11,14	8,61±1,14
	SÖ	7,17-9,34	8,04±0,71	7,10-10,64	8,17±0,97
	Test ist.	8,156		2,544	
	p^p	**<0,001**		**0,026**	
	Cohen's d	1,602		0,415	

Ort±SS: Ortalama±Standart sapma, İÖ: İlk Ölçüm, SÖ: Son Ölçüm, p^p: Paired t Test

Nöroatletik ve kontrol grubundaki çeviklik testi sonuçları incelendiğinde iki grubun da ilk ve son ölçümleri arasında fark bulundu (sırayla p<0,001; p=0,026). Cohen's *d* değerleri incelendiğinde nöroatletik grubun çeviklik performansındaki değişimin büyük düzeyde etki büyüklüğüne (*d*= 1,602) sahip olduğu görülürken; kontrol grubunun zaman içindeki değişiminin küçük düzeyde etki büyüklüğüne (*d*= 0,415) sahip olduğu görüldü (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9: Grupların çeviklik testi değerlerinin karşılaştırılması

	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p	η²p
Çeviklik Testi	Gruplar arası						
	Grup	1,108	1	1,108	0,692	0,414	0,028
	Hata	38,410	24	1,600			
	Grup içi						
	Zaman	9,814	1	9,814	54,823	**<0,001**	0,696
	GrupxZaman	2,408	1	2,408	13,452	**0,001**	0,359
	Hata	4,296	24	0,179			

sd: Serbestlik derecesi, η²p: Parsiyel eta kare (etki büyüklüğü)

Grupların çeviklik testi değerlerinin grup ve zaman faktörlerine göre karşılaştırılması amacıyla uygulanan Two-Way (Mixed) ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.9'da sunuldu.

Analiz sonuçlarına göre grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($F(1,24)=0,692$; $p=0,414$; $\eta^2p=0,028$). Buna karşın zaman ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlendi ($F(1,24)=54,823$; $p<0,001$; $\eta^2p=0,696$). Elde edilen parsiyel eta kare değeri, zaman faktörünün çeviklik performansı üzerinde büyük düzeyde etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca grup × zaman etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı ($F(1,24)=13,452$; $p=0,001$; $\eta^2p=0,359$).

5. TARTIŞMA

Kayaklı koşu sporcularında nöroatletik eğitimin fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkisini araştırdığımız çalışmamızın sonucunda (I) sekiz hafta boyunca haftada üç kez yapılan nöroatletik eğitimin sporcuların denge, DEPH, kor endurans, çeviklik becerilerinde gelişmeler sağladığı görüldü. (II) Rutin antrenmanlarına ek olarak nöroatletik eğitim uygulanan grupta dominant ve non dominant bacağın 30° ve 60° DEPH'de anlamlı gelişme olduğu ve bu gelişmelerde orta düzeyde etki büyüklüğü tespit edildi. Nöroatletik eğitimin dengeye etkisine bakıldığında ise her 2 bacakta da 3 farklı uzanma yönünde orta düzey etki büyüklüğü ile anlamlı gelişmeler tespit edildi. Sadece rutin antrenmanlarına devam eden kontrol grubunda ise her 2 bacağın A uzanma yönünde gelişme olduğu bulundu. Nöroatletik eğitim alan grupta orta düzey etki büyüklüğü ile gövde fleksiyon enduransı, dominant ve non dominant taraf lateral köprü enduranslarında anlamlı gelişme görüldü. Sadece rutin antrenmanlarına devam eden kontrol grubunda ise gövde fleksiyon endurans testinde gelişmeler görüldü. Sporcuların çeviklik becerilerine bakıldığında ise her iki grupta da gelişmeler tespit edildi. Bu bulgular, klasik antrenman yöntemlerine ilave verilecek nöroatletik eğitimin sporcuların performansları üzerine etkili olabileceğini göstermektedir.

Nöroatletik eğitim, sinir sistemi ve duyu organlarını hedef alarak görsel, vestibüler ve propriyoseptif bilgilerin entegrasyonunu sağlayan ve bu sayede hareketlerin daha hızlı, doğru ve verimliliğini artıran bir antrenman modelidir. Sporcularda nöroatletik eğitimin performans üzerine etkilerini inceleyen araştırmalar oldukça sınırlıdır. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu benzer antrenman protokollerinin benzer fiziksel parametrelere etkisini değerlendirmiş ve benzer sonuçları tekrar tekrar rapor etmiştir. Bu durum, egzersiz uygulamalarına yönelik araştırmaların hızla gelişen nörofizyolojik literatürle paralel ilerleyemediğini düşündürmektedir. Oysaki nöroatletik eğitim üzerine güncel çalışmalar sporcu performansında çok boyutlu kazanımlar meydana getirebileceğine işaret etmektedir. Bu bağlamda, güncel yaklaşımlar ışığında farklı nöroatletik eğitim protokollerinin etkilerini inceleyen, çok boyutlu ve farklı spor branşlarına özgü çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Literatürde nöroatletik eğitimin sporcu performansına etkisini inceleyen çalışmalar futbol, voleybol, hentbol, hokey gibi takım sporları ve genç/rekreatif sporcular üzerinde yoğunlaşmıştır (181-187). Buna karşılık, kayaklı koşu gibi hem yüksek koordinasyon ve denge hem de çeşitli çevresel koşullara adaptasyon gerektiren dayanıklılık sporlarında nöroatletik eğitimin etkilerini inceleyen araştırmalar oldukça sınırlıdır.

Bu çalışma, hem nöroatletik eğitimin kayaklı koşu gibi çevresel zorluklar içeren bir branşta uygulanabilirliğini ortaya koyması, hem de denge, çeviklik, pozisyon hissi ve kor endurans gibi farklı performans parametrelerini bir arada değerlendirmesi açısından literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5.1. Eklem pozisyon hissi

Nöroatletik grupta DEPH sonuçlarında çok büyük etki büyüklüğü ile dominant bacak 30°'de %90,51 oranında, non dominant bacak 30°'de %87,29 oranında, dominant bacak 60°'de %84,24 oranında, non dominant 60°'de %88,31 oranında gelişme görüldü. Bu sonuç nöroatletik eğitimin propriyoseptif farkındalığı geliştirme konusunda rutin antrenman programlarına kıyasla daha etkili olduğunu göstermektedir. Nöroatletik eğitim, eklem çevresindeki mekanoreseptörlerin (kas iğcikleri, golgi tendon organları, eklem kapsülü reseptörleri) duyarlılığını artırarak propriyoseptif bilginin MSS'ne daha hızlı ve doğru şekilde iletilmesini sağlar. Bu artan afferent geri bildirim, spinal refleks yolları üzerinden daha etkin postüral yanıtların ortaya çıkmasına katkıda bulunur. Ayrıca motor korteks ve serebellar düzeyde gelişen nöral adaptasyonlar; sinaptogenez (nöronlar arası yeni sinaptik bağlantıların kurulması) ve nörogenez (yeni nöronların oluşması) süreçlerini de içererek agonist ve antagonist kas grupları arasındaki koordinasyonu güçlendirir. Bu hücresel düzeydeki plastisite mekanizmaları, eklem pozisyon hissinin doğruluğunu artırmakla kalmaz, aynı zamanda hareket sırasında daha hızlı düzeltici yanıtların oluşmasını da mümkün kılar. Böylece nöroatletik eğitim, propriyoseptif geri bildirimi artırmakta, hareket kontrolünü, postüral stabiliteyi ve motor performansı bütüncül biçimde geliştirmektedir (188). Çalışmamızın sonuçları nöroatletik eğitimin eklem pozisyon hissini geliştirmede etkili bir yöntem olduğunu ve kayaklı koşu gibi postüral stabilite ile hareket doğruluğunun kritik olduğu spor dallarında performansı destekleyici bir

araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Nöroatletik eğitimin propriyoseptif ve duyu-motor entegrasyona odaklanması, hata oranlarının azalmasına, tepki sürelerinin azalmasına ve stresli müsabakalarda karar verme yetisinin hızlanmasına katkı sağlayabilir. Bu da nöroatletik eğitimi geleneksel kuvvet ve kondisyon programlarının değerli bir tamamlayıcısı haline getirir.

5.2. Denge

Çalışmamızda Y Denge Testi ölçüm sonuçları incelendiğinde nöroatletik eğitimin rutin antrenmana kıyasla dominant ve non dominant bacak üzerinde dinamik dengeyi çok büyük etki büyüklüğü ile geliştirdiği gözlendi. Sporcuların rutin antrenmanları endurans çalışmaları kadar dengeyi geliştirecek çalışmaları da içermektedir. Rutin antrenman içeriğinde bosu topu üzerinde tek/çift ayaklı dengede durma, tek/çift ayaklı mini squat yapma, tek/çift ayak üzerinde top fırlatıp yakalama, tek/çift ayak ile squat yaparken ağırlık kaldırıp indirme, farklı yönlerde pertürbasyon eğitimi gibi egzersizler kontrol grubunda denge gelişimini desteklemektedir. Nöroatletik eğitimde, hareketli görsel uyaranların takibi sırasında pürüzsüz takip ve sakkadik göz hareketleri aktive olmakta; bu da görsel dikkat, reaksiyon süresi ve motor planlamayı geliştirmektedir. Görsel bilginin işlenmesi sırasında parietal ve oksipital korteks, denge stratejilerini planlayan serebellum ile etkileşime girer. Böylece birey, aniden gelişen pertürbasyonlara veya değişen çevresel uyaranlara daha hızlı yanıt verir (189).

Denge, sadece kas kuvvetiyle ilişkili değil; görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerden gelen bilgilerin MSS'de entegrasyonu sonucu düzenlenmektedir. Nöroatletik eğitim bu sistemleri birlikte aktive ederek propriyoseptif geri bildirimi artırmakta ve dengeyi geliştirmektedir. Böylece yalnız postüral kontrol değil, aynı zamanda reaksiyon süresi, yön tayini ve denge stratejilerinin aktivasyon hızı da gelişmektedir. Nöromusküler egzersizler, spinal düzeyde refleks hızını artırırken, supraspinal merkezlerde (özellikle beyincik ve motor korteks) plastisiteyi desteklemektedir. Bu durum, bireyin denge kaybına daha hızlı ve otomatik tepkiler vermesini sağlamaktadır. Ayrıca, kortikal motor kontrol daha az enerji ile daha etkili hâle gelmektedir (190). Nöroatletik eğitimin dengeyi geliştiren fizyolojik temellerden birisi de kortikal plastisite ve sensorimotor entegrasyon

süreçleridir. Vestibüler sistemin beyin sapı ve serebellumla olan bağlantıları, nöroatletik eğitim ile güçlenmekte; buna paralel olarak postüral stabilite daha iyi sağlanabilmektedir. Bu nöral mekanizmalarının devreye girmesiyle, sporcular çevresel değişimlere daha hızlı ve daha kontrollü motor yanıtlar üretebilmektedir (191). Sonuç olarak nöroatletik eğitim, yalnız kas kuvveti ve eklem pozisyon hissini değil; aynı zamanda görsel-motor entegrasyonu, göz-el koordinasyonunu ve postüral stabiliteyi sağlayan MSS adaptasyonlarını da geliştirmektedir.

Yapılan çalışmalarda tek bacak üzerinde yapılan denge testlerinde dominant ve non dominant taraflar arasında tespit edilen farklar; taraf baskınlığı, nöromusküler kontrol ve eklem stabilitesi ile ilişkilendirilmiştir (192). Çalışmamızda grupların ilk ölçümleri karşılaştırıldığında non dominant bacakta PM yönde fark bulundu. PM yön, frontal ve sagital düzlemde birleşik bir kontrol gerektirdiği için nöromusküler sistemin Yıldız Denge Testi'nde en çok zorlandığı yönlerden biridir (193-195). Çünkü, kalça abdüktör ve hamstring kasları, ayak bileği ve diz propriyosepsiyonu test becerisinde yüksek düzeyde etkilidir (196). Jeon ve ark. (2022), 40 yetişkin bireyi dahil ettikleri çalışmalarında Yıldız Denge Testi'nin PM yönündeki uzanma mesafesi ile diz ekstensörlerinin eksantrik kuvveti arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu da ekstansör kas grubunun bu özellikteki zorlu görevlerde belirleyici olduğunu göstermektedir (197). Norris ve Trudelle-Jackson (2011), EMG ölçümleri ile Yıldız Denge Testi'nin PM yönünde gluteus medius, gluteus maximus ve vastus medialis kaslarının daha aktif olduğunu göstermiştir. Bu durum, kalça abdüktörleri ve diz stabilizatörlerinin PM yönünde postural kontrol sağlamada kritik role sahip olduğunu ortaya koymaktadır (198). Üstelik bu özelliğinden dolayı sporcularda yaralanma riskini saptamada da kullanılmaktadır. Gonell ve ark (2015), çalışmalarında Y balans testte PM yönde alt ekstremiteler uzanma mesafeleri arasında 4 cm veya daha fazla fark olan sporcuların alt ekstremite yaralanması geçirme olasılığının 3,86 kat daha fazla olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, sporcularda yaralanma riskini belirlemek için yönsel dengesizliklerin ve ekstremiteler arası performans farklarının erken dönemde saptanması açısından önemlidir (199).

Bu çalışmada nöroatletik eğitim uygulanan grupta Y Denge Testi'nin A, PM ve PL uzanma yönlerinin tamamında gelişme görülürken; yalnız rutin antrenmana devam eden kontrol grubunda gelişmenin sadece anterior yönde sınırlı kaldığı

saptandı. Bizim bilgimize göre, A yönde sadece sagital düzlemde hareket gerçekleşirken, PM ve PL yönlerde frontal ve sagital düzlemde birleşik bir kontrol meydana geldiğini ve daha fazla kassal güce ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz. Yürüme, koşma, merdiven çıkma, bir nesneye doğru uzanma gibi gündelik yaşam aktivitelerinin çoğunluğu anterior yönde motor pratik gerektirmektedir. Buna karşılık, geri geri yürüme ya da lateral yönde hareketler günlük yaşamda sınırlı ve ikincil düzeyde kalmaktadır. Motor öğrenme ve nöroplastisite açısından bakıldığında, sık tekrarlanan ve fonksiyonel olarak anlamlı hareket paternleri, herhangi bir özel müdahale olmasa bile zaman içinde performans artışı gösterebilir. Dolayısıyla çalışmada A yönde gelişme yalnız nöroatletik eğitime dayandırılamayabilir.

Sonuç olarak, çalışmamızda görsel, vestibüler, propriyoseptif ve motor sistemleri bütüncül olarak hedefleyen nöroatletik eğitimin sporcuların dinamik denge becerisi üzerinde etkili olduğu tespit edildi.

5.3. Kas kuvveti

Çalışmamızda hamstring ve kuadriseps femoris kas kuvvetini değerlendirdiğimiz izometrik kas testi sonuçları hem rutin antrenman hem de ek olarak uyguladığımız nöroatletik eğitimin herhangi bir değişim sağlamadığını gösterdi. Kas kuvvetinde belirgin artışların uzun süreli direnç antrenmanına bağlı nörofizyolojik adaptasyonlar ile elde edildiği bilinmektedir (200, 201). Nöroatletik eğitimin kuvveti doğrudan artırmaktan ziyade öncelikle kas kuvvetinin motor ünite aktivasyonu, senkronizasyon ve propriyoseptif geri bildirim gibi nörolojik bileşenlerini geliştirerek dolaylı yollarla kas kontrolünü ve koordinasyonu sağladığı görülmektedir (202,203). Çalışmamızın sonucu nöroatletik eğitimin temel olarak nöral sistemlere odaklanması ve doğrudan kas hipertrofisine yönelik olmaması ile açıklanabilir.

Nöroatletik eğitim vestibüler, somatosensoriyel ve görsel-motor geri bildirimleri bir araya getirerek MSS ile periferik kaslar arasındaki etkileşimi geliştirmeyi hedeflemektedir. Böylece yalnız güç üretimi değil aynı zamanda hareketler daha koordineli, dengeli ve işlevsel hâle gelir. Soylu ve Altundağ'ın (2024) elit voleybolcular üzerinde gerçekleştirdiği randomize kontrollü çalışmada nöroatletik eğitimin üst ekstremite performansında anlamlı gelişmeye yol açtığı bildirilmiştir. Araştırmacılar üst ekstremite performansını kapalı kinetik zincir üst ekstremite

stabilite testi ile değerlendirmişlerdir (204). Bu test, çalışmamızda hamstring ve kuadriseps femoris kasları kuvvetini test ettiğimiz statik kuvvet ölçümünden farklı olarak üst ekstremite kas koordinasyonunu gerektiren bir test olması nedeniyle nöroatletik eğitim sonucu gelişmeyi açıklayabilir. Ayrıca voleybolda üst ekstremiteler genellikle patlayıcı kuvvet gerektiren aktivitelerde rol alır (204). Kayaklı koşuda ise hem alt hem de üst ekstremite kaslarının enduransı ön plandadır. Bu nedenle çalışmamızda rutin antrenmana ek olarak uygulanan nöroatletik eğitimin izometrik kuvvet testinde anlamlı bir değişim meydana getirmediğini düşünmekteyiz.

Çakıcı ve ark. (2026) elit erkek futbolcularda, sekiz hafta boyunca haftada 3 gün süreyle uyguladığı nöroatletik eğitimin hamstring ve kuadriseps femoris kasları üzerine etkisini izokinetik dinamometre ile ölçmüş ve her iki kas grubunda da anlamlı gelişme tespit etmiştir (154). Çalışmamız bulgularının aksine, Çakıcı'nın çalışmasında kontrol grubunun bulunmayışı nedeniyle kuvvet artışları salt nöroatletik eğitimin etkisine bağlanamayabilir. Dülger ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada hamstring gerginliği olan sporcularda tek seans nöroatletik eğitimin kontrol grubuna kıyasla gluteus maximus, hamstring, lumbal erektör spina ve gastroknemius kaslarında akut elektromiyografik ölçümlerde aktivasyon artışı gözlemlemişlerdir (205).

Sonuç olarak, nöroatletik eğitimin kas kuvveti üzerine etkilerinin klasik kuvvet antrenmanına kıyasla daha çok nöral adaptasyonlara dayandığı söylenebilir. Kayaklı koşu sporcularının hamstring ve kuadriseps kaslarının kuvvetini artırmaya yönelik nöroatletik egzersizlerin, sporcuların kas kuvvetini dengelemelerine ve diz eklemi stabilitesini sağlamalarına katkı sağlayabilir.

5.4. Kor Endurans

Çalışmamız sonucunda enduransı değerlendirdiğimiz gövde fleksiyon endurans ve lateral köprü endurans test sonuçları 8 haftalık eğitim sonrasında gövde fleksiyon endurans testlerinde nöroatletik eğitim büyük düzeyde etki büyüklüğü ile anlamlı bir artış meydana getirdi. Nöroatletik grubunda daha büyük etki büyüklüğü ile bu gelişme %116,8 oranında iken; yalnız rutin antrenman programına devam eden kontrol grubunda küçük etki büyüklüğü ile %25,45 düzeyinde gözlendi. Çalışmamız gövde fleksiyon endurans performansındaki değişimin zamana bağlı olarak gruplar arasında farklılaştığını gösterdi. Etkileşime ait yüksek parsiyel eta kare değerleri,

nöroatletik eğitimin gövde fleksiyon enduransı üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu ortaya koydu. Bu sonuç, rutin antrenmana eklenen nöroatletik eğitimin gövde fleksiyon enduransını geliştirmede yalnız rutin antrenmanlara kıyasla daha etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Nöromusküler egzersizler hem intramusküler hem intermusküler koordinasyonu geliştirerek spora özgü motor becerilerde daha iyi performans oluşumuna katkı sağlamaktadır (203, 206). Propriyoseptif ve vestibüler uyaranları harekete geçiren nöroatletik eğitimin kor kaslarında motor ünite senkronizasyonunu ve ateşleme frekansını geliştirdiği ve kasların daha uzun süre aktivasyonunu sağladığı düşünülmektedir. Fakat dominant ve non dominant lateral köprü endurans test sonuçlarına bakıldığında nöroatletik eğitimin rutin antrenmana kıyasla orta düzeyde etki büyüklüğü ile lateral kas enduransında artış sağladığı gözlendi. Çalışmamızda dominant taraf lateral köprü endurans testi ilk ölçümlerinde kontrol grubu lehine anlamlı fark olmasına rağmen son ölçümlerde gruplar arası farkın bulunmaması sporcuların dominant taraf gövde kor enduransının diğer tarafa oranla üstünlüğü ve ağırlıklı kuvvet çalışmaları içeren rutin antrenmanın etkisi ile açıklanabilir. Non dominant tarafta ise hem ilk ölçümler hem de son ölçümlerde gruplar arasında fark bulunmasına rağmen nöroatletik eğitim büyük düzeyde etki büyüklüğü gösterdi. Lateral köprü enduransında dominant tarafta grup x zaman etkileşiminin anlamlı bulunması, nöroatletik eğitimin gövde lateral kaslarının enduransına katkı sağladığını göstermektedir. Non dominant tarafta ise grup ve zaman ana etkilerinin anlamlı olmasına karşın etkileşimin anlamlı bulunmaması, her iki grupta da zamana bağlı bir gelişim olduğunu ancak bu gelişimin gruplar arasında farklılaşmadığını göstermektedir.

Bu sonuçlar, uygulanan antrenmanın postüral kontrol, stabilizasyon ve kasların süreklilik gerektiren aktivasyon kapasitesini artırarak kor endurans üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu düşündürmektedir.

Çalışmamızın bulgularına göre anterior gövde fleksör kasları enduransında belirgin bir gelişme olmasına rağmen gövde lateral kas enduransı gelişimi sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu sonuç, kayaklı koşu sporunun lateral gövde kaslarında güç üretimine neden olan tekrarlı ve sık gövde rotasyonel hareketleri içermesi ile açıklanabilir (207). Nöroatletik eğitim sırasında vestibüler, propriyoseptif ve motor geri bildirim sistemlerinin birlikte aktive edilmesi, dayanıklılığı hem sinirsel hem de

kas düzeyinde desteklemektedir (208). Soylu ve Altundağ'ın (2024) voleybolcularda yaptığı çalışmada da benzer şekilde, nöroatletik eğitimin üst ekstremite stabilitesini ve kassal dayanıklılığı artırdığı gösterilmiştir (204).

Sonuç olarak bu çalışma nöroatletik eğitimin sadece koordinasyon ve denge değil, aynı zamanda kor endurans üzerinde de etkili olabileceğini göstermektedir. Özellikle kor bölgesine odaklanan nöroatletik egzersizlerin performansın sürdürülebilirliği ve yorgunluk yönetimi açısından sporcuların antrenman programlarına dahil edilmesi önerilmektedir.

5.5. Çeviklik

Çalışmamızda çevikliği değerlendirdiğimiz slalom test sonuçları 8 haftalık eğitim sonrasında her iki grupta da gelişme olduğunu gösterdi. Bununla birlikte nöroatletik grubunda daha büyük etki büyüklüğü ile bu gelişme %13,8 oranında iken; yalnız rutin antrenman programına devam eden kontrol grubunda %5,1 düzeyinde gözlendi. Bu sonuç, sporcuların rutin antrenmanlarına eklenen nöroatletik eğitimin çeviklik performansını artırmada rutin antrenmanlara kıyasla daha etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Zaman faktörüne bağlı yüksek parsiyel eta kare değeri, çeviklik performansındaki değişimin zamana bağlı nöroatletik eğitimin performans üzerinde daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Sporcuların rutin antrenmanlarında tek bacak sıçrama, ip atlama, zig-zag koşular, yön değiştirme, yokuş çıkış-iniş ve slalom teknikleri içeren patlayıcı kuvvet çalışmaları motor ünite senkronizasyonu ve propriyoseptif duyarlılığı artırmakta, böylece çeviklik performansının gelişimine katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu tür gerilme-kısalma döngüsü içeren hareketler kas-tendon ünitesinin elastik enerji depolama ve geri kazanım kapasitesini artırarak çevikliğe katkı sağlamaktadır (209-211).

Kayaklı koşu antrenmanlarının yüksek yoğunluklu patlayıcı bölümlerinde tip II kas liflerinin aktivasyonu artmakta, bu da hızlı yön değiştirme ve hızlanma performansını desteklemektedir (212). Benzer şekilde, spora özgü tekrar eden hareketler sayesinde santral sinir sistemi adaptasyonları (motor öğrenme, serebellar kontrol, karar verme süresinde kısalma) gelişmektedir (213). Tüm bu mekanizmalar, yalnız nöroatletik grupta değil, rutin antrenman yapan kontrol grubunda da çeviklik gelişiminin gözlenmesini açıklamaktadır.

Nöroatletik eğitim MSS'ye yönelik uyarılarla özellikle görsel-motor koordinasyon, vestibüler uyum, propriyoseptif hassasiyet ve reaksiyon zamanını geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu yönüyle nöroatletik eğitim çeviklik gibi bilişsel ve motor bileşenlerin entegre edildiği performans özelliklerini desteklemektedir. Özellikle kayaklı koşu gibi değişken zemin ve yön geçişlerinin sık olduğu sporlarda, sporcunun çevresel değişimlere hızlı ve dengeli yanıt verebilmesi çeviklik performansı ile ilişkili olabilir.

Bu çalışma, kayaklı koşu sporcularında nöroatletik eğitimin fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkilerini inceleyen öncü araştırmalardan biri olarak planlandı ve yürütüldü. Kayaklı koşu; üst ve alt ekstremitelerin koordineli çalışmasını, güçlü bir kor kas aktivasyonunu, yüksek aerobik dayanıklılığı, çevikliği ve gelişmiş duyu-motor entegrasyonunu gerektiren kompleks bir spor branşıdır. Bu nedenle performansın yalnız kas kuvveti, endurans veya sürat gibi fiziksel parametrelerle değil; aynı zamanda propriyosepsiyon, görsel-bilişsel işleme, vestibüler kontrol ve motor planlama gibi nörofizyolojik süreçlerle de yakından ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu bakış açısı doğrultusunda, çalışmamız sporcunun çevresel uyaranları algılama, işleme ve doğru motor yanıt üretme süreçlerini geliştirmeyi hedefleyen nöroatletik eğitimin kayaklı koşu sporuna katkılarını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, nöroatletik eğitimin özellikle kor enduransı, lateral stabilite ve DEPH üzerinde büyük etki büyüklükleri ile anlamlı gelişmeler meydana getirdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, kayaklı koşuda kor kaslarının merkezi rolü ve gövdenin hem alt hem de üst ekstremitelere güç transferinde önemi düşünüldüğünde performans açısından değerli kazanımlar sağlamaktadır.

<u>Çalışmamızın limitasyonları</u>

- Sporcuların antrenman dışı yaşamlarında (uyku, beslenme, stres, motivasyon gibi) farklılıklar olması; nöroatletik eğitimin etkisine karışabilecek dışsal faktörler olabilir. Çalışmamızda bu değişkenler kontrol edilmedi.
- Egzersizlerin her iki haftada bir değiştirilmiş olması programı zenginleştirse de uygulanan egzersizlerin tüm bireyler için aynı düzeyde zorlayıcı olup olmadığı, bireysel uyumun nasıl değerlendirildiği belirtilmemiştir.

- Çalışmamızın sonuçları adölesan kayaklı koşu sporcuları ile sınırlıdır. Elit düzeydeki kayaklı koşu sporcularına genellenemeyebilir.

Çalışmamızın güçlü yönleri

- Çalışmanın randomize kontrollü ve tek kör klinik araştırma tasarımına sahip olması, bulguların kanıt düzeyini güçlendiren önemli bir metodolojik üstünlüktür.
- Nöroatletik eğitimin statik uygulamalarla sınırlı kalmayıp dinamik ve değişken biçimde çeşitlendirilmesinin; farklı duyu sistemlerini eş zamanlı olarak uyararak MSS adaptasyonlarını artırdığı, bu adaptasyonların sporcu performansına olumlu yansımasının yanı sıra motivasyonu ve motor öğrenme süreçlerini desteklediği olabilir.
- Bu araştırma, Türkiye'de kayaklı koşu özelinde yapılmış nadir deneysel çalışmalardan biri olması açısından ülkemiz spor bilimleri literatürüne özgün bir katkı sağlamaktadır.

Çalışma hipotezlerimizi değerlendirdiğimizde;

Hipotez 1

H1: Kayaklı koşuculardа 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim diz eklemi pozisyon hissini geliştirir. (Kabul edildi)

Hipotez 2

H1: Kayaklı koşuculardа 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim dinamik dengeyi geliştirir. (Kabul edildi)

Hipotez 3

H1: Kayaklı koşuculardа 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim kas kuvvetini artırır. (Reddedildi)

Hipotez 4

H1: Kayaklı koşuculardа 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim kor enduransı artırır. (Kabul edildi)

Hipotez 5

H1: Kayaklı koşuculardа 8 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan nöroatletik eğitim çeviklik performansını artırır. (Kabul edildi)

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kayaklı koşu sporcularında nöroatletik eğitimin fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkisini araştırdığımız çalışmamızda aşağıdaki sonuçlara varıldı:

1. Kayaklı koşuculardа 8 haftalık haftada 3 kez uygulanan nöroatletik eğitimin kuadriseps ve hamstring kas kuvvetini artırmadığı tespit edildi.
2. Kayaklı koşuculardа 8 haftalık haftada 3 kez uygulanan nöroatletik eğitimin DEPH'de gelişme sağladığı tespit edildi.
3. Kayaklı koşuculardа 8 haftalık haftada 3 kez uygulanan nöroatletik eğitimin gövde fleksiyon endurans ve lateral köprü endurans performansında gelişme sağladığı görüldü.
4. Kayaklı koşuculardа 8 haftalık haftada 3 kez uygulanan nöroatletik eğitimin dinamik denge becerisinde gelişme sağladığı görüldü.
5. Kayaklı koşuculardа 8 haftalık haftada 3 kez uygulanan nöroatletik eğitimin çeviklik performansını geliştirdiği gözlendi.
6. Kayaklı koşu branşında üst ekstremite performansının da sporcunun başarısında önemli olması sebebiyle gelecek çalışmalarda üst ekstremite performansının da değerlendirilmesi gerektiğini düşünüyoruz.
7. Gelecek çalışmalarda kayaklı koşuculardа nöroatletik eğitimin diğer fiziksel uygunluk parametreleri ve fizyolojik değişkenler üzerine etkileri araştırılabilir.
8. Gelecek çalışmalarda duyarlılığı daha yüksek cihazlarla (izokinetik cihazlar v.b.) ölçüm yapılabilir.
9. Gelecek çalışmalarda nöroatletik eğitimin uzun süreli etkisi inceleneceği araştırmalara gereksinim vardır.
10. Nöroatletik eğitimin sporcularda sezon boyunca yaralanma riski üzerine etkisi araştırılabilir.

Nöroatletik eğitim hareketin nörofizyolojik temellerini ele alarak, kayaklı koşu sporcularında performansı anlamlı şekilde artıran bütüncül ve nörolojik temelli bir yaklaşım sunmaktadır. Nöroatletik eğitim ile gözlemlenen performans artışları, nöromusküler uyumu ve propriyoseptif geri bildirimi hızlandırarak eğimli yüzeylerde hızlanma, dengeyi koruyabilme gibi yüksek stresli hareketleri gerçekleştiren kayaklı

koşucular için kritik öneme sahiptir. Fakat kayaklı koşu gibi hem yüksek koordinasyon ve denge hem de çeşitli çevresel koşullara adaptasyon gerektiren dayanıklılık sporlarında nöroatletik eğitimin etkilerini inceleyen araştırmalar oldukça sınırlıdır.

Çalışmamız, yeni nesil bir antrenman yaklaşımı olan nöroatletik eğitimin proprioseptif geri bildirimi artırarak hareket kontrolü, postüral stabilite ve motor performansı bütüncül bir biçimde geliştirdiğini kanıt düzeyi yüksek bulgularla ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçların, kayaklı koşu sporcuları ile bu alanda görev yapan antrenörler, spor fizyoterapistleri ve spor hekimleri için uygulamaya yönelik bilimsel bir referans niteliği taşıdığı düşünülmektedir. Diğer spor branşlarında da nöroatletik eğitimin, ilgili branşın fiziksel ve fizyolojik gereksinimleri ile antrenman içeriklerine entegre edilmesinin sporcuların performans gelişimine katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Nagle KB. Cross-country skiing injuries and training methods. Curr Sports Med Rep. 2015;14(6):442–447.
2. Yarım İ. Sekiz haftalık tekerli kayak sprint antrenmanlarının kayaklı koşucuların anaerobik güç, kuvvet ve diğer bazı parametreler üzerine etkisinin incelenmesi [doktora tezi]. Ankara: Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2010, 6–7.
3. Losnegard T. Energy system contribution during competitive cross-country skiing. Eur J Appl Physiol. 2019;119(8):1675–1690. doi:10.1007/s00421-019-04113-y.
4. Noordhof DA, Danielsson ML, Skovereng K, Danielsen J, Seeberg TM, Haugnes P, et al. The dynamics of the anaerobic energy contribution during a simulated mass-start competition while roller-ski skating on a treadmill. Front Sports Act Living. 2021;3:695052.
5. Sandbakk O, Holmberg HC. A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. Int J Sports Physiol Perform. 2014;9(1):117–121.
6. Stöggl T, Müller E. A systematic review of the effects of strength and power training on performance in cross-country skiers. J Sports Sci Med. 2022;21:555–579.
7. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The importance of muscular strength in athletic performance. Sports Med. 2016;46:1419–1449.
8. Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusof A. Effectiveness of injury prevention programs on developing quadriceps and hamstrings strength of young male professional soccer players. J Hum Kinet. 2013;39:115–125.
9. Mohammadi F, Taghizadeh S, Ghaffarinejad F, Khorrami M, Sobhani S. Proprioception, dynamic balance and maximal quadriceps strength in females with knee osteoarthritis and normal control subjects. Int J Rheum Dis. 2008;11(1):39–44.
10. Alsobrook NG, Heil DP. Upper body power as a determinant of classical cross-country ski performance. Eur J Appl Physiol. 2009;105:633–641.
11. Hill J, Leiszler M. Review and role of plyometrics and core rehabilitation in competitive sport. Curr Sports Med Rep. 2011;10(6):345–351.
12. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. Sports Med. 2006;36(3):189–198.
13. Putnam CA, Ferreiro A, Moore T, Fredericson M. Core stability exercise principles. Curr Sports Med Rep. 2008;7(1):39–44.
14. Malliou P, Amoutzas K, Theodosiou A, Gioftsidou A, Mantis K, Pylianidis T, et al. Proprioceptive training for learning downhill skiing. Percept Mot Skills. 2004;99(1):149–154.
15. Lauersen JB, Bertelsen DM, Andersen LB. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Br J Sports Med. 2014;48:871–877.
16. Sugavanam T, Sannasi R, Anand PA, Javia AJ. Postural asymmetry in low back pain: a systematic review and meta-analysis of observational studies. Disabil Rehabil. 2024;46:1–18.
17. Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. Sports Med. 2007;37(6):547–556.
18. Çetin E, Ateşoğlu U, Çolak M. Kayaklı koşucularda karnitin ve kreatin yüklemesinin yüksek irtifada bazı kan parametreleri ve maksimal oksijen tüketimi üzerine etkisi. Ataturk Univ J Phys Educ Sport Sci. 2002.
19. Ogard WK. Proprioception in sports medicine and athletic conditioning. Strength Cond J. 2011;33(3):111–118.
20. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: a critical review of methods. J Sport Health Sci. 2016;5(1):80–90.
21. Han J, Anson J, Waddington G, Adams R, Liu Y. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury. Biomed Res Int. 2015;2015:1–8.
22. Hoffman JR, Ratamess NA, Neese KL, Ross RE, Kang J, Magrelli JF, et al. Physical performance characteristics in National Collegiate Athletic Association Division III champion female lacrosse athletes. J Strength Cond Res. 2009;23(5):1524–1529.
23. Greene FS, Perryman E, Cleary CJ, Cook SB. Core stability and athletic performance in male and female lacrosse players. Int J Exerc Sci. 2019;12(4):1138–1148.
24. Okudur A, Sanioğlu A. On iki yaş tenisçilerde denge ile çeviklik ilişkisinin incelenmesi. Selcuk Univ J Phys Educ Sport Sci. 2012;14(2):165–170.

25. Schmid-Fetzer U, Lienhard L. Neuroathletik training. Pflaum Verlag; 2018.
26. Castañeda-Babarro A, Etayo-Urtasun P, León-Guereño P. Effects of strength training on cross-country skiing performance: a systematic review. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(11):6522.
27. Rønnestad BR, Bjerkrheim KA, Hansen J, Mølmen KS. A 6-day high-intensity interval microcycle improves indicators of endurance performance in elite cross-country skiers. Front Sports Act Living. 2022;4:948127.
28. Solli GS, Tønnessen E, Sandbakk Ø. Block vs. traditional periodization of HIT: two different paths to success for the world's best cross-country skier. Front Physiol. 2019;10:375.
29. Kim TH, Han JK, Lee JY, Choi YC. The effect of polarized training on the athletic performance of male and female cross-country skiers during the general preparation period. Healthcare (Basel). 2021;9(7):851.
30. Talsnes RK, Nordgården S, Kocbach J, Solli GS. One long versus two short sessions? Physiological and perceptual responses to low-intensity training at self-selected speeds in cross-country skiers. Int J Sports Physiol Perform. 2022;17(11):1590–1598. doi:10.1123/ijspp.2022-0212.
31. Wagner CM, Sandbakk Ø, Röhrs D, Schiemann S, Schmidt T, et al. High-volume resistance training improves double-poling peak oxygen uptake in youth elite cross-country skiers and biathletes: a pilot study. Appl Sci (Basel). 2024;14(7):2774.
32. Staff H, Solli GS, Welde B, Tønnessen E, Sandbakk Ø. Long-term development of training characteristics and physiological determinants in world-leading and medal-winning female cross-country skiers: a three decade comparative analysis. Sports Med Open. 2025;11(1):142.
33. Papadopoulou SK, Gouvianaki A, Grammatikopoulou AG, Pagkalos IG, Malliaropoulos N, Hassapidou MN, Maffulli N. Body composition and dietary intake of elite cross-country skiers members of the Greek national team. Asian J Sports Med. 2012;3(4):257–266.
34. Ekblom B, Bergh U. Cross-country skiing. In: Maughan RJ, editor. Nutrition in sport. Encyclopaedia of Sports Medicine, Vol. VII. Oxford: Blackwell Science, 2000; 656–661.
35. Karlsson Ø, Laaksonen MS, McGawley K. Training and illness characteristics of cross-country skiers transitioning from junior to senior level. PLoS One. 2021;16(5):e0250088.
36. Ünver Ş, Şimşek E, İslamoğlu İ, Arslan H. Üniversite takımlarında yer alan sporcuların yaralanma kaygı düzeylerinin incelenmesi. Beden Egit Spor Bilim Derg. 2020;14(3):400–410.
37. Ristolainen L, Kettunen JA, Waller B, et al. Training-related risk factors in the etiology of overuse injuries in endurance sports. J Sports Med Phys Fitness. 2014;54:78–87.
38. Karlsson P. Of cross-country and alpine skiers. Clin Sports Med. 1984;3:245–271.
39. Stöggl T, Stöggl J, Müller E. Competition analysis of the last decade (1996–2008) in cross-country skiing. In: Müller E, Lindinger S, Stöggl T, editors. Science and Skiing IV. Maidenhead: Meyer & Meyer Sport, 2009;657-669.
40. Yılmaz H. Kayaklı koşu sporcularının zihinsel antrenman ile sporda kaygı düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi [yüksek lisans tezi]. Ağrı: Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü; 2022.
41. Göktepe M, Aydoğan H. Comparison of some physical and physiological parameters of elite long-distance runners and cross-country skiers. US-China Educ Rev A. 2016;6(9):562–573.
42. Damar H. 14–16 yaş arası Kayseri ili alp disiplini kayak sporcularının fiziksel uygunluklarının incelenmesi [yüksek lisans tezi]. Kayseri: Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2020.
43. Türkiye Kayak Federasyonu. Türkiye kayak federasyonu tarihçesi [Internet]. 2024 [cited 2025 Jan 10]. Available from: https://tkf.org.tr/tarihce/
44. Karabağ S. Biathlonda atış isabetini etkileyen bazı fizyolojik faktörlerin incelenmesi [yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Niğde: Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2019.
45. Welde B, Evertsen F, von Heimburg E, Medbø JI. Energy cost of free technique and classical cross-country skiing at racing speeds. Med Sci Sports Exerc. 2003;35(5):818–825.
46. Nilsson J, Tveit P, Eikrehagen O. Cross-country skiing: effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing. Sports Biomech. 2004;3(1):85–108.
47. Pellegrini B, Sandbakk Ø, Stöggl T, Supej M, Ørtenblad N, Schürer A, et al. Methodological guidelines designed to improve the quality of research on cross-country skiing. J Sci Sport Exerc. 2021;3(3):207–223.
48. Bayram M, Şam CT, Akpınar H. Ağrı'da kayak (kayaklı koşu) ve başarısı. Beden Egit Spor Bilim Derg. 2019;21(2):7–19.

49. Marsland F, Anson J, Waddington G, Holmberg HC, Chapman DW. Macro-kinematic differences between sprint and distance cross-country skiing competitions using the classical technique. Front Physiol. 2018;9:570.
50. Ağbaba K. Kayaklı koşucularda baskın olmayan bacağa uygulanan Tabata antrenmanının paten atma salınım uzunluğuna etkisi [yüksek lisans tezi]. Çanakkale: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 2023.
51. Carlsson T, Wedholm L, Fjordell W, Swarén M, Carlsson M. Effect of sub-technique transitions on energy expenditure and physiological load in the classical-style technique among elite male cross-country skiers. Eur J Appl Physiol. 2021;121(11):3201–3209. doi:10.1007/s00421-021-04783-5.
52. Pellegrini B, Zoppirolli C, Bortolan L, Holmberg HC, Zamparo P, Schena F. Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing. Hum Mov Sci. 2013;32(6):1415–1429.
53. Holmberg HC, Lindinger S, Stöggl T, Eitzlmair E, Müller E. Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. Med Sci Sports Exerc. 2005;37(5):807–818.
54. Ettema G, Kveli E, Øksnes M, Sandbakk Ø. The role of speed and incline in the spontaneous choice of technique in classical roller-skiing. Hum Mov Sci. 2017;55:100–107.
55. Tjønnås J, Seeberg TM, Rindal OMH, Haugnes P, Sandbakk Ø. Assessment of basic motions and technique identification in classical cross-country skiing. Front Psychol. 2019;10:1260.
56. Dahl C, Sandbakk Ø, Danielsen J, Ettema G. The role of power fluctuations in the preference of diagonal vs. double poling sub-technique at different incline-speed combinations in elite cross-country skiers. Front Physiol. 2017;8:94. doi:10.3389/fphys.2017.00094.
57. Sandbakk Ø, Holmberg HC, Leirdal S. The physiology of world-class sprint skiers. Scand J Med Sci Sports. 2011;21(6):e16–e19.
58. Grzebisz N, Piejko L. The impact of endurance exercise on the cardiovascular capacity of a male amateur cross-country skier: pilot study. World Sci News. 2018;110:72–83.
59. Sleamaker R, Browning R. Serious training for endurance athletes. Champaign (IL): Human Kinetics, 1996.
60. Verges S, Flore P, Laplaud D, Guinot M, Favre-Juvin A. Laboratory running test vs. field roller skiing test in cross-country skiers: a longitudinal study. Int J Sports Med. 2006;27(4):307–313.
61. McCrackin T. A cross-country life: a sport biography of Canadian Olympian and cross-country skier David Rees. Toronto, 2022.
62. Larsson P, Henriksson-Larsén K. Body composition and performance in cross-country skiing. Int J Sports Med. 2008;29(12):971–975.
63. Gaskill SE, Serfass RC, Rundell KW. Upper body power comparison between groups of cross-country skiers and runners. Int J Sports Med. 1999;20(5):290–294.
64. Welde B. The significance of endurance training, resistance training and motivational styles in athletic performance among elite junior cross-country skiers [doctoral dissertation]. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Medicine, Department of Neuromedicine; 2006.
65. Stöggl T, Enqvist J, Müller E, Holmberg HC. Relationships between body composition, body dimensions, and peak speed in cross-country sprint skiing. J Sports Sci. 2010;28(2):161–169.
66. Stöggl T, Lindinger S, Müller E. Evaluation of an upper-body strength test for the cross-country skiing sprint. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(7):1160–1169.
67. Hébert-Losier K, Zinner C, Platt S, Stöggl T, Holmberg HC. Factors that influence the performance of elite sprint cross-country skiers. Sports Med. 2017;47:319–342.
68. Bergh U, Forsberg A. Influence of body mass on cross-country ski racing performance. Med Sci Sports Exerc. 1992;24:1033–1039.
69. Niinimaa V, Shephard RJ, Dyon M. Determinations of performance and mechanical efficiency in Nordic skiing. Br J Sports Med. 1979;13(2):62–65.
70. Sandbakk Ø, Holmberg HC. Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance. Int J Sports Physiol Perform. 2017;12(8):1003–1011.
71. Holmberg HC. The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. Scand J Med Sci Sports. 2015;25(Suppl 4):100–109.
72. Rusko H, editor. Handbook of sports medicine and science: cross-country skiing. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science; 2008. p. 3–17.

73. Millet GP, Boissière D, Candau R. Energy cost of different skating techniques in cross-country skiing. J Sports Sci. 2003;21(1):3–11.
74. Sandbakk Ø, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world-class and national-level sprint skiers. Eur J Appl Physiol. 2010;109(3):473–481.
75. Kaeding CC, Borchers J. Hamstring and quadriceps injuries in athletes. Cham: Springer; 2014. doi:10.1007/978-1-4899-7510-2.
76. Putnam CA. Sequential motions of body segments in striking and throwing skills. J Biomech. 1993;26:125–135.
77. Behm DG, Daneshjoo A, Alizadeh S. Assessments of core fitness. ACSMs Health Fit J. 2022;26(5):68–83.
78. Millet GY, Lepers R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. Sports Med. 2004;34:105–116.
79. Hoff J, Helgerud J, Wisløff U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. Med Sci Sports Exerc. 1999;31(6):870–877. doi:10.1097/00005768-199906000-00016.
80. Černohorski B, Pustovrh J, Tušak M. Impact of psychological dimensions of psychosomatic status on potential competitive performance in cross-country skiing. Kinesiology. 2006;38(2):143–157.
81. Petersen L. Sports psychology: mental resilience and performance in elite athletes. Rev Psicol Deporte. 2024;33(2):271–279.
82. Birrer D, Morgan G. Psychological skills training as a way to enhance an athlete's performance in high-intensity sports. Scand J Med Sci Sports. 2010;20(Suppl 2):78–87.
83. Fawver B, Cowan RL, DeCouto BS, Lohse KR, Podlog L, Williams AM. Psychological characteristics, sport engagement, and performance in alpine skiers. Psychol Sport Exerc. 2020;47:101616.
84. Sarkar M, Fletcher D. Psychological resilience in sport performers: a review of stressors and protective factors. J Sports Sci. 2014;32(15):1419–1434.
85. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. Appl Physiol Nutr Metab. 2016;41(1):1–11.
86. Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, Graham BJ. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. Med Sci Sports Exerc. 2000;32(2):271–277.
87. Alricsson M, Harms-Ringdahl K, Eriksson K, Werner S. The effect of dance training on joint mobility, muscle flexibility, speed and agility in young cross-country skiers: a prospective controlled intervention study. Scand J Med Sci Sports. 2003;13(4):237–243.
88. Gleim GW, McHugh MP. Flexibility and its effects on sports injury and performance. Sports Med. 1997;24:289–299.
89. Coh M, Vodičar J, Žvan M, Šimenko J, Stodolka J, Rauter S, Maćkala K. Are change-of-direction speed and reactive agility independent skills even when using the same movement pattern? J Strength Cond Res. 2018;32(7):1929–1936. doi:10.1519/JSC.0000000000002553.
90. Tilki A. 10–14 yaş tenisçilerde sürat antrenmanlarının ivmelenme ve çeviklik üzerine etkisi [yüksek lisans tezi]. Manisa: Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2018.
91. Pasławska M, Wojtyczek B, Raschner C. Agility performance of adolescent Polish recreational skiers. Stud Phys Cult Tour. 2012;19(3).
92. Dover GC, Kaminski TW, Meister K, Powers ME, Horodyski M. Assessment of shoulder proprioception in the female softball athlete. Am J Sports Med. 2003;31(3):431–437.
93. Hupperets M, Verhagen E, van Mechelen W. Effect of unsupervised home-based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. BMJ. 2009;339:b2684.
94. Riva D, Bianchi R, Rocca F, Mamo C. Proprioceptive training and injury prevention in a professional men's basketball team. J Strength Cond Res. 2016;30(2):461–475.
95. Wieber J, Brandt J, Pieper M, Hirschhäuser E, Catalá-Lehnen P, Rein R, Braunstein B. Effects of body orientation and direction of movement on a knee joint angle reproduction test in healthy subjects: an experimental study. Technol Health Care. 2023;31(5):1567–1578.
96. Kurz A, Lauber B, Franke S, Leukel C. Balance training reduces postural sway and improves sport-specific performance in visually impaired cross-country skiers. J Strength Cond Res. 2021;35(1):247–252. doi:10.1519/JSC.0000000000002597.

97. Granacher U, Gollhofer A, Kriemler S. Effects of balance training on postural sway, leg extensor strength, and jumping height in adolescents. Res Q Exerc Sport. 2010;81:245–251.
98. Mikkola JS, Rusko HK, Nummela AT, Paavolainen LM, Häkkinen K. Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. J Strength Cond Res. 2007;21(2):613–620.
99. Stöggl T, Müller E, Ainegren M, Holmberg HC. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross-country skiing? Scand J Med Sci Sports. 2011;21(6):791–803.
100. Cignetti F, Schena F, Zanone PG, Rouard A. Dynamics of coordination in cross-country skiing. Hum Mov Sci. 2009;28(2):204–217.
101. Horvath M, Andersson EP, Kölnas A, Spreitz A, Boström H, Sörfeldt A, Kuylenstierna D. Incline dependence of the power-duration relationship in cross-country skiing. Front Physiol. 2025;16:1712475.
102. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
103. Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. Journal of neurophysiology, 2022;88(3):1097-1118.
104. Arifoğlu Y. Her yönüyle anatomi. 3. baskı. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevleri; 2021.
105. Ferrè ER, Walther LE, Haggard P. Multisensory interactions between vestibular, visual and somatosensory signals. PLoS One. 2015;10(4):e0124573.
106. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. NeuroRehabilitation. 2013;32(3):437–443.
107. Angelaki DE, Cullen KE. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. Annu Rev Neurosci. 2008;31:125–150. doi:10.1146/annurev.neuro.31.060407.125555.
108. Cullen KE, Sadeghi SG. Vestibular system. Scholarpedia. 2008;3(1):3013.
109. Nandi R, Luxon LM. Development and assessment of the vestibular system. Int J Audiol. 2008;47(9):566–577.
110. Savundra P, Luxon LM. The physiology of equilibrium and its application to the dizzy patient. In: Gleeson M, editor. Scott-Brown's otolaryngology: basic sciences. Vol 1. 6th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1997. p. 1/4/165.
111. Oghalai JS, Brownell WE. Anatomy and physiology of the ear. In: Lalwani AK, editor. CURRENT diagnosis & treatment in otolaryngology—head & neck surgery. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2012. Chapter 44.
112. Bronstein AM, Rudge P. Vestibular involvement in spasmodic torticollis. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1986;49:290–295.
113. Kennard C. Normal and abnormal eye movements. In: Luxon LM, Furman JM, Martini A, Stephens D, editors. Textbook of audiological medicine: clinical aspects of hearing and balance. London: Martin Dunitz; 2003. p. 773–780.
114. Leigh RJ, Zee DS. A survey of eye movements: characteristics and etiology. In: The neurology of eye movements. 4th ed. Oxford: Oxford University Press; 2006. p. 1–213.
115. Katzner S, Weigelt S. Visual cortical networks: of mice and men. Curr Opin Neurobiol. 2013;23:202–206.
116. Uchiyama M, Demura S. The role of eye movement in upright postural control. Sport Sci Health. 2009;5:21–27. doi:10.1007/s11332-009-0072-z.
117. Guerraz M, Bronstein AM. Ocular versus extraocular control of posture and equilibrium. Clin Neurophysiol. 2008;38:391–398.
118. Gunasekar R, Chandramohan NK. Development of image acquisition system to eliminate blind spot of A-pillar. Int J Mech Prod Eng Res Dev. 2018;8.
119. Bourne RRA, Flaxman SR, Braithwaite T, et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. Lancet Glob Health. 2017;5:e888–e897.
120. Fazeenah A. A literary review on visual acuity. Int J Creat Res Thoughts. 2021;9:322–327.
121. Ovenseri-Ogbomo GO, Oduntan OA. Mechanism of accommodation: a review of theoretical propositions. Afr Vision Eye Health. 2015;74(1):6.
122. Shutterstock. Accommodation eye diagram [Internet]. Shutterstock; c2024 [cited 2024 Dec 25]. Available from: https://www.shutterstock.com/tr/search/accommodation-eye-diagram
123. Cumming BG. Stereopsis: where depth is seen. Curr Biol. 2002;12(3):R93–R95.
124. Nityananda V, Read JCA. Stereopsis in animals: evolution, function and mechanisms. J Exp Biol. 2017;220(14):2502–2512.

125. Owsley C, Sloane ME. Contrast sensitivity, acuity, and the perception of real-world targets. Br J Ophthalmol. 1987;71:791–796.
126. Woods RL, Wood JM. The role of contrast sensitivity charts and contrast letter charts in clinical practice. Clin Exp Optom. 1995;78:43–57.
127. Bennett CR, Bex PJ, Bauer CM, Merabet LB. The assessment of visual function and functional vision. Semin Pediatr Neurol. 2019;31:30–40.
128. Parker AJ. Binocular depth perception and the cerebral cortex. Nat Rev Neurosci. 2007;8:379–391.
129. Luna B, Velanova K, Geier CF. Development of eye-movement control. Brain Cogn. 2008;68:293–308.
130. Nichols MJ, Newsome WT. Middle temporal visual area microstimulation influences veridical judgments of motion direction. J Neurosci. 2002;22(21):9530–9540.
131. Liu J, Zeng F. The neural mechanisms of visual and vestibular interaction in self-motion perception. Biology (Basel). 2025;14(7):740.
132. Krauzlis RJ, Goffart L, Hafed ZM. Neuronal control of fixation and fixational eye movements. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2017;372(1718):20160205.
133. Salvucci DD, Goldberg JH. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: Proceedings of the 2000 Symposium on Eye Tracking Research & Applications. New York: ACM; 2000. p. 71–78. doi:10.1145/355017.355028.
134. Mahanama B, Jayawardana Y, Rengarajan S, Jayawardena G, Chukoskie L, Snider J, et al. Eye movement and pupil measures: a review. Front Comput Sci. 2022;3:733531.
135. Valls-Solé J. Spontaneous, voluntary, and reflex blinking in clinical practice. J Clin Neurophysiol. 2019;36:415–421. doi:10.1097/WNP.0000000000000561.
136. Aytekin M, Victor JD, Rucci M. The visual input to the retina during natural head-free fixation. J Neurosci. 2014;34:12701–12715.
137. Fukushima K, Fukushima J, Warabi T. Vestibular-related frontal cortical areas and their roles in smooth-pursuit eye movements: representation of neck velocity, neck-vestibular interactions, and memory-based smooth-pursuit. Front Neurol. 2011;2:78.
138. Park SE, Min KO, Lee SB, Choi WS, Kim SH. Effect of eye movements and proprioceptive neuromuscular facilitation on balance and head alignment in stroke patients with neglect syndrome. J Phys Ther Sci. 2016;28(2):596–601.
139. Giesel M, Yakovleva A, Bloj M, Wade AR, Norcia AM, Harris JM. Relative contributions to vergence eye movements of two binocular cues for motion-in-depth. Sci Rep. 2019;9(1):17412.
140. Franklin DW, Wolpert DM. Computational mechanisms of sensorimotor control. Neuron. 2011;72(3):425–42.
141. Peterson BW. Current approaches and future directions to understanding control of head movement. Brain Mech Integr Posture Mov. 2004;143:369–81.
142. Wolpert DM, Diedrichsen J, Flanagan JR. Principles of sensorimotor learning. Nat Rev Neurosci. 2011;12(12):739–51.
143. Milner TE, Hinder MR, Franklin DW. How is somatosensory information used to adapt to changes in the mechanical environment? Comput Neurosci Theor Insights Brain Funct. 2007;165:363–372.
144. Soylu Ç, Ün Yıldırım N. Kognitif temelli egzersiz yaklaşımı. In: Ün Yıldırım N, editor. Yirmi birinci yüzyılda değişen ve dönüşen egzersiz yaklaşımları. Ankara: Türkiye Klinikleri, 2024(1);33-41.
145. Lienhard L. Training beginnt im Gehirn: Mit Neuroathletik die sportliche Leistung verbessern. Munich: Riva Verlag; 2019.
146. Guo Y, Yuan T, Peng J, Deng L, Chen C. Impact of sports vision training on visuomotor skills and shooting performance in elite skeet shooters. Front Hum Neurosci. 2024;18:1476649.
147. Toyoda D, Sudo D, Saito T. Relationship between visual function and motor skills: validation through a vision training system and physical fitness test. J Phys Ther Sci. 2025;37(10):493–497. doi:10.1589/jpts.37.493.
148. Lu M, Zhai Y, Peng H, Cao J, Yang Y, Chen L. Effects of balance training combined with stroboscopic visual training on balance ability in college-aged male soccer players. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2025;17(1):207. doi:10.1186/s13102-025-01255-7.

149. Ketterer J, Gollhofer A, Ringhof S, Assländer L, Granacher U, Gehring D. Effects of balance training with visual input manipulations on balance performance and sensory integration in healthy young adults: a randomized controlled trial. Sci Rep. 2024;14(1):28589.
150. Saki F, Shafiee H, Tahayori B, Ramezani F. The effects of core stabilization exercises on the neuromuscular function of athletes with ACL reconstruction. Sci Rep. 2023;13(1):2202. doi:10.1038/s41598-023-29126-6.
151. Yılmaz O, Soylu Y, Erkmen N, Kaplan T, Batalik L. Effects of proprioceptive training on sports performance: a systematic review. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2024;16(1):149. doi:10.1186/s13102-024-00936-z.
152. Zouhal H, Abderrahman AB, Dupont G, Truptin P, Le Bris R, Le Postec E, Sghaeir Z, Brughelli M, Granacher U, Bideau B. Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. Front Physiol. 2019;10:947. doi:10.3389/fphys.2019.00947.
153. Zwierko M, Jedziniak W, Popowczak M, Rokita A. Effects of six-week stroboscopic training program on visuomotor reaction speed in goal-directed movements in young volleyball players: a study focusing on agility performance. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2024;16(1):59. doi:10.1186/s13102-024-00848-y.
154. Cakici AP, Alpay N, Soylu C. Effects of an eight-week neuro-athletic training program on passing accuracy, shooting precision, flexibility, and isokinetic knee strength in male soccer players: a randomized controlled trial. Journal of Science and Medicine in Sport, 2026.
155. Demakis GJ. Frontal lobe damage and tests of executive processing: a meta-analysis of the category test, stroop test, and trail-making test. J Clin Exp Neuropsychol. 2004;26(3):441-450.
156. Crowe SF. The differential contribution of mental tracking, cognitive flexibility, visual search, and motor speed to performance on parts A and B of the Trail Making Test. J Clin Psychol. 1998;54:585–591.
157. Türkeş N, Can H, Kurt M, Dikeç BE. İz Sürme Testi'nin 20–49 yaş aralığında Türkiye için norm belirleme çalışması. Turk Psikiyatri Derg. 2015;26(3):189–196.
158. Alshahrani MS, Reddy RS, Asiri F, Tedla JS, Alshahrani A, Kandakurti PK, et al. Correlation and comparison of quadriceps endurance and knee joint position sense in individuals with and without unilateral knee osteoarthritis. BMC Musculoskelet Disord. 2022;23(1):444.
159. Bartonek Å, Eriksson M, Ericson A, Reimeringer M, Lidbeck C. Evaluation of knee position sense in children with motor disabilities and children with typical development: a cross-sectional study. Children (Basel). 2023;10(6):1056.
160. Kiran D, Carlson M, Medrano D, Smith DR. Correlation of three different knee joint position sense measures. Phys Ther Sport. 2010;11(3):81–85.
161. Alshahrani MS, Reddy RS, Tedla JS, Asiri F, Alshahrani A. Association between kinesiophobia and knee pain intensity, joint position sense, and functional performance in individuals with bilateral knee osteoarthritis. Healthcare (Basel). 2022;10(1):120.
162. Borsa PA, Lephart SM, Irrgang JJ, Safran MR, Fu FH. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. Am J Sports Med. 1997;25(3):336–340.
163. Pincivero DM, Bachmeier BR, Coelho AJ. The effects of joint angle and reliability on knee proprioception. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(10):1708–1712.
164. Erden Z. Is there any difference in joint position sense among different knee angles? Eklem Hastalik Cerrahisi. 2009;20(1):47–51.
165. Nakashima Y, Iwaki D, Kawae T, Fudeyasu K, Kimura H. Reliability of joint position sense measured in the knee using the level function of the iPhone "Measure" application. PLoS One. 2021;16:e0256561.
166. Oleksy Ł, Królikowska A, Mika A, Reichert P, Kentel M, Mikulski M, et al. Reliability of active and passive knee joint position sense assessment using the Luna EMG rehabilitation robot. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(23):15885.
167. Suner-Keklik S, Cobanoglu-Seven G, Kafa N, Ugurlu M, Guzel NA. The validity and reliability of knee proprioception measurement performed with inclinometer in different positions. J Sport Rehabil. 2017;26(6).
168. Romero-Franco N, Montaño-Munuera JA, Fernández-Domínguez JC, Jiménez-Reyes P. Validity and reliability of a digital inclinometer to assess knee joint position sense in an open kinetic chain. J Sport Rehabil. 2019;28(4):332–338.

169. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. N Am J Sports Phys Ther. 2009;4(2):92–99.
170. Taylor NF, Dodd KJ, Graham HK. Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(1):77–80.
171. Douma RK, Soer R, Krijnen WP, Reneman MF, van der Schans CP. Reference values for isometric muscle force among workers for the Netherlands: a comparison of reference values. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2014;6(1):10.
172. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua YH, Williams GP, et al. Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: a reliability and validity study. PLoS One. 2015;10(10):e0140822.
173. Thorborg K, Bandholm T, Hölmich P. Hip- and knee-strength assessments using a hand-held dynamometer with external belt-fixation are inter-tester reliable. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013;21:550–55.
174. McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. Arch Phys Med Rehabil. 1999;80(8):941–44.
175. Evans K, Refshauge KM, Adams R. Trunk muscle endurance tests: reliability, and gender differences in athletes. J Sci Med Sport. 2007;10(6):447–55.
176. Alricsson M, Harms-Ringdahl K, Werner S. Reliability of sports related functional tests with emphasis on speed and agility in young athletes. Scand J Med Sci Sports. 2001;11(4):229–32.
177. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. Phys Ther. 2003;83(8):713–21.
178. Verhagen AP, de Vet HCW, de Bie RA, Kessels AGH, Boers M, Bouter LM, et al. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. J Clin Epidemiol. 1998;51(12):1235–41.
179. Hopkins WG. A scale of magnitudes for effect statistics. Sportscience. 2002;6:1–7.
180. Ulupınar S, İnce İ. Spor Bilimlerinde Etki Büyüklüğü ve Alternatif İstatistik Yaklaşımları. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi. 2021;19(1):1-17.
181. Sañudo B, Sánchez-Hernández J, Bernardo-Filho M, Abdi E, Taiar R, Núñez J. Integrative neuromuscular training in young athletes, injury prevention, and performance optimization: a systematic review. Appl Sci. 2019;9(18):3839.
182. Vitale JA, La Torre A, Banfi G, Bonato M. Effects of an 8-week body-weight neuromuscular training on dynamic balance and vertical jump performances in elite junior skiing athletes: a randomized controlled trial. J Strength Cond Res. 2018;32(4):911–920.
183. Clark JF, Graman P, Ellis JK, Mangine RE, Rauch JT, Bixenmann B, et al. An exploratory study of the potential effects of vision training on concussion incidence in football. Optom Vis Perform. 2015;3(2):e1–e7.
184. Junior NKM. Coaching peripheral vision training for soccer athletes. Phys Educ. 2010;67(2):74–80.
185. Haugen T, Danielsen J, Alnes LO, McGhie D, Sandbakk Ø, Ettema G. On the importance of front-side mechanics in athletics sprinting. Int J Sports Physiol Perform. 2018;13(4):420–427.
186. Kung SM, Suksreephaisan TK, Perry BG, Palmer BR, Page RA. The effects of anticipation and visual and sensory performance on concussion risk in sport: a review. Sports Med Open. 2020;6(1):54.
187. Schwab S, Memmert D. The impact of a sports vision training program in youth field hockey players. J Sports Sci Med. 2012;11(4):624–631.
188. De Sousa Fernandes MS, Ordônio TF, Santos GCJ, Santos LER, Calazans CT, Gomes DA, et al. Effects of physical exercise on neuroplasticity and brain function: a systematic review in human and animal studies. Neural Plast. 2020;2020:8856621.
189. Roberts RE, Ahmad H, Arshad Q, Patel M, Dima D, Leech R, et al. Functional neuroimaging of visuo-vestibular interaction. Brain Struct Funct. 2017;222(5):2329–2343.
190. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. Neurosci Biobehav Rev. 2012;36(1):162–168.
191. Taubert M, Villringer A, Ragert P. Learning-related gray and white matter changes in humans: an update. Neuroscientist. 2012;18(4):320–325.
192. Paillard T, Noé F. Does monopedal postural balance differ between the dominant leg and the non-dominant leg? A review. Hum Mov Sci. 2020;74:102686.

193. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. J Orthop Sports Phys Ther. 2006;36(12):911–919.
194. Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. J Athl Train. 2004;39(4):321–329.
195. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. J Athl Train. 2012;47(3):339–357.
196. Jaber H, Lohman E, Daher N, Bains G, Nagaraj A, Mayekar P, et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the Star Excursion Balance Test in subjects with and without chronic ankle instability. PLoS One. 2018;13(8):e0201479.
197. Jeon J, Lee J, Hong J, Yu J, Kim J, Lee D. Correlation of eccentric strength of the knee extensors and knee proprioception with dynamic postural control. J Back Musculoskelet Rehabil. 2022;35(2):309–316.
198. Norris B, Trudelle-Jackson E. Hip- and thigh-muscle activation during the Star Excursion Balance Test. J Sport Rehabil. 2011;20(4):428–441.
199. Gonell AC, Romero JAP, Soler LM. Relationship between the Y Balance Test scores and soft tissue injury incidence in a soccer team. Int J Sports Phys Ther. 2015;10(7):955–966.
200. Griffin L, Cafarelli E. Resistance training: cortical, spinal, and motor unit adaptations. Can J Appl Physiol. 2005;30(3):328–340.
201. Santos PD, Vaz JR, Correia J, Neto T, Pezarat-Correia P. Long-term neurophysiological adaptations to strength training: a systematic review with cross-sectional studies. J Strength Cond Res. 2023;37(10):2091–2105.
202. Selvanayagam VS, Riek S, Carroll TJ. Early neural responses to strength training. J Appl Physiol (1985). 2011;111(2):367–375.
203. Akbar S, Soh KG, Jazaily Mohd Nasiruddin N, Bashir M, Cao S, Soh KL. Effects of neuromuscular training on athletes' physical fitness in sports: a systematic review. Front Physiol. 2022;13:939042.
204. Soylu C, Altundag E. Rewiring for victory: neuro-athletic training enhances flexibility, serve speed, and upper limb performance in elite volleyball players—a randomized controlled trial. Appl Sci. 2024;14(23):11102.
205. Dulger A, Soylu C, Ün Yıldırım N. Unlocking your posterior chain: neuroathletic training's instant impact. Poster sunumu. Sağlık Bilimleri Üniversitesi; 2024 Ağustos; Ankara, Türkiye.
206. Hammami R, Negra Y, Nebigh A, Ramirez-Campillo R, Moran J, Chaabene H. Preseason integrative neuromuscular training improves selected measures of physical fitness in highly trained youth male soccer players. J Strength Cond Res. 2023;37(6):e384–e390.
207. Romero-Morales C, Villafañe JH, Jácome-López R, Tullio M, Strelczuk A, Miñambres-Martín D, et al. Gender differences in core muscle morphology of elite alpine skiers: insights from ultrasonography. Sensors (Basel). 2024;24(13):4073.
208. Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(3):413–421.
209. Slimani M, Chamari K, Miarka B, Del Vecchio FB, Chéour F. Effects of plyometric training on physical fitness in team sport athletes: a systematic review. J Hum Kinet. 2016;53:231–247.
210. Turgut E, Çolakoğlu FF, Güzel NA, Karacan S, Baltacı G. Effects of weighted versus standard jump rope training on physical fitness in adolescent female volleyball players: a randomized controlled trial. Fizyoter Rehabil. 2016;27(3):108–115.
211. Ramirez-Campillo R, Gentil P, Negra Y, Grgic J, Girard O, Pérez-Castilla A, et al. Effects of plyometric jump training on physical fitness in amateur and professional volleyball: a meta-analysis. Br J Sports Med. 2022;56(10):563–571.
212. Losnegard T, Myklebust H, Spencer M, Hallén J. Seasonal variations in VO_2max, O_2-cost, O_2-deficit, and performance in elite cross-country skiers. J Strength Cond Res. 2013;27(7):1780–1790.
213. Taube W, Leukel C, Gollhofer A. How neurons make us jump: the neural control of stretch-shortening cycle movements. Exerc Sport Sci Rev. 2012;40(2):106–115.

EKLER

Ek-1: Sporcu İzin Formu

Arkut Kayaklı Koşu ve Biathlon Merkezi'nde, Nurcan CONTARLI yürütücülüğünde gerçekleştirilen "Kayaklı Koşu Sporcularında Nöroatletik Eğitimin Fiziksel Performans ve Pozisyon Hissi Üzerine Etkisi" başlıklı bilimsel çalışmada yer almayı; bu çalışma kapsamında fotoğraflarımın çekilmesini ve yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılmasını gönüllü olarak kabul ediyorum.

Fotoğraflarımın kimliğimi açık edecek şekilde izinsiz paylaşılmayacağını, yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacağını ve dilediğim zaman çalışmadan çekilme hakkına sahip olduğumu biliyorum. Bu konuda bana gerekli açıklamalar yapılmış olup, hiçbir zorlama olmaksızın tamamen kendi özgür irademle fotoğraflarımın bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

Ek-2: Etik Kurul Kararı

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı :
Konu :

Sayın

Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz **"Kayaklı Koşu Sporcularında Nöroatletik Eğitimin Fiziksel Performans Ve Pozisyon Hissi Üzerine Etkisi"** başlıklı araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları açısından Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul yönergesine göre incelenmiş olup etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr.
Kurul Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

BATEK

Ek-3: Kurum İzni

Karabük Üniversitesi Evrak Tarih ve Sayısı: (

T.C.
GENÇLİK VE SPOR BAKANLIĞI
Eğitim, Araştırma ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü

Sayı :
Konu : Araştırma İzni-Nurcan CONTARLI

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : a)
b)

İlgi (a) yazı ile başvurusu yapılan "*Kayaklı Koşu Sporcularında Nöroatletik Eğitimin Fiziksel Performans ve Pozisyon Hissi Üzerine Etkisi* " başlıklı araştırma izni talebi, Gençlik ve Spor Bakanlığı Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından ilgi (b) Genelge çerçevesinde değerlendirilmiş ve söz konusu araştırmanın ilgili kurumlarda yürütülmesi uygun bulunmuştur. Tüm araştırma uygulamaları ilgi (a) yazı ile başvuruyu gerçekleştiren araştırmacılar tarafından yürütülecek olup, anket vb. uygulamalar kurum yetkilileri tarafından yürütülmeyecektir. Kurum yetkilileri araştırmalara, gönüllülük esasına göre, katılımcı olarak destek verebileceklerdir. Buna göre;

a) Araştırma kapsamında veri toplama ile ilgili her türlü iş ve işlem ilgi (b) Genelge doğrultusunda araştırmacı(lar) tarafından yürütülecektir. Araştırmacı(lar) tarafından araştırmalarda elde edilen veri setlerinin uygulama tamamlandıktan sonra 30 (otuz) gün içerisinde Bakanlık tarafından istenilen formatta, araştırmaların sonuç raporlarının ise çalışma bitiminden itibaren 30 (otuz) gün içerisinde Eğitim, Araştırma ve Koordinasyon Genel Müdürlüğüne ulaştırılması gerekmektedir. Ayrıca araştırma raporlarında kurumsal gizliliğin korunması, üretilecek bildiri, tez, makale ve benzeri yayınlarda Bakanlık ve Bakanlığa bağlı birimlerin isimlerinin verilmemesi, katılımcıların kurumsal aidiyetlerinin ve kimliklerinin tahmin edilmesine imkân verebilecek hiçbir paylaşımın yapılmaması gerekmektedir.

b) Araştırma sürecinin gözetim ve denetimi, ilgili kurum müdürlükleri ile Gençlik ve Spor İl Müdürlükleri tarafından gerçekleştirilecektir. Bu çerçevede; (1) örneklemdeki kişilerin reşit olmamaları durumunda velilerin yazılı izinlerinin alınması, (2) onay verilen araştırma faaliyetleri kapsamı dışında hiçbir uygulama ve etkinlik yapılmaması, (3) araştırmanın uygulanması esnasında öncelikle kurum faaliyetlerinin aksatılmaması, (4) tüm araştırma süreçlerine katılımda gönüllülüğün esas alınması, (5) Eğitim, Araştırma ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü tarafından mühürlenmiş veri toplama araçları dışında bir araç ya da form kullanılmaması, (6) araştırmanın kurumlarda uygulanmasından kaynaklanabilecek her türlü fiziksel zararın araştırmacı(lar) tarafından karşılanması, (7) araştırmada ticari amaç güdülmemesi ve katılımcılardan ücret talep edilmemesi ve (8) araştırmanın ilgi (b) Genelgeye uygun yürütülmesi hususlarında gerekli gözetim ve denetim ilgili kurum müdürlükleri ile Gençlik ve Spor İl Müdürlüklerinin yetki ve sorumluluğundadır.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Bakan a.
Genel Müdür

Ek-4: Bilgilendirilmiş Onam Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

LÜTFEN BU DÖKÜMANI DİKKATLİCE OKUMAK İÇİN ZAMAN AYIRINIZ

Sizi Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı doktora öğrencisi Uzman Fizyoterapist Nurcan CONTARLI'nın araştırmacısı olduğu "Kayaklı koşu sporcularında nöroatletik eğitimin fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkisi" başlıklı **araştırmaya** davet ediyoruz. Bu araştırmaya katılıp katılmama kararını vermeden önce, araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını bilmeniz gerekmektedir. Bu nedenle bu formun okunup anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Eğer anlayamadığınız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa, ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz.

Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmaya **katılmama** veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan **çıkma** hakkında sahipsiniz. **Çalışmayı yanıtlamanız, araştırmaya katılım için onam verdiğiniz** biçiminde yorumlanacaktır. Size verilen **antrenmandaki** egzersizleri yaparken kimsenin baskısı veya telkini altında olmayın. Bu formlardan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacaktır.

1. Araştırmayla İlgili Bilgiler:

a. Araştırmanın Amacı: Bu çalışma, kayaklı koşucularda nöroatletik eğitimin sporcuların fiziksel performans ve pozisyon hissi üzerine etkisini araştırmaktır.

b. Araştırmanın İçeriği: Çalışmamızda öncelikle yaş, boy, kilo, spor yılı gibi sorular sorulacaktır. Daha sonra rutin antrenmanlarınıza kas kuvveti, denge, pozisyon hissi ve hızınızı geliştirmeye yönelik nöroatletik eğitim egzersizleri eklenecektir. 8 hafta sürecek bu eğitimin başında ve sonunda kas kuvveti, gövde kas dayanıklılığı, denge, diz eklem pozisyon hissi ve sürat performansınızı çeşitli testlerle değerlendireceğiz. Toplam değerlendirme sürecinin 35-45 dakika sürmesi beklenmektedir. Bu egzersizler ve testlerde size herhangi bir girişimsel (iğne, enjeksiyon gibi) müdahale yapılmayacak olup sadece fiziksel performansınız değerlendirilecektir.

c. Araştırmanın Nedeni: Doktora Tez çalışması

d. Araştırmanın Öngörülen Süresi: 8 hafta

e. Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı: 26

f. Araştırmanın Yapılacağı Yer(ler): Gerede Arkut Kayaklı koşu Merkezi

2. Çalışmaya Katılım Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya/gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları tamamen anladım. **Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı tarafından yapıldı, soru sorma ve tartışma imkanı buldum ve tatmin edici yanıtlar aldım. Bana, çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı.** Bu çalışmayı istediğim zaman ve herhangi bir neden belirtmek zorunda kalmadan bırakabileceğimi ve bıraktığım takdirde herhangi bir olumsuzluk ile karşılaşmayacağımı anladım.

Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi isteğimle, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının (Kendi el yazısı ile)

Adı-Soyadı:.....

İmzası:

(Varsa) Velayet veya Vesayet Altında Bulunanlar İçin:

Veli veya Vasisinin (kendi el yazısı ile)

Adı-Soyadı:.....

İmzası:

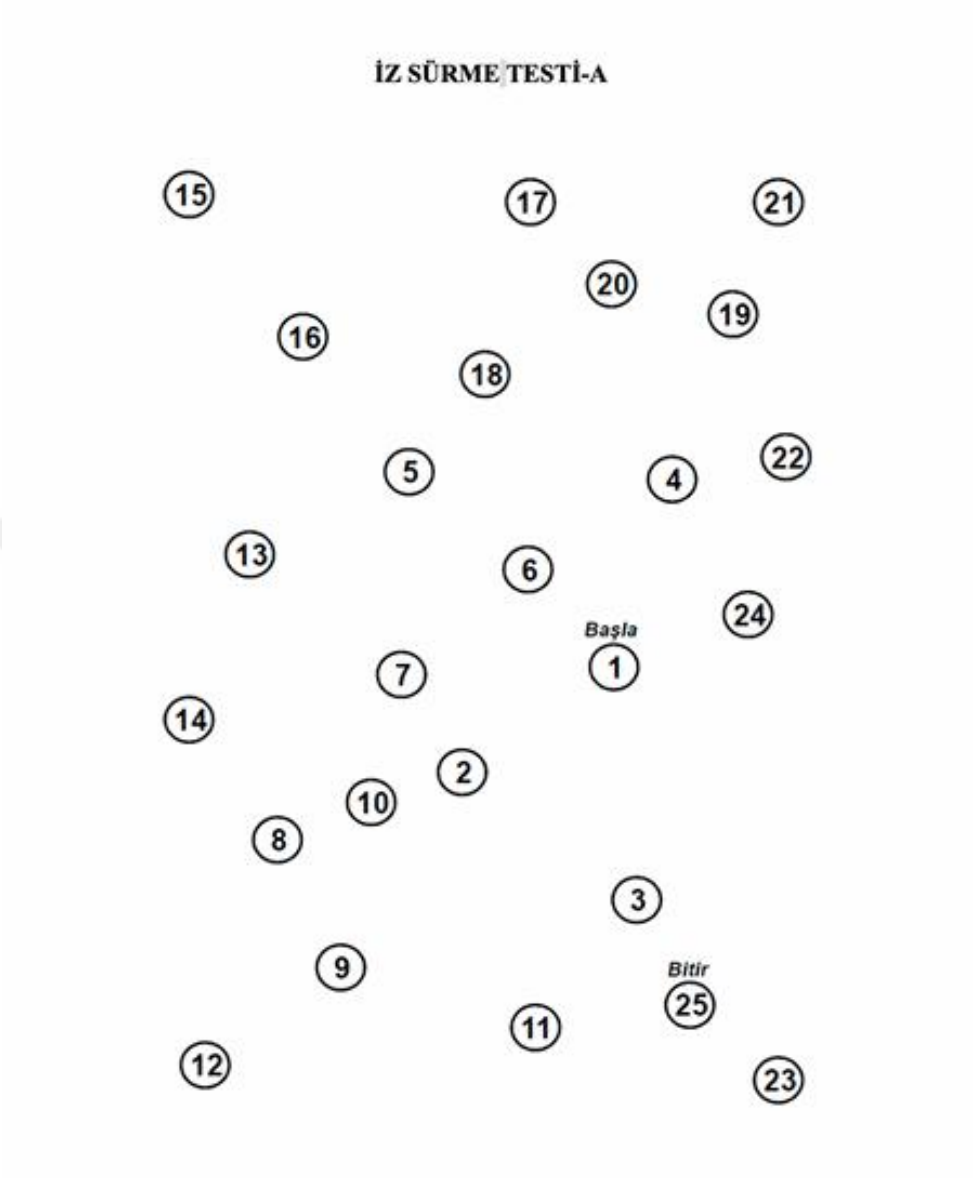
Not: *Bu form, iki nüsha halinde düzenlenir. Bu nüshalardan biri imza karşılığında gönüllü kişiye verilir, diğeri araştırmacı tarafından saklanır.*

Araştırmacının

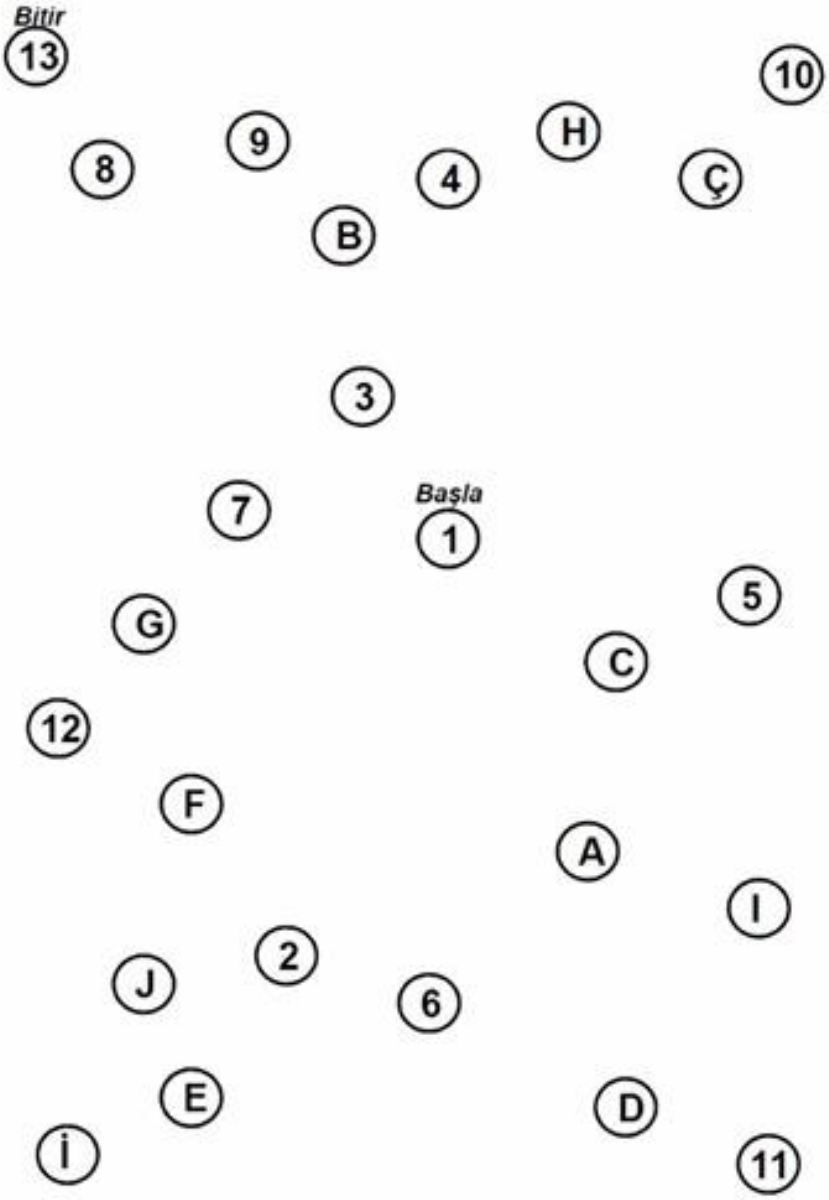
Adı-Soyadı:.....

İmzası:

Ek-5: İz Sürme Testi



İZ SÜRME TESTİ-B



Ek-6: Sporcu Değerlendirme Formu

SPORCU DEĞERLENDİRME FORMU

Sporcu Sıra Numarası:		Cinsiyeti:		Yaş (yıl):			
VKI	Boy uzunluğu (cm):			Vücut ağırlığı (kg):			
Spora başlama yaşı veya yılı:				Dominant ekstremite:			
Haftalık toplam antrenman saati:		Günlük antrenman saati:		Haftalık toplam antrenman günü:			
Diz eklem pozisyon hissi	Dominant 30°		Non Dominant 30°		Dominant 60°		Non Dominant 60°	
İlk Ölçüm								
Son Ölçüm								
Kas kuvveti ölçümü	Dominant Hamstring		Non Dominant Hamstring		Dominant Kuadriceps		Non Dominant Kuadriceps	
İlk Ölçüm								
Son Ölçüm								
Y Denge Ölçümü	Dominant A	Dominant PM	Dominant PL	Non Dominant A	Non Dominant PM	Non Dominant PL		
İlk Ölçüm								
Son Ölçüm								
	İlk Ölçüm			Son Ölçüm				
Çeviklik Testi								
Gövde Fleksiyon Endurans Testi								
Lateral Köprü Endurans Testi **Dominant**								
Lateral Köprü Endurans Testi **Non Dominant**								

Ek-7: Örnek Antrenman Programı

ÖRNEK ANTRENMAN PROGRAMI
RUTİN KUVVET ANTRENMANI • Haftada 3 gün, • 1 Maksimum tekrarın %40-60'ı, • Günde 45-50 dk, • Setler arası 45-60 sn dinlenme - 1 tekrar x30 sn yakınsama-uzaksama egzersizinden sonra 2 set x20 tekrar Seated Cable Row - 1 tekrar x30 sn gövde hiperekstansiyon egzersizinden sonra 2 set x20 tekrar Lat pulldown - 1 tekrar x30 sn vertikal takip egzersizi ile birlikte 2 set x20 tekrar leg press - 1 tekrar x30 sn vertikal takip egzersizi ile birlikte 2 set x20 tekrar push down - 1 tekrar x30 sn boncuk takip egzersizi ile birlikte 2 set x20 tekrar push up - 1 tekrar x30 sn uzak-yakın kart egzersizi ile birlikte 2 set x20 tekrar squat - 1 tekrar x30 sn unilateral göz egzersizi ile birlikte 2 set x20 tekrar plate halo
ÖĞLE ARASI (60 DK)
RUTİN TEKNİK ANTRENMANI • Haftada 6 gün, • Günde 75 dk (2 tur ısınma, 3 tur teknik antrenman, 2 tur toparlanma) **1.** İki tur ısınma (≈ 20 dakika 3 km kayakla klasik ısınma) **2.** Nöroatletik antrenman için ısınma - 3x10 sn göz masajı - 3x30 sn palming **3.** Üç tur serbest paten tekniği (≈ 30 dakika 4,5 km kayma) - İlk tura başlamadan önce 3x10 sn boncuk takip egzersizi - İkinci tura başlamadan önce 1x60 sn smart optometry egzersizi - Her üç turda da huni takip egzersizi **4.** İki tur toparlanma (≈ 25 dakika 3 km kayakla toparlanma) **NOT:** Isınma (2 tur), paten tekniği (3 tur) ve toparlanma (2 tur) için 10,5 km'lik mesafe tamamlandı.

Ek-8: Orijinallik Raporu



iThenticate Page 2 of 92 - Integrity Overview Submission ID trn:oid:::3117:554102903

11% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

8% Internet sources
5% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

iThenticate Page 2 of 92 - Integrity Overview Submission ID trn:oid:::3117:554102903

Ek-9: Özgeçmiş ve İletişim Bilgileri

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı: Nurcan CONTARLI