



Turkish Mountaineering Federation

IJMC

International Journal of Mountaineering and Climbing

Yıl: 2021 | Sayı: 2 | Cilt:4

Türkiye Dağcılık Federasyonu Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi

Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi
International Journal of Mountaineering and Climbing (IJMC)

Sayı: 2 | Cilt: 4 | Yıl: Aralık 2021
Number: 2 / Volume: 4 / Year: December 2021
eISSN: 2667-6923

Sahibi / Owner

Türkiye Dağcılık Federasyonu adına
On behalf of Turkish Mountaineering Federation

Prof. Dr. Ersan BAŞAR

Türkiye Dağcılık Federasyonu Başkanı
President of Turkish Mountaineering Federation

Editörler / Editors

Prof. Dr. Ersan BAŞAR

Doç. Dr. Sercan EROL

Doç. Dr. Emrah AYKORA

Dr. Murat Eray KORKMAZ

Adres / Address

Türkiye Dağcılık Federasyonu
Kızılay Mh. GMK Blv. 17/10 Çankaya, 06420, Ankara, Turkey

Telefon: +90 312 311 91 20

Faks: +90 312 310 15 78

E-Posta: info@tdf.gov.tr

Web: <http://dergi.tdf.gov.tr/>

Yayın Türü / Type of Publication

Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi yılda iki kere yayımlanan hakemli bir dergidir. Yayımlanan makalelerde içerik ve kullanılan dil yazarın sorumluluğundadır.

International Journal of Mountaineering and Climbing is a peer-reviewed journal and is published half yearly period. Responsibility in terms of language and content of articles published in the journal belongs to the authors.

Danışma Kurulu / *Advisory Board*

Prof. Dr. Ali TEKİN	(Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi)
Prof. Dr. Aslan KALKAVAN	(Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi)
Prof. Dr. Gıyasettin DEMİRHAN	(Hacettepe Üniversitesi)
Prof. Dr. Hürmüz KOÇ	(Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)
Prof. Dr. Jovica UGRINOVSKI	(Balkan Dağcılar Birliği Başkanı)
Prof. Dr. Kazım YILDIZ	(Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Nüket SİVRİ	(İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa)
Prof. Dr. Okay VURAL	(Keçiören Hastanesi)
Prof. Dr. Öner DEMİREL	(Kırıkkale Üniversitesi)
Prof. Dr. Özbay GÜVEN	(Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ	(Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Fatih BEKTAŞ	(Trabzon Üniversitesi)
Doç. Dr. Emrah AYKORA	(Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)
Doç. Dr. Güçlü ÖZEN	(İzmir Demokrasi Üniversitesi)
Doç. Dr. Coşkun ERÜZ	(Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Doç. Dr. Yıldırım GÜNGÖR	(İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa)
Dr. Öğr. Üyesi Feridun ÇELİKMEN	(Yeditepe Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Burak KURAL	(Trabzon Üniversitesi)

Türkçe Dil Editörü / *Turkish Language Editor*

Gizem Sıla UZUNKAYA

İngilizce Dil Editörü / *English Language Editor*

Öğr. Gör. Hüseyin Kürşat DURMAZ

ULUSLARARASI DAĞCILIK VE TIRMANIŞ DERGİSİ YAYIN İLKELERİ

Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi, Türkiye Dağcılık Federasyonu tarafından “**Hakemli Dergi**” statüsüne uygun yılda iki sayı olmak üzere yayımlanır.

Dergi içeriği, tüm kullanıcılara açık, ücretsiz “açık erişimli” bir dergidir. Kullanıcılar yayımcıdan ve yazar/yazarlardan izin almaksızın, dergideki makaleleri tam metin olarak okuyabilir, indirebilir, dağıtabilir, makalelerin çıktısını alabilir ve kaynak göstererek makalelere bağlantı verebilir.

Bu dergide yayımlanan makalelerin ilim ve dil yönünden sorumluluğu yazarların kendilerine aittir. Fikirlerden Federasyonumuz ve Dergi Yönetimi sorumlu tutulamaz. Makalelerde belirtilen görüşler, *Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi*'nin görüşünü yansıtmaz.

Dergide yayımlanan makalelerin tüm yayın hakları *Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi*'ne aittir. Makalesi dergimizde yayınlanmış olan yazarlar makalenin özet kısmının veya tamamının PDF olarak dijital ortamda yayınlanmasını kabul etmiş sayılırlar. Dergi yazım kurallarına uymayan makaleler değerlendirmeye alınmaz. Basılmama kararı verilen yazılar varsa hakem raporuyla birlikte yazarına iade edilir.

Yayın için kabul edilen yazıların yayın hakkı, yayınlanan yazıların da her türlü telif hakları dergiye aittir. Yazara herhangi bir telif hakkı ödenmez.

BU SAYIDAKİ HAKEM KURULU / REVIEWERS OF THIS ISSUE

Sayı: 2 | Cilt: 4 | Yıl: 2021

Number: 2 | Volume: 4 | Year: 2021

Doç. Dr. Çağatay DERECELİ	<i>Adnan Menderes Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Güçlü ÖZEN	<i>İzmir Demokrasi Üniversitesi</i>
Doç. Dr. H. Özden YURDAKUL	<i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Sinan UĞRAŞ	<i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet YIKILMAZ	<i>Iğdır Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Zafer DOĞRU	<i>Hitit Üniversitesi</i>

Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi
International Journal of Mountaineering and Climbing (IJMC)

Sayı: 2 | Cilt: 4 | Yıl: 2021
Number: 2 / Volume: 4 / Year: 2021

İÇERİK / CONTENTS

(ED)	Editorial Ersan BAŞAR	vi
(RE)	Sporda Zihinsel Dayanıklılık <i>Mental Endurance in Sports</i> Ayşegül YILMAZ	23
(RE)	Sekizli Düğümleri, Bulin Düğümü ve Ana Emniyet Noktası Düğümleri �zerine Analitik Bir Derleme <i>An Analytical Review of Figure Eight Loops and Bowlines as Harness Tie-in and Anchoring Knots</i> Robert CHISNALL	43
(AR)	Doğaçlama Ferratada Darbe Kuvvetleri <i>Impact forces at improvised via ferrata</i> Vladimir MICHALÍČKA, Vladan OLÁH, Václav KUČERA	60



International Journal of Mountaineering and Climbing, 2021, 4(2), VI

Editorial (Ed)
Editörden (Ed)

IJMC (UDTD)'nin Dördüncü Yılı İkinci Sayısı Yayınlandı

Dergimiz yayın hayatında dördüncü yılını tamamladı. Tanınırlık ve bilinirlik anlamında her geçen yıl gelişmekte olan dergimiz yurt içinden olduğu kadar yurt dışından da yazarlar tarafından ilgi görmeye başlamıştır. Doğa sporları ile ilgilenen kişiler için akademik çalışmaları takip etmelerine imkân sağlayan dergimizin bu sayısında biri araştırma makalesi biri inceleme yazısı iki İngilizce çalışma ile bir de Türkçe inceleme yazısına yer verilmiştir. Dergimizde yer alan bu çalışmaların başta akademik dünyaya ve okuyuculara katkı sağlamasını ümit ediyoruz.

Bu sayı için değerli çalışmalarını gönderen yazarlarımıza, yayın politikalarımızı titiz bir şekilde takip ederek kaliteli yayınlar çıkmasına katkıda bulunan başta hakemlerimiz olmak üzere, bölüm editörlerimize ve yayın kurulumuza, sayımızın yayına hazırlanmasında büyük emekleri olan mizanpaj editörlerimize teşekkürlerimi sunuyorum.

Ersan BAŞAR
Editör

Derleme (RE)
Review (RE)

SPORDA ZİHİNSEL DAYANIKLILIK
Mental Endurance in Sports

Ayşegül YILMAZ
ayseegulyilmaz@outlook.com
0000-0002-8477-9386

Makale
Geçmişi:

Başvuru tarihi:
27 Temmuz
2021

Düzeltilme
tarihi:
1 Ağustos 2021
Kabul tarihi:
19 Aralık 2021

Anahtar
Kelimeler:

Mental, Zihinsel
Dayanıklılık,
Spor,
Dayanıklılık

Öz

Bu makale incelemesi, mental dayanıklılık ile ilgili yapılan çalışmaları toplamak, genel bilgiler vermek, mental dayanıklılığın spordaki önemini ve farklı değişkenlere göre farklılık gösterip göstermediğini aktarmak amacıyla yapılmıştır. Mental dayanıklılık ve zihinsel dayanıklılık gibi anahtar kelimeler kullanılarak Google Akademik ve TOAD web sitesinden 27 kaynak indirilerek araştırma derlemesi için en alakalı 20 makale kullanılmıştır. Literatür taraması sonucunda dili Türkçe olan çalışmalar seçilmiştir. Zihinsel dayanıklılık üzerine yapılan çalışmaların yılı, örnekleme, amacı ve sonuçları tek bir tabloda toplanmış ve 20 kaynağın özeti niteliğindedir. Çalışmaların önemli bulguları sonuç bölümüne eklenerek özetlenmiştir. Araştırmaların azlığı ve sınırlılıkları nedeniyle zihinsel dayanıklılığı hangi durumların etkilediği ve zihinsel dayanıklılığın nasıl geliştiği konusunda net bir sonuca varmak mümkün değildir. Derlemeye dahil edilen en eski çalışmanın 2014 yılında yapılmış olması, ülkemizde mental dayanıklılık kavramının spordaki öneminin geç anlaşıldığını göstermektedir.

Abstract

This article review was carried out in order to collect the studies on mental resilience, to give general information, to convey the importance of mental stamina in sports and whether it differs according to different variables. Using keywords such as mental toughness and mental toughness, 27 resources were downloaded from Google Scholar and TOAD website and the 20 most relevant articles were used for research compilation. As a result of the literature review, studies whose language is Turkish were selected. The year, sample, purpose and results of the studies on mental resilience are gathered in a single table and are a summary of 20 sources. The important findings of the studies are summarized by adding them to the conclusion section. Due to the scarcity and limitations of the studies, it is not possible to reach a clear conclusion about which situations affect mental endurance and how mental endurance develops. The fact that the oldest study included in the review was made in 2014 shows that the importance of the concept of mental toughness in sports is understood late in our country.

Article
history:

Received:
27 July 2021
Adjustment:
1 August 2021
Accepted:
19 December
2021

Keywords:

Mental, Mental
Endurance,
Sport,
Endurance

1. GİRİŞ

Düzenli fiziksel aktivite yapan insanların yaşamlarında fiziksel ve mental olarak değişimler söz konusudur. Ve bu değişimlerin ve farklılıkların çoğu insan sağlığı açısından olumlu olmaktadır. Spora insan sağlığı üzerinde olumlu etkisi olduğu artık günümüzde aşikar durumdadır. Spora düzenli bir şekilde devam edebilmede amaçlar ve motivasyon kaynağı önemli bir etkidir. Spora devam etmeyi etkileyen bir diğer etken ise bireyin zihinsel dayanıklılık düzeyidir. Zihinsel dayanıklılık düzeyi spora devam etmede etkili olduğu kadar beklenmedik ve zor durumlar karşısında bu aksiliklerin performansını olumsuz yönde etkilemesine izin vermemesinde, başladığı işe dikkatini ve motivasyonunu bozmadan devam edebilmesinde oldukça önemlidir. Spor ortamında gerekli olan zihinsel dayanıklılık kavramından ilk olarak spor psikoloğu olan James Loehr bahsetmiştir (Peke, 2020). Jacelon (1997) zihinsel dayanıklılığı, olumsuz durumlar karşısında stresi azaltarak kişinin uyum sağlayabilmesi olarak tanımlamıştır. Luthans (2002) ise olumsuz durumlar karşısında bireyin kendini toplaması ve eski performansına geri dönebilmesi için gösterdiğini psikolojik yetenek olarak tanımlamıştır. Zihinsel dayanıklılık doğuştan gelebileceği gibi zamanla da bu düzeyin artırılabilirliği araştırmalarla gösterilmiştir (Beardslee ve Podorefsky, 1998; Masten vd., 1990). Zihinsel dayanıklılığın yüksek olması Luthans'a (2002) göre hayatlarını kontrol edebilme, beklenmedik durumlar karşısında sakinliğini koruyabilme açısından avantaj sağlamaktadır. Spor ortamında karşılaşılan zorlu antrenmanlar, beklenmedik sakatlanmalar, rakip faktörü, çevre koşulları, tempolu dönemler, antrenör baskısı, kişisel hedefler gibi birçok durumlar sporcuların üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu olumsuz durumlar karşısında dik durabilmesi ve devam edebilmesi açısından zihinsel dayanıklılığın önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Ve böylelikle antrenörlerin yanında spor psikologları ile de eş zamanlı çalışılmalıdır.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Derlemesini yapmış olduğum zihinsel dayanıklılık, performans sporcuları için büyük önem teşkil etmektedir. Zihinsel dayanıklılık ile ilgili yapılan araştırmalarda optimal performans için zihinsel ve fiziksel performans eş güdümlü olması gerektiği görülmektedir. Sporcu performansı açısından önemi kanıtlanmış bu kavram ile ilgili ülkemizde yapılmış makaleler derlenip çeşitli değişkenlerle ilişkisini incelenmiştir. Derlemeye dahil edilen çalışmalarda "Zihinsel Dayanıklılık Ölçeği", "Zihinsel dayanıklılık Envanteri" gibi ölçme araçları kullanılıp sporcuların sporda zihinsel dayanıklılık düzeyleri ve sporla ilgili kavramların üzerindeki etkisini incelenmiştir. Bu derlemenin amacı bu çalışmaları bir arada toplayıp zihinsel dayanıklılık için genel bilgiler vermek ve birçok kaynağa ulaşabilmektir. Zihinsel dayanıklılık spor ortamında sporcular için önemli bir kavram olup yapılan çalışmalar ve çıkan sonuçlar da bu doğrultuda önemlidir.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Spor ve Antrenman

Spor ve antrenman insan üzerinde fiziksel ve zihinsel yüklenmenin olduğu aktivitelerdir. Doğru yapılan antrenmanların/yüklenmelerin insan sağlığı üzerinde olumlu fiziksel ve mental sonuçları olmaktadır. Bazı bireyler rekreasyon amaçlı yaparken bazı bireyler performans sporcusudur. Rekreatif olarak fiziksel aktivitede bulunan insanlar eğlence, sosyalleşme gibi amaçlarla fiziksel aktivitelere katılırken spor amaçlı bireyler planlı programlı antrenmanlarla hedef yönelimli çalışmaktadır. Yazıcı (2014) ise spor tanımını şu şekilde yapmıştır: "Spor, yarışma ve rekabet üzerine kurulmuş, savaşçı güçleri olgunlaştıran disiplinli bir kolektif oyun tarzıdır". Coakley, (1986) ise sporu, içsel ve dışsal güdülenmiş bireylerin fiziksel çaba harcadığı, becerinin gerekli olduğu rekabet ortamında yapılan aktiviteler olarak tanımlamıştır. Egzersiz ise daha çok sağlık amaçla yapılmakta olup spor gibi rekabet ortamından oluşmamaktadır. Egzersizi Zmijewski ve Howard,

(2003) fiziksel uygunluğun gelişmesi için planlı devam edilip tekrar edilen aktiviteler olarak tanımlamıştır. Bu yüzden rekreatif olarak fiziksel aktivite yapan bireylerin hedef yönelimli spor yapan bireylerden daha az stres yaşadıklarını söyleyebiliriz. Çünkü kazanma amacı gütmeyen gibi devam zorunluluğu da olmayan aktivitelerdir.

Sporcuların optimal performansına ulaşmasında yapılan antrenmanlar kadar zihinsel dayanıklılıkları da oldukça önemlidir. Performansın verimini etkileyen önemli bir faktördür. Sporda performans, aktivite esnasında sergilenen mental, fiziksel ve biyomekanik şeklindeki sporcu verimi olarak tanımlanmaktadır (Güleroğlu ve Eroğlu, 2019). Performansta artış olması için amaca uygun ve aşamalı yüklenmeler ile planlı programlı antrenmanlar yapılmalıdır. Antrenörler kadar spor psikologları da bu noktada önem taşımaktadır. Son yıllarda spor psikolojisine verilen önem artmıştır ve bu konuda yapılan çalışmalar da artmaktadır. Literatür taraması zihinsel dayanıklılık düzeyi sporcunun performansını etkilediğini göstermektedir.

2.2. Sporda Devamlılık

Spora devam edebilmek için motivasyon kaynağı ya da spor devam ettirme nedenleri sporcudan sporcuya değişmektedir. Zihinsel dayanıklılığın artması ile spora devam etme düzeyi de arttığını söyleyebiliriz. Sporda devamlılığı etkileyen diğer bir kavram ise güdülenmedir. Güdülenme düzeyine bakıldığında güdülenmesi yüksek olan sporcuların kontrasyonlarının daha yüksek olduğu, mücadele etme düzeylerinin daha gelişmiş olduğu, olumsuzluklarla baş etme stratejilerinin daha yüksek olduğu görülmüştür (Roberts ve ark, 2007). Güdülenme düzeyi yüksek olan sporcuların sporda devamlılığı daha yüksektir diyebiliriz. Spora devam etme kaynağını belirlemek ve farklı değişkenlerle ilişkisini incelemek için ölçekler bulunmaktadır. Literatürde güdülenme ile ilgili yapılan araştırmalar ve çalışmalar bulunmaktadır.

Zihinsel dayanıklılığı ölçmek için kullanılan ölçeklerden birisi olan Zihinsel Dayanıklılık Envanterinde de (Sheard, Golb Van Wersch 2009) devamlılık alt boyutunun olması aralarında önemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Zihinsel dayanıklılık envanterindeki devamlılık sporcunun kendi hedefleri için sorumluluk alıp mücadele etmesi olarak açıklanabilir (Güvendi ve ark., 2018).

2.3. Spor Psikolojisi

Son yıllarda sporda performans üzerinde fiziksel çalışmaların olduğu kadar zihinsel çalışmaların da önemi artmıştır. Antrenörlere düşen görev kadar spor psikologlarına da eş değerde görev düşmektedir. Zihinsel olarak dayanıklı olamayan, olumsuz koşullarda devam etmekte güçlük çekip ayak uyduramayan, olumsuzlukları fırsata çeviremeyen, stresli durumlardan olumsuz etkilenen sporcuların spor ortamında başarı sağlayamadığı görülmüştür. Bunların önüne geçmek ve sporda başarıyı yakalayabilmek için spor psikologları ile çalışmak doğru bir seçim olacaktır.

Spor psikolojisi üzerine birçok tanımlama yapılmıştır. Örneğin Alderman (1980) spor psikolojisini, "sporun birey davranışları üzerindeki etkisi olarak" tanımlamıştır. Gill (1986) ise spor psikolojisini, "spor yapan insan davranışlarına gerekçe ve cevap arayan, spor ve egzersiz bilimlerinin bir dalı" olarak tanımlamıştır. Kuruç (1992) spor psikolojisini, "spor yapanlarda antrenman verimliliğini artırma, öğrenme süresini hızlandırma, ulaşılabilecek performansın önündeki ruhsal engelleri ortadan kaldırma amaçlarını gerçekleştirmeye çalışan bir spor bilimleri dalı" olarak tanımlamıştır.

2.4. Mental/Zihinsel Dayanıklılık

Dayanıklılığı hareket ya da durum karşısında devamlılığını koruyabilme ya da uzun süre devam ettirebilme olarak açıklayabiliriz. Zihinsel dayanıklılığı, insanın üzerinde oluşan stresler ve karşılaşılan aksilikler karşısında soğukkanlılığı bozmadan, mental olarak ayakta durabilme ve olumsuzluklara karşı koyabilme olarak açıklayabiliriz. Literatürde zihinsel dayanıklılık için birçok tanımlama bulunmaktadır. Bull, Shambrook, James ve Brooks, (2005) zihinsel dayanıklılığı yüksek olan bireylerdeki olumsuzluklar karşısında devam edebilme, yapılan hatadan geri dönebilme, mental olarak sağlam olabilme ve konsantre olabilme gibi yeteneklerle ilgili olduğu söylemiştir. Zihinsel dayanıklılık, stresin olumsuzluklarını indirgeyen ve uyum sağlamasını yarayan faktör olarak görülmektedir (Jacelon, 1997).

Zihinsel dayanıklılık için önemli kuramlar oluşturulmuştur. Bunlardan bazıları 'Kişilik Yapısı Kuramı', "Sağlam Kişilik Modeli" (Kobasa, 1979) kuramlarıdır. "Sağlam Kişilik Modeline" göre sağlam kişiliğin; kontrol, mücadele, bağlılık yapılarından oluştuğunu belirtmiştir (Kobasa, 1979). Kontrol, mücadele, bağlılığın yanında güven yapısının da olduğunu Clough ve arkadaşları (2002) ileri sürmüştür.

2.5. Sporda Zihinsel Dayanıklılık

Spor her ne kadar fiziksel aktivite ağırlıklı olsa da zihinsel dayanıklılığın önemi yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır. Spor ortamında oluşan yoğun antrenmanlar, taktik çalışmaları, müsabakalar, rekabet ortamı, sakatlıklar gibi durumlar sporcu üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu olumsuz durumlara rağmen devam edebilme yetisi sporcunun performansını arttırmaktadır. Mental olarak sağlam olan sporcular; duygusal açıdan rahat, olumsuzluklar karşısında soğukkanlı ve güçlü kalabilme gibi yetilerine sahiptir (Konter, 2006). Sporcunun fiziksel yetkinliğinin arttırılabildiği gibi zihinsel yetkinliği de arttırılabilmektedir. Bu noktada fiziksel antrenmanlar gibi psikolojik beceri antrenmanları da düzenli ve artan yüklenmeler ile antre edilmelidir (Konter, 2006).

Zihinsel dayanıklılıktan ilk bahseden kişi de spor psikoloğu James Loehr'dir (Peke, 2020). Sporda zihinsel dayanıklılığı birçok şekilde tanımlamışlardır. Loehr (1982) zihinsel dayanıklılığı, baskı altında iken performansını devam ettirebilme yeteneği olarak tanımlamıştır. Jones ve arkadaşları (2009) zihinsel dayanıklılığa sahip kişilerin baskı altındayken kontrollü olabilme, kararlı olabilme ve konsantre kalabilme gibi yeteneklerle rakiplerinden daha üstün performans sergilediklerini ileri sürmüştür. Zihinsel dayanıklılık; özgüvenli olma, stres altında devam edebilme, kontrasyonunu dış etkenlerin bozmasına izin vermeme, çabalama, kararının arkasında durabilme, baskı altındayken performansın etkilemesine izin vermeme, motivasyonunu koruyabilme, cesaretli olabilme gibi birçok özelliği bünyesi altında toplamaktadır (Şahinler ve Ersoy, 2019). Müsabaka sırasında sporcunun kondisyonun yüksek olup yüksek performans göstermesi avantaj sağlar ancak yeterli değildir. Kondisyonel gelişmişlik düzeyi eşit olan sporcuları birbirinden ayıran faktör zihinsel dayanıklılık düzeyidir (Weinberg ve Gould, 1995). Zihinsel dayanıklılığın önemi, Sheard'ın (2013) spor alanında başarının temel taşı, zihinsel dayanıklılık olarak gördüğünü savunmasıyla da vurgulanmıştır. Zihinsel dayanıklılığı düşük olan sporcularda aktiviteden uzaklaşma, kontrol altında tutma da zorluk, değişikliklerle karşılaştığı zaman streslenip panikleme ve değişikliklere karşı direnç gösterdiği görülmektedir (Klag ve Bradley, 2004). Zihinsel dayanıklılık için birçok tanım olmasına rağmen zihinsel dayanıklılık düzeyi performans açısından oldukça önemli olduğu ortak bir yargıdır. Sonuç olarak söylemek gerekirse zihinsel dayanıklılık ayırt edici bir özellik olup rakiplerin karşısında büyük avantaj sağlamasına yarayan mental bir özelliktir. Özellikle profesyonel düzeyde sporla uğraşan sporcularda olması beklenen bir özelliktir. Elit düzeydeki sporcuların birbirinden ayıran özelliği zihinsel dayanıklılık olarak

gösterilmektedir (Cheery, 2005). Bunun sebebi olumsuz koşullarda bile performansını devam ettirebilmesi olarak açıklanmaktadır (Loehr, 1985). Bu yüzden elit düzeydeki sporcular antrenörle olduğu kadar spor psikologları ile de eş düzeyde çalışmalı ve fiziksel ve zihinsel olarak sporcunun performansı yükseltilmelidir. Zihinsel dayanıklılığın performans üzerindeki etkisini incelemek için yapılan araştırmada da görülmüyor ki genel zihinsel dayanıklılık ve optimal performans arasında pozitif yönde ilişki vardır (Crust ve Swann, 2011). Yapılan araştırmalar, mental yetkinliğin teknik, taktik ya da fiziksel yetkinlikten daha etkili olduğunu göstermiştir (Konter, 1998).

Zihinsel dayanıklılığın doğuştan mı geldiği yoksa sonradan mı öğrenildiği de tartışma konusu olmuştur. Örneğin Block ve Block (1980), bireylerde doğuştan zihinsel dayanıklılığın olduğunu ileri sürerken, Beardslee ve Podorefsky (1998) ve Masten (1990) tam aksini söyleyip zihinsel dayanıklılığın sonradan öğrenilip geliştirilebilen bir özellik olduğu öne sürmüştür. Yapılan araştırmalarla sonradan da öğrenilebilir bir özellik olduğu görülmüştür (Beardslee ve Podorefsky, 1998).

Sporla zihinsel dayanıklılık üzerine yayınlanmış ilk çalışma 2001 yılında Fouire ve Potgieter tarafından yapılmıştır (Türkyılmaz, 2019). Yapmış olduklarını analizlerin sonucunda zihinsel dayanıklılığın " *motivasyon düzeyi, baş etme becerisi, güven, bilişsel beceri, disiplin, yarışmacılık, fiziksel ve zihinsel gereklilikler, takım uyumu, hazırlık becerileri, psikolojik dayanıklılık, etik ve inanç*" olmak üzere 12 yapıdan oluştuğunu ileri sürmüşlerdir (Türkyılmaz, 2019).

Zihinsel dayanıklılığı Jones (2002) ikiye bölmüştür. Birincisi müsabakada rakip karşısında ya da antrenmanlarda yaşanan olumsuz durumlarla başa çıkabilme iken diğeri rakipten daha konsantre olabilme, baskı karşısında dik durabilme, kendine olan güvenme duygusu gibi doğuştan sahip olunan ya da zamanla geliştirilmiş psikolojik beceridir (Jones, 2002).

2.6. Zihinsel Dayanıklılığı Etkileyen Faktörler

Zihinsel dayanıklılık spor performansını etkilediği gibi zihinsel dayanıklılık düzeyi de bazı değişkenlere göre değişebilmektedir. Literatürde bulunan araştırmalarda cinsiyet, yaş, spor türü, spor sıklığı, spor yaşı, eğitim durumu, medeni durumu gibi değişkenlerin zihinsel dayanıklılık üzerindeki etkisini dolaylı yoldan spor performansı üzerindeki etkisi ve ilişkisi incelenmiştir.

Derlemesini yapmış olduğum araştırmaların birkaçında cinsiyet arasında anlamlı farklılıklar bulunmazken (Güleroğlu ve Eroğlu, 2019; Yıldız, 2017; Şahinler ve Ersoy, 2019; Pehlivan, 2014; Kayhan ve ark., 2018; Peke, 2020; Türkoğlu, 2019; Çakmak, 2019; Demir ve Türkeli, 2019; İlhan, 2020; Gürer ve Kılınç, 2019) birkaç çalışmada erkeklerin lehine sonuçlar bulunmuştur (Kalkavan ve ark., 2020; Tekkurşun ve ark., 2019; Gürer ve Kılınç, 2019; Eroğlu ve ark., 2020; Nicholls ve ark., 2009; Findlay ve Bowker, 2009; Juan ve Lopez, 2015; Masum, 2014; Onan, 2017; Dede, 2019). Erkeklerin lehine sonuç çıkmasını Madrigal (2015) erkeklerin kızlara nazaran toplum tarafından daha fazla destek ve ilgi görmesi sebebiyle olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Yaş değişkenine bakıldığında yaş arttıkça zihinsel dayanıklılık düzeyinin de arttığı görülmüştür (Crust ve ark., 2014; Marchant ve ark., 2009; Nicholls ve ark., 2009; Yarayan ve ark., 2018; Connaughton ve ark., 2008; Masum, 2014; Onan, 2017; Demir ve Çelebi, 2019; Yıldız, 2017; Kayhan ve ark., 2018; İlhan, 2020; Gürer ve Kılınç, 2019; Peke, 2020). Yaşın ilerlemesiyle olgunlaşmanın artması zihinsel olarak daha sağlam düşüncede olma, olumsuzluklara karşı daha dirençli olma, kararlı ve kontrollü olma, kendine güvenme gibi olguların gelişmesinde etkili olduğunu söyleyebiliriz. Ama yaş değişkeninin zihinsel

dayanıklılık ile ilişkisi olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Crust, 2009; Altıntaş, 2015; Güvendi ve ark., 2018).

Spor yaşı değişkenine bakıldığında deneyimin artması zihinsel dayanıklılık düzeyinin artmasında bir etkidir (Yarayan ve ark., 2018; Connaughton ve ark., 2008; Nicholls ve ark., 2011; Yıldız ve Yılmaz, 2017; Crust ve ark., 2014; Marchant ve ark., 2009; Yıldız, 2017; Şahinler ve Ersoy, 2019; İlhan, 2020; Eroğlu ve ark., 2020; Peke, 2020). Spor yaşı fazla olan sporcuların, benzer şartlarda birçok kez bulunmuş olması yani bir nevi bağımsızlık kazanmış olması ve daha çok deneyim sahibi olup daha fazla strateji sahibi olması sebepleri ile yeni başlayan sporculardan zihinsel dayanıklılık düzeyinin daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Ancak spor yaşı ile anlamlı farklılık bulunamayan (Çakmak, 2019; Dede, 2019; Gürer ve Kılınç, 2019; Kayhan ve ark., 2018) çalışmalar da bulunmaktadır. 1-5 yıldır güreşle uğraşan sporcuların, 6-10 yıldır güreşle uğraşan sporculardan zihinsel dayanıklılıklarının daha yüksek olduğu görülmüş ve literatürdeki birçok araştırmayla zıtlık oluşturmuştur (Güvendi ve ark., 2018).

Zihinsel dayanıklılığı etkileyen diğer faktör ise eğitim durumudur. Eğitim seviyesinin artması ile zihinsel dayanıklılık düzeyinin de arttığı görülmüştür (Yarayan ve ark., 2018; Crust ve diğ., 2014; Fisher ve Hood, 1987; Dede, 2019; Yıldız, 2017; Şahinler ve Ersoy, 2019; Peke, 2020). Eğitim seviyesinin artması ile bilinç düzeyinin artması paralel ilerleyebileceğinden dolayı mantıklı düşünüp hareket etme kabiliyetinin de arttığını söyleyebiliriz. Anlamlı farklılıklar saptamayan çalışmalar da bulunmaktadır.

Takım sporuyla ya da bireysel sporla uğraşan sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeyleri bazı çalışmalarda farklılık gösterip takım sporuyla uğraşanların daha yüksek zihinsel dayanıklılık düzeylerinin olduğunu söylerken bazı araştırmalar bireysel sporcuların lehine bulgular bulmuştur bazı araştırmalar ise anlamlı bir farklılık bulamamıştır (Juan ve Lopez, 2015; Nicholls ve ark., 2009; Bull ve ark., 2005, Yarayan ve ark., 2018).

2.7. Sporda Zihinsel Dayanıklılığın Ölçülmesi

Sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeylerini belirlemek ve değişkenlerle ilişkisini incelemek amacıyla ve buna bağlı sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeylerini arttırabilmek amacıyla birçok ölçek geliştirilmiştir (Gucciardi vd., 2008; Middleton vd., 2004; Sheard vd., 2009; Thelwell vd., 2005). Bazı ölçekler belirli branşlara özgüdür (Gucciardi ve ark., 2008; Thelwell ve ark., 2005). Diğer ölçekler ise tüm branş sporcularına yöneliktir (Middleton ve ark., 2004; Sheard ve ark., 2009).

- Spor Performans Envanteri (The Sports Performance Inventory) (Jones ve diğ., 2001),
- Zihinsel Dayanıklılık Ölçeği-48 (Mental Toughness Scale-48) (Clough ve diğ., 2002),
- Zihinsel Dayanıklılık Envanteri (The Mental Toughness Inventory) (Middleton ve diğ., 2004), Avusturya Futbolu Zihinsel Dayanıklılık Envanteri (Australian Football Mental Toughness Inventory) (Gucciardi ve diğ., 2008).
- Sporda Zihinsel Dayanıklılık Envanteri (Sport Mental Toughness Questionnaire-SMTQ-14) (Sheard ve diğ., 2009)

(akt. Altıntaş ve Kuruç 2016)

2.7.1. Zihinsel Dayanıklılık Ölçeği

Clough ve arkadaşları (2002) tarafından geliştirilen ölçeği, "Mücadele Etme, Bağlılık, Duyusal Kontrol, Yaşam Kontrolü, Kendine Güvenme ve Kişiler arası Kendine Güven" alt

boyutlarından oluşmaktadır. Zihinsel dayanıklılık-48 (MTS-48) ölçeği en çok tercih edilen ölçektir (Erdoğan 2016).

Bir başka zihinsel dayanıklılık ölçeğini ise Madrigal ve ark. (2013) geliştirmiştir. Bu ölçek 14 maddeli ve tek faktörlüdür (akt. Erdoğan, 2016). Sadece belirli branş çerçevesinde geliştirilen ölçekleri eleştirip tüm sporcuları kapsayabilecek olan bu ölçeği geliştirmişlerdir (akt. Erdoğan, 2016).

2.7.2. Zihinsel Dayanıklılık Envanteri

Middleton ve ark. (2004) *"benlik yeterliği, kapasite, zihinsel benlik algısı, görev benzerliği, değer, kişisel en iyi, hedef bağlılığı, çaba, görev odağı, olumlu olma, stres azaltma ve olumlu karşılaştırmalar"* olmak üzere 12 alt boyuttan oluşan Zihinsel Dayanıklılık Envanteri'ni geliştirmişlerdir.

Zihinsel dayanıklılığı ölçmek için Sheard, Golby ve Van Wersch (2009) Zihinsel Dayanıklılık Envanterini geliştirmiştir. Altıntaş (2015) tarafından da Türkçeye uyarlanmıştır. Ölçek 14 maddeden ve 3 alt boyuttan oluşmaktadır. Bunlar güven, devamlılık, kontrol alt boyutlarıdır.

Güven: Güven duygusu olan bireylerde yola çıkılan işlerini sonuna kadar devam ettirebilme, sorumluluk alabilme (Florian, 1995), karşılaşılan olaylara dahil olma (Kobasa vd., 1982), zor şartlarda bile yeteneklerine ve rakibi yenebileceğine güvenme (Güvendi ve ark., 2018) gibi özellikler bulunmaktadır.

Kontrol: Hull (1987) kontrolü, bireylerin karşılaştıkları olayları istediği yöne yönlendirebilme inancında olduğu, olarak açıklamıştır. Bu tanıma göre olayları kontrol edebilme ve biçimlendirebilme inancında olduklarını söyleyebiliriz

Devamlılık: Sporunun kendi hedefleri için sorumluluk alabilme konsantre olup mücadele edebilme yeteneği olarak açıklayabiliriz (Güvendi ve ark., 2018).

2.8. Sporcu Tükenmişliği

Sporun her ne kadar sosyal ya da fiziksel yönden insana kattığı yararlı bilsek de sporda kazanma hırsı, spordaki rekabet ortamı gibi faktörlerin olması insan üzerinde stres yaratabilmektedir. Hedefe ulaşmak için yapılan antrenmanlar, çıkılan maçlar, galibiyetler ya da mağlubiyetler, sakatlıklar ve bunlarla birlikte oluşan stres ile sporcular çok fazla çaba ve efor harcamaktadır. Fiziksel ve de mental olarak harcanan efor sporcunun tükenmişliği ile sonuçlanabilir. Tükenmişlik, sporcuda isteksizlik, yorgunluk, spordan uzaklaşma hissi, formdan düşme gibi fiziki veya zihinsel olarak tükenmesi demektir. Raedeke ve Smith (2001) tükenmişliği, uzun ve yoğun süreçli fiziksel aktiviteye maruz kalan bireylerde fiziksel ve zihinsel bedeli olarak tanımlarken, Eades (1990) ise antrenman ve müsabaka sonrasında oluşan streslere karşılık olarak, fiziksel ve mental olarak tükendiğini hissetmesi, dışarıda kalmış hissini oluşması olarak tanımlamıştır (Akt. Raedeke ve Smith, 2001). Tükenmişlik yaşayan sporcuların optimal performansında düşüş yaşaması son derece olasıdır. Yapılan bir araştırmada zihinsel dayanıklılığı yüksek olan sporcularda tükenmişlik durumunun daha az görüldüğü ortaya konmuştur (Madigan ve Nicholls, 2017). Bu derlemede de yararlandığım kaynaklardan bir tanesinde de bu bulguyla paralellik gösteren bulgu saptanmıştır. Kurtulget ve ark. (2018) azalan başarı hissi ve duygusal tükenmeyi zihinsel dayanıklılığı yüksek olan insanların daha az yaşadığını saptamıştır.

2.9. Optimal Performans Algısı

Optimal performansı Crust ve Swann (2011) uğraşmış olduğu aktiviteye önem verip yoğunlaşan, mücadele eden, sorumluluk alıp yerine getiren ve yaptığı spordan haz duyan bireyler olarak tanımlamıştır. Ve yapılan araştırma sonucunda optimal performans algısı ve zihinsel dayanıklılık arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki görülmüştür. Aralarındaki ilişkiye bakarak optimal performans algısı yüksek olan sporcularda zihinsel dayanıklılık düzeyinin daha yüksek olduğu söylenmektedir (Türkyılmaz, 2019).

3. Yöntem

Bu makale derlemesi için Türkiye Ölçme Araçları Dizini (TOAD) veri tabanından (<https://toad.halileksi.net/>) ve Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) arama motorundan yararlanılarak sporda zihinsel dayanıklılık konusu ile ilgili araştırmalar için tarama yapıldı. Araştırmalara ulaşabilmek için spor ve zihinsel dayanıklılık, mental dayanıklılık, egzersiz ve zihinsel dayanıklılık gibi anahtar kelimeler kullanılarak makale, tez ve öçek araması yapıldı. Seçilen araştırmaların dili yalnızca Türkçe olup araştırmanın yapıldığı yıl dikkate alınmamıştır. Fakat zihinsel dayanıklılık kavramının son yıllarda öneminin artması ve ülkemizde ise daha geç gündeme gelebilmesi sebebiyle araştırmaların hepsi 2014-2020 yılları arasındadır. Araştırmaların çoğu zihinsel dayanıklılık düzeylerini ölçmek amacıyla yapılmış çalışmalar olsa da bulunan bazı araştırmalar da bazı değişkenlerin zihinsel dayanıklılığa etkisini; egzersiz bağımlılığı, mükemmeliyetçilik, öz yeterlilik düzeyi, cesaret düzeyleri gibi sporla ilgili olan kavramlarla ilişkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmalardır. Derlemeye dahil edilmek üzere indirilen 27 makale arasından derleme konusuyla en alakalı 20 makalenin hepsi okunmuş olup bulgular kısmında örneklem, amaç ve sonuç olmak üzere makale ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

Yıl	Yüksek lisans tezi	Toplam çalışma
2014	1	1
2016		1
2017	1	1
2018		4
2019	3	8
2020	1	5

Tablo 1.'de Bulunan makaleler arasında doktora tezi bulunmamakla birlikte yüksek lisans tezi olan araştırmalar dışındaki çalışmalar araştırma makalesidir.

*Zihinsel dayanıklılık ile ilgili araştırma en çok 2019 yılında ve 2020 yılında yapılmıştır. Ülkemizde bu kavrama verilen önem düşük olup araştırma sayısı azdır. Zihinsel dayanıklılığın düzeyinin fiziksel performans kadar önemli olduğunu antrenörler sporcularına vurgulaması gereklidir ve bu kavrama yeteri kadar önem verilmelidir. Ancak fiziksel ve zihinsel performansın eş zamanlı antre edilip iyileştirilmesi ile başarılı bir sporcu olunabilir.

4. Bulgular

Tablo 2.'de bu çalışmada yer verilen araştırmaların önemli bulguları yer almaktadır.

Makale Yazarları	Örneklem	Çalışma amacı	Araştırma Sonucu
Ebru Kurtulget Gizem Kaplan Fatma Çepikkurt 2018 (1)	Basketbol Süper Lig Terfi” müsabakalarına katılan yaşları 18 ile 28 arasında değişen 55 i kadın ve 84 ü erkek olmak üzere toplam 139 basketbolcu katılmıştır.	Basketbolcuların tutkunluk ve zihinsel dayanıklılığın tükenmişlik üzerindeki etkisini ölçmek ve birbiri ile ilişki olup olmadığını sınavı ortaya koymaktır.	*Zihinsel dayanıklılığı yüksek olan sporcuların tükenmişliği daha az yaşadığı görülmüştür. *Tutkunluk ve tükenmişlik alt boyutları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. *Sporcuların bransa olan tutkunluk düzeylerinin tükenmişlik üzerinde bir etkisi olmadığı görüşülmüş ve literatürde yapılan bazı araştırmalar ile ters düşmüştür. *Sporcuların zihinsel dayanıklılıkları tükenmişlikle ilişkili olduğu ancak tutkunluğun tükenmişlikle ilişkili olmadığı görülmüştür.
Arslan Kalkavan Çetin Özdilek Gökhan Çakır 2020 (2)	Evreni, 19-20 Temmuz 2018 tarihlerinde Rize’de düzenlenen Dağ Bisikleti Türkiye Şampiyonasında yarışan 220 sporcu olup ölçeği dolduran kişi sporcu sayısı ise 146’dır.	Bu araştırma, Türkiye Dağ Bisikleti Şampiyonasına katılan dağ bisikletçilerinin zihinsel dayanıklılığın değişkenler üzerinde fark oluşturup oluşturmadığını incelemek ve ilişkisine bakmak amacıyla yapılmıştır.	*Sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeyleri çeşitli değişkenlerle incelenmiştir ve yaş ve spor yapma yılı değişkeninin güven alt boyutuyla, cinsiyet değişkeninin kontrol alt boyutuyla anlamlı farklılıklar bulunmuştur. *Sporcuların yaşları arttıkça kendine güven ve inançlarında (güven alt boyutu) artma olurken baskı anında veya beklenmedik durumlarda rahat olma (kontrol alt boyutu) davranışlarında azalma görülmüştür. *Cinsiyet değişkenine göre erkeklerin kadınlara göre kontrol alt boyutunda daha yüksek puana sahip olduğu görülmüştür. *Milli olan sporcuların olmayanlara göre kendilerine güvenlerinin daha fazla olduğu görülmesine rağmen anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Zihinsel dayanıklılık düzeyleri milli olan ve olmayan sporcularda benzerlik göstermektedir.
Ferhat Güleroğlu Hüseyin Eroğlu 2019 (3)	Haftada 3 gün, günde 2 saat fiziksel aktivite yapan 22 kontrol grubu (11 kadın-11erkek) ve 22 deney grubu (11 kadın-11 erkek) toplam 44 kişiyle araştırma yapıldı.	Bu araştırma, anaerobik egzersiz sonucu oluşan yorgunluğun sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeylerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.	*Kontrol ve deney gruplarında cinsiyet farkı olmadan şiddetli egzersiz sonucu oluşan yorgunluğun zihinsel dayanıklılık üzerinde etkisi olduğu ve bu etki zihinsel dayanıklılığın azaldığı yönünde olduğu görülmüştür.
Yunus Emre Yarayan Aydiner Birsin Yıldız Doğukan Batur Alp Gülşen 2018 (4)	Araştırmaya, bireysel sporlarla uğraşan 56 erkek, 50 kadın; takım sporuyla uğraşan 57 erkek, 44 kadın sporcu katılmıştır.	Bu araştırma, elit düzeyde bireysel ya da takım sporu yapan sporcuların zihinsel dayanıklılığın farklı değişkenlerle	*Zihinsel dayanıklılığın yapılan spor türüne göre farklılaştığı görülmüştür. *Cinsiyet değişkenine bakıldığında anlamlı bir fark bulunamamış ama erkek sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeyleri kadın sporculardan daha yüksek olduğu saptanmıştır. *Kontrol alt boyutunda ise yaş arttıkça zihinsel dayanıklılığın arttığı görülmüştür. *Spor yaşı değişkenine göre ise bireysel sporcuların kontrol alt boyutunda, takım sporuyla uğraşan sporcuların devamlılık alt

		ilişkinde bakılmak için yapılmıştır.	boyutunda zihinsel dayanıklılık toplam puanında anlamlı bir fark görülmüştür. Spor yaşı/deneyim arttıkça zihinsel dayanıklılığın arttığı diğer literatür çalışmalarınca desteklenmiştir. *Eğitim durumuna bakıldığı zaman lise eğitimi alan sporcularla lisans eğitimi alan sporcular arasında fark görülmüş ve lisans ve lisansüstü eğitimi almış sporcuların lehine bir durum olduğu saptanmıştır.
Hatice Burçin Türkyılmaz2019 (5)	Araştırma, Türkiye Süper Lig ve TFF 1. Lig'de oynayan 196 futbolcu ile yapılmıştır.	Çalışma, "Sporda Mücadele ve Tehdit Ölçeğinin" Türkçe geçerlik ve güvenilirliğinin yapılması ve aynı zamanda zihinsel dayanıklılığın mücadele ve tehdit algısına olan etkisinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.	*Kullanılan ölçeğin Türk Futbolcular için geçerli ve güvenilir olduğu görülmüştür. *Futbolcuların mücadele algısı puanı ile tehdit algısı puanı karşılaştırıldığında mücadele algısı puanı daha yüksek olduğu görülmüştür. *Futbolcuların kendine güven ve devamlılık alt boyut puanlarının yüksek olduğunu göstermiştir. *Kendine güven alt boyutunun mücadele alt boyutunun belirleyicisi olduğunu ve aralarındaki ilişkinin pozitif olduğunu göstermiştir. *Kendine güven ve kontrol alt boyutları tehdit alt boyutunun negatif yönde belirleyicisi olarak tespit edilmiştir
Ömer Gümüsoğlu Hülya Aşçı 2020 (6)	Bu çalışmaya 123 kadın, 96 erkek olmak üzere 229 sporcu katılmıştır. Sporcuların 119'u takım sporlarıyla geriye kalan 100'ü bireysel sporlarla uğraşmaktadır.	Bu çalışma, yetişkin ve farklı yaş, farklı branşlardaki sporcuların belirsizliğe tahammülsüzlüğü nü inceleyip zihinsel dayanıklılığın ve mükemmeliyetçiliğin rolünü araştırmak amacıyla yapılmıştır.	*Zihinsel dayanıklılık ve mükemmeliyetçiliğin belirsizliğe tahammülsüzlükle arasında ilişki olduğu görülmüştür. *Cinsiyet, yaş, spor türü değişkenlerine bakıldığı zaman belirsizliğe tahammülsüzlükle anlamlı ilişki olmadığı görülmüş ve her cinsiyet ve yaş grubunda bu durum olumsuz olarak algılandığı da görülmüştür. Ve literatüre bakıldığında paralel bulgular bulmuşlardır. *Mükemmeliyetçi sporcuların belirsizliğe karşı tahammülsüzlüğün olduğu görülmüştür. *Zihinsel dayanıklılığın alt boyutu olan kontrol faktörüne bakıldığı zaman kontrolü düşük, kötü performans kaygısı olan sporcuların belirsiz durumlarda kaygı ve üzüntü duygularını yaşadığı saptanmıştır.
Yunus Emre Dede 2019 (7)	Araştırma, Türkiye'de yaşayan elit düzeyde 55 kadın, 148 erkek güreşçiyle yapılmıştır.	Bu araştırma, elit güreşçilerin farklı değişkenlere göre zihinsel dayanıklılığının incelenmesi ve arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılmıştır.	*Elit güreşçilerin zihinsel dayanıklılığın yüksek olduğu görülmüştür. Ancak zorlu mücadele ortamında problem de yaşadıkları söylenebilmektedir. *Bağımsız değişkenlerden eğitim durumuyla zihinsel dayanıklılığın arasında anlamlı bir fark görülürken diğer değişkenler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. *Lisans ve lisansüstü eğitimi alan sporcuların lise eğitimi alan sporculara göre zihinsel dayanıklılığın daha fazla olduğunu söylemek mümkündür. Yani eğitim seviyesi arttıkça zihinsel dayanıklılık düzeyi de arttığı söylenebilir. *Erkek sporcuların zihinsel dayanıklılığı kadınlara göre çok az farklı fazla da olsa aralarında anlamlı bir fark gözükmemektedir.

Gönül Tekkurşun Demir Anıl Türkeli 2019 (8)	Araştırmaya, 2018-2019 yılında Gazi Üniversitesinde eğitim gören 59 kadın, 189 erkek olmak üzere 248 spor bilimleri fakültesi öğrencisi katılmıştır.	Bu çalışmanın, spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin farklı değişkenlere göre egzersiz bağımlılığı ve zihinsel dayanıklılığının incelenmesi için yapılmıştır.	<p>*Spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin zihinsel dayanıklılığı orta düzeyin üstünde olup egzersiz bağımlılığı risk grubunda olduğu görülmüştür.</p> <p>*Araştırma, egzersiz bağımlılığı ölçeği ve zihinsel dayanıklılık envanterinin birbiri ile anlamlı bir ilişkisi olduğunu göstermektedir.</p> <p>*EBÖ'nin alt boyutu olan "aşırı odaklanma ve duygu değişimi", "bireysel sosyal ihtiyaçların ertelenmesi ve çatışma", "tolerans gelişimi ve tutku" alt boyutları ile SZDE'nin "güven" alt boyutuyla pozitif yönde yüksek düzeyde anlamlı farklılık saptanmıştır. Ve EBÖ'nin "aşırı odaklanma ve duygu değişimi", "bireysel-sosyal ihtiyaçların ertelenmesi ve çatışma", "tolerans gelişimi ve tutku" alt boyutlarıyla SZDE'nin "devamlılık" alt boyutu arasında negatif yönde ilişkisi olduğu görülmüştür.</p> <p>*Öğrencilerin egzersiz bağımlılığı düzeyi arttıkça kontrol düzeyinin azaldığı görülmüştür.</p> <p>*Cinsiyet değişkenine göre egzersiz bağımlılık düzeyinde farklılık saptanmıştır. Erkeklerin kadınlara göre daha yüksek puanda olduğu görülmüştür.</p> <p>*Fakat zihinsel dayanıklılığa bakıldığı zaman cinsiyet değişkeninde fark saptanmamıştır.</p> <p>*Düzenli spor yapanların yapmayanlara göre egzersiz bağımlılık puanlarının daha fazla olduğu görülmüştür.</p> <p>*Öğrencilerin egzersiz bağımlılığı ve sporda zihinsel dayanıklılık düzeyi arasında ilişki olduğu saptanmıştır.</p>
Pınar Demir Murat Çelebi 2019 (9)	Çalışmaya 163 kadın, 235 erkek olmak üzere toplam 398 sporcu gönüllü olarak katılmıştır.	Çalışma, spor bilimleri fakültesinde öğrenim gören mücadele sporuyla uğraşan sporcuların zihinsel dayanıklılığı incelemek ve farklı değişkenlerle arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapılmıştır.	<p>*Cinsiyet değişkenine göre devamlılık ve kontrol alt boyutlarında anlamlı bir fark görülmemiştir. Ama güven alt boyutuna bakıldığı zaman erkeklerin lehine bir sonuç saptanmıştır.</p> <p>*Yaş değişkeninde ise kontrol alt boyutunda anlamlı bir fark olmayıp güven ve devamlılık boyutunda düşük de olsa pozitif yönde bir fark görülmüştür. Yaş arttıkça zihinsel dayanıklılık düzeyinin arttığını söyleyebiliriz. Aynı sonuç spor yaşı içinde geçerli olduğunu söyleyebiliriz.</p> <p>*Branş değişkeninde güven ve devamlılık alt boyutuna bakıldığında anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak kontrol alt boyutunda anlamlı fark görülmüştür. Bu fark judo ve kickbox branşları arasındadır ve judo branşının lehine bir durum söz konusudur.</p>
Aydiner Birsin Yıldız 2017 (10)	Çalışmaya, aktif spor yapan 71 kadın, 244 erkek; toplam 315 sporcu gönüllü olarak katılmıştır.	Çalışmanın amacı, sporcuların zihinsel dayanıklılık ve öz yeterlilik düzeylerinin arasındaki ilişkiyi incelemektir.	<p>*Cinsiyet değişkenine bakıldığında öz yeterlilik algısında ve zihinsel dayanıklılık düzeyinde anlamlı bir fark saptanmamıştır.</p> <p>*Sporculuk düzeyi değişkenine göre anlamlı bir fark saptanmamıştır.</p> <p>*Yaş değişkenine bakıldığı zaman öz yeterlilik algısında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak zihinsel dayanıklılık düzeyinde anlamlı bir fark saptanmıştır. Yaş arttıkça dayanıklılığın arttığını söyleyebiliriz.</p> <p>*Eğitim durumu değişkenine bakıldığında öz yeterlilik algısında anlamlı fark saptanmamış ama zihinsel dayanıklılıkta anlamlı fark görülmüştür. Lisans eğitimi almış sporcuların düzeyi lise eğitimi alan sporculara göre daha fazladır.</p>

			<p>*Spor yaşı değişkenine bakıldığında ise her ikisinde de anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Spor yaşı artıkça zihinsel dayanıklılık düzeyi ve öz yeterlilik algısının arttığı görülmektedir.</p> <p>*Sporcuların zihinsel dayanıklılık ile öz yeterlilik düzeyleri arasında orta düzeyli ve doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır.</p>
Yunus Şahinler Adnan Ersoy 2019 (11)	<p>Kütahya ve Isparta ilinde yaşayan 71 kadın sporcu ve 177 erkek sporcu olmak üzere toplam 248 sporcu katılmıştır.</p>	<p>Çalışma, sporcuların zihinsel dayanıklılıkları farklı değişkenlerle incelenmesi amacıyla yapılmıştır.</p>	<p>*Çalışma sonucunda cinsiyetler arasında bir fark görülmemiştir.</p> <p>*Spor yapma sürelerine bakıldığında farklılık tespit edilmiştir.</p> <p>*Spor branşlarına göre de farklılık görülmüştür.</p> <p>*Eğitim durumu değişkenine bakıldığı zaman farklılıklar saptanmıştır.</p> <p>*Aylık gelir değişkeninde sporcular arasında farklılıklar görülmemiştir.</p>
Hüseyin Pehlivan 2014 (12)	<p>Çalışma, 138 kadın, 219 erkek olmak üzere toplam 357 lisanslı sporcu ile gerçekleştirilmiştir.</p>	<p>Çalışma, Sheard ve diğ. (2009) tarafından geliştirilen "Sporda Mental Dayanıklılık Ölçeği'ni" (SMDÖ) Türkçe'ye uyarlamak, ölçeğin geçerlik güvenirlik analizlerini yapmak amacıyla yapılmıştır. Ve değişkenlere göre sporcuların mental dayanıklılığını incelemek amacıyla yapılmıştır.</p>	<p>*Modelin uyum indeksleri yeterli bulunmamıştır.</p> <p>*Maddelerin geçerliliklerinin yüksek olduğu görülmüştür.</p> <p>*Cinsiyet değişkenine göre alt boyutların erkek sporcularda mental dayanıklılığın daha yüksek olduğu hipotezi kurulmuş fakat t-testinde anlamlı bir farklılık gözükmemektedir.</p> <p>*Yaş değişkenine bakıldığında güven ve bağlılık alt boyutlarında anlamlı farklılık görülmemiştir. Fakat kontrol alt boyutunda ise anlamlı farklılık saptanmıştır.</p> <p>*Branş değişkeninde güven ve bağlılık alt boyutunda anlamlı farklılık görülmüş, kontrol alt boyutunda anlamlı bir fark çıkmamıştır.</p> <p>*Spor yaşı değişkeninde güven ve bağlılık alt boyutunda anlamlı fark bulunamamış, kontrol alt boyutunda ise anlamlı bir fark görülmüştür.</p>
Atahan Altıntaş Perican Bayar Kuruç 2016 (13)	<p>Bu çalışmaya farklı branşları olan 94 kadın, 108 erkek olmak üzere 202 sporcu katılmıştır.</p>	<p>Çalışmanın amacı, sporda zihinsel dayanıklılık envanterinin geçerliliğini ve güvenirliğini test etmektir.</p>	<p>*Çalışma, envanterin Türk sporcular üzerinde geçerliliği olduğunu ve kullanılabileceğini göstermiştir.</p> <p>*Yapılan analizlere göre faktör yükleri kabul edilebilir olduğu görülmüştür.</p> <p>*Güven, kontrol, devamlılık alt boyutlarına bakıldığında değerlerinin Alpar 'a (2001) göre güvenilir kabul ettiği değerler arasında yer almaktadır.</p> <p>*Faktör yükleri iç tutarlılık kat sayıları kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.</p> <p>*Yapı geçerliliğini test etmek amacıyla yapılan faktör analizi sonuçlarında uyum indekslerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.</p>
Recep Fatih Kayhan Serkan Hacicaferoğlu Hayri Aydoğan	<p>Çalışma, Rize'de takım ve bireysel sporlarla ilgilenen 155 sporcu ile gerçekleştirilmiştir.</p>	<p>Bu araştırmanın amacı, takım ve bireysel sporlarla uğraşan sporcuların zihinsel</p>	<p>*Bireysel ve takım sporu yapan sporcular arasında olumlu yönde ilişki olduğu görülmüştür.</p> <p>*Ölçekten alınan puana göre cinsiyet değişkeninde istatiki açıdan anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Ancak bireysel sporla uğraşan erkek sporcular kadınlara göre, takım sporuyla uğraşan kadın sporcular ise erkeklere göre daha fazla puanla zihinsel dayanıklılık göstermişlerdir.</p>

İbrahim Erdemir 2018 (14)		dayanıklılığını belirlemektir.	*Yaş değişkenine bakıldığında ölçekten alınan puanla arasında anlamlı fark görülmemiştir. Ancak 23 yaş ve üzeri sporcular daha fazla zihinsel dayanıklılık sergiledikleri görülmüştür. *Spor yapma değişkenine göre ölçekten aldıkların puanla arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı görülmüştür.
Aydın İLHAN 2020 (15)	Çalışmaya, federasyona bağlı tenis kulübünde oynayan 308 sporcu katılmıştır.	Bu araştırma, tenis oynayan ve antrenmanlı olan sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeylerini belirlemek ve değişkenlere göre farklılıkların olup olmadığını anlamak amacı ile yapılmıştır.	*Yaş ve spor yaşı değişkenine göre anlamlı fark görülmüştür. *Haftalık antrenman süresi ve cinsiyete göre ise fark bulunmamıştır. *Kontrol alt boyutunun en yüksek olduğu yaş aralığı 26-31 olarak bulunmuştur. Yaşları arttıkça zihinsel dayanıklılığın arttığını söyleyebiliriz. *Tenis oynama yılına göre kontrol alt boyutunda anlamlı farklılık saptanmıştır.
Doğukan B. A Gülşen Aydıner Birsin Yıldız Baki Yılmaz Hasan Şahan 2019 (16)	Araştırmaya, Gazi ve Akdeniz üniversitesinde okuyan spor bilimleri fakültesi öğrencisi olan 86 kadın, 112 erkek katılmıştır.	Araştırmanın amacı sbf öğrencilerinde zihinsel sağlık ve kendine kendine konuşma arasındaki ilişkiyi irdelemektir.	*Zihinsel dayanıklılık ile motivasyon olarak kendi kendine konuşma arasında pozitif ve düşük düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. * Zihinsel dayanıklılık ile bilişsel kendi kendine konuşma arasında orta düzeyde olup pozitif bir ilişki görülmüştür. *Kendi kendine konuşma toplam puan ve zihinsel dayanıklılık arasında ise düşük düzeyde ve pozitif bir ilişki çıkmıştır. *Güven alt boyutuyla bilişsel kendi kendine konuşma arasında ilişki olduğu görülmüştür. *Kendi kendine konuşma ve zihinsel dayanıklılık birbiri ile ilişkili olduğu görülmüş literatürdeki bazı çalışmalarla paralellik sağlamıştır.
Burak Gürer Zühal Kılınc 2019 (17)	Farklı şehirlerden katılan 96 kadın, 168 erkek olmak üzere toplam 264 doğa sporcuları ile araştırma gerçekleştirilmiştir.	Bu çalışma, doğa sporları ile uğraşan sporcuların psikolojik ihtiyaçları ile zihinsel dayanıklılıkları arasındaki ilişkiyi incelemek ve etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır.	*Güven alt boyutuna bakıldığında erkeklerin zihinsel dayanıklılık düzeyi kadınlara nazaran daha yüksek bulunmuştur. Doğa sporlarında kadınlardan daha dayanıklı oldukları da eklenmiştir. *Yaş değişkeninde yaş arttıkça zihinsel dayanıklılığın arttığı söylenmektedir. *Özerlik alt boyutunda 32-36 yaş aralığındaki sporcuların daha fazla özerlik ihtiyacı duyduğu bulunmuştur. *Yapılan spor türünde ise binicilik sporu ile uğraşanların daha kontrollü olduğu söylenmektedir. *Dağcılık ile uğraşan sporcuların ise kontrollerinin daha zayıf kaldığı söylenmektedir. *Sporcuların deneyimi kıyaslandığında ise anlamlı bir fark bulunamamıştır. *Aralarındaki ilişki ise yüksek olmasa da olumlu yönde etkilenmektedir. Yani psikolojik ihtiyaçlar zihinsel sağlık arasında ilişki vardır. *Psikolojik ihtiyaçların gelişmesiyle zihinsel sağlık düzeyinin de gelişeceğini söylemek mümkündür. *Doğa sporlarında zihinsel dayanıklılık psikolojik ihtiyaçlardan daha önemli görülmüştür.

Oğuzhan Eroğlu Alparslan Ünveren Çağla Ayna Necla Ezgi Müftüoğlu 2020 (18)	Çalışmaya, 146 erkek, 110 kadın olmak üzere 256 SBF öğrencisi katılmıştır.	Spor bilimleri fakültesinde okuyan öğrencilerin zihinsel dayanıklılık düzeyleriyle ahlaktan uzaklaşma düzeyleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.	<p>*Sporda ahlaktan uzaklaşma ölçeğinde alınan toplam puanlara bakıldığında erkeklerin daha yüksek puana sahip oldukları görülmüştür.</p> <p>*Zihinsel dayanıklılık ölçeğine bakıldığında güven, devamlılık ve kontrol alt boyutlarında alınan puanlar yine erkeklerde daha fazla görülmüştür.</p> <p>*Sporda ahlaktan uzaklaşma ve sporda zihinsel dayanıklılık ölçeğinde ebeveynin eğitim durumu değişkeninde anlamlı bir fark görülmemiştir.</p> <p>*Spor yaşı değişkenine bakıldığı zaman kontrol ve devamlılık alt boyutunda bir anlamlı farklılık görülmezken güven alt boyutunda 8 yıldan fazla deneyimi olan sporculardan yana istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür. Artan tecrübenin zihinsel dayanıklılığını olumlu etkilediğini söylemek mümkündür.</p> <p>*Spor deneyimi değişkeni için sporda ahlaktan uzaklaşma ölçeğinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir.</p> <p>*SAU ölçeğinin puanları ile SZDÖ'nün devamlılık alt boyutuyla orta seviyede pozitif bir ilişkinin olduğu görülmüştür.</p>
Burcu Güvendi Ayşe Türksöy Mehmet Güçlü Erkut Konter 2018 (19)	Araştırma 118 profesyonel güreşçi ile gerçekleştirilmiştir.	Bu çalışma, farklı değişkenlere göre profesyonel güreşçilerin cesaret düzeylerini ve zihinsel dayanıklılıkları incelemek ve aralarındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapılmıştır.	<p>*Zihinsel dayanıklılık ve cesaret düzeyleri yüksek çıkan güreşçilerin zor durumlar karşısında güven alt boyutunda eksik kaldıklarını görülmüştür.</p> <p>*Yaş değişkeninde hem zihinsel dayanıklılık düzeylerinde hem de cesaret düzeylerinde anlamlı fark bulunamamıştır.</p> <p>*Spor yılı değişkenine bakıldığında 1-5 yıldır güreşle uğraşan sporcuların, 6-10 yıldır güreşle uğraşan sporculardan zihinsel dayanıklılıklarının daha yüksek olduğu görülmüş ve literatürdeki birçok araştırmayla zıtlık oluşturmuştur.</p> <p>*Millilik değişkeninde ise cesaret ölçeğinin alt boyutu olan kararlılık ve tehlikeyi göze alma boyutları milli olmayan güreşçilerde daha yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Aynı şekilde zihinsel dayanıklılık ölçeğinin devamlılık alt boyutuna bakıldığında milli olan güreşçiler milli olmayan güreşçilerden daha düşük seviyede olduğu görülmüştür.</p> <p>*Son bir yıl içerisinde sakatlanmayan sporcuların, cesaret ölçeğinin "özverili olma, tehlikeyi göze alma, kararlılık ve atılganlık boyutlarında" sakatlık geçiren sporculara göre bu alt boyutların daha yüksek düzeyde oldukları görülmüştür.</p> <p>*Zihinsel dayanıklılık ölçeğinin devamlılık ve güven alt boyutlarında da sakatlanmayan sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeyleri daha yüksektir.</p> <p>*Cesaret ölçeğinin alt boyutları olan yetkilik-ustalık ile zihinsel dayanıklılık ölçeğinin alt boyutu olan güven ve devamlılık arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki bulunmaktadır.</p> <p>*Düşük düzeyde ve pozitif yönde ilişki olan alt boyutlar ise cesaret ölçeğinin atılganlık boyutu ile zihinsel dayanıklılık ölçeğinin devamlılık boyutudur.</p> <p>*CÖ alt boyutu olan kararlılık ve ZDÖ alt boyutu olan devamlılık arasında orta düzeyde; ZDÖ alt boyutu olan kontrol ile düşük düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur.</p>
Kadir PEKE 2020 (20)	Oryantring sporuyla uğraşan +18 yaş grubundan oluşan	Oryantring sporuyla ilgilenen sporcuların spora	<p>*Sporcunun spora bağlılık düzeylerinin zihinsel dayanıklılığa pozitif yönde bir etkisi olduğu görülmüştür.</p>

230 sporcu ile çalışma gerçekleştirilmiştir.	bağlılık ve zihinsel dayanıklılıklarını ve arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılmıştır.	<p>*SBÖ'nde bulunan adanma, zinde olma ve içselleştirme alt boyutlarının ZHÖ'ndeki güven alt boyutuna pozitif yönde bir etkisi olduğu saptanmıştır.</p> <p>*Zihinsel dayanıklılıkta kontrol boyutu pozitif yönde spora bağlılıkta adanma düzeyinden etkilendiği görülmüştür.</p> <p>*Cinsiyet ve yaş değişkenine göre spora bağlılık düzeyinin değişmediği görülmüştür.</p> <p>*Eğitim değişkenine göre SBÖ'nin zinde olma alt boyutuyla anlamlı bir ilişkisi olmadığı görülmüştür. Fakat adanma ve içselleştirme alt boyutunun yüksek lisans mezunu olanların lisans mezun olanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.</p> <p>*Evlili olan sporcuların spora bağlılık, zinde olma ve adanma alt boyutlarının bekar olanlara göre daha düşük olduğu görülmüştür.</p> <p>*Spor yaşı ve deneyim arttıkça adanma, spora bağlılık, zinde olma ve içselleştirme alt boyutlarının düzeyi arttığı görülmüştür.</p> <p>*SZD'nin cinsiyete göre farklılaşmadığı görülmüştür.</p> <p>*Evlili olan sporcuların güven ve devamlılık alt boyutlarında bekar olanlara göre daha düşük seviyede olduğu görülmüştür.</p> <p>*Yaş değişkenine bakıldığında SZD'nde bir farklılaşma görülmemektedir.</p> <p>*22 yaşından büyük sporcuların güven alt boyutunun daha yüksek olduğu görülmüştür.</p> <p>*Lisans mezunu sporcuların yüksek lisans mezunu sporculardan zihinsel dayanıklılıkta güven ve devamlılık düzeyi daha düşük olduğu görülmüştür.</p> <p>*Spor yaşı 14 yıldan daha düşük olan sporcuların daha düşük zihinsel dayanıklılık düzeyi olduğu görülmüştür. Yaş arttıkça zihinsel dayanıklılık düzeyin geliştiği görülmüştür.</p> <p>*Serbest zaman etkinliği olarak spor yapan katılımcıların zihinsel dayanıklılık düzeyleri, lisanlı sporculardan daha düşük olduğu saptanmıştır.</p>
--	--	---

5. Tartışma ve Sonuç

Sonuç olarak bu derlemenin literatür taraması Google Scholar Arama Motoru ve TOAD web sitesi kullanılarak yapılmıştır. Sporda zihinsel dayanıklılık konumuzla alakalı makale ve tezler indirilmiş ve en uygun olan 20 araştırma bu derlemenin ana kaynakçasını oluşturmuştur. İndirilen araştırmaların yapıldığı yılların 2014-2020 olması zihinsel dayanıklılık ile ilgili araştırmaların çok eskiye dayanmadığını, önemini yeni yeni anlaşılır düzeye gelmeye başladığını görmekteyiz. Bazı araştırmalarda ölçeklerin sadece spor bilimleri öğrencilerine, sadece erkek sporculara ya da aynı branşın sporcularına uygulandığını ve bu bağlamda araştırma örnekleminin sınırlandırıldığını görmekteyiz. Durum böyle olunca kendi aralarındaki farklılık kolay saptanabilirken farklı değişkenlerin olmaması ve örneklemin sınırlandırılmış olması sporda zihinsel dayanıklılığın karşılaştırması ve yorumlanması zayıf kalmaktadır. Araştırmaların azlığı, zihinsel dayanıklılığın bunca zaman boyunca fiziksel yeterliliğin gölgesinde kalmasından ve yeterli önemi göremediğinden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Yani sporun daha çok fiziksel aktiviteye yönelik olmasından kaynaklı zihinsel dayanıklılık kapasitesinin fiziksel kapasite kadar önemli görülmemesi şeklinde de açıklayabiliriz.

Yapılan literatür taraması sonucunda zihinsel dayanıklılık düzeyinin erkeklerde daha fazla olduğunu söyleyen araştırmalar olduğu gibi cinsiyetin zihinsel dayanıklılık için anlamlı bir

farklılık oluşturmadığını söyleyen araştırmalar da bulunmaktadır. Zihinsel dayanıklılığı etkileyen faktörlerden bir tanesi de eğitim durumu olduğu görmekteyiz. Eğitim düzeyinin artması zihinsel dayanıklılık düzeyinin de arttığını göstermektedir. Farklılık oluşturmadığını söyleyen çalışmalar olsa da eğitim değişkeni ile arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu söyleyen çalışmalar daha fazladır. Yaş değişkenine bakıldığında zihinsel dayanıklılık ile aralarında anlamlı bir ilişki görülmektedir. Yaşın artması ile sporcularda zihinsel dayanıklılıkta da artış göstermektedir. Yaşın ilerlemesi ile olaylara mantık odaklı yaklaşma, duyguların ağır basmasını önleme, kendine güvenme gibi durumların da geliştiğini ve bu bağlamda spor ortamında daha rahat ve sakin olunabildiği söylenebilir. Zihinsel dayanıklılık düzeyinin arttığı bir başka değişken ise spor yılı yani deneyimdir. Araştırmalara baktığımızda deneyimli olan sporcuların deneyimsiz sporculara göre daha yüksek zihinsel dayanıklılık düzeylerinin olduğunu görmekteyiz. Deneyim ile yarışma ortamında rahat olma, kendine güvenme, takım sporlarında takımla hareket edebilme, olumsuz durumlardan kötü etkilenmeme gibi durumların da arttığı görülmektedir. Takım sporcuların bireysel sporcular göre zihinsel dayanıklılık düzeylerinin daha yüksek olduğunu söyleyen çalışmalar da mevcuttur. Bu farklılığın sebebini; takıma arkadaşlarının birbirine verdiği motivasyona, birbirini desteklemesine, yapılan hatada ve başarıda tüm takımın etkilenecek olmasının verdiği sorumluluk ile sporcuların daha fazla çaba sarfetmesine bağlayabiliriz. Bu değişkenlerin anlamlı farklılıklar oluşturmadığı çalışmalar da mevcuttur. (bkz: Zihinsel dayanıklılığı etkileyen faktörler).

Yapılan araştırma sonucu spora bağlılık düzeyi ile zihinsel dayanıklılık arasında bir ilişki görülüp spora bağlılık düzeyi arttıkça sporda zihinsel dayanıklılığın da arttığını söyleyebiliriz (Peke, 2020). Sporda ahlaktan uzaklaşma düzeyi ile sporda zihinsel dayanıklılığın devamlılık alt boyutuyla orta seviyede pozitif bir ilişkinin olduğu görülmüştür (Eroğlu ve ark., 2020). Kendi kendine konuşma ve zihinsel dayanıklılık birbiri ile ilişkili olduğu görülmüştür (Gülşen ve ark., 2019). Sporcuların zihinsel dayanıklılık ile öz yeterlik düzeyi arasında ilişki olduğu saptanmıştır (Yıldız, 2017). Egzersiz bağımlılığı ve sporda zihinsel dayanıklılık düzeyi arasında ilişki olduğu saptanmıştır (Demir ve Türkeli, 2019). Zihinsel dayanıklılığı yüksek olan sporcuların tükenmişliği daha az yaşadığı görülmüştür (Kurtulget ve ark., 2018). Zihinsel dayanıklılığı etkileyen, geliştiren birçok olgu mevcuttur. Yani kısaca zihinsel dayanıklılık birçok yetiyi altında barındırmaktadır ve yelpazesi oldukça geniştir.

Literatür taraması sonucunda yapılan araştırmaların azlığı kadar çalışmalar sonucunda çıkan sonuçların birbiri ile her zaman paralellik göstermemesi değişkenlere göre farklılığın olup olmaması konusunda net çizgiler çizememektedir.

6. Öneriler

Ülkemizde zihinsel dayanıklılık adına çok büyük adımlar atılamamış olması bu bağlamda araştırmaların kısıtlı olması sebebi performans açısından önemi büyük olan zihinsel dayanıklılık kavramını geliştirmek için net fikirler tam olarak yansıtılamamıştır. Yapılan fiziki antrenmanlara verilen önem kadar spor psikologları ile yapılacak seansların, zihinsel antrenmanların da önemi vurgulanmalıdır. Spor bilimleri öğrencilerine sporcu psikolojisi gibi derslerin verilmesi katkı sağlayabilir. Bu manada spor bilimleri programlarına spor psikolojisi dersleri eklenmelidir. Var olan kulüplere spor psikolojisi seminerleri düzenlenebilir ve antrenörlere de bu kavram aşılanmalıdır. Antrenör olurken verilen eğitimlerde (spor bilimleri programları, antrenörlük sertifika programları) spor psikolojisi konusu üzerinde durulmalıdır. Öğretmen adayları için de bu kavram programa dahil edilmelidir. Öğretmenlerin spor psikolojisine verdiği önem ile yetiştirdiği öğrencilerin bu kavramlara uzak kalmamasını ve bilinçli sporcular olmasını sağlayabiliriz.

Bu konu üzerinde daha fazla çalışma yapılmalı ve çalışma örneklemi daha geniş tutulmalıdır. Farklı branşta sporcularla yapılacak çalışmalarla branşlar arasındaki farklılıklar görülebilir. Farklı illerdeki sporcularla, farklı performans düzeylerindeki sporcularla yapılabilir. Zihinsel dayanıklılık düzeyi takip edilebilir. Antrenörlerce ya da öğretmenlerce rapor tutulabilir.

7. Kaynakça

- Alderman, R. B. (1980). Sport psychology: Past, present, and future dilemmas. Psychological and sociological factors in sport, 3-19.
- Altıntaş A. ve B. Koruç P. (2016). Sporda Zihinsel Dayanıklılık Envanteri'nin Psikometrik Özelliklerinin İncelenmesi (SZDE), Spor Bilimleri Dergisi Hacettepe Journal of Sport Sciences, 27 (4), 162-171.
- Altıntaş, A. (2015). Sporcuların Zihinsel Dayanıklılıklarının Belirlenmesinde Optimal Performans Duygu Durumu, Güdülenme Düzeyi ve Hedef Yöneliminin Rolü, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri Anabilim Dalı, Doktora tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi.
- Beardslee, W. R. and Podorefsky, M. A. (1998). Resilient Adolescents Whose Parents Have Serious Affective and Other Psychiatric Disorders: Importance of Selfunderstanding and Relationships. *Am J Psychiatry*. 145, 63-69.
- Block, J. H. and Block, J. (1980). The role of ego-control and ego-resiliency in the organisation of behaviour. Collins, W. A. (eds.), *Development of cognition, affect, and social relations: minnesota symposia on child psychology*. New York: Psychology Press, pp. 39-101.
- Bulls, S., Shambrook, C., James, W., and Brooks, J. (2005). Toward an understanding of mental toughness in elite english cricketers. *Journal of Applied Sport Psychology*, 17, 209- 227.
- Cherry, H. L. (2005). Psychometric analysis of an inventory assessing mental toughness. *Masters Theses*, 588.
- Clough, P.J., Earle, K., and Sewell, D. (2002). Mental Toughness The Concept and Its Measurement. In I. Cockerill (Ed.), *Solutions in Sport Psychology* (pp. 32-46).
- Coakley, J. J. (1986). Socialization and youth sports. *Sport and social theory*, 135- 143.
- Connaughton, D., Wadey, R., Hanton, S., and Jones, G. (2008). The development and maintenance of mental toughness: Perceptions of elite performers. *Journal of sports sciences*, 26(1), 83-95.
- Crust L. and Swann C., (2011). Comparing two measures of mental toughness. *Personality and Individual Differences*. *Journal of Sport Psychology in Action*, 50: 217-221.
- Crust, L., Earle, K., Perry, J., Earle, F., Clough, A., and Clough, P. J. (2014). Mental toughness in higher education: Relationships with achievement and progression in first-year university sports students. *Personality and Individual Differences*, 69, 87-91.
- Çakmak, E. (2019). Oryantiring Sporcularının Zihinsel Dayanıklılık Düzeyleri ve Başarı Hedefleri Arasındaki İlişki. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Dede, Y. E. (2019). Elit Güreşçilerin Zihinsel Dayanıklılıklarının İncelenmesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi Ve Spor Eğitimi Yüksek Lisans Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Demir, P. ve Çelebi, M. (2019). Spor Bilimleri Fakültesinde Eğitim Gören Mücadele Sporcularının Zihinsel Dayanıklılıklarının İncelenmesi, *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi (UGEAD)*, Aralık, 5(2): 188-199.

- Erdoğan, N. (2016). Zihinsel Dayanıklılık Ölçeği (ZDÖ): Türkçe'ye Uyarlama, Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması, *International Journal of Science Culture and Sport (IntJSCS)*, 4:(SI 2): 652-664.
- Eroğlu, O., Ünveren, A., Ayna, Ç., ve Müftüoğlu, N. E. (2020). Spor Bilimleri Fakültesindeki Öğrencilerin Sporda Zihinsel Dayanıklılık ve Sporda Ahlakattan Uzaklaşma Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*; 4(2);100-110.
- Findlay, L. C., and Bowker, A. (2009). The link between competitive sport participation and self-concept in early adolescence: A consideration of gender and sport orientation. *Journal of youth and adolescence*, 38(1), 29-40.
- Fisher, S., and Hood, B. (1987). The stress of the transition to university: a longitudinal study of psychological disturbance, absent-mindedness and vulnerability to homesickness. *British journal of psychology*, 78(4), 425-441.
- Florian, V., Mikulincer, M. and Taubman, O. (1995). Does Hardiness Contribute to Mental Health During a Stressful Real-Life Situation? The Roles of Appraisal and Coping. *Journal of Personality and Social Psychology*. 68(4), 687.
- Gil, D. L. (1986). *Psychological dynamics of sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gucciardi, D. F., Gordon, S. and Dimmock, J. A. (2008). Towards an Understanding of Mental Toughness in Australian Football. *Journal of Applied Sport Psychology*. 20, 261-281.
- Güleroğlu, F. ve Eroğlu, H. (2019). Anaerobik Egzersiz Sonrası Oluşan Yorgunluğun Sporcuların Zihinsel Dayanıklılık Düzeylerine Akut Etkisi, *Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi Cilt:21, Sayı:3*.
- Gülşen, D.B.A., Yıldız, A.B., Yılmaz, B. ve Şahan, H. (2019). Spor Bilimleri Fakültesindeki Öğrencilerin Kendinle Konuşma ve Zihinsel Dayanıklılık Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 4(4), 459-470.
- Gümüšoğlu, Ö. ve Aşçı, H. (2020). Yetişkin Sporcularda Belirsizliğe Tahammülsüzlüğün Yordanmasında Mükemmeliyetçilik Ve Zihinsel Dayanıklılığın Rolü, *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi Spormetre*, 18(1), 96-110.
- Gürer, B. ve Kılınç, Z. (2019). Doğa sporları yapanların temel psikolojik ihtiyaçlarının zihinsel dayanıklılığa etkisi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 14 (2), 222-2.
- Güvendi, B., Türksöy, A., Güçlü, M. ve Konter, E. (2018). Profesyonel Güreşçilerin Cesaret Düzeyleri ve Zihinsel Dayanıklılıklarının İncelenmesi, *Int J Sport, Exer & Train Sci*, Vol 4, Issue 2, 70-78.
- Hull, J. G., Ronald, R., Treuren, V. and Virnelli, S. (1987). Hardiness and Health: A Critique and Alternative Approach. *Journal of Personality and Social Psychology*. 53(3), 518-530.
- İlhan, A. (2020). Tenis Oyuncularının Zihinsel Dayanıklılık Düzeyleri, *Pamukkale Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Journal of Global Sport and Education Research*, III (2):28-35.
- Jacelon, C. S. (1997). The Trait and Process of Resilience. *Journal of Advanced Nursing*. 25, 123-129.
- Jones, M., Meijen, C., McCarthy, P. J. and Sheffield, D. A (2009). Theory of challenge and threat states in athletes. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 2: 161-180.
- Juan, M. V T., and Lopez, A. (2015). Mental Toughness of Scholar Athletes. *Researchers World*, 6(3), 22.
- Kalkavan, A., Özdelek, Ç., ve Çakır, G. (2020). Dağ Bisikletçilerinin Zihinsel Dayanıklılık Düzeylerinin Araştırılması Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, Cilt:22, Sayı:2.
- Kayhan, R. F., Hacıcaferoğlu, S., Aydoğan, H., ve Erdemir, İ. (2018). Takım Ve Bireysel Sporlar İle İlgilenen Sporcuların Zihinsel Dayanıklılık Durumlarının İncelenmesi Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi, 5(2), 55-64.

- Klag, S. and Bradley, G. (2004). The role of hardiness in stress and illness: An exploration of the effect of negative affectivity and gender. *British Journal of Health Psychology*, 9: 137-161.
- Kobasa, S. C. (1979). Personality and resistance to illness. *American Journal of Community Psychology*, 7(4): 413-423.
- Kobasa, S.C., Maddi, S. R. and Kahn, S. (1982). Hardiness and Health: A Prospective Study. *Journal of Personality and Social Psychology*. 42(1),168.
- Konter, E. (1998). *Psikolojik Hazırlığın Teori ve Pratiği*,1. Basım, Ankara, Bağırğan Yayınevi.
- Konter, E. (2006). *Spor Psikolojisi El Kitabı*,1. Baskı, Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Koruç, Z. (1992). *Spor Hekimliği'nde*, Ankara, Spor Psikolojisine Giriş, E Ergen (ed), TTB Merkez Konseyi Spor Hekimliği Kolu Yayın no.1, s.96-100.
- Kurtulget, E., Kaplan, G., ve Çepikkurt, F. (2018). Basketbolcularda Tutkunluk ve Zihinsel Dayanıklılığın Tükenmişliği Belirlemedeki Rolü, *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*; 2(2);82-91.
- Loehr, J. (1982). *Mental toughness training for sports*. New York: The Stephen Greene Press.
- Loehr, J. E. (1985). *Athletic excellence: Mental toughness training for sports*. forum publishing company.
- Luthans, F. (2002). Positive Organizational Behavior: Developing and Managing Psychological Strengths. *Academy of Management Executive*. 16(1), 57-72.
- Madigan, D. J. and Nicholls, A. R. (2017). Mental toughness and burnout in junior athletes: A longitudinal investigation. *Psychology of Sport and Exercise*, 32, 138-142.
- Madrigal, L, Hamill, S., and Gill, D. L (2013). Mind over matter: The development of the mental toughness scale (MTS). *Sport Psychologist*, 27(1): 62-77.
- Madrigal, L., Robbins, J., Gill, D. L., and Wurst, K. (2015). A pilot study investigating the reasons for playing through pain and injury: Emerging themes in men's and women's collegiate rugby. *The Sport Psychologist*, 29(4), 310-318.
- Marchant, D. C., Polman, R. C., Clough, P. J., Jackson, J. G., Levy, A. R., and Nicholls, A. R. (2009). Mental toughness: Managerial and age differences. *Journal of Managerial Psychology*, 24(5), 428-437.
- Masten, A. S., Best, K. M. and Garmezy, N. (1990). Resilience and Development: Contributions from the Study of Children Who Overcome Adversity. *Dev Psychopathol*. 2, 425-444.
- Masum, R. (2014). A mixed method analysis of mental toughness in elite and sub-elite male and female tennis players in Pakistan. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 1,110-122.
- Middleton, S., Marsh, H., Martin, A., Richards, G., and Perry, C (2004). *Developing the Mental Toughness Inventory (MTI)*. Self Research Centre Biannual Conference. Berlin.
- Nicholls, A. R., Levy, A. R., Polman, R. C., and Crust, L. (2011). Mental toughness, coping self-efficacy, and coping effectiveness among athletes. *International Journal of Sport psychology*, 42(6), 513-524.
- Nicholls, A. R., Polman, R., Levy, A., and Backhouse, S. H. (2009). Mental toughness in sport: Achievement level, gender, age, experience and sport type differences. *Personality and Individual Differences*, 47, 73-75.
- Onan, M. (2017). *Profesyonel Futbolcuların Antrenman Öncesi ve Sonrası Performans Beklenti ve Değerlendirmeleri ile Benlik Saygısı, Zihinsel Dayanıklılık ve Ego ve Görev Yönelimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Pehlivan, H. (2014). *Sporda Mental Dayanıklılık Ölçeği Uyarlama: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması*, Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Manisa.

- Peke, K. (2020). Oryantiring Katılımcılarının Spora Bağlılıkları Ve Zihinsel Dayanıklılıklarının İncelenmesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisanüstü Eğitim Enstitüsü Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı Spor Yönetimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Raedeke, T. D. and Smith, A. L. (2001). Development and preliminary validation of an athlete burnout measure. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 23(4), 281-306.
- Roberts, G C, Treasure, D. C. and Conroy, D. E. (2007) Understanding the Dynamics of motivation in sport and physical activity: An achievement goal interpretation. In G. Tenenbaum & R. C. Eklund (Ed.), *Handbook of Sport Psychology*, Third Edition, John Wiley & Sons, p. 310.
- Sheard M. (2013) *Mental Toughness: The Mindset Behind Sporting Achievement*. Second Edition, Hove, East Sussex: Routledge.
- Sheard, M., Golby, J. and Van Wersch, A. (2009). Progress Towards Construct Validation of the Sports Mental Toughness Questionnaire. *European Journal of Psychological Assessment*. 25 (3), 186-193.
- Şahinler, Y. ve Ersoy A. (2019). Sporcuların zihinsel dayanıklılıklarının farklı değişkenlere göre incelenmesi. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 5(2), 168-177.
- Tekkürşun-Demir, G., ve Türkeli, A. (2019). Spor Bilimleri Fakültesi Öğrencilerinin Egzersiz Bağımlılığı ve Zihinsel Dayanıklılık Düzeylerinin İncelenmesi, *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 10-24.
- Thelwell, R., Weston, N. and Greenlees, I. (2005). Defining and Understanding Mental Toughness within Soccer. *Journal of Applied Sport Psychology*. 17(4), 326-332.
- Türkoğlu, F. (2019). Taekwondo Sporcularının Zihinsel Dayanıklılıklarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Türkyılmaz, H. B. (2019). Futbolcuların Zihinsel Dayanıklılık Düzeyleri İle Sporda Mücadele Ve Tehdit Algılarının Belirlenmesi, T.C. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi / Ankara 2019
- Weinberg, R. S. ve Gould, D. (1995) *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. Champaign JL: Human Kinetics 1995, 59-72, 137-160.
- Yarayan, Y. E., Yıldız A. B., ve Gülşen, D. B. (2018). Elit Düzeyde Bireysel Ve Takım Sporunu Yapan Sporcuların Zihinsel Dayanıklılık Düzeylerinin Çeşitli Değişkenlere Göre İncelenmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi Cilt: 11 Sayı: 57*.
- Yazıcı, A. G. (2014) *Toplumsal Dinanizm Ve Spor*, Uluslararası Türkçe Edebiyat Kültür Eğitim Dergisi, Cilt.3 52.
- Yıldız, A. B. (2017). Sporcularda Zihinsel Dayanıklılık Ve Öz Yeterlik Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi/Ankara.
- Yıldız, A. B. ve Yılmaz, B. (2017). Sporcularda Zihinsel Dayanıklılık Ve Öz Yeterlik Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. 15. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi.
- Zmijewski, C. F. ve Howard, M. O. (2003). Exercise dependence and attitudes toward eating among young adults. *Eating behaviors*, 4(2), 181-195

Derleme (RE)

Review (RE)

**An Analytical Review of Figure Eight Loops and Bowlines as Harness
Tie-in and Anchoring Knots**

**Sekizli Düşümleri, Bulin Düşümü ve Ana Emniyet Noktası Düşümleri
Üzerine Analitik Bir Derleme**

Robert CHISNALL
chisnall@kingston.net
0000-0002-8822-8127

**Makale
Geçmişi:**

Başvuru tarihi:

8 Eylül 2021

Düzeltilme

tarihi:

29 Eylül 2021

Kabul tarihi:

24 Aralık 2021

Öz

Emniyet kemerinde kullanılan sekizli düşümleri ve standart bulin düşümünün güçlü ve zayıf yönleri nitel detaylar ve nicel verilerle analiz edilmiştir. Emniyet noktaları uygulamaları da kısaca tartışılmıştır. Düşüm sonlarına atılan backup-ek güvenlik- düşümlerinin çeşitlerine de özellikle yer verildi. Ayrıca hata sebepleri, düşüm hataları, kazalar, gereksiz davranış ve teknikler ve uygulamaların çeşitli standartları incelendi. Bu düşümler, mukavemet, halkaların esneklik fonksiyonu ve atış yöntemi ile yapısal bütünlük açılarından karşılaştırıldı. Güvenlik konusu bükülme ve kuvvetin yön değiştirmesi durumlarına göre nitel özellikleri ve bağli konumları, biçimlerinden ve büyüklüklerinden ayrı olarak ele alınarak analiz edilmiştir.

**Anahtar
Kelimeler:**

İp,

Düşüm,

Sekizli Düşüm

**Article
history:**

Received:

8 September

2021

Adjustment:

29 September

2021

Accepted:

24 December

2021

Keywords:

Rope,

Knots,

Eight Loops.

Abstract

The strengths and weaknesses of Figure Eight Loops and standard Bowlines as harness tie-in knots are analysed and compared with reference to qualitative details and quantitative data. Their anchoring applications are discussed briefly as well. Attention is paid to variants and the importance of backup knots. Further, causes of error, knot failure, close calls and accidents, behavioural and technical redundancy, and variable standards of practice are examined. These knots are compared in terms of strength, elasticity as a function of sinuosity, and structural integrity by way of concatenation. Security is analysed using topological twist fluctuation and circulation energies.

Introduction

Climbing and work-at-height activities rely on strong and secure harness tie-in knots and anchoring procedures. However, there are ways in which all knots can fail. Typically, modes of failure are linked to structural integrity and tier behaviour. Knowing the weaknesses of knots and how to mitigate those shortcomings is critical to maximizing safety. Two of the most popular loop knots have traditionally been the Figure Eight Follow-Through Loop (Figure 1) and the standard Bowline (Figure 2). (The former is also called the Figure Eight Loop, the Double Figure

Eight Loop, the Figure Eight End Loop, the Retraced Figure Eight, and other names depending on the tying method.) How these knots can fail will be analysed in detail. In conjunction with a discussion of knot applications and tier behaviour, this analysis will review some examples of recurring accidents and close calls along with the structural and functional idiosyncrasies of these ubiquitous knots. Options for redundancy and increased security will be examined.



Figure 1. From left to right: S Figure Eight Knot, S Overhand Loop, Z Figure Eight Loop, Z Figure Eight Knot. The loop structures are analogous to the simple Figure Eight Knots by way of chirality. In topology, theoretical Figure Eight Knots have no ends and are therefore amphichiral. Real world Figure Eight Knots have chirality relative to their working ends (Chisnall, 2006a).

Literature Review and Analysis Preliminary Terminology and Concepts

To avoid ambiguity, several preliminary concepts and terms should be clarified. A perusal of the climbing, safety and knotting literature will reveal a lack of consistency and even contradictions in how knots and knot characteristics are labelled. As those researching the evolution of language point out, word usage varies and changes according regional colloquialisms, cultural developments and new technology (Bowren, 2015; Steels, 2017). Herein, the most common knot names will be utilized, some alternatives will be mentioned in passing, and all knot names will be capitalized according to established convention (Ashley, 1944; Graumont & Hensel, 1952; Chisnall, 2016a, 2020).

Most real-world knots are chiral because they have mirror images known as enantiomers. Knot chirality is related to a tier's procedural memory, tying habits and handedness (Chisnall, 2010). Figures 1 and 2 illustrate the chiral versions of the Figure Eight Loop and the standard Bowline. Knot tiers identify three basic rope parts when tying knots. The working end or wend is employed in the actual tying. The bight forms the knot proper. The standing part, standing end, stand or stend is the unused end of the rope (Chisnall, 2020). There are four basic types of practical knots: stopper knots, loops, bends and hitches. The focus herein is loops, specifically end loops intended for harness attachment and anchoring purposes. Other terms, such as pre-bight and post-bight knots, will be explained later as they appear in this discussion.



Figure 2. Top: Overhand Knots, S (left) and Z (right). Bottom: Bowlines, b (left) and d (right). Knot chirality is indicated by S and Z, and b and d. A “d” Bowline can capsize and release into a Z Overhand Slip Loop, while a “b” Bowline can capsize and release into an S Overhand Slip Loop (Chisnall 2016a, 2016b).

Incomplete Figure Eight Follow-Through Loop Without a Backup

Incomplete Figure Eight Follow-Through Loops have often been reported and observed in accidents and close-call events (Douglas, 2012; MacDonald, 2016; Osius, 2015, 2020, 2021; Yosemite Climbing Information, 2020). Lynn Hill's ground fall in 1989 is one notable instance (Hill, 2002). While distracted, a climber can fail to properly complete his or her Figure Eight Follow-Through Loop, as shown in Figure 3, and inadvertently produce a Figure Eight Slip Loop, as illustrated in Figure 4. This dangerous error can be overlooked if the belayer and climber fail to perform a pre-climb check. Without a backup knot, a Figure

Eight Slip Loop cannot hold weight. As illustrated in Figure 4, the wend will simply migrate and release, and the knot will fail when the climber loads the line (Chisnall, 2020).

Close calls have been witnessed at commercial climbing gyms and at local crags. In these cases, the Figure Eight Tie-In Loops were not finished correctly, usually owing to inattentiveness. As stand-alone slip knots, they were insecure. Fortunately, a Doubled Overhand Keeper Knot (sometimes called a Barrel Knot or incorrectly referred to as a Fisherman's Knot, amongst other names) was added as a backup each time. That additional knot saved the climbers when they weighted their belay lines. The backup knot slid down and jammed against the initial Figure Eight Knot, consequently preventing the end from releasing or pulling free (Figure 5).

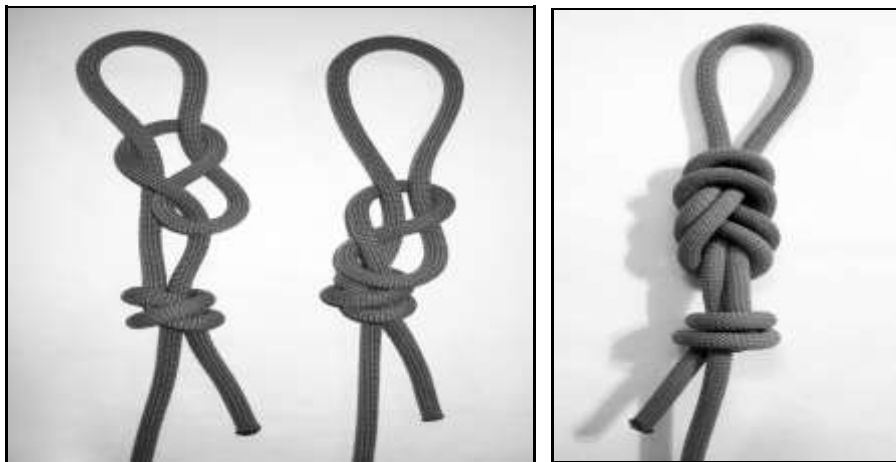


Figure 3. Method of tying the Figure Eight Follow-Through Loop by retracing the wend, moving from left to right.

Figure 4. A Figure Eight Slip Loop, moving from left to right.

Several lessons emerge. First, climbers should complete harness tie in knots without distraction until finished (Craik, 2014; Couffe & Michael, 2017). Second, a backup or keeper knot should be added for technical and behavioural redundancy. (In this context, behavioural redundancy should not be confused with Colby's (1958) definition pertaining to the equilibrium theory of redundancy as it applies to the study of cultural and personal value systems.) From a technical standpoint, the keeper knot backs up the main harness tie-in knot. If the Figure Eight Follow Through Loop is incomplete or incorrect, the backup knot should prevent total detachment. From a behavioural perspective, the tying of that keeper knot punctuates the completion of the tying-in process, triggering the need to self check and partner check knot integrity. Nothing is finished until the keeper knot is added, the climber carefully confirms that he or she has tied in correctly, and the belayer does the same.

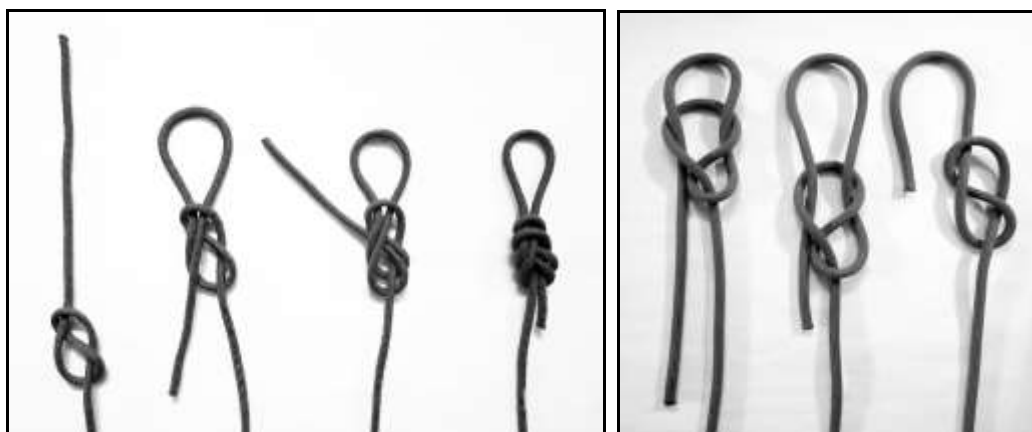


Figure 5. Left: A Figure Eight Slip Loops (an incomplete Figure Eight Follow-Through), with a Double Overhand Keeper Knot as a backup. Right: When loading occurs, the backup knot migrates until it stops at the Figure Eight Knot.

Figure 6. A completed Figure Eight Loop with a Double Overhand Keeper Knot as a backup, for harness and anchor attachment.

Several lessons emerge. First, climbers should complete harness tie in knots without distraction until finished (Craik, 2014; Couffe & Michael, 2017). Second, a backup or keeper knot should be added for technical and behavioural redundancy. (In this context, behavioural redundancy should not be confused with Colby's (1958) definition pertaining to the equilibrium theory of redundancy as it applies to the study of cultural and personal value systems.) From a technical standpoint, the keeper knot backs up the main harness tie-in knot. If the Figure Eight Follow Through Loop is incomplete or incorrect, the backup knot should prevent total detachment. From a behavioural perspective, the tying of that keeper knot punctuates the completion of the tying-in process, triggering the need to self check and partner check knot integrity. Nothing is finished until the keeper knot is added, the climber carefully confirms that he or she has tied in correctly, and the belayer does the same.

Adding a keeper knot, as shown in Figure 6, is a practice often seen in rope access, rigging work, and high-angle rescue operations (Brown, 2000; Vines & Hudson, 1989). The Figure Eight loop is commonly used in recreational contexts, such as rock and ice climbing and mountaineering, but the use of backup knots is inconsistent (Association of Canadian Mountain Guides, 1999; Chisnall, 1985; Graydon, 1992; Microys, 1977; Osius, 2015, 2020; Petzl®, 1995, 2020; Raleigh, 1998; Smith & Padgett, 1996). Some climbing gyms and instructors do not utilise backup knots. Many climbers insist that backup knots are unnecessary, if the tie-in knot is completed correctly. Nevertheless, reports about keeper knots preventing accidents indicate that backups are beneficial, especially when it comes to learning environments and commercial contexts. Should different standards be applied according to context? Professional climbers, elite competitors, rescue personnel and riggers certainly should be expected to always tie in correctly. Nevertheless, accident records indicate this is not always the case (Osius, 2021). With regard to beginners, recreational climbers, and especially minors and those whose skill level is typically lower, enhanced safeguards are essential. Outdoor guiding services, aerial parks, and commercial climbing gyms maximize their duty of care by making backup knots standard practice.

Interestingly, the types and qualities of backup knots employed by competitive climbers are not consistent. The International Federation of Sport Climbing states in its guidelines for competition officials, “Check if the competitor is ready for climbing: climbing harness correctly closed, figure of eight knot with an extra knot in the rope, climbing shoes on.” (IFSC, 2020, p. 4). The type of “extra knot” is not specified or illustrated. As observed during the 2020 Tokyo Olympics held in August of 2021, the backup knots tied by the 40 climbers who participated in the sport climbing qualification events varied. Knot data are summarized in Table 1. Further, five backup knots were observed to be loose, two knots had short tails, and three Double Overhand Knots were inadequately dressed.

The proper and incorrect versions of the Overhand Keeper Knot are illustrated in Figure 7. A properly dressed keeper knot is more secure because it has more friction via its 13 planar projection crossing points. The incorrect dressing has 10 crossings.

There are a number of common backup knot options: the Double or Triple Overhand Keeper Knot, the Yosemite Tuck, and the European Tuck (Figures 6 through 10). The Double and Triple Overhand Keeper Knots are ubiquitous and effective backups, and they can be untied relatively easily after a climb. However, they can work loose in stiff lines, and the Single Overhand Keeper Knot is the least secure. It tends to fall apart more frequently. Further, the Double or Triple Overhand Keeper Knot sometimes gets in the way during lead climbs when the climber attempts to clip the belay line to lead draws. This problem is exacerbated if there is too much slack in the tail end of the rope and the backup knot is positioned too high. It should be situated so it contacts or almost touches the Figure Eight End Loop. Also, the end of the line often points straight up out of the Overhand Keeper Knot, and it has been known to poke top-roped climbers in the eye if they are not vigilant. The Yosemite Tuck uses minimal rope, it orients the end away from the climber’s face, and it adds security to the knot (Figure 8). The disadvantage of this backup option is how difficult it is to untie the knot after long falls or prolonged suspension. The European Tuck or Olevsky Finish shown in Figure 9 is similar to the Yosemite Tuck, and it has the same advantages (Olevsky, 2003). However, although it is not obvious, the European Tuck partially unties the Figure Eight Follow-Through Loop, making it less secure. Nevertheless, the Yosemite and European Tucks can be combined safely (Figure 10).

Table 1. Backup knots tied at the 2020 Olympics sport climbing qualification events. These are approximate figures because observations were made from event broadcasts, and the chirality of some knots may be inaccurate.

Plurality → Chirality ↓	Single Overhand Knot	Double Overhand Knot	Totals
S Enantiomorph	14	8	22
Z Enantiomorph	15	3	18
Totals	29	11	40



Figure 7. From left to right: S and Z Single Overhand Keeper Knots; S and Z Double Overhand Keeper Knots; S and Z Triple Overhand Keeper Knots; improperly dressed S and Z Double Overhand Keeper Knots.

orients the end away from the climber's face, and it adds security to the knot (Figure 8). The disadvantage of this backup option is how difficult it is to untie the knot after long falls or prolonged suspension. The European Tuck or Olevsky Finish shown in Figure 9 is similar to the Yosemite Tuck, and it has the same advantages (Olevsky, 2003). However, although it is not obvious, the European Tuck partially unties the Figure Eight Follow-Through Loop, making it less secure. Nevertheless, the Yosemite and European Tucks can be combined safely (Figure 10).

Alternative Harness Connections

Some climbing gyms and adventure organizations opt to tie permanent Figure Eight Loops and Double Overhand Keeper Knots in the ends of belay lines and attach ropes to climbers' harnesses with locking carabiners. Tying errors are thereby avoided, usually. Some organizations utilize single locking carabiners without captive eyes. (Dual carabiners, and single fixed or captive-eye carabiners are used on auto-belayers, such as devices available from Perfect Descent Climbing Systems and Head Rush Technologies.) Single carabiner harness attachments are not recommended by many gear manufacturers because there is a lack of attachment redundancy, and a lone carabiner could be loaded along its weaker minor axis or become detached if it is not monitored. Single carabiner detachments have resulted in unfortunate mishaps (Grippled, 2018). Two opposed or reversed locking carabiners are recommended (Petzl®, 2006, 2007).



Figure 8. A completed Figure Eight Follow-Through Loop with one version of the Yosemite Tuck or Finish.



Figure 9. A completed Figure Eight Follow-Through Loop with one version of the European Tuck or Olevsky Finish, which partially unties the Figure Eight Loop (Chisnall 2006a, 2006b).



Figure 10. A completed Figure Eight-Through Loop with both a Yosemite Tuck and the European Tuck. This arrangement is secure.

For commercial operations, the adoption of specific harness attachment techniques is a matter of acceptable policies and procedures. These techniques should meet established equipment standards and manufacturers' guidelines, which stem from accident analyses and testing, but often safety decisions are based on tradition, risk perception and bias (Chamarro & Fernández-Castro, 2009; Chisnall, 2020b; Langseth & Salvesen, 2018; Llewellyn & Sanchez, 2002; Schad, 2000).

Bowline Tie-In Failures: Pre-Bight and Post-Bight Loop Knots

The use of the Bowline as a tie-in knot has long been a point of contention amongst climbers and other knot users (Figures 2 and 11) (Chisnall, 2006a, 2006b; Gommers, 2013). The king of knots, as it is sometimes called, has been used successfully and passed down through generations of climbers via instruction and tradition, often without question. Under a number of conditions, it can capsize into a Running Slip Loop which can release without a keeper knot (Figure 12) (Chisnall, 2006a, 2006b, 2020). For decades there have been reports of Bowlines accidentally untying, thereby leading to death or injury (Brumbagh, 2013; Douglas, 2012; Gommers, 2013; Jackson & Whiteman, 2002; Williamson, 2003; Kirkpatrick, 2011; Luebben, 1993; MacDonald, 2020; Michael, 2005; Nuttall, 2015; Osius, 2015, 2020; Prohaska, 1988, 2005; Raleigh, 2005, Roy, 2012; AAC, 1980; Schmidt, 2005; Schubert, 2001; Rock & Ice, 2010, 2012).

In general, the Bowline works, which provides users with an unquestioned sense of security. Unlike the Figure Eight Tie-In Loop, it can be untied relatively easily after severe or prolonged loading (deBoer, 2005; Evans, 2016; Gommers, 2013; Prohaska, 1988, 1998;

Raleigh, 1998, 2005). In the hierarchy of knot characteristics, this is not a critical advantage. However,



Figure 11. The standard Bowline with a Double Overhand Knot as a backup



Figure 12. A Bowline without a backup knot capsizing, leaving a Running Overhand Slip Loop. The wend then Keeper migrates and releases forming an Overhand Slip Loop.



Figure 13. From left to right: Bowline, Yosemite Bowline, Yosemite Bowline with a Double Overhand Keeper Knot.



Figure 14. A sample of esoteric Bowline transformations, from left to right: Bowline with Prohaska Tuck; Bowline with Safier Tuck; Double Bowline with Lehman Tuck Double Knotted or Round Turn Bowline.

it is a qualitative telltale of the knot's relative lack of security. Climbers and knot aficionados have used a variety of transformations and backup strategies to increase security (Chisnall, 1985, 2006a, 2006b, 2020; Gommers, 2013; Pegg, 2001). Some of these strategies work well, like adding a Double Overhand Keeper Knot, using the Yosemite or Tucked Bowline, or combing both strategies for redundancy (Figures 11 and 13). Many of the improvements suggested and used over the years have indeed enhanced Bowline

security, but at the expense of simplicity in some cases (Figure 14). Some variations are rather esoteric, perhaps introducing enough complexity to tax memory and invite error.



Figure 15. Bowline tying errors, which can create insecure loop knots. The working ends are wrapped and tucked incorrectly.

The Bowline is structurally asymmetrical and it has chirality (Figure 2). Hence, depending on how the knot is learned and practised relative to the tier's perspective and handedness, there is a possibility critical tying errors may be learned and become habitual (Chisnall, 2020). Two common tying mistakes are illustrated in Figure 15, but it should be immediately obvious that these knots are incorrect. Unfortunately, certain errors can be subtle and sometimes difficult to detect. For example, there are other versions of the Bowline that may be tied unintentionally using similar but slightly modified actions. The Ring, Stopper or Cowboy Bowline and the Boas Bowline are just two examples (Figure 16). (The Ring or Stopper Bowline has been called the Left-Handed Bowline, which is inaccurate from a structural and behavioural perspective (Chisnall, 2016b).) These variants have been observed in use and their security varies.



Figure 16. Bowline variations, from left to right: Ring, Stopper or Cowboy Bowlines, with the wends outside the loops (b and d); versions of the Boas Bowline, with the wends outside the loops (b and d); versions of the Boas Bowline, with wends inside loops (b and d).

Bowline applications are diverse. There are rescue groups and those working at height who employ versions of the Bowline with a backup knot only for attachment to stationary anchor points. They do not utilize the Bowline to connect the rope to harnesses or to moving loads such as stretchers. In moving applications, the knot may abrade against

nearby surfaces as the line moves. The loop might become cross loaded causing the knot to capsize (Figure 12).

Discussion

Figure Eight Loop and Bowline Strength, Security and Elasticity

Any comparison of the Figure Eight Follow-Through Loop and Bowline, especially as tie-in knots, is fraught with controversy (Flashman, 2017; Gommers, 2013).

The standard Bowline is a post-bight knot (referred to by one author as “post-eye tiable” or PET for short), and this is an aspect of its concatenation, sinuosity and crossing number (Chisnall, 2006a, 2006b, 2020; Gommers, 2013). The end of the unknotted rope is passed through the harness or around an anchor point before the tying begins. Therefore, topologically, it has the capacity to capsize into a less secure formation that can slip free, especially if the loop is loaded crosswise, which is called ring loading, and lacks a backup knot (Gommers, 2013).

In contrast, the Figure Eight Follow-Through Loop or Tie-In Loop is a pre-bight knot (also referred to as “tiable in a bight”). The basic structure is tied before the wend is passed through the harness or around the anchor point, and the wend is then traced back through the initial Figure Eight Knot (Figure 3). A correctly completed Figure Eight Follow-Through Loop cannot capsize and come untied. It is tolerant of moderate sloppiness and even slight errors, provided the end has been traced through the knot adequately.

Bowline and Figure Eight Loop testing has mainly concentrated on strength rather than security (Evans, 2016; Ewing, 1973; Gommers, 2013; McKentley, 2014; Warner, 1996). Some knot failure data could be misleading if the test parameters and conditions do not satisfactorily address the specific rigours of the knot’s application conditions (Chisnall, 2020). According to Evans (2017), the Bowline ranges from 41,8% to 70,7% in residual strength or knot efficiency based on 106 individual test results. There may be several reasons for this range: different experimental methods were employed, disparate ropes or cords were ruptured, different testing devices were utilised, and different Bowline variations were tested (Chisnall, 2020) (Figure 16). An example of Bowline testing can be viewed using the following link:

<https://www.youtube.com/watch?v=qAOGYebFCKM>, (July 8, 2020)

Although generally weaker than the Figure Eight, it is adequate for most anchoring purposes, other than rescue setups, such as high-lines and inclined lowers, which require high-strength knots. These include the Tensionless Hitch and the Wrap Four-Pull Three sling configuration (not illustrated).

There is no question the Figure Eight Loop has sufficient tensile strength. As Evans (2017) summarizes in his review of 288 individual rupture tests, the knot efficiency or residual strength of Figure Eight Loops ranges from 64,8% to 86,3%. Again, the range may be attributable to different testing protocols and variability in how the Figure Eight Loop was dressed (Chisnall, 1985, 2020). Hence, the Figure Eight Loop is adequate for harness tie-ins as well as anchoring. With or without a backup knot, it can be difficult to untie after severe or prolonged loading, a sign of its inherent security. There are a number of effective techniques for loosening the Figure Eight.



Figure 17. From left to right: S and Z Figure Eight Loops, S and Z Figure Nine Loops, S and Z Stevedore's Loops.

Similar but slightly more complex loops are much easier to untie. These include the Figure Nine or Intermediate Loop and the Stevedore's Loop (Figure 17). The former adds an extra 180-degree twist before the loop is tucked into the bight. The latter adds two twists before the tuck. Published and unpublished test results indicate the Figure Nine Loop is slightly stronger than the Figure Eight Loop, depending on how well the knot is dressed (Šimon et al., 2020). These are not suitable knots for harness tie-ins because they are bulkier and require more rope. They are better suited for anchoring tasks. The bulkier Figure Nine Loop and Stevedore's Loop reduce the untying difficulties while maintaining security, often with increased knot efficiency or residual strength. The Figure Nine Loop is based on the Intermediate Knot, and the Stevedore's Loop is based on the Stevedore's Knot (Ashley, 1944).

Two more subtle points are worth discussing briefly. The Figure Eight Loop has a higher crossing number, as well as greater sinuosity and concatenation, compared to the Bowline – hence, more friction. Topological twist fluctuation and circulation energies are theoretical measures of a bend's structural integrity, independent of rope or cord properties such as knottability and surface friction (Chisnall, 2020; Patil et al., 2020). (See Appendix.) Without going into detail beyond this paper's focus, this method of topological energies of bends can be modified to evaluate the Figure Eight Loop and the Bowline. However, rather than using a planar projection of the Figure Eight with the minimal 16 crossings, load vector orientation and writhe can be determined using a more realistic three-dimensional projection of the properly dressed knot with 20 crossings. In three dimensions the Bowline is flatter, less bulky, and its planar projection has seven crossings. Based on these structural algorithms, the Figure Eight is more secure and stable than the Bowline, as Table 2 indicates.

Table 2. Patil et al. (2020) refer to N , τ and Γ as a knot's counting numbers. The greater their magnitude, the more stable the knot is. The \hat{o} and \hat{A} sum provides a single comparative figure independent of crossing number. Values may vary slightly according to how a planar projection is rendered and what assumptions are made regarding the load vector orientations.

Knot Properties	Bowline	Figure Eight Loop
Idealised Planar Projection Crossing Number (N)	7	16
Three-Dimensional Projection Crossing Number (N)	7	20
Topological Twist Fluctuation Energy (τ)	0,82	0,95
Topological Circulation Energy (Γ)	3,67	9,67
Combined Value = $\tau + \Gamma$	4,49	10,62

Further, each knots' ability to absorb energy and reduce impact forces is linked to its sinuosity, concatenation and crossing number (Martin et al., 2015; Sry et al., 2018). Energy absorption, of course, is related to the linear modulus of elasticity for ropes, so "elastic" knots are more important in rescue and rope-access contexts where low stretch or static lines are employed (Sry et al., 2018). The Figure Eight Loop is more "elastic" than the Bowline (Audoly, 2007). The Figure Nine and Stevedore's Loops are even more resilient because they have greater sinuosity or embodied rope length (Chisnall, 2020).

Conclusions

Activities involving fall prevention and fall arrest safety systems depend on reliable knots for harness tie-in purposes in addition to anchoring. The key difference is, anchor knots are usually stationary while harness knots are mobile elements in the safety system. Securing safety harnesses to belay lines integrates a number of critical steps: selecting the proper knot, understanding its strengths and weaknesses, mitigating those weaknesses, tying the knot correctly and checking it by incorporating behavioural and structural redundancy into regular habits and procedures. No step can be ignored because there is no such thing as a perfect knot and everyone is fallible.

Appendix

Calculating Topological Twist Fluctuation and Circulation Energies

Orient load vectors in the planar projection of the knot in order to determine writhe. Calculate the topological twist fluctuation energy (τ) as follows, which is related to Ashley's (1944) principle of the knot and concatenation (Chisnall, 2020):

$$\tau = (1/N) \sum_i (q_i - q)^2 \quad (0 \geq \tau \geq 1)$$

where, q_i is + 1 or -1 for each crossing or vertex twist charge and,

$$Wr = \sum_i q_i \text{ (writhe)}$$

$q = (1/N)\sum_i q_i = W_r/N$ (average writhe or ground-state energy density)

Calculate the total circulation energy (Γ), which assesses friction and incorporates Ashley's (1944) principle of the knot, as follows:

$$\Gamma = \sum F (ICF/eF)$$

where, CF is the friction contributed by each face or bounded area (F) according to the net circulation energy of the edges or spans circumnavigating a face, normalized by eF, which is the total number of edges per face (Patil et al., 2020).

References

- American Alpine Club (AAC). (1980). Fall on Rock, Failure of Knot, Colorado, Lover's Leap. *Accidents in North American Mountaineering*, 4, 3 (33), 34.
- Ashley, C. W. (1944). *The Ashley book of knots*. New York, NY: Doubleday & Company, Inc.
- Association of Canadian Mountain Guides (ACMG) and the American Mountain Guides Association (AMGA). (1999). *Technical handbook for mountain guides: Alpine, rock, and ski guiding techniques*. Golden: AMGA; Canmore AB: ACMG.
- Audoly, B., Clauvelin, N., & Neukirch, S. (2007). Elastic knots. *Physical Review Letters* 99,164301. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.99.164301>
- Borwick, G. R. (1973). Mountaineering ropes. *Alpine Journal*, 1973, 62-70.
- Bowern, C., (2015). Linguistics: evolution and linguistic change. *Current Biology*, 25 (1), R41-R43. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.11.053>
- Brown, M.G., (2000). *Engineering practical rope rescue systems*. Canada, United States: Delmar Thomas Learning.
- Brumbagh, C. (May 12, 2013). How safe is the bowline knot in different situations? The Great Outdoors. Retrieved July 8, 2020 from <https://outdoors.stackexchange.com/questions/3798/how-safe-is-the-bowline-knot-in-different-situations>
- Budworth, G. (1983). *The knot book*. Kingswood, Surrey, United Kingdom: Elliot Right Way Books.
- Budworth, G. (1999). *The ultimate encyclopedia of knots & ropework*. London, Great Britain: Prospero Books.
- Chamarro, A., & Fernández-Castro, J. (2009). The perception of causes of accidents in mountain sports: A study based on the experiences of victims. *Accident Analysis & Prevention*, 41 (1), 197-201. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.10.012>
- Chisnall, R. (1985). *The ORCA rock climbing safety manual*, (2nd ed.). Toronto, ON: Ontario Rock Climbing Association, Ministry of Tourism and Recreation.
- Chisnall, R. (2006a). The security of Bowlines and Figure Eight Loops as harness tie-ins: The principles of pre-knotting, post-knotting and concatenation, Part 1. *Knotting Matters*, 90, 14-20.
- Chisnall, R. (2006b). The security of Bowlines and Figure Eight Loops as harness tie-ins: The principles of pre-knotting, post-knotting and concatenation, Part 2. *Knotting Matters*, 91, 18-21.
- Chisnall, R. (2010). Knot-tying habits, tier handedness and experience. *Journal of Forensic Sciences*, 55, 1232-1244. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01451.x>
- Chisnall, R. (2016a). Structural recognition and nomenclature standardization in forensic knot analysis. *Science and Justice*, 56, 282-301. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2016.04.002>
- Chisnall, R. (2016b). Analysing knot evidence: associating innate habits with sophisticated tying tasks. *Scandinavian Journal of Forensic Science*, 22(2), 21-32. doi: 10.1515/sjfs-20160005.

- Chisnall, R. (2020a). Analysing knots and ligatures: tying principles, knot characteristics and structural changes. *Forensic Science International*.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110272>
- Chisnall R. (2020b). A brief review of side bends: Application, rationale, accidents and testing. *International Journal of Mountaineering and Climbing* 3(2), 38-52.
- Colby, B. N. (1958). Behavioral redundancy. *Behavioral Science*, 3 (1), 317-311.
<https://doi.org/10.1002/bs.3830030129>
- Couffe, C., Michael, G. A. (2017). Failures due to interruptions or distractions: a review and new framework. *American Journal of Psychology*, 130 (2),163-81.
<https://doi.org/10.5406/amerjpsyc.130.2.0163>
- Craik, F. I. M. (2014). Effects of distraction on memory and cognition: a commentary. *Frontiers in Psychology*, 204 (5), 841. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00841>
- doi: de Boer, C. (2005). Postbag: New Bowline? *Knotting Matters*, 88, 44.
- Douglas, E. (April 5, 2012). Climbing wall death due to knot failure. *British Mountaineering Council (BMC)*. Retrieved July 8, 2020 from <https://www.thebmc.co.uk/climbing-walldeath-due-to-knot-failure>
- Evans, T. (2016). A review of knot strength testing. *International Technical Rescue Symposium (ITRS)*. Retrieved July 8, 2020 from http://itrsonline.org/wordpress/wp-content/uploads/2016/11/Evans_Truebe.A-Review-of-Knot-Strength-Testing
- Ewing, H. A. (1973). *Knots and hitches in synthetic fibre ropes*. The Hydro-Electric Power Commission of Ontario, Research Division Report, 1973.
- Flashman, J. (November 3, 2017). Tying in: The Bowline vs. The Figure 8 Knot. Retrieved July 8, 2020 from <https://www.climbing.com/skills/tyng-in-the-bowline-vs-the-figure-8-knot/>
- Gommers, M. (July 30, 2013). *An Analysis of Bowlines*. July 2013. Version 2.1c. Retrieved July 8, 2020 from http://www.paci.com.au/downloads_public/knots/Bowlines_Analysis.pdf
- Graumont, R. M., & Hensel J. J. (1952). *Encyclopedia of knots and fancy rope work*, (4th ed.). Cambridge, MD: Cornell Maritime Press.
- Graydon, D. (Ed.). (1992). *Mountaineering: The freedom of the hills*, (5th ed.). Seattle, WA: The Mountaineers.
- Gripped. (2018). Boy seriously injured in auto-belay accident in Ontario. Retrieved August 3, 2020. from <https://gripped.com/news/boy-seriously-injured-auto-belay-accident-Ontario/>
- Hill, L. (2000). *Climbing free: My life in the vertical world*. International Federation of Sport Climbing (IFSC). (2020). Job description for event organization team. Retrieved September 3, 2021 from https://cdn.ifsc-climbing.org/images/ifsc/Footer/Officials/130117_DLD_JobDescriptionEOTEAM.pdf
- Jackson, J., & Whiteman, M. (2002). Accident report: Not the knot: Bowline comes undone—again. *Rock and Ice*, 182, 30.
- Kirkpatrick, A. (November 24, 2011). Ban the Bowline? (Posted 24 November 2011) Retrieved July 8, 2020 from https://www.andy-kirkpatrick.com/blog/view/ban_the_bowline/
- Langseth, T., Salvesen, Ø. (2018). Rock climbing, risk, and recognition. *Frontiers in Psychology*, 9, 1793. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01793>
- Lipke, R. (1997). *Technical Rescue Riggers Guide* (revised ed.) Bellingham, WA: Conterra Technical Systems Inc.
- Llewellyn, D. J., Sanchez, X. (2002). Individual differences and risk taking in rock climbing. *Psychology of Sport and Exercise*, 9 (4), 413-426.
<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2007.07.003>

- Luebben, C. (1993). *Knots for climbers*. Evergreen, CO: Chockstone Press.
- MacDonald, D. (2016). Fall on rock, Incomplete tie-in knot. *Accidents in North American Climbing*, 11 (1) Issue 69, 129.
- MacDonald, D., (2020). Fatal Lead fall on rock. *Accidents in North American Climbing*, 11 (4) Issue 72, 124-125.
- Martin, D. A., Boron, K., Obstalecki, M., Kurath, P., & Horn, G.P. (2015). Feasibility of knots to reduce the maximum dynamic arresting load in rope systems. *Journal of Dynamic Behavior of Materials*, 1, 214–224.
<https://doi.org/10.1007/s40870-015-0015-5>
- McKentley, J. (2014). Rescue knot efficiency revisited. *International Technical Rescue Symposium (ITRS)*. Retrieved July 8, 2020 from <http://itrsonline/rescue-knot-efficiency-revisited>
- Michael, T. (2005). Accident report: knot, don't fail me now! *Rock and Ice*, 144, 36.
- Microys, H. F. (1977). Climbing ropes. *American Alpine Journal*, 21, 130-147.
- Moyer, T., Tusting, P., & Harmston, C. (2000). Comparative testing of high strength cord. *International Technical Rescue Symposium (ITRS)*. Retrieved July 30, 2020 from https://user.xmission.com/~tmoyer/testing/High_Strength_Cord.pdf
- Nuttall, O.K. (2015). The RAM-BOW-LINE. *Knotting Matters*, 128, 16-18.
- Olevsky, R. (2003). Better beta: A better mousetrap. *Rock and Ice*, 129, 88.
- Osius, A. (May 11, 2015). TNB: When your rope falls off—and 5 ways to prevent the nightmare. *Rock and Ice*. Retrieved July 8, 2020 from <https://rockandice.com/tuesday-night-bouldering/tnb-when-your-rope-falls-off-and-5-ways-to-prevent-the-nightmare/>
- Osius, A. (2020). Stay safe: buddy-check your knots. *Rock and Ice*. Retrieved July 8, 2020 from <https://rockandice.com/inside-beta/stay-safe-buddy-check-your-knots/>
- Osius, A. (2021). Is your knot tied? Even the best get it wrong. Don't let it happen to you. *Climbing*. Retrieved August 31, 2021 from <https://www.climbing.com/skillsis-knot-tied-5-tips-avoiding-common-causeaccidents/>
- Patil, V.P., Sandt, J. D., Kolle, M., & Dunkel, J. (2020). Topological mechanics of knots and tangles. *Science*, 367, 71-75. <https://doi.org/10.1126/science.aaz0135>
- Pegg, D. (2001). Techtip sport: no more tears — a trim knot that unties easily. *Climbing*, 208, 102.
- Petzl®. (2006). Carabiner use and misuse. *Rock and Ice*, 153, 102.
- Petzl®. (2007). Examples of dangerous carabiner loading. Retrieved July 8, 2020 from <https://www.petzl.com/1/en/Sport/Examples-of-dangerous-carabiner-loading>
- Petzl®. (1995-2020). *Knots*. Retrieved July 8, 2020 from <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Knots>
- Pope, J. F. (1972). Tests of knots. *Summit*, April, 18 (2).
- Prohaska, H. (1988). The Double Bight Bowline. *Summit*, 34 (3), 22-23.
- Prohaska, H. (1998). Gefahren bei anseilknoten [Dangers with rope knots]. *Die Alpen* 2/1998, 28-30.
- Prohaska, H. (2001). Knotentests -Das verhalten von seilknoten [Knot tests - The behavior of rope knots]. *Erweiterung zum Kongressband Psyche und Berg*, 2001, 1-13.
- Prohaska, H. (2005). Bowline failure. *Knotting Matters*, 88, 19.
- Raleigh, D. (1998). *Knots & ropes for climbers*. Mechanicsburg, PA: Stackpole Books.
- Raleigh, D. (2005). Double trouble? Rethinking the Double-Loop Bowline. *Rock and Ice*, 144, 106107.
- Rock and Ice. (2010). Bowline comes untied, climber falls to ground. Bowline comes undone — again. Retrieved July 8, 2020 from <https://rockandice.com/climbing-accidents/bowline-comes-untied-climber-falls-toground/>

- Rock and Ice. (December 6, 2012). John Long seriously injured in fall. Retrieved July 8, 2020 from <https://rockandice.com/climbing-news/john-long-seriously-injured-in-fall/>
- Roy, A. (2012). Bye Bye Bowline: Time for a new knot. *Outside*. Retrieved July 8, 2020 from <http://www.outsideonline.com/1911861/bye-bye-bowline-time-new-knot>
- Schad, R. (2000). Analysis of climbing accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 32 (2), 391-396. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00026-3](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00026-3)
- Schmidt, D. (2005). Tech tip trad: Twisting time. *Climbing* 242, 98.
- Schubert, P. (2001). Sicherheit und risiko in fels und eis 01 [Safety and risk in rock and ice 01]. Germany: Bergverlag Rother.
- Šimon, J., Dekýš, V., & Palèek, P. (2020). Revision of commonly used loop knots efficiencies. *Acta Physica Polonica A* 138 (3).
- Smith, B., Padgett, A. (1996). On rope: North American vertical rope techniques (new revised ed.). Huntsville, AL: Vertical Section, National Speleological Society.
- Sry, V., Mizutani, Y., Endo, G., Suzuki, Y., & Todoroki, A. (2018). Estimation of the longitudinal elasticity modulus of braided synthetic fiber rope utilizing classical laminate theory with Unix N/tex. *Applied Sciences*, 8 (7), 1096. [doi:10.3390/app8071096](https://doi.org/10.3390/app8071096).
- Steels, L. (2017). Do languages evolve or merely change? *Journal of Neurolinguistics*, 43 (Part B), 199-203. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2016.10.001>
- Vines, T. & Hudson, S., (1989). High angle rescue techniques. Dubuque, IA: National Association for Search and Rescue.
- Warner, C. (1996). Studies on the behaviour of knots. In J. C. Turner & P. van de Griend (Eds.).
- The history of science and knots, Series on Knots and Everything – Vol. 11. (pp. 181-203). River Edge, NJ: World Scientific Publishing Co.
- Wheelock, W. (1967). Ropes, knots & slings for climbers, (revised ed.). Glendale, CA: La Siesta Press.
- Williamson, J. (2003). Knot failure. *Rock and Ice*, 127, 106.
- Wright, C. E. I., Magowan, J. E. (1928). Knots for climbers. *The Alpine Journal*, 40, 120-141 (Part I), 340-351 (Part II).
- Yosemite Climbing Information. (2020). Accident report: Incorrect leader tie-in, Five & Dime Cliff. Retrieved August 31, 2021 from <https://www.climbingyosemite.com/portfolio/accident-report-incorrect-leader-tie-in-five-dime-cliff/>

Araştırma Makalesi (AR)
Original Research (AR)

Impact forces at improvised via ferrata
Doğaçlama Ferratada Darbe Kuvvetleri

Vladimir MICHALIČKA
michalicka.vladimir@gmail.com
0000-0002-7342-9903

Vladan OLÁH
v.olah@seznam.cz
0000-0001-6873-0008

Václav KUČERA
venca77777@seznam.cz
0000-0001-6802-1818

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi:

26 Kasım 2021

Düzeltilme tarihi:

22 Aralık 2021

Kabul tarihi:

24 Aralık 2021

Anahtar

Kelimeler:

Askeri Tırmanış,

Doğaçlama Düşüş

Yakalayıcı,

Birleştirilmiş İp

Teknikleri,

Fransız Stili,

Tırmanış

Operasyonları

Article history:

Received:

26 November

2021

Adjustment:

22 December

2021

Accepted:

24 December

2021

Keywords:

Military Climbing,

Improvised Fall

Arrester,

Fixed Rope

Techniques,

French-System,

Öz

Dağlık arazilerde yapılan aktiviteler sadece turistlere veya sporculara ait bir ayrıcalık olmayıp birçok profesyonel için de bir iş çevresidir. Bunların içinde askeri personel için bu durum diğerlerinden farklıdır. Silahlı kuvvetlerin orada olması farklı amaçlar içerir (operasyonu tamamlamak gibi). Bu tip arazilerde kalmak ve hareket etmek farklı tekniklerin kullanımını gerektirir. Bu tekniklerden biri genelde askerler tarafından kullanılan ve doğaçlama bir tarzı olan ferrata rotalarıdır. Bu rotalar çoğunlukla tırmanışa uygun olmayanlar için kayalık arazilerdeki güvenliği sağlamak için yapılmıştır. Malzeme özelliği örneğin çelik yerine tekstil ve dinamik ipin kullanılması gibi birkaç farkla diğerlerinden ayrılır. Çelik kullanılan rotaların testlerle normalize edilmiş olması veya uygun kılavuzların bulunması veya açık sonuçların olmasına rağmen, doğaçlama ferrata ile benzer bir bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışmada doğaçlama ferrata ile daha fazla darbe kuvvetine ulaşmak için 8 farklı koşulda 80 düşüş gerçekleştirilmiştir.

Abstract

Movement in mountainous terrain is not only privilege of tourists or athletes but also the work environment for many professionals. One group of these, military personnel, differs from the others. The stay of armed forces has distinct purposes – to fulfil an operation. Moving and staying in remote exposed terrains requires the use of specific techniques. One of the unusual techniques utilised mostly by armies is the construction of improvised via ferrata routes. Those are mostly built for non-climbing units for their safety in rocky terrain. The construction itself differs from common saved routes in a few features whereas the most important one is the utilisation of textile, dynamic rope instead of the steel one. Whilst common steel saved routes are a matter of thorough examinations with normalised tests, proper construction manuals and precise results, there is no similar knowledge of improvised via ferratas. We performed 80 falls in 8 different conditions to find out more about impact forces at improvised via ferratas.

*Mountainous
Operations*

Introduction

Save movement in mountainous terrain is possible by many ways yet not every of them is suitable for every condition or different climbing levels of mountaineers. Via ferratas originated as an easy way to reach inaccessible peaks for low-skilful climbers or enthusiastic tourists (Morgan et al., 2005). As the development was ongoing, the two main types of via ferratas emerged. The Eastern-Alps system and French-system (Semmel & Hellberg, 2008) with a few differences between each other.

The construction of both types works with the steel rope and steel/inox anchors (Semmel & Hellberg, 2008). As well as normalised via ferratas construction procedures, the utilisation of proper, normalised and checked equipment is required (EN 365). The common via ferrata user wears a helmet, sitting harness at least and via ferrata set with fall arrester (EN 958+A1). Many factors play a role in the risk management when moving via ferrata such as the falling rocks; condition, experience of climbers or weather yet the main purpose of all the precautions is to avoid as much as possible the repercussions of the user's fall. The biggest harm might be caused by enormous size of impact force (Ströhle et al., 2020) which very often outreach the size of 2, in sport climbing the level where the complete safety chain must be excluded from successive usage (EN 365; Tendon, 2021).

Movement in mountainous terrain under military conditions are even more demanding and therefore more dangerous for military personnel. Climbing military personnel and regular soldiers often have to conduct their operations in high exposed terrain yet the utilisation of common civilian routes or mountain equipment is not plausible, therefore they use the special form of approaches from all the climbing disciplines, the military climbing (Kuhar et al., 2005; Federal Ministry of Defence and Sports, 2014, Michalicka et al., 2019). Combining all the available techniques gives the military climbing the unique variety of different solutions applicable for every possible problem.

Via ferratas in military climbing result also from the combination of civilian approach, the military task, the limitation in gear, in amount and carried load and their purpose itself. The **military via ferrata** is firstly improvised which means it is not built up from steel and fixed anchors, it is made from **dynamic ropes** and **mobile anchors** such as cams (Samet, 2011), hitches and/or friction knots (Michalicka et al., 2019) though. Friction knots themselves were proofed to be the weakest link (Michalicka & Telvák, 2021) in safety chain. Secondly, the military via ferratas are temporary. These are only the means to get a military unit to the place of their operation and so it is not necessary to build them long-lasting. Thirdly, on the contrary to the civilian ones, the difficulty is not the goal. Military personnel gear often weight more than 40 kilograms per person (Knapik et al., 2012) so the route chosen must be easy and safe. Safety itself, though, is not the only priority. Military climbing has to cope with limited total weight carried and so the via ferrata sets with fall arresters are not part of the soldier's gear.

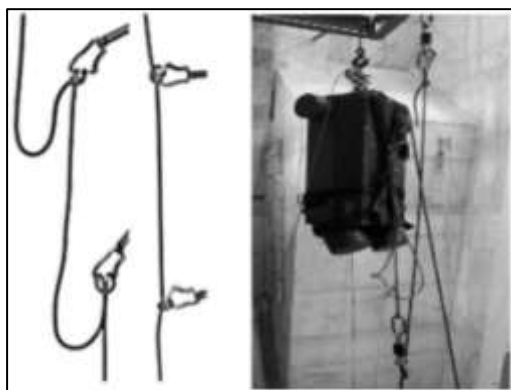
The aim of this work is to extend a knowledge in military climbing risk management and find the precise threats proceeding at improvised via ferratas (IVFs) and improvised via ferrata sets utilisation.

Methodology

Safety of military personnel during movement via ferrata is provided by two main assets. **A]** Utilisation of IVF set which should be solid enough to absorb the impact forces emerged during climber's fall. The precise numbers of IF acting on IVF sets are not known though. To find out the missing information needed for save mountainous military operations, we decided to conduct an experiment. **B]** Construction of IVF itself, where the dynamic rope strictly replaces the official steel rope designated to classical via ferrata and therefore

should provide safer fall arrest with lower impact forces (IFs). The precise values of IFs acting on climbers are not known though.

IVFs in the military environment combines two basic types, as mentioned above, with the main difference in loops in the French-system and therefore looser fixed rope installation (Picture 1a).



Picture 1. a] French-system and Eastern-Alps system of IVFs **b]** Final laboratory experiment

We chose this type in our experiment not only because it is more common but also it is more universal. The construction was built from dynamic rope tied between two fixed points (Picture 1b). Laboratory conditions and steel anchors were chosen to provide a replicability of the experiment.

IVF set in military climbing is strictly constructed from a reep cord of 6 mm diameter without any fall arrest system. Utilisation of low cost, low time consumption and quite low knowledge for its construction is required. The IVF set is illustrated lower (Picture 2) out.



Picture 2. Improved via ferrata set made from 6mm reep cord and its lab variant

All our measurements were conducted using only one IVF set strand to correlate with EU norms (EN 958+A1) for via ferrata set testing.

Textile material and experimental sample

The dynamic rope we used, had dynamic elongation of 34% and is used (Tendon, 2021) for beginners or for those who prefer a rope for a long life time. Its 10,5 mm diameter is common in the Czech military climbing for its great handling and durability. Usage of such rope is therefore a norm when constructing IVFs and other rope installations. During the experiment, we worked with common dynamic rope Ambition 10,5 (Tendon, Czech Republic) and 6 mm reep cord (Tendon, Czech Republic) where the thorough features are displayed in Table 1.

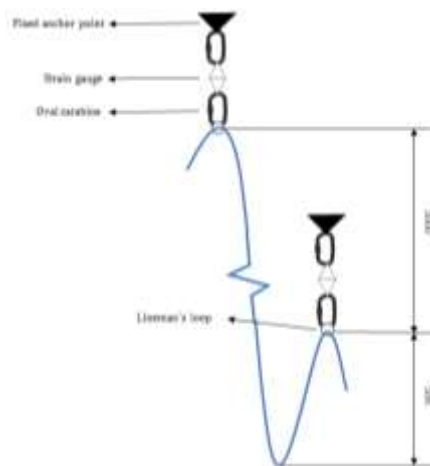
Table 1 Used material

Manufacturer	Tendon	Tendon
Rope trademark label	Tendon Ambition 10,5 mm	Tendon Reep 6 mm
EN standard Type	EN 892+A1: 2017	EN 564: 2015
Type	Single dynamic	N/A
Material	Polyamide (PA)	Polyamide (PA)
Year of manufacture	2020	2020
Diameter [mm]	10,5	6
Static breaking strength (Tenacity) [kN]	N/A	7,2
Static breaking strength [kN] from reference testing	N/A	10
Weight per meter [g/m]	69	23,2
Number of falls according to EN 1891 (f = 1)	9	N/A
Maximal Impact force [kN]	9,1	N/A
Sheath slippage [%]	0	N/A
Static elongation [%]	6	N/A
Dynamic elongation [%]	34	N/A
Knotability	0,8	N/A
Sheath mass [%]	39,2	N/A
Core mass [%]	60,8	N/A
Core structure	7S + 7Z	2S + 3Z

Due to the design of the experiment, both textile ropes were cut to 6 m fragments of dynamic rope and 5 m of reep cord respectively with a common fusible knife. The total length used was 240 m of rope and 200 m of reep cord respectively.

Design of the experiment had three phases conducted in the Climbing polygon of the Fire Rescue Service of the Czech Republic, Velké Poříčí. **A]** The goal was in defining the IFs values of IVF sets for different fall factors (FF). These were set on 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 which came out from praxis (the complete IVF set is designed from 5 m of cord and its strands are 1.0 ± 0.02 m (Michalicka et al., 2019) length each) where climber cannot fall lower than ~ 2 m and therefore produce $FF > 2$. We conducted 10 measurements (Goh & Love, 2010; Pomares et al., 2020) for each FF value whereas the cord was brand new for each measurement. The fall itself was made at the fall tower using a 100 kg figurine in complete harness which was thrown to a single strand of IVF set (EN 958+A1). This strand ended with a clove hitch (ABoK #1177) and steel X carbine (EN 362) and was connected to a strain gauge LC1 Enforcer Load Cell (Rock Exotica, USA) and then to a fixed anchor point. **B]** The goal was to define the IFs values affecting a climber, his IVF set and anchor point of IVFs. We constructed a single section of IVF of 3m length with 1m loop in total rope length 4m.

Connections were conducted via steel X carabines and LC1 Enforcer Load Cell (Rock Exotica, USA) at both high/low positions, see (Picture 3). The Lineman's loop (ABoK #331), Alpine butterfly, was used as the only connecting knot at every position. We simulated 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 FF fall of weight w/o IVF set or via ferrata set. We conducted 10 measurements (Goh & Love, 2010; Pomares et al., 2020) for each length value whereas the rope was brand new for each measurement.



Picture 3. Experimental laboratory section of via ferrata

C] Comparing the gain results from A], B] with the real praxis. We conducted a “control” measurement of IFs acting on complete system when the fall at IVF occurs. The design was to model the “real” fall under a “real” conditions, therefore IVF section using a dynamic rope A] and IVF set using 6 mm reep cord B] were put together. We simulated and examined the most extreme case – the fall from 4 m height into a single strand of IVF set. We hoped to find out more about the final impact forces which might act on a military personnel and therefore modify mountain training manuals, if needed.

A 100 kg weight was set for all three phases as a combination of “normalised” climber (EN 892+A1) and soldier who has to carry special gear as a ballistic helmet, plate carrier, ammunition. In experiment, the weight was always a body corpse figurine dressed up into a complete working harness (EN 361).

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using The Jamovi project, ver. 2.2.4. (Computer Software, Sydney, Australia), and Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmont, Washington, USA), with the alpha level for significance set at $\leq .05$. Descriptive statistics (min, max, SD, average) was used for each set of values. The normal data distribution was tested by Shapiro-Wilk test. Paired samples t-test was then used to compare values of IFs gained during fall set at FF 0,5; 1,0;1,5 and 2,0 with IVF set to fixed anchor point and IFs values from a fall into a laboratory section of IVF.

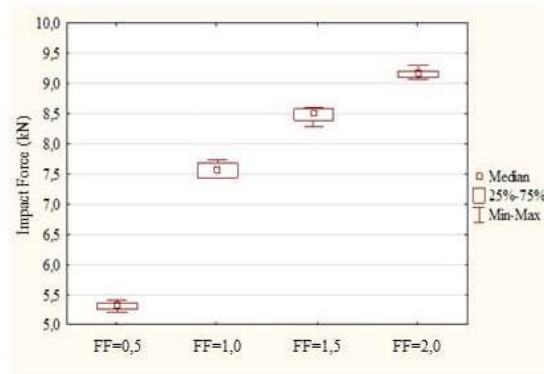
Results and Discussion

It is often necessary to build up an improvised via ferratas and improvised via ferrata sets in military mountainous operations. The textile material used has different features in contrast to the steel via ferrata constructions yet its behaviour is not known during the possible fall of military personnel. In order to gain proper results, the experimental model was designed divided into three phases. Each phase examined specific conditions of IVF techniques used in the Czech military climbing system.

The air temperatures detected with the thermometer during the tests ranged from a minimum of 17,9 °C to a maximum of 22,9 °C, while humidity varied from 44 to 52%.

A] Improvised via ferrata set strength

According to EN 564, the static breaking strength is set at 7,2 kN for 6 mm reep cord, whereas 10 kN was the static breaking strength, tenacity, of 6 mm reep cord we measured (Michalická & Telvák, 2021). We conducted 40 dynamic measurements using 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 values of FF (Picture 4) using a single strand of IVF set which was 1.0 ± 0.02 m length. The strand ended with a clove hitch (ABoK #1177) and steel X carbine (EN 362) and was connected to a strain gauge. For each of 40 experimental sessions, the brand new textile material was used.



Picture 4 IVF set strength in different FF values

Table 2 Descriptive statistics for IVF set IFs values

n=10	FF=0,5	FF=1,0	FF=1,5	FF=2,0
Maximal IF (kN)	5,37	7,74	8,60	9,35
Minimal IF (kN)	5,17	7,44	8,37	9,13
Average IF (kN)	5,28	7,57	8,49	9,22
SD Ø (kN)	0,064	0,117	0,110	0,063

As we predicted, the IFs values grow exponentially yet the biggest gap is between FF=0,5 and FF=1 where the final average IF grew from 5,28 kN up to 7,57 kN. Also, the IFs values generally for FF=1,0; 1,5 and 2,0 are always higher than guaranteed maximal tenacity (EN 564) of used reep cord.

FF=2 always led to **malfunction** of the system. Its average IFs values were always above 9kN and the experiment always ended with the connecting claw hitch (ABoK #1177) breakage – the claw hitch itself was the weakest point in the IVF set.

We can assume that IVF set at fixed anchor point is strong and therefore **safe** for the climber only **when FF<1,0** (Kuhar et al., 2005). Even when the strand itself is constructed from two ropes and end with claw hitch (Michalická et al., 2019), the weakest point is the hitch itself. It must be taken under the consideration that normalised tenacity is set to 7,2kN (EN 564) and weakening the rope by the knot might be as high as 56 % (Frank & Kublák, 2007; Evans, 2016, Šimon et al., 2020). When FF>1,0, the risk for the climber is unacceptable, it will lead into breakage of the system. Utilisation of both IVF set strand is crucial.

B] Impact forces at improvised via ferrata section

A single section of IVF was built up in a total rope length of 4m (Picture 3). We simulated 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 FF fall of weight w/o IVF set or via ferrata set. We conducted 10

measurements while the section ended with a Lineman's loops (ABoK #331) and steel X carabines (CE EN 362) and was connected to a strain gauges. For each of 40 experimental sessions, the brand new textile material was used.

Table 3a Descriptive statistics for IVF section IFs values

n=10	FF=0,5 (High/Low/Final)			FF=1,0 (High/Low/Final)		
Maximal IF (kN)	1,11	2,21	3,44	1,32	3,44	4,62
Minimal IF (kN)	1,02	1,96	3,21	1,16	3,21	4,31
Average IF (kN)	1,07	2,11	3,34	1,24	3,34	4,48
SD Ø (kN)	0,030	0,094	0,070	0,0544	0,066	0,090

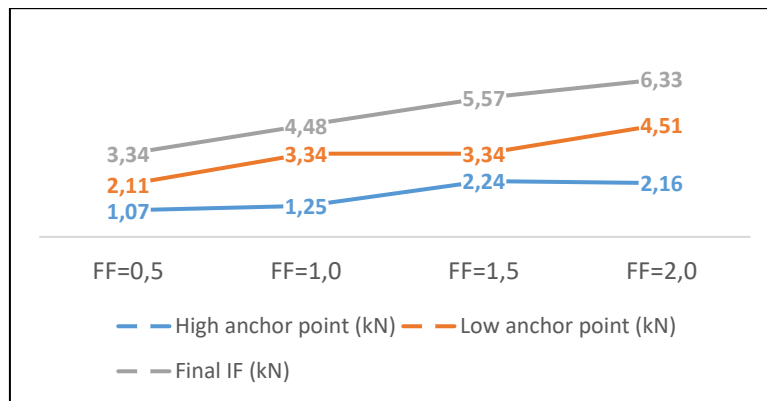
* High/Low/Final are values valid for anchors and final IFs

Table 3b Descriptive statistics for IVF section IFs values

n=10	FF=1,5 (High/Low/Final)			FF=2,0 (High/Low/Final)		
Maximal IF (kN)	2,32	3,49	5,69	2,24	4,61	6,48
Minimal IF (kN)	2,18	3,21	5,42	2,05	4,35	6,19
Average IF (kN)	2,24	3,33	5,57	2,15	4,51	6,33
SD Ø (kN)	0,042	0,082	0,081	0,054	0,086	0,094

* High/Low/Final are values valid for anchors and final IFs

We gathered three IF values from each of the experimental sessions for each of the FF values, see Table 3a,b. What is obvious, max IF < 6,48 kN at every measured point and therefore much lower than guaranteed tenacity of reep cord (EN 564) or tenacity we measured – see Table 1, or rope respectively (EN 892). The average IF gathered as the Final, the climber, numbers are also positive when they got to IF = 6,33 kN. This number, valid for the “hardest” level, FF = 2, is quite promising while the guaranteed maximal impact force of the rope is 9,1 kN (Tendon, 2021). It can be said, that utilisation of the dynamic rope in unusual way, the IVF, is **possible and save** in a matter of material.



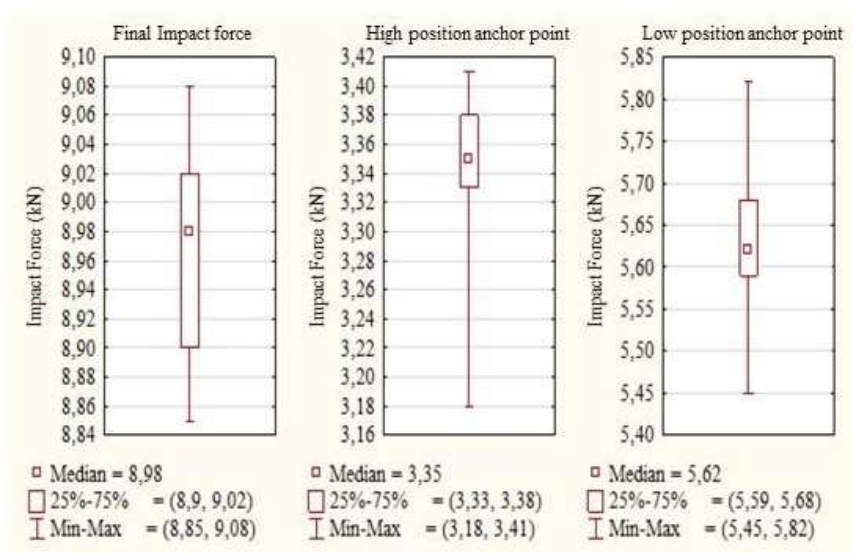
Picture 5 Average IFs values at measured points

The most obvious is the difference between IFs values acting on high/low anchor point. At all FF levels, the Low anchor point IF values were almost always 2x higher than High anchor point IF values. We assume that it might be explained through the construction of French-system itself (Semmel & Hellberg, 2008). The length of the whole IVF section was 4 m, the loop at the low anchor point measured 1 m, the half of it – leading to the low anchor point 0,5 m. The differing lengths of the available rope which absorbs the final IF led to the difference between IFs values at the points (Seifert et al., 2016). What must be mentioned,

is the limitation of the real anchor points in praxis, the cams (Samet, 2011; Michalicka et al., 2019) their real tenacity is often less than measured 5,51 kN for FF = 2,0 (Vogwell & Minguez, 2007).

Exponential growth of Final IFs at different FF levels does not correspond with values from both anchor points at the ends of the IVF section. Not even a simple sum of these values corresponds with the values at final point. The more thorough experiments aimed at this problem should be conducted as well as the experiment working with Eastern-Alps system of IVF.

C] As mentioned above, we put together both variants A], B] together to model the most dangerous case in IVF section – the 4 m fall into an IVF set. 4 metres was chosen as a maximal length used in the Czech military climbing system of vertical section (Michalicka et al., 2019) and also due to the limitation at the fall tower. From the combined conditions, the values we gathered are displayed lower (Picture 6) and therefore we can conclude the fall under these extreme conditions as the very high risk for the climber. Final IFs average was almost as high as the limitation of IF max of the rope itself, both anchor points were also extremely loaded. These facts will almost certainly lead in to malfunction of the IVF section. **We strictly recommend** the shortage of the IVF section under all circumstances as well as usage of both IVF set strands.



Picture 6 Average IFs values at measured points in extreme fall

Table 4 Descriptive statistics for extreme fall IFs values

n=10	FF=4 (High/Low/Final)		
Maximal IF (kN)	3,41	5,82	9,02
Minimal IF (kN)	3,18	5,49	8,85
Average IF (kN)	3,33	5,62	8,97
SD Ø (kN)	0,067	0,106	0,073

* High/Low/Final are values valid for anchors and final IFs

D] Paired sample t-test showed that the differences between IVF section and IVF set for each FF condition were statistically significant ($p < .001$). This fact was predicted yet the proper values were unclear. We can postulate that it is significantly safer to use a

dynamic rope for French-system IVF constructions. We can also support this fact, the effect size, thanks to Cohen's d (Table 5).

n=10	t-test	p-value	Cohen's d
FF=0,5 (IVF set/IVF section)	-66,4	<.001	-21,0
FF=1,0 (IVF set/IVF section)	-55,2	<.001	-17,5
FF=1,5 (IVF set/IVF section)	-82,9	<.001	-26,2
FF=2,0 (IVF set/IVF section)	-103,4	<.001	-32,7

Table 5 Comparing the IVF section and IVF set

Conclusion

The utilisation of improvised via ferrata in military praxis constructed and used unusual ways, has some limits. Single usage of improvised via ferrata set is highly risky and might be considered save only when Fall factor < 1,0. Utilisation of dynamic climbing rope for improvised via ferratas in the French-system is save and plausible. This fact was also supported by statistical analysis. Combination of these two technical solutions is save only under the condition of the improvised via ferrata section shorter than 4 vertical metres. Usage of both strands of improvised via ferrata set is highly recommended. Other measurements must be conducted for the precise values of acting impact forces in Eastern-Alps system.

Disclosure and Conflicts of interest

The study was supported by Lanex company by providing a textile material for all the experimental sessions. The study was also supported by SVV 2020 - 2021 - 260599. The authors declare that they have no conflicts of interest regarding the publication of this article.

References

- Ashley, C. W. (1944). *The Ashley book of knots* (Vol. 13). Doubleday Books.
- Evans, T. (2016). "A Review of Knot Strength Testing", in: Int. Techn. Rescue Symp EN 361 (832620). (2003). *Personal protective equipment against falls from a height - Full body harnesses*. European Committee for Standardization. Brussel.
- EN 362 (832623). (2005). *Personal protective equipment against falls from a height - Connectors*. European Committee for Standardization. Brussel.
- EN 365 (832601). (2005). *Personal protective equipment against falls from a height - General requirements for instructions for use, maintenance, periodic examination, repair, marking and packaging*. European Committee for Standardization. Brussel.
- EN 564 (942001). (2015). *Mountaineering equipment- Accessory cord- Safety requirements and test methods*. European Committee for Standardization. Brussel.
- EN 892+A1 (942007). (2017). *Mountaineering equipment- Dynamic mountaineering ropes- Safety requirements and test methods*. European Committee for Standardization. Brussel.
- EN 958+A1 (942008). (2017). *Mountaineering equipment - Energy absorbing systems for use in klettersteig (via ferrata) climbing - Safety requirements and test methods*. European Committee for Standardization. Brussel.
- Goh, Y.M.; Love, P.E.D. (2010). Adequacy of personal fall arrest energy absorbers in relation to heavy workers. *Safety Science* 48, pp 747-754.
- Federal Ministry of Defence and Sports. (2014). *Austrian Armed forces field manual: Military mountain training*. Supply number 7610-10133-0808 Vienna. 685 p.
- Frank, T., & Kublák, T. a kolektiv. (2007). *Horolezecká abeceda*. Praha: Epoque, 663 p.

- Knapik, J. J., Harman, E. A., Steelman, R. A., & Graham, B. S. (2012). A systematic review of the effects of physical training on load carriage performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 585-597.
- Kuhar, M., Dobovšek, M., Primožič, B., Davis, M., Lipič, L., & Pograjc, B. (2005). *Military mountaineering skills*. Defensor.
- Michalická, V. et al. (2019). *Pub-71-84-06 Speciální tělesná příprava Vojenské lezení*. Praha. Vojenský obor FTVS UK, Armáda České republiky.
- Michalická, V., & Telvák, R. (2021). Friction knots—Their strength under static load. *J. Outdoor Act*, 14, 7-16.
- Morgan, D., Moore, K., & Mansell, R. (2005). Adventure tourists on water: Linking expectations, affect, achievement and enjoyment to the sports tourism adventure. *Journal of sport tourism*, 10(1), 73-88.
- Pomares, J. C., Carrión, E. Á., González, A., & Saez, P. I. (2020). Optimization on personal fall arrest systems. Experimental dynamic studies on lanyard prototypes. *International journal of environmental research and public health*, 17(3), 1107.
- Samet, M. (2011). *The Climbing Dictionary: Mountaineering Slang, Terms, Neologisms & Lingo: An Illustrated Reference*. The Mountaineers Books. ISBN 978-1-594-85503-0.
- Seifert, L., Wolf, P., & Schweizer, A. (2016). *The Science of Climbing and Mountaineering*. Routledge.
- Semmel, Ch., Hellberg, F. (2008). *Recommendation for the construction of klettersteigs (also known as via ferrate) and wire cable belay systems*. German Alpine Club Safety Analysis Unit. Munich, Germany.
- Ströhle, M., Haselbacher, M., Rugg, C., Walpoth, A., Konetschny, R., Paal, P., & Mair, P. (2020). Mortality in via ferrata emergencies in Austria from 2008 to 2018. *International journal of environmental research and public health*, 17(1), 103.
- Šimon, J., Dekýš, V. & Palček, P. (2020). Revision of Commonly Used Loop Knots Efficiencies, *Acta physica polonica A*, 3 (138). 404- 420.
- Tedon (2021). *Catalogue 2021/Eng*. Lanex a.s., Bolatice.
- Vogwell, J., & Minguez, J. M. (2007). The safety of rock climbing protection devices under falling loads. *Engineering failure analysis*, 14(6), 1114-1123.