

ARTYKUŁY POGLĄDOWE (REVIEW PAPERS)

Narciarstwo alpejskie- urazy i czynniki ryzyka obrażeń u narciarzy

(Alpine skiing - injuries and risk factors for injury to skiers)

J Korpanty ^{1,A,D}, M Kulesa-Mrowiecka ^{1,B,E}, Z Kopański ^{1,F}, F Furmanik ^{2,B,C}, W Ptak ^{2,B,C},
J Tabak ^{2,C}, T Kilian ^{2,B,C}

1. Wydziału Nauk o Zdrowiu Collegium Medicum Uniwersytet Jagielloński
2. Collegium Masoviense – Wyższa Szkoła Nauk o Zdrowiu

Abstract - The authors characterized alpine skiing. They emphasized that a safe skiing is ensured by a proper skiing technique and motoric preparation. Skier riders have a strongly developed musculature of the lower limbs and torso. Their muscles perform isometric work with a small range of motion, but very intense, which disturbs the work of the muscle pump. Very important here is the neuromuscular coordination allowing the skier to cope with the resulting loads while driving. Then the injury characteristics were given, with particular emphasis on alpine injuries and risk factors for injury.

Key words - alpine skiing, injuries, risk factors for injuries.

Streszczenie - Autorzy scharakteryzowali narciarstwo alpejskie. Podkreślili, że bezpieczną jazdę gwarantuje odpowiednia technika narciarska oraz przygotowanie motoryczne. Narciarze-zawodnicy mają mocno rozbudowaną muskulaturę kończyn dolnych oraz tułowia. Ich mięśnie wykonują pracę izometryczną o małym zakresie ruchu, lecz bardzo intensywną, co zaburza pracę pompy mięśniowej. Bardzo istotną jest tu koordynacja nerwowo-mięśniowa pozwalająca narciarzowi sprostać powstającym obciążeniom podczas jazdy. Następnie podano charakterystykę urazów, ze szczególnym podkreśleniem urazów powstałych u alpejczyków, a także czynników ryzyka powstania tych obrażeń.

Słowa kluczowe - narciarstwo alpejskie, urazy, czynniki ryzyka obrażeń.

Wkład poszczególnych autorów w powstanie pracy - A-Koncepcja i projekt badania, B-Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C-Analiza i interpretacja danych, D-Napisanie artykułu, E-Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F-Ostateczne zatwierdzenie artykułu

Adres do korespondencji — Prof. dr Zbigniew Kopański, Wydziału Nauk o Zdrowiu Collegium Medicum Uniwersytet Jagielloński, Kraków, ul. Piotra Michałowskiego 12, PL-31-126 Kraków, e-mail: zkopanski@o2.pl

Zaakceptowano do druku: 14.11.2018.

CHARAKTERYSTYKA NARCIARSTWA ALPEJSKIEGO

Narciarstwo alpejskie jest jednym z najpopularniejszych sportów zimowych zarówno w Polsce jak i na świecie. Dyscyplina ta cieszy się bardzo dużym uznaniem i popularnością, o czym świadczy fakt, że co roku ok. 4 miliony Polaków aktywnie spędza swój wolny czas na stokach narciarskich. [1,2]

Narciarstwo jest sportem wymagającym. Bezpieczną jazdę gwarantuje odpowiednia technika narciarska oraz przygotowanie motoryczne.

Narciarze-zawodnicy mają mocno rozbudowaną muskulaturę kończyn dolnych oraz tułowia. Ich mięśnie wykonują pracę izometryczną o małym zakresie ruchu, lecz bardzo intensywną, co zaburza pracę pompy mięśniowej. [1,2]

Koordynacja nerwowo-mięśniowa pozwala narciarzowi sprostać powstającym obciążeniom podczas jazdy. Przykładowo siła statyczna mięśni prostowników kończyny dolnej zawodowego narciarza, wielokrotnego mistrza świata i mistrza olimpijskiego Ingemara Stenmarka wynosi 3430N, a u przeciętnego narciarza 2900N. Siła mięśni, dzięki której alpejczyk jest w stanie utrzymać stabilną pozycję narciarską, mimo nierówności terenu,

szybkości, przeciążeniom odgrywa bardzo istotną rolę. [1,2]

Istotną dla utrzymania właściwej koordynacji jazdy alpejczyka jest propriocepcja (czucie głębokie)¹. Zarówno impuls pobudzający jak i odpowiedź mogą mieć zróżnicowany charakter. Umożliwia to optymalną kontrolę ułożenia ciała lub kończyny w odpowiedzi na zaistniałe warunki, takie jak nagła utrata równowagi, upadek itp. Ma to szczególne znaczenie w przypadku uprawiania sportu, a zwłaszcza narciarstwa zjazdowego. [3-5]

Poziom przemian energetycznych u zawodowych narciarzy alpejskich $\dot{V}O_2$ max wynosi średnio między 3,9-5,3 litra. Tętno maksymalne (HRmax) waha się od 191-207 uderzeń na minutę. Wydatek energetyczny podczas jazdy na slalomie wynosi 2200-2650 kcal/h, podczas zjazdu 1800- 2200 kcal/h, a podczas luźnej jazdy 1000- 1450 kcal/h. Podczas jazdy gromadzona jest duża ilość ciepła, która zostaje usunięta z organizmu poprzez mechanizm parowania i pocenia. Szacuje się, że podczas intensywnego treningu slalomowego narciarz może utracić do 0,7 kg masy ciała. [2-5]

Prawidłowe przygotowanie narciarza powinno obejmować trening wytrzymałościowy i motoryczny. Nie eliminuje to oczywiście urazów, które w tej dyscyplinie najczęściej dotyczą kończyn dolnych, a w szczególności stawów kolanowych. Najczęstszym jest złamanie (dotyczy ok. 45% ogółu urazów

alpejczyków) i uszkodzenia tkanek miękkich (ok. 35% ogółu urazów). [3-5]

POJĘCIE URAZU

Uprawianie sportu niesie ze sobą wiele korzyści zdrowotnych. Pozwala na zwiększenie siły mięśniowej, wytrzymałości, wydolności, zapobiega powstawaniu nadwagi, spowalnia procesy miażdżycowe oraz powstawanie innych chorób układu krążenia. Podczas aktywności fizycznej w organizmie dochodzi do wzmożonej mineralizacji tkanki kostnej, co zmniejsza ryzyko osteoporozy lub złamań kości. Dzięki uprawianiu sportu można aktywnie spędzić czas na świeżym powietrzu wspólnie z rodziną bądź znajomymi, a także polepszyć swoje samopoczucie, zdrowie psychiczne, czy odporność organizmu, oraz stosować elementy fizjoprofilaktyki. [11-14]

Nieodłącznym elementem sportu amatorskiego, jak i również zawodowego jest występowanie urazu. Dochodzi do niego wskutek zadziałania czynnika zewnętrznego (fizycznego, chemicznego, mieszanego) na ciało, co doprowadza do zmian anatomicznych i czynnościowych. Skutki urazu mogą być również następstwem czasowego sumowania się mikrourazów. [14,15]

Urazy można podzielić również ze względu na miejsce wystąpienia, wśród nich wyróżnia się uraz bezpośredni i pośredni. Uraz bezpośredni powstaje w miejscu, w którym dochodzi do uszkodzenia, natomiast uraz pośredni powstaje w pewnej odległości od miejsca urazu. Siła tego urazu przenoszona jest wtedy przez kości, stawy, ścięgna, mięśnie. [15,16]

Uszkodzeniem określa się miejsce, w którym dochodzi do urazu. Charakter i wielkość uszkodzenia zależą od rodzaju i siły urazu oraz odporności tkanek. Wyróżnia się kilka typów uszkodzeń [11,12,14,15]:

- zamknięte uszkodzenia tkanek miękkich- gdzie nie dochodzi do przerwania połączenia skórno-ego lub kostnego (stłuczenia, uszkodzenia jednostki mięśniowo- ścięgnistej, kaletki maziowych),
- rany,
- złamania,
- skręcenia,
- zwichnięcia.

Innym kryterium dzieli uraz na ostry, w którym dochodzi do nagłego odczuwania bardzo silnych

¹ Propriocepcja jest to czucie złożeniowe informujące o ułożeniu poszczególnych części ciała w przestrzeni względem siebie. Propriocepcja pozwala na kontrolę ułożenia bez udziału wzroku, dzięki niej jesteśmy informowani o aktualnym ułożeniu np. kończyny, poszczególnych stawów, a także stopnia rozciągnięcia i napięcia mięśniowego. Dzięki receptorom czucia głębokiego siła skurczu mięśniowego jest regulowana adekwatnie do zwiększających się obciążeń na drodze odruchowej. W tym typie czucia biorą udział wyspecjalizowane receptory tzw. mechanoreceptory znajdujące się w mięśniach, stawach, więzadłach, torebkach stawowych wysyłające impulsy do ośrodkowego układu nerwowego. I tak dla przykładu ciała blaszkowate Paciniego znajdujące się na powierzchniach stawowych oraz w okostnej są pobudzane podczas ruchu od jego wyjściowego do końcowego stadium oraz przy zmianie szybkości i kierunku ruchu, z kolei receptory Rufiniego i ciała buławkowate Golgiego odpowiadają za czucie ułożeniowe mięśni i stawów, natomiast narządy ścięgnowe Golgiego chroni mięsień przed nadmiernym, grożącym jego uszkodzeniem, rozciągnięciem.[6-10]

dolegliwości bólowych, miejscowego stanu zapalnego w wyniku uszkodzenia mechanicznego, a moment urazu można określić. Do przewlekłego urazu pierwotnego dochodzi w wyniku powstających przewlekłych przeciążeń tkankowych, gdzie po pewnym czasie dochodzi do zmian chorobowych. Typowym objawem jest często odczuwany zmienny ból oraz niespecyficzne zapalenie miejscowe. Objawy mogą trwać miesiącami mają tendencje wzrostową nasilenia. Uszkodzenia przewlekłe wtórne powstają w wyniku wcześniej przebytego urazu. Warto pamiętać, że „niedoleczony” stan ostry, może szybko przekształcić się w stan przewlekły i w późniejszym czasie prowadzić do powstania poważnej dysfunkcji. [17,18]

Z kolei uraz sportowy jest rozumiany jako dysfunkcja powstała w wyniku aktywności sportowej. Może do niej dojść podczas uprawiania danej dyscypliny sportowej rekreacyjnie, na treningu, bądź zawodach. Powoduje ona ograniczenia czasowe lub całkowite aktywności fizycznej. [14-20]

CHARAKTERYSTYKA URAZÓW W NARCIARSTWIE ALPEJSKIM

Narciarstwo alpejskie uważane jest za jeden z najbardziej urazowych sportów nie tylko zimowych. W trakcie jazdy na nartach w dużej mierze ważne są umiejętności narciarza, które pozwalają mu zachować odpowiednią równowagę i bezpieczny tor jazdy, jak i samo przygotowanie. Często trasa narciarska jest źle przygotowana. Liczne „muldy”, bądź dziury uniemożliwiają utrzymanie odpowiedniego toru jazdy. Ważna jest również jakość trasy oraz odpowiednie zabezpieczenie jej w postaci materacy ochronnych lub ogrodzenie, gdyż mało doświadczeni narciarze przy utracie kontroli mogą łatwo doprowadzić do wypadku. [1-4]

Innym aspektem jest jazda narciarska sportowa, gdzie podczas treningu, bądź zawodów jadąc po wyznaczonej trasie łatwo jest popełnić błąd. Na stawy i mięśnie narciarza działają ogromne siły, które doprowadzają do przeciążeń, zmęczenia tkanek mięśniowych i ścięgniętych, które często w połączeniu ze złą techniką mogą doprowadzić do powstania urazu. [3-5]

Z przeprowadzonych badań przez Tatrzańskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe w latach 2008-2010 wynika, że na stokach w okolicach Zakopanego doszło do ponad 2000 urazów z udziałem narciarzy. Aż 68% urazów miało miejsce na stokach o łatwej

bądź średniej trudności (Małe Ciche, Polana Szymoszkowa), a tylko 6,5 % na trudniejszych trasach Kasprowego Wierchu [21].

Do najczęstszych urazów dochodziło podczas upadku (81,9% ogółu przypadków), zderzenia się z drugą osobą (14,6 %). Najczęściej dochodzi wówczas do uszkodzenia kończyn dolnych (50,1%), kończyn górnych (35,6%), głowy (10,8%), klatki piersiowej (2,5%) i kręgosłupa (2,4%). Najpowszechniejszym obrażeniem jest zwichnięcie (28,4%), skręcenie (19,5 %).

Godnym podkreślenia jest fakt, że tylko 59,8% dorosłych narciarzy, oraz 83,9 % dzieci do 15 r.ż. podczas wypadku miało na głowie kask, który mógł zmniejszyć rozległość i ciężkość uszkodzenia. W 31,7 % przypadkach u osoby poszkodowanej doszło do utraty przytomności. Najczęściej na wypadki były narażone osoby z grupy wiekowej 11-30 r.ż. [21]

Z kolei dla przykładu w Szkocji na przestrzeni kilku lat odnotowano, że najczęściej dochodzi do urazów zwichnięcia (51,2%) oraz złamań (12,3%). Uszkodzeniom ulega częściej kończyna dolna (53,1%), rzadziej kończyny górnej (23,2%). Narciarze doznawali najczęściej skręcenia stawu kolanowego (32,9%), rany szarpanej głowy (6,9%), złamania piszczeli/strzałki (5,4%), zwichnięcia kciuka (5%). Najczęstszą wypadkom ulegały osoby poniżej 16 r.ż. oraz pomiędzy 25-40 r.ż. [22]

Wśród zawodowych narciarzy alpejskich najczęściej dochodzi do uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego (ACL). Westin i wsp. sprawdzali przyczyny wystąpienia urazu ACL u zawodowych narciarzy alpejskich w szkołach sportowych w Szwecji w latach 2006- 2009. W grupie przebadanych narciarzy, u 7,4% wystąpiły obrażenia ACL. 72% uszkodzeń zostało odniesionych podczas treningu, 84% miało miejsce podczas trenowania konkurencji technicznych (slalom gigant, slalom) i aż do 92% tych urazów doszło na trasach przygotowanych. [23]

Urazy powstają także w trakcie zawodów. Według badań Gallo-Vallejo i wsp. podczas Młodzieżowej Zimowej Uniwersjady w Grenadzie w 2015r. narciarstwo alpejskie było najczęstszą dyscypliną urazotwórczą podczas tej imprezy. Przebadano 1109 zawodników z różnych dyscyplin zimowych. Na 174 zawodników u 18 doszło do urazu i stanowiły one 26,47 % wszystkich przebytych obrażeń. Najczęściej dochodziło do skręceń lub zerwań ACL [24].

Podobne wnioski wyciągnęli ze swoich badań prowadzonych podczas Młodzieżowych Zimowych

Igrzysk Olimpijskich w Lillehammer w 2016r Steffan *i wsp.* [25] W badaniu brało udział 1131 (wliczone zostały również podwójne starty) zawodników różnych dyscyplin w tym 124 narciarzy. Urazowość wśród narciarzy alpejskich wyniosła 16,2 %. Najczęściej dochodziło do naciągnięć, naderwań bądź zerwań w obrębie stawu kolanowego.

Urazy głowy stanowią również dużą grupę obrażeń, w szczególności dotyczy to narciarzy alpejskich startujących w konkurencjach szybkościowych (zjazd, super gigant). W badaniach przeprowadzonych przez Steenstrup *i wsp.* w latach 2006- 2016 odnotowano w Pucharze Świata 29 zdarzeń, w których doszło do obrażeń głowy. Dochodzi do nich najczęściej podczas wykonywania skrętu (55%), lądowania po skoku (31%), a wszystkie z reguły są wynikiem popełnianych przez zawodników błędów technicznych. W wyniku upadku najczęściej dochodzi do uderzenia tylną częścią kasku (46%), boczną stroną kasku (19%), twarzą (16%). Największą grupę stanowią zawodnicy którzy doświadczyli jednego (47%) lub dwóch (28 %) uderzeń w głowę podczas upadku. [26]

Bóle pleców są częste wśród narciarzy alpejskich. W badaniu instruktorów narciarskich przeprowadzonych przez Peacock *i wsp.* aż 75% badanych przeżyło epizody związane z bólem kręgosłupa. 31% w chwili przeprowadzonego badania miało problem z dolegliwościami bólowymi kręgosłupa, a 9% badanych w wyniku dolegliwości bólowych pleców nie mogło jeździć i uczyć przynajmniej 10 dni w sezonie. Największą grupę osób z dolegliwościami bólowymi stanowią osoby powyżej 40 r.ż. [27]

CZYNNIKI RYZYKA URAZU SPORTOWEGO

Wymienia się 4 grupy czynników sprzyjających powstawaniu urazów wśród narciarzy alpejskich [28,29]:

- czynniki ryzyka związane ze śniegiem,
- czynniki ryzyka związane z zawodnikiem,
- czynniki ryzyka związane ze sprzętem,
- czynniki ryzyka związane z trasą.

Warunki śniegowe w dużym stopniu wpływają na jazdę narciarza. Agresywna powierzchnia śniegowa na stoku wpływa na szybszą jazdę, a co za tym idzie zwiększa szanse na wypadek podczas jazdy. Innymi czynnikami są zmieniające się warunki śniegowe. Zmiana z twardego śniegu na miękki i klejący się

może wpłynąć na technikę jazdy oraz doprowadzić do utraty kontroli nad nartami. Często powierzchnia śniegowa trasy jest wyboista- tworzą się „muldy”, które utrudniają pokonanie trasy oraz zwiększają ryzyko urazu. [11-13,28,29]

Przygotowanie zawodnika odgrywa bardzo istotną rolę w osiąganych przez niego wynikach, jak i zabezpieczeniu go przed powstaniem urazu. Często u narciarzy dochodzi do zmęczenia w wyniku treningu, podróży, co może mieć przełożenie na powstanie urazu. Do innych czynników zalicza się: podejmowanie dużego ryzyka podczas jazdy, złe przygotowanie fizyczne, słabe przygotowanie mentalne, błędy techniczne podczas jazdy, niedoleczony uraz, niska siła tzw. „core stability”², niska temperatura ciała. [28,29]

Sprzęt narciarski odgrywa znaczącą rolę podczas jazdy narciarza, złe dopasowanie lub ustawienie może doprowadzić do wypadku i w konsekwencji do powstania urazu. Do najczęstszych błędów, które sprzyjają powstaniu urazu można zaliczyć: zbyt ciężki sprzęt, zbyt dużą twardość nart, zbyt twarde buty narciarskie, mocno taliowane narty, zbyt szerokie narty, złe ustawienie wiązań lub ich złe dopasowanie. [13,29,29]

Usytuowanie trasy narciarskiej oraz ustawienie trasy przejazdu często sprawia trudności w poprawnym przejeździe narciarza. Często jeden błąd może zawarzyć na wypadnięciu z trasy lub złym przejechaniu trasy , narażając się na powstanie urazu. Duża prędkość, połączona ze zmianami ukształtowania terenu, ciasne zakręty należy do częstszych czynników ryzyka urazu narciarza. [11-13,28,29]

PIŚMIENNICTWO

1. Krasicki S. Narciarstwo zjazdowe. Kraków; Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie, 1994.
2. Litwiniuk A, Niżnikowski T, Stelmach M. Narciarstwo zjazdowe. Podręcznik dla studentów kierunku wychowanie Fizyczne. Łomża; Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży, 2015.
3. Aschenbrenner P, Baka R, Vasilis G. Ocena techniki narciarskiej na podstawie biomechanicznej analizy. W: Kuder A, Perkowski K, Śledziwski D. (red.) VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Kierunki Doskonalenia treningu i Walki Sportowej”. Warszawa – Spała; Polskie Wydawnictwo Naukowe Kultury Fizycznej, 2007.

² Dotyczy gorsetu mięśniowego otaczającego tyłów

4. Aschenbrenner P. Biomechaniczne aspekty oceny techniki narciarskiej przy pomocy metod obrazowych. Międzynarodowy Kongres Naukowy: „Góry, Sport i Zdrowie” Rovert, 2007.
5. Bober T, Zawadzki J. Biomechanika układu ruchu człowieka. Wrocław; BK, 2001.
6. Lephart SM, Pinicivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* 1998; 25(3):149-155.
7. Jau-Yih Tsauo, Pai-Fu Cheng, Rong- Sen Yang The effect of sensorimotor training on knee proprioception and function for patients with osteoarthritis: a preliminary report. *Clin Rehabil* 2008; 22:448-457.
8. Styczyński T, Gasik R, Pyskło B. Znaczenie kliniczne zaburzeń. Propriocepcja dla narządu ruchu. *Reumatologia* 2007; 45 (6): 404-406.
9. Stolarczyk A, Śmigielski R, Adamczyk G. Propriocepcja w aspekcie medycyny sportowej. *Med Sport* 2000; 107: 23- 26.
10. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* 1998; 25 (3): 149- 155.
11. Dziak A, Tayara S. Urazy i uszkodzenia w sporcie. Kraków; Kasper, 2000.
12. Dziak A. Urazy i uszkodzenia sportowe. *Acta Clin* 2001;1(2) : 105-110.
13. Kraszewski K. Zasady postępowania w urazach sportowców wyczynowych. [cytowany 28.06.2018] Adres: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Fvs_2012_4_89.pdf.
14. Bendíková E, Kostencka A. Health in terms of functional disorders of the musculoskeletal system. *J Health Sci* 2013; 3(13): 521-538.
15. Brunker P, Khan K. Kliniczna Medycyna Sportowa. Warszawa; Polska Edycja DB Publishing, 2011.
16. Drabik J. Aktywność fizyczna w kształtowaniu zdrowia człowieka – korzyści i zagrożenia. *Wychow Fiz Spor* 1999; 4:124-125.
17. Komi P V. (red.) *Strength and Power in Sport*. London; Blackwell Scientific Publications, 2008.
18. Caruse I, Mancini A, Puddu G. *Patologia deSport. Apparato locomotore*. Roma; Edizione Scientifiche Angelini, 2018.
19. Peterson L, Renstrom L. *Sports injuries. Their prevention and treatment*, Martin Dunitz, London, 2018.
20. Muckle D S. *Sport injuries*. Newcastle; Oriel Press, 2011.
21. Gula P, Marasek A. Wypadki narciarskie w statystyce TOPR. *JOTSRR* 2012; 1 (27): 69-74.
22. Langran M, S Selvaraj S. Snow sports injuries in Scotland: a case-control study. *Br J Sports Med* 2002;36:135–140.
23. Westin M, Harringe M L, Engstrom B, Alricsson, Werner S. Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Competitive Adolescent Alpine Skiers. *Orthop J Sports Med* [cytowany 27.06.2018] Adres: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5954346/>
24. Gallo-Vallejo M A, Cruz-Marquez J C, Cruz-Campos A, Cruz-Campos JC, Pestana-Melero F L, *et al.* Sports injuries and illnesses during the Granada Winter Universiade 2015. *BMJ Open Sport Exerc Med* 2017; 2:1-8.
25. Steffen K, Holm Moseid CH, Engebretsen L, Søbørg PK, Amundsen O, *et al.* Sports injuries and illnesses in the Lillehammer 2016 Youth Olympic Winter Games. *Br J Sports Med* 2017; 51:29–35.
26. Steenstrup S E, Bakken A, Bere T, Patton D A, Bahr R. Head injury mechanisms in FIS World Cup alpine and freestyle skiers and snowboarders. *Br J Sports Med* 2018; 52:61–69.
27. Peacock N, Walker JA, Fogg R, Dudley K. Prevalence of Low Back Pain in Alpine Ski Instructors. [cytowany 27.06.2018] Adres: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2005.35.2.106>.
28. Sporri J, Kroll J, Blake O. A qualitative approach to determine key injury risk factors in alpine ski racing. [cytowane 27.06.2018] Adres: http://www.fisski.com/mm/Document/documentlibrary/Medical/03/31/95/fis-issfinalreport-university-salzburg_Neutral.pdf.
29. Sporri J, Kroll J, Gilgien M, Muller E. How to Prevent Injuries in Alpine Ski Racing: What Do We Know and Where Do We Go from Here?. *Sports Med* 2017; 47: 599–614.