

Akute psychophysiologische Belastungsreaktion bei jugendlichen Skilangläuferinnen und Skilangläufern während eines 7-tägigen Mikrozyklus

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Robin Engels

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche und Medizinische Fakultät
Abteilung Medizin
Department für Neuro- und Bewegungswissenschaften

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
PD Dr. Silvio Lorenzetti

Betreuer
Elias Bucher

Bern, April 2022

Dank

Um diese Masterarbeit zu realisieren haben mir einige gute Menschen geholfen und mich auf meinem Weg unterstützt. Gerne möchte ich erwähnen, dass Elias der optimale Betreuer für meine Arbeit war. Durch ihn habe ich sehr viel gelernt und konnte an den Herausforderungen wachsen. Ebenfalls möchte ich ihm für seine Geduld und seine enorm hohe Kompetenz danken. Die Höhen und Tiefen lassen sich viel besser durchstehen, wenn man eine Familie im Hintergrund hat, welche immer für einem da ist. Besonders bedanken möchte ich mich bei Katja, die mich stets unterstützt, motiviert und begleitet hat. Sie war in dieser Zeit eine grosse Stütze für mich. Für die Fachgespräche und die teuren Ratschläge möchte ich mich bei Michel bedanken. Falsch geschrieben oder mit vielen Fehlern versehen ist eine Masterarbeit halb so gut. Aus diesem Grund möchte ich mich herzlich bei Kirstin, Pascal und Katja für das Korrigieren und Gegenlesen meiner Arbeit bedanken. Ein weiterer Dank geht an Timo, der mich bei dem statistischen Verfahren unterstützte.

Ich bin sehr dankbar, darf ich so gute Menschen in meinem Leben haben.

Zusammenfassung

Um die Reize von Trainingsbelastungen möglichst genau zu steuern und kontrollieren, ist ein Trainingsmonitoring (TM) unabdingbar. Gerade in der komplexen Sportart Langlauf, in der in sehr hohen Umfängen trainiert wird, ist die zeitliche Abfolge von Belastung und Erholung von zentraler Bedeutung. Durch den internalen Load können subjektive und objektive Messmethoden eingesetzt werden um die optimale Leistungsentwicklung zu gewährleisten (Impellizzeri et al., 2019) und die Gefahr vor Overtraining Syndrom (OS), Verletzung und Krankheit zu erkennen und zu minimieren (Bourdon et al., 2017). Nach Saw et al. (2016) fehlt ein Zusammenhang zwischen subjektiven und objektiven Messmethoden. Anhand von Edwards Training Impulse (TRIMP), Foster Load, Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF) und Ruheherzfrequenz (RHF) wurden die Unterschiede zwischen subjektiven und objektiven Trainingsbelastungen bei jugendlichen Skilangläuferinnen und Skilangläufern während eines siebentägigen Trainingscamps analysiert. An der Nordic Week 2020 nahmen 50 Athletinnen und Athleten (Alter 17.4 ± 1.1 Jahre, 21 weiblich, 29 männlich, 33 der Kategorie U18 und 17 der Kategorie U20) mit einer nationalen oder regionalen Swiss Olympic Talent Card teil. Die Datenerhebung fand hauptsächlich während sieben Tage vom 2. bis 8. August statt. Dabei wurde von jedem Training der Edwards training impulse (TRIMP) und der Foster Load und zusätzlich jeden Tag der EBF und die RHF erhoben. Die Tagesmittelwerte wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse (rANOVA) mit Messwiederholung auf Unterschiede zwischen Edwards TRIMP und Foster Load und zwischen dem EBF und der RHF (bezogen auf eine Baseline) untersucht. Die Belastungsverläufe von Edwards TRIMP und Forster Load verliefen ähnlich. Jedoch konnte ein signifikanter Unterschied an sechs von sieben Tagen des Trainingscamps festgestellt werden. Das statistische Modell der rANOVA mit Messwiederholung fiel signifikant aus. Der Unterschied wurde zu 63 % durch die Art des Monitorings bestimmt. Im Verlauf des Trainingscamps nahmen die durchschnittliche RHF- und EBF-Werte ab. Die rANOVA mit Messwiederholung zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied. Anhand des Trainingscamps konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem Foster Load und dem Edwards TRIMP festgestellt werden. Für den Trainingsalltag eignet sich der Foster Load wahrscheinlich besser, da er ein effektiveres Tool ist und ein breiteres Spektrum an Aktivität und Intensität abdeckt. Die Parameter des Erholungs-Belastungs-Empfindens weisen beide während der Campwoche einen negativen Trend auf. Ein Unterschied konnte festgestellt werden. Der EBF reagiert sensibler und ist für die Erhebung weniger aufwendig, daher könnte er für die Praxis ein wertvolleres Tool sein als die RHF.

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage und wissenschaftlicher Hintergrund	5
1.1 Langlauf	5
1.2 Trainingsmonitoring	6
1.3 Vor- und Nachteile von Trainingsmonitoring	8
1.4 Belastung und Beanspruchung	9
2 Ziel und Fragestellung	16
3 Methode	17
3.1 Untersuchungsgruppe	17
3.2 Untersuchungsdesign	17
3.3 Messinstrumente	21
3.4 Datenauswertung	22
4 Resultate	24
5 Diskussion	31
5.1 Entwicklung der täglichen Trainingsbelastung	31
5.2 Relativer Unterschied der durchschnittlichen Trainingsbelastung	33
5.3 Entwicklung subjektives und objektives Erholungs-Belastungs-Empfinden	34
5.4 Unterschied von objektiven zu subjektiven Erholungs-Beanspruchungsparametern relativ zum Baseline-Wert	36
5.5 Limitationen	36
5.6 Bedeutung für die Praxis	37
5.7 Ausblick	38
6 Schlussfolgerung	39
7 Literaturverzeichnis	40
8 Anhang	49

1 Ausgangslage und wissenschaftlicher Hintergrund

1.1 Langlauf

Langlauf ist eine anspruchsvolle Sportart, die Ausdauer, Kraft sowie Schnelligkeit von den Athletinnen und Athleten fordert (Sandbakk & Holmberg, 2017). Aufgrund der unterschiedlichen Topografien und Lauftechniken verlangt die Sportart eine hohe kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit. Gleichzeitig erfolgen Training und Wettkampf oft bei kalten Temperaturen in Höhenlagen sowie bei herausfordernden Witterungsbedingungen. Der Einsatz von Beinen und Oberkörper beim Skilanglaufen erfordert eine hohe oxidative Kapazität der Bein-, Rumpf- und Armmuskulatur.

Die heutigen Wettkämpfe im Weltcup sind vielfältig. Zum einen laufen die Athletinnen und Athleten kurze Distanzen von 1.2 km in einer Zeit von ungefähr 2.5 min, zum anderen lange Distanzen von 50 km, welche über zwei Stunden dauern (Holmberg, 2015). Zudem sind die heutigen Wettkämpfe in der Regel so konzipiert, dass $\frac{1}{3}$ flach, $\frac{1}{3}$ steigend und $\frac{1}{3}$ abfallend ist. Jedoch bewegen sich die Athletinnen und Athleten rund 50 % der Zeit in einer Steigung. Daher ist eine schnelle Bewältigung der Aufstiege entscheidend für ein gutes Rennresultat (Bergh & Forsberg, 1992).

Im Durchschnitt liegt die aerobe Energiegewinnung der Gesamtenergie, verglichen mit anderen Sportarten mit verwandten Rennzeiten, bei ähnlichen Werten. Jedoch unterscheidet sich Langlaufen mit dem steilen Gelände, welches zur Bewältigung eine hohe Ausprägung der Muskulatur voraussetzt, eine hohe Intensität und somit eine grössere maximale Sauerstoffaufnahme. Die Wettkampfleistung im Skilanglauf hängt zu einem Grossteil von der Kapazität der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung des Athleten oder der Athletin ab. Deshalb ist das Ausdauertraining wichtig und bildet die Grundlage. Bei der Planung der Trainingseinheiten ist eine klare Polarisierung zu erkennen. Im Durchschnitt trainiert eine Elite Langläuferin oder ein Elite Langläufer zwischen 750 und 950 Stunden pro Jahr. Dabei wird ca. 90 % der Einheiten mit Ausdauertraining in verschiedenen Intensitäten durchgeführt (80 % tiefe, 4-5 % moderate und 5-8 % hohe Intensität). In den übrigen 10 % der Trainingsstunden werden Schnelligkeits- und Krafttrainings ausgeführt. In der Vorbereitungsphase sind die Langläuferinnen und Langläufer vor allem polysportiv unterwegs und absolvieren ihre Trainings auf dem Fahrrad, den Rollski, den Skiern und zu Fuss. Trotz des hohen Trainingsumfangs besteht durch die Variation der Trainingsarten ein geringeres Verletzungsrisiko als in anderen Ausdauerdisziplinen. Die Erholungsfähigkeit, die mit

Grundlagentraining geschaffen wird, ist von zentraler Bedeutung, um unter anderem verletzungsfrei zu bleiben. Nicht nur das Ausdauertraining, sondern auch das Schnelligkeitstraining und das bewegungsspezifische Krafttraining korreliert mit der Leistung im Langlaufsport. Im Training sollte dies demnach nicht vernachlässigt werden (Sandbakk & Holmberg, 2017). Im Vordergrund stehen die Verbesserung der maximalen aeroben Leistung, das metabolische Potenzial der Muskeln und die Skieffizienz, welche am besten mit einem ausreichenden Trainingsumfang und einer klaren Polarisierung des Trainings erreicht (Holmberg, 2015).

1.2 Trainingsmonitoring

Körperliches Training funktioniert als Stimulus und führt in der Regel zu verschiedensten physiologischen Anpassungen im Organismus. Um das richtige Verhältnis zwischen Belastung und Erholung im Trainingsprozess sicherzustellen, stehen den Trainerinnen und Trainern sowie den Sportwissenschaftlerinnen und Sportwissenschaftler diverse Monitoring-Werkzeuge zur Verfügung. Diese Werkzeuge sind wichtig, da die einwirkende Belastung auf Sportlerinnen und Sportler individuell wahrgenommen wird (Impellizzeri et al., 2019). Um die Reaktion auf die Athletinnen und den Athleten zu überwachen empfehlen sich diverse standardisierte Belastungstests, bei welchen man die physiologische Beanspruchung misst. Die Quantifizierung der Trainingsbelastung kann mittels verschiedenen Trainingsloads (TL) erhoben werden womit die physiologische Anpassung des Trainings gesteuert und kontrolliert werden kann (Tønnessen et al., 2014). Um Informationen für die Trainingseinheiten zu generieren, bietet sich Volumen, Frequenz und Intensität an (Wenger & Bell, 1986). Mit diesen Informationen lassen sich dann die Trainingsbelastungen zu verschiedenen Zeitpunkten planen. Somit kann ein gezielter Reiz zum gewünschten Zeitpunkt gesetzt und die Ermüdung optimal gesteuert werden, was für das Training und für den Wettkampf wichtig ist (Pyne & Martin, 2011).

Der Begriff der Ermüdung wird von R. H. Edwards (1983) als ein Versagen der Aufrechterhaltung der erforderlichen oder erwarteten Leistung beschrieben. Aus Fry et al. (1991) geht hervor, dass sich das psychische und physische Wohlbefinden eines Sportlers entlang eines Kontinuums verschiebt. Dabei erstreckt sich das Kontinuum von einem akuten Overreaching (OR) über ein Non-functional OR bis zum Overtraining Syndrome (OS). Das akute OR wird als eine Ansammlung von Trainings oder Belastungen definiert, welche zu einer kurzzeitigen Abnahme des Leistungsvermögens führen (Coutts et al., 2007). Den Tiefpunkt des Kontinuums bildet das OS, welches schwierig zu deuten ist. Foster (1998) beschreibt es als

komplexen Zustand, der von variablen Symptomen und pathophysiologischen Anomalien gekennzeichnet ist. Zudem beinhaltet es immer eine Leistungsinkompetenz und stört den normalen Regenerationszyklus. Das OS wird oft mit anhaltendem sportlichem Training welches hohe Intensität und hohes Volumen vorweisen, gekoppelt. Stressoren wie Reisen, Beruf, Schlafqualität, Schlafquantität und sonstige Umwelteinflüsse haben ebenfalls einen beachtlichen Einfluss auf OS. Durch den verbundenen Erholungsbedarf besteht die Gefahr, dass Anzeichen von Stimmungsstörungen oder andere Symptome, die einer klinischen Depression gleichen, auftreten können (Armstrong & VanHeest, 2002; Morgan et al., 1987). Um den Symptomen entgegenzuwirken und die Gefahr einer Verletzung oder Krankheit frühzeitig zu erkennen, ist es unerlässlich, die Trainingsbelastung der Athletinnen und Athleten zu überwachen und zu steuern (Bourdon et al., 2017). Trainingsmonitoring (TM) sollte somit das ganze Jahr über durchgeführt werden und ein besonderes Augenmerk sollte auf intensive Trainings- oder Wettkampfperioden gelegt werden, da diese negativen Auswirkungen auf das Immunsystem haben können. Die Wahrscheinlichkeit eines Infekts oder zu erkranken ist dann erhöht (Svendsen et al., 2015). Engler (2008) ergänzt diese Aussage damit, dass Männer nach einer intensiven Periode häufiger krank werden als Frauen. Svendsen et al. (2015) untersuchten die physische und gesundheitliche Reaktion nach der Tour de Ski (TDS, ein Mehrtagesrennen). Dabei wurde erwähnt, dass Frauen ein höheres Trainingsvolumen verkraften können als Männer. Die Resultate zeigten ferner, dass Männer nach der TDS ein dreifach höheres Risiko krank zu werden aufweisen und zudem eine Reduktion der Wettkampf- und Trainingsleistung bis sechs Wochen nach der TDS aufweisen. Dies könnte erklärt werden durch den Wettkampfstress (Nieman, 1994) und einem möglichen Effekt von Testosteron auf Immunsuppressiva (Furman et al., 2014).

Jedoch gibt es auch die andere Erkenntnis, dass Frauen nach einer intensiven Trainings- oder Wettkampfperiode häufiger krank werden als Männer (Engebretsen et al., 2010; He et al., 2014). Svendsen et al. (2015) konkludierten in ihrer Studie, dass Frauen nicht so stark auf die Saisonplanung und die Berücksichtigung von intensiven Perioden achten müssen wie Männer aus den oben genannten Gründen.

Grundsätzlich ist bekannt, dass das Trainingsvolumen und Krankheit sich in einer J-Kurve verhalten. Damit ist gemeint, dass die Kurve mit einem moderaten Trainingsumfang abfällt und auch das Risiko auf Krankheit abnimmt. Umso stärker der Trainingsumfang ab dem Tiefpunkt der Kurve ansteigt, desto höher wird die Wahrscheinlichkeit zu erkranken (Nieman, 1994). Zudem wird erwähnt, dass erwachsene Elite Langlauf Athletinnen und Athleten im Durchschnitt drei bis vier Krankheitsperioden in vier Tagen durchlaufen. Hinzu kommt

vermehrt auftretende Krankheitssymptome in den Wintermonaten (Svendsen et al., 2016). Karlsson et al. (2021) zeigten bei jungen Langlauf Athletinnen und Athleten im Alter von 16 bis 24 kein Unterschied von Krankheitsphasen und Dauer im Vergleich zu Erwachsenen auf. Auch wird keine Erhöhung der Krankheitssymptome in den Wintermonaten erwähnt. Folglich legen sie jedoch nahe, dass ein Monitoring vom Krankheitsverlauf und des Trainingsvolumens in jungen Jahren von Vorteil ist. Dies, um die Athletinnen und Athleten besser zu begleiten und ihr Leistungsverlauf zu optimieren.

Die optimale Leistungsentwicklung steht im Spitzensport an oberster Stelle. Um individuelle Höchstleistungen zu erreichen, muss das Training auf die spezifischen Körpersysteme abzielen, welche vom sportartspezifischen Anforderungsprofil gefragt sind (Impellizzeri et al., 2019). Dies erfordert, dass die Abfolge von Belastung und Erholung zum richtigen Zeitpunkt angesetzt wird, da sonst die Leistung sinken kann (Mujika & Padilla, 2000). Darüber hinaus ist bekannt, dass Sportlerinnen und Sportler mehr Verletzungen erleiden, je härter sie trainieren (Gabbett, 2004; Gabbett et al., 2016).

1.3 Vor- und Nachteile von Trainingsmonitoring

Ein Vorteil der Überwachung von Trainingsbelastungen ist die wissenschaftliche Erklärung für Leistungsänderungen. Ein Nachteil von TM für einige Athletinnen und Athleten, Trainerinnen und Trainer oder Vereine könnten erhebliche Ressourcenaufwendungen wie Zeit, Geld oder personelle Möglichkeiten sein. Es erfordert einen hohen Aufwand und Fachwissen, die erhobenen Daten zu verarbeiten und zu interpretieren (Halson, 2014).

Für die Quantifizierung der Trainings- und Wettkampfbelastung gibt es eine Vielzahl an Messinstrumenten und Kennzahlen. Es existiert derzeit kein ausgereiftes Verständnis dafür, dass ein alleiniges Messwerkzeug besteht, welches die Trainings- und Alltagsbelastung vollumfänglich wiedergeben kann (Saw et al., 2016). Die Belastungsquantifizierung von Training und Wettkampf wird in der Sportwissenschaft ausführlich diskutiert (Foster et al., 1996; Foster et al., 1999; Gabbett et al., 2016; Hulin et al., 2016; Wallace et al., 2014). Trotz der zunehmenden Forschungsarbeiten und der Beliebtheit des TM in Hochleistungsprogrammen kristallisiert sich kein Goldstandard, der präzise und zuverlässig ist, heraus. Tatsächlich dürfte die Art der Überwachung je nach Sportart unterschiedlich sein und oft mehrere Überwachungsinstrumente zum Einsatz kommen (Halson, 2014).

Passfield et al. (2022) untersuchten die Validität von verschiedenen TL. Er legt nahe, dass Loads wie die verschiedenen TRIMPS noch nie auf ihre Validität überprüft worden seien. Der sRPE wurde, zumal im Bezug zum Edwards training impulse (TRIMP) untersucht, jedoch hat

dies wahrscheinlich eine geringe Aussagekraft, da die Validität des Edwards TIRMPs nicht nachgewiesen wurde. Demzufolge wird in der Studie eine Zurückhaltung bei der Interpretation der verschiedenen TL, solange nicht deren Validität nachgewiesen wurde, erwähnt. Ein weiterer Vorteil ist, dass man die verschiedenen internen und externen TL in diverse Modelle einsetzen kann. Ein etabliertes Modell ist das Fitness-Fatigue-Modell von Banister et al. (1975), welches anhand von verschiedenen Parametern mittels einer mathematischen Formel die Verbindung zwischen TL und Leistungsentwicklung errechnet. Aufgrund dieser Daten kann man besser Verletzungen und Krankheiten vorbeugen oder das Fitnessniveau kalkulieren. Den Trainerinnen und Trainer hilft dieses Modell somit, um eine bessere und auch individualisierte Trainingsplanung zu machen. Jedoch erwähnten Vermeire et al. (2022), dass immer die gleichen TL Parameter über eine Periode verwendet werden sollen, da das Modell verschieden auf diverse Parameter reagiert. Des Weiteren legen sie nahe, anhand dieses Modells vermehrt Dateninformiert statt datengesteuert die Trainings zu planen.

Ein weiteres Modell ist das acute chronic workload ratio (ACWR), welches auf dem Fitness-Fatigue-Modell von Banister et al. (1975) basiert und von Gabbett et al. (2016) entwickelt wurde. Das ACWR gibt ebenfalls Informationen über den allgemeinen Fitnesszustand und die Leistungsentwicklung. Anhand dessen die Trainerinnen und Trainer krankheits- und verletzungsvorbeugend planen können. Jedoch basiert auch dieses Modell auf interne und externe TL, wessen Validität laut Passfield et al. (2022) noch nicht nachgewiesen wurde.

Trotzdem sind die Modelle eine Bereicherung für die Trainerinnen und Trainer, um mehr Informationen über die Leistung und Erholung ihrer Athletinnen und Athleten zu bekommen.

1.4 Belastung und Beanspruchung

Trainerinnen und Trainer müssen den Zusammenhang zwischen geplantem Trainingsinhalt und der Wahrnehmung durch die Athletinnen und Athleten kennen, um den Einfluss des Trainings auf die Leistungssteigerung zu optimieren. Dieses Verständnis ermöglichen es den Trainern, das Trainingsvolumen proaktiv zu steuern, anstatt reaktiv zu handeln (Akubat & Van Winkel, 2014). Um Trainingseinheiten zu analysieren, kommen folgende zwei verschiedene Methoden zum Zuge. Einerseits existiert der externe Load, der anhand von Leistung, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Distanz gemessen wird. Bei diesem Load handelt es sich um die einwirkende Belastung der Trainingseinheit auf die Athletinnen und Athleten. Traditionell ist die Belastung die Grundlage der meisten Überwachungssysteme. Diese ist definiert als die von der Athletin und dem Athleten verrichtete Trainingsleistung, die unabhängig von ihren persönlichen, physiologischen Reaktionen auf die Belastung gemessen wird (Wallace et al.,

2009). Der interne Load andererseits kann mittels der Herzfrequenz (HF), Laktatgehalt im Blut, Sauerstoffverbrauch, der Bewertung der wahrgenommenen Anstrengung (RPE), Herzfrequenzerholung, neuromuskuläre Funktion, biochemische/hormonelle/immunologische Bewertungen, Fragebögen und Tagebücher, psychomotorische Geschwindigkeit sowie Schlafqualität und -quantität aufgezeichnet werden (Bourdon et al., 2017; Halson, 2014). Die Beanspruchung wird dabei als die psychophysiologische Reaktion auf die Athletinnen und den Athleten durch das Training definiert (Impellizzeri et al., 2019).

Um die Fähigkeiten, die geleistete Arbeit und die Kapazitäten einer Sportlerin und eines Sportlers zu verstehen, sind die Informationen über die Belastung von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig ist die Bestimmung der Beanspruchung wichtig, um die Einwirkung auf die Athleten zu eruieren und somit die darauffolgenden Trainingsbelastungen bei Bedarf anzupassen (Halson, 2014). Daraus erschliesst sich, dass eine Kombination des TM mittels Belastung und Beanspruchung die vollständigen Informationen für die Trainingsplanung liefern. Darüber hinaus kann anhand der Daten nicht nur das Training angepasst, sondern die Athletinnen und Athleten auch nach ihrer Leistung eingestuft und selektioniert werden. Idealerweise wird für ein präzises Beanspruchungs-TM eine Kombination aus objektiven und subjektiven Instrumenten eingesetzt (Bourdon et al., 2017; Saw et al., 2016). Subjektive Messungen, insbesondere solche der Stimmungsstörung, des wahrgenommenen Stresses und der Erholung sowie der Stresssymptome, reagierten mit höherer Sensitivität und Konsistenz im Vergleich zu objektiven Messungen (Saw et al., 2016). Zusätzlich ergeben subjektive Messungen als Reaktion chronischer und akuter Trainingsbelastung, auch Informationen über die Beeinträchtigung des Wohlbefindens (Hooper et al., 1995). Bouchard et al. (2011) empfehlen, die Messung der Beanspruchung als primäre Messgrösse des TM festzulegen. Zusätzlich führen Faktoren wie Trainingszustand, Ernährung, Gesundheit, psychologischer Status und Genetik dazu, dass das Individuum dieselbe Belastung als unterschiedliche Beanspruchung registriert.

Wenn die Messinstrumente gezielt eingesetzt werden, kann das dem Trainingsprozess durch bessere Kontrolle und Optimierung wesentliche Vorteile bringen (Impellizzeri et al., 2019). Jedoch erwähnten Saw et al. (2016) in ihrer Studie einen fehlenden Zusammenhang zwischen objektiven und subjektiven Messmethoden. Daraus resultiert, dass sich die zwei Methoden im TM ergänzen, aber nicht ersetzen können. Um diese Aussage zu prüfen, werden in dieser Studie vier etablierte Loads, welche im Schweizer Langlaufsport Anwendung finden, auf deren Eigenschaften und Unterschiede untersucht.

1.4.1 Edwards training impulse

Um einen subjektiven Load mit einem objektiven zu ergänzen, eignen sich HF basierte Messmethoden. Dabei kann sich der Edwards TRIMP als nützlich erweisen, da er in vielen verschiedenen Sportarten Anwendung findet (Haddad et al., 2017). Zudem wird er oft zur Beurteilung von Trainingsbelastung eingesetzt (Pyne & Martin, 2011). Edwards TRIMP setzt sich aus fünf verschiedenen HF-Zonen zusammen (Zone 1: 50 – 60 %, Zone 2: 60 – 70 %, Zone 3: 70 – 80 %, Zone 4: 80 – 90 %, Zone 5: 90 – 100 % der HFmax). Die Leistungszeitdauer in der jeweiligen Zone wird mit einem Faktor zwischen eins bis fünf multipliziert. Dieser Faktor gewichtet die höhere HF-Zone stärker als die tiefere. Der Load ist nun das Resultat der aufsummierten Produkte aus Leistungszeitdauer und Gewichtungsfaktor pro Trainingseinheit (S. Edwards, 1993). Diese Methode wurde schon in vielen Studien verwendet und hat sich als guter Indikator für den TL etabliert (Haddad et al., 2017). Trotzdem weist diese Methode gewisse Nachteile auf, welche es zu erwähnen gilt. Das Gewichtungssystem kann die Genauigkeit dieser Gleichung einschränken. Durch den gleichen Gewichtungsfaktor in einer bestimmten Zone, wird die niedrigste HF trotz unterschiedlicher physiologischer Belastung mit der höchsten HF gleichgesetzt. Zudem kann es sein, dass die Methode die Beanspruchung von hochintensiven Trainings unverhältnismässig überschätzt.

Des Weiteren unterschätzt sie wahrscheinlich die Beanspruchung niedrigintensiver Trainings im Vergleich zum session rating of perceived exertion (sRPE). Ein weiterer Nachteil kann das Nicht-Messen der Zeit sein, welche unter 50 % der HFmax verbracht wird. Auch wenn dieser Nachteil nur sehr gering ist, sollte er dennoch erwähnt werden, im Speziellen für die Quantifizierung von submaximalen oder Intervall Trainingseinheiten (Borresen & Lambert, 2008b). Der Edwards TRIMP eignet sich zudem nicht für das TM von Krafttrainings, da die HF kein besonders guter Indikator für die Intensität dieser Trainingsform ist (Impellizzeri et al., 2019). Ebenso erwähnten Foster et al. (2001) eine unzureichende Genauigkeit des TRIMPS in Bezug auf plyometrische Übungen. Dies aus dem Grund, da die HF während diesem Training in der Regel unverhältnismässig ansteigt und die Daten so für die Berechnung des TRIMPS nicht zur optimalen Verwendung dienen, zugleich bleiben die erforderlichen kardialen Reaktionen aus. Aus diesem Grund sollte diese objektive Messung beispielsweise nicht zur Quantifizierung der Intensität eines Kraft- oder Sprung-Trainings verwendet werden.

1.4.2 Foster Load

Ein weiterer Parameter, um den TL zu eruieren kann das subjektive Belastungsempfinden sein, welches auf den Ursprung von Borg (1970) zurückzuführen ist. Foster et al. (2001)

modifizierten den RPE, der aus einer Skala von 1 bis 10 besteht, und kreierte den sRPE mit einer Skala von 0 (Ruhe) bis 10 (extrem schwer). Es stellte sich gemäss Foster heraus, dass der modifizierte sRPE ein einfacheres und präziseres Werkzeug ist als der auf HF basierte objektive TRIMP. Aus der genannten Studie geht hervor, dass der subjektive sRPE verglichen mit dem Edwards TRIMP eine individuelle Korrelation zwischen $r = 0.75$ bis 0.90 aufweist. Borresen und Lambert (2008b) bestätigen eine Korrelation von $r = 0.84$ mit dem Edwards TRIMP. Auch Haddad et al. (2017) beschreiben in ihrer Studie eine Korrelation zwischen dem sRPE und anderen Prädiktoren. Zum einen zeigen sie eine Korrelation in diversen Sportarten mit dem Edwards TRIMP auf. Zum anderen wurde eine Korrelation mit Lucias TRIMP festgestellt. Eine hohe Korrelation zeigt der sRPE mit der % HFmax, der Laktatschwelle und der $\dot{V}O_{2max}$ auf. Ferner lässt sich der sRPE für verschiedene Sportarten einsetzen (Foster et al., 2017; Haddad et al., 2017). Des Weiteren erwähnen Cejuela und Esteve-Lanao (2011), dass der sRPE ein valider Parameter für Ausdauer- und Krafttraining ist. Daneben sind die TRIMP Methoden angewiesen auf die HF, welche mit einem teuren und eher komplizierten Gerät verbunden ist. Zudem kann das Messgerät kaputtgehen oder vergessen werden, womit keine Daten zur Verfügung stünden (Foster et al., 2017). Der sRPE wird meist im Training und bei Wettkämpfen verwendet.

Der sRPE setzt sich zusammen aus der Trainingsdauer in Minuten multipliziert mit der durchschnittlichen von Athletinnen und Athleten angegebenen Intensität der Einheit (Foster et al., 2001). Somit kann der TL von Athletinnen und Athleten relativ einfach bestimmt und die Beanspruchung der Trainingseinheit aufgezeigt werden (Foster et al., 2017).

Zusätzlich kann man nicht nur die physischen, sondern auch die psychischen Aspekte durch die Daten erklären. Folglich könnten interindividuelle Unterschiede der Beanspruchung zwischen den einzelnen Athletinnen und Athleten aufgedeckt und das Training mit den richtigen Ansätzen gesteuert und geplant werden (Kellmann et al., 2016). Aus den Informationen der Antworten kann die Trainingsmonotonie kalkuliert werden, somit lässt sich die Detektion von OS sensibilisieren (Foster, 1998).

Die starke Reliabilität und Validität des sRPE macht die Messmethode zu einer wichtigen und zuverlässigen Hilfe im Trainingsalltag von Spitzensportlern. Im generellen kann der sRPE helfen, eine angemessene TL-Periodisierung festzulegen und somit das Risiko von übermässigem TL zu reduzieren. SRPE kann nicht nur beim täglichen Monitoring helfen, sondern auch beim wöchentlichen oder sogar beim jährlichen (Haddad et al., 2017). Jedoch ist zu beachten, dass soziologische Faktoren wie Extraversion, Neurotizismus, Depression und Ängstlichkeit einen Einfluss auf den RPE haben (Morgan, 1973). Dies verlangt weitere

Evidenz, dass der sRPE nicht total unabhängig von efferenten und afferenten Signalen ist (Haddad et al., 2017). Halson (2014) konkludiert den sRPE wie folgt: «While the session RPE method may be simple, valid, and reliable, the addition of HR monitoring may aid in understanding some of the variance that it does not explain» (S. 4). Zudem erwähnen Haddad et al. (2017), dass eine Individualisierung der Trainingsergebnisse den Schlüssel zum Erfolg darstellen könnte. Um noch eine feinere Abstimmung der Athletin und des Athleten zu erreichen, würde er ein subjektives Erholungs-Belastungs-Empfinden zur Ergänzung des Foster Loads integrieren.

1.4.3 Erholungs-Belastungs-Fragebogen

Die Studienlage zeigt auf, dass zurzeit ein wissenschaftlicher Rückstand der Anwendbarkeit und Verständlichkeit bei selbsterfassten Fragebögen besteht (Kölling et al., 2019).

Kellmann (2000) beschreibt, dass psychologische Indikatoren stabil und sensitiv sind sowie ein OS eher erkennen können. Diese Aussage unterstreichen diverse andere Studien (Hooper et al., 1999; Saw et al., 2016). Subjektiven Verfahren sind zeit- und kostengünstig, was sie attraktiv macht (Halson, 2014; Kenttä & Hassmén, 1998; Saw et al., 2016). In Anbetracht, dass die Beanspruchung eines Trainings individuell ist, gewinnen die subjektiven Parameter an Bedeutung (Meeusen et al., 2013; Raglin & Wilson, 2000). Jedoch haben sich bereits praktikable subjektive Parameter wie der Profile of Mood States und der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler (EBF) im TM etabliert (Kellmann, 2000). Der EBF ist ein Fragebogen, der die Erholung und Beanspruchung einer Person erfasst. Der Fragebogen besteht aus zwölf unspezifischen und sieben sportspezifischen Dimensionen. Die Zustandsveränderung der Athletinnen und Athleten kann festgestellt werden, indem die quantitative Illustration der Häufigkeit von Belastung und Erholung abgeschätzt wird.

Eine innere Konsistenz von $\alpha = 0.67$ bis 0.89 zeigt sich bei den 19 Dimensionen. Die Zuverlässigkeit der Testwiederholung liegt bei $r = 0.79$, was eine gute Reproduzierbarkeit des Tests und einen signifikanten Unterschied der interindividuellen Erholungs-Belastungs-Bilanz ermöglicht (Kellmann, 2000). Fuchs und Gerber (2018) bestärken den EBF mit der Aussage, dass er sich zur Prävention von OS und als Instrument zum TM bewährt hat.

Die vielen Fragen, die sich beim EBF auf eine Anzahl von 53 bzw. 77 belaufen, sind für ein kontinuierliches TM zu umfangreich (Kellmann, 2000). Halson (2014) bekräftigt, dass bei Fragebögen dieser Art die Zeit zum Ausfüllen der Fragen berücksichtigt werden sollte. Um den Aufwand der Athletinnen und Athleten zu verringern, entwickelten Horvath und Birrer (2021) einen sechs Item-Kurzfragebogen, welcher laut der Studie von Casutt (2015) stark ($r = 0.85$)

mit der Langversion des EBF-Sport korreliert. Er setzt sich zusammen aus Belastung, Erholung sowie positiven und auch negativen Fragestellungen.

Ein wichtiger Punkt, der bei Fragebogen berücksichtigt werden muss, ist, dass die Ergebnisse manipuliert werden können, damit die sozial erwünschten Bedürfnisse erreicht werden (Birrer, 2004). Daher ist es wichtig, die Athleten über die Funktion und den Vorteil des Fragebogens aufzuklären. Da das Ausfüllen des Fragebogens über längere Zeit zum Sinken der Motivation führt, ist es wichtig, mit den Athleten achtsam umzugehen und immer wieder das Gespräch zu suchen. Dabei soll über ihren generellen Zustand gesprochen werden (Foster et al., 2017).

1.4.4 Ruheherzfrequenz

Das Messen der HF ist eine weitverbreitete Methode, die sich seit langem stark etabliert hat. Mit dem Messen der HF wird der interne Load der Athletinnen und Athleten bestimmt und somit die Intensität der Trainingseinheiten festgelegt und gesteuert. Im Widerspruch zu Foster et al. (2017) erwähnen Achten und Jeukendrup (2003), dass sich dieses Verfahren besonders gut eignet, da es einfach anzuwenden, relativ günstig und fast in allen Situationen benutzt werden kann. Die auf HF basierte Messung zeigt eine lineare Korrelation zur Sauerstoffaufnahme und der Intensität des Trainings auf (Arts & Kuipers, 1994; Hopkins, 1991). Zudem ist bekannt, dass die HF Informationen über das autonome Nervensystem liefert, da die Regulation der HF durch den Sympathikus und Parasympathikus beeinflusst wird (Buchheit et al., 2007; Meyer et al., 2016). Halson (2014) beschreibt, dass die Erhöhung der HF während des Trainings aus einer Aktivierung des Sympathikus und einer Hemmung des Parasympathikus resultiert. Um die kardialen, parasympathischen Aktivitäten zu messen, empfehlen sich Methoden wie Herzratenvariabilität, Herzfrequenzerholung und Herzratenvariabilität nach der Belastung oder Ruheherzfrequenz (RHF) (Borresen & Lambert, 2008a; Buchheit et al., 2007). Mit diesen verschiedenen Methoden lassen sich die Ermüdung, die Fitness und die Adaptation der Ausdauer aufzeichnen. Diese wiederum können z.B. wichtige Informationen zur Prävention oder Aufdeckung von OS bieten (Achten & Jeukendrup, 2003).

Als Kenngrösse zur Abschätzung des momentanen Gleichgewichts des autonomen Nervensystems hat sich die Erhebung der RHF etabliert. Bei der Messung der RHF muss beachtet werden, dass ein standardisiertes Protokoll festgelegt ist. Dazu gehören unter anderem die Körperlage, Uhrzeit und das Nicht-Bewegen (Meyer et al., 2016). Am besten eignet sich eine Messung von fünf bis zehn Minuten am Morgen, direkt nach dem Aufstehen oder nach einem Gang zur Toilette (Buchheit, 2014).

Weiter zu beachtende Faktoren, welche die kardiale parasympathische Aktivität beeinflussen können, sind die Trainingsdauer (Seiler et al., 2007), das Alter (Sandercock et al., 2005), die generelle Fitness (Goldsmith et al., 1997), der Trainingsstatus (Buchheit & Gindre, 2006) sowie der Ermüdungsgrad (Tanaka et al., 2009) und die Flüssigkeitsaufnahme nach einem Training (Achten & Jeukendrup, 2003). Bei den gemessenen Daten kann es zu einer kleinen Tag-zu-Tag Variabilität der HF kommen (Achten & Jeukendrup, 2003). Meyer et al. (2016) appellieren zu einer zurückhaltenden Interpretation der Werte, wenn die täglichen Veränderungen unter $5\text{-}7\text{ min}^{-1}$ liegen. Der Einsatz der RHF empfiehlt sich am besten bei Sportarten mit hohem Ausdaueranteil, da dort der Zusammenhang mit dem autonomen Nervensystem im Vergleich zu anderen Sportarten am grössten ist. Bekannt ist, dass sich die RHF durch intensives Ausdauertraining senkt. Jedoch ist hier die chronische und nicht die akute RHF gemeint (Borresen & Lambert, 2008a).

Vogel et al. (2001) erwähnen, dass die RHF bei optimalem Training sowie bei OS abnimmt. Diese Aussage wird durch diverse andere Studien bestärkt (Israel, 1982; Kindermann, 1986). Jedoch existieren auch Forschungserkenntnisse, wo behauptet wird, dass kein Unterschied der HF zwischen übertrainierten sowie normalen Athletinnen und Athleten besteht (Halsen et al., 2002; Jeukendrup et al., 1992; Lehmann et al., 1992; Urhausen et al., 1998). Möglicherweise kann OS durch HF aufgezeigt werden, jedoch hat man bis heute noch keinen optimalen Parameter gefunden, der OS determiniert (Achten & Jeukendrup, 2003). Zurzeit scheint nicht klar zu sein, ob die kardiale parasympathische Aktivität den Erholungsprozess aktiv beeinflusst oder nur widerspiegelt (Stanley et al., 2013).

Borresen und Lambert (2008b) schlussfolgern in ihrer Studie, dass nach jahrelanger Forschung noch kein Faktor identifiziert wurde, der eine individuelle Reaktion auf einen Trainingsreiz quantifizieren oder ein OS zuverlässig vorhersagen kann. Daraus erfolgt die Notwendigkeit für eine Untersuchung, welche die etablierten objektiven und subjektiven TL gegenüberstellt, um das TM so effizient wie möglich zu gestalten.

2 Ziel und Fragestellung

Ziel dieser Masterarbeit ist es, den Unterschied zwischen subjektiv und objektiv erfasster Trainingsbelastung bei jugendlichen Skilangläuferinnen und Skilangläufern während eines siebentägigen Trainingscamps zu analysieren. Anhand deskriptiver Analysen soll aufgezeigt werden, wie sich die TLs in einem siebentägigen Trainingscamp verhalten. Mittels Inferenzanalysen wird untersucht, wie stark sich die TL voneinander unterscheiden und welche Erkenntnisse für die Anwendung im Kontext des TM für Skilanglauf gezogen werden können.

- 1.1) Wie entwickelt sich die tägliche Trainingsbelastung, gemessen mittels Edwards TRIMP und Foster Load während eines siebentägigen Trainingscamps im Schweizer Nachwuchs-Langlaufkader?
- 1.2) Unterscheiden sich die Belastungsverläufe der objektiv (Edwards TRIMP) und subjektiv (Foster-Load) basierten Parametern relativ zur durchschnittlichen Trainingsbelastung?
- 2.1) Wie entwickelt sich das subjektive Erholungs-Belastungsempfinden und die Ruheherzfrequenz im Verlauf eines siebentägigen Trainingscamps im Schweizer Nachwuchs-Langlaufkader?
- 2.2) Unterscheidet sich die Entwicklungsdynamik der objektiv (RHF) und subjektiv (EBF) basierten Erholungs-Beanspruchungsparametern relativ zum Baseline-Wert?

3 Methode

3.1 Untersuchungsgruppe

Die Anzahl der Teilnehmenden der Nordic Week 2020 belief sich auf $n = 50$, wobei 21 weiblichen und 29 männlichen Athleten waren. Dabei waren 33 der U18- und 17 der U20-Kategorie zuzuschreiben. Alle Athletinnen und Athleten besaßen eine nationale oder regionale Swiss Olympic Talent Card. Sie sind alle zwischen 2001 und 2004 geboren, wobei das durchschnittliche Alter $17.4 (\pm 1.1 \text{ SD})$ betrug. 37 Athletinnen und Athleten kamen aus der deutschsprachigen und 13 aus der französischsprachigen Schweiz. Die Studie wurde vom Internen Reviewboard der Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen beurteilt und gutgeheissen.

3.2 Untersuchungsdesign

Die Tabelle 1 zeigt den zeitlichen Ablauf der Datenerhebung. Die Beobachtungs-Studie fand in Andermatt im Jahr 2020 statt. Die Tabelle 2 zeigt einen Tagesablauf und wann welcher Parameter erhoben wurde. Der Inhalt der Tabelle entspricht der Erhebung vom Dienstag, 4. August 2020.

Tabelle 1

Zeitliche Übersicht der Datenerhebung

	Juli					August										
Messung	20	23	27	29	31	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
ETRIMP																
F-Load																
EBF																
RHF																

Anmerkung. Die Tabelle widerspiegelt die Erhebung des zeitlichen Ablaufs der vier verschiedenen Parameter. Die Zone zwischen den vertikalen Linien widerspiegelt das Trainingscamp. Der EBF wurde zusätzlich zwei Wochen vor und zwei Wochen nach dem Camp erhoben. ETRIMP = Edwards Training Impulse, F-Load = Foster Load, EBF = Erholungs-Belastungs-Fragebogen, RHF = Ruhe-Herzfrequenz

Tabelle 2*Darstellung der Tageserhebung von Dienstag 4.8.*

Messung	Erhebungszeit								
ETRIMP									
F-Load									
EBF									
RHF									
	Nach dem Aufstehen	Während dem Footing	Nach dem Footing	Vor dem Frühstück	Während dem Skigang Intervall	Nach dem Skigang Intervall	Während dem Mustertraining 3	Nach dem Mustertraining 3	

Anmerkung. In dieser Tabelle sind die zeitlich definierten Datenerhebungen am Beispiel vom Dienstag, zu sehen. Skigang = Fusslauf mit Stöcken, ETRIMP = Edwards Training Impulse, F-Load = Foster Load, EBF = Erholungs-Belastungs-Fragebogen, RHF = Ruhe-Herzfrequenz

Am ersten Camptag wurde die HFmax anhand eines Feldtests erhoben. Dies, um die Einteilung in die Intensitätszonen für den Edwards TRIMP pro Athletin und Athlet festzulegen. Der HFmax-Feldtest fand in Form eines Fusslaufes mit Stöcken auf einer aufsteigenden Bergstrasse statt, wobei die Intensitätszonen folgendermassen vorgegeben waren: Einlaufen 25' Intensität 1 – 2, danach 5' Intensität 3, 4' Intensität 4, 3' Intensität 5 und ca. 2' all out. Zudem wurde zwischen den ersten Tempoverschärfungen eine aktive Pause eingelegt von 2' und bei der letzten eine von 1'. Zusätzlich wurde der RPE der Athletinnen und Athleten bei jeder Pause erhoben, um das subjektive Belastungsempfinden mit der HF abzugleichen.

Die HF Daten für den Edwards TRIMP wurde von jedem einzelnen Training aufgezeichnet. Bei der Aufzeichnung des Trainings wurde die Uhr vor dem Aufwärmen gestartet und erst nach dem Schlussteil gestoppt. Um eine einheitliche Aufzeichnung der Trainings zu gewährleisten, wurden den Trainerinnen und Trainer sowie den Athletinnen und Athleten ein spezifisches Protokoll und eine genaue Anleitung für die Betätigung der Uhr ausgehändigt. Jeden Abend wurden die Daten von der Uhr auf einen externen Rechner übertragen und weiterverarbeitet. Um den täglichen Foster Load zu berechnen, wurde unmittelbar nach jeder Trainingseinheit die Dauer und der RPE erfasst. Dazu wurden die Athletinnen und Athleten angehalten die Angaben

elektronisch mitzuteilen. Die Trainerinnen und Trainer wurden instruiert die Athletinnen und Athleten daran zu erinnern.

Durch das Ausfüllen des EBF wurden die Daten des subjektiven Erholungs-Belastungsempfinden der Athletinnen und Athleten elektronisch erhoben. Von der Online-Plattform konnten die Daten heruntergeladen und weiterverarbeitet werden.

Die HF-Daten, um die RHF zu berechnen, wurden täglich erhoben. Um die Messung möglichst standardisiert zu gestalten, wurden die Athletinnen und Athleten dazu angehalten, nach dem Aufstehen einen Schluck Wasser zu trinken. Danach sollten sie den Brustgurt nass machen, sowie anlegen und sich dann für fünf Minuten wach ins Bett legen. Während der Aufzeichnung sollte nicht gesprochen werden und keine Ablenkung stattfinden. Um Messfehler zu minimieren, wurde zu Beginn des Camps ein Protokoll zur Erhebung der RHF ausgehändigt. Zusätzlich wurde jeden Abend eine Erinnerung in die WhatsApp-Gruppe versendet. Um die täglichen Erhebungen zeitgerecht durchzuführen, wurde allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine Checkliste mit den genauen Schritten abgegeben. Die Tabelle 3 zeigt den Tagesablauf der ganzen Woche am Beispiel der Gruppe eins und zwei.

Tabelle 3*Detaillierte Wochenplanung der Gruppen 1 und 2*

Tagesphase	Wochentage						
	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
Morgen			15' Footing		15' Footing		15' Footing
Vormittag	30' Fusslauf Int. 1/2	Mustertraining «1» 105' Fusslauf 15' Basic Instinct 30' Laufschule 30' Fusslauf flach «Int. 2» 30' Auslaufen	90' Skigang-Intervall Int. 5 Vorbelastung 4' Int. 4 / 4P 3 x 10' (30"/15") / 4P	Mustertraining «4» 105' Kraftprogramm «Sommerwoche» 15' Aufwärmen (Laufband) 15' Mobilisation 15' Langhanteltechnik 75' Max-Kraft	15' Fuss Andermatt-Hospenthal 90' Klaebo-Sprint «Wettkampf» 8 x 2' (Start alle 10') 15' Fusslauf Hospenthal - Andermatt	Tagestour Teil 1: 60' Rollski Teil 2: 180-240' Bike, Rollski Fusslauf	90' Rollski Skating Int. 5 5 (4) x 6-8' «1 Runde» Start alle 10" Einzelstart
Nachmittag	Skigang Oberalp HF-max Test 5' Int. 3 / 2P 4' Int. 4 / 2P 3' 100% / 2P 2' 100% / 2P 40' Kraft Langhantel / Rumpf	Mustertraining «2» 1.2 120' Rollski Klassisch 30' Basic Instinct (Langhanteltechnik) 90' Rollski Klassisch 60' DS «Rollskibahn» 30' Diagonal	Mustertraining «3» 150' Bike Höhenweg «Andermatt - Realp»	Mustertraining «5» 30' Basic Instinct (Beinachse) 90' Rollski Skating Int. 1/2 «Top Speed» Technik / Sprint	Mustertraining «6» 60' Physio 45' Ausgleich	Tagestour Teil 3: 180-240' Rollski, Bike, Fusslauf	
Abend		40' Spielturnier Vorrunde (5 x 8' / 8P) «Unihockey»					

Anmerkung. Die Tabelle zeigt die einzelnen Trainings in Minuten vom 2. bis 8.8. Der Name Mustertraining diente lediglich der Bezeichnung. Skigang = Fusslauf mit Stöcken, P = Pause, Gr. = Gruppe, Int. = Intensität, DS = Diagonal Ski.

Aufgrund der vorgeherrschten Covid-19-Situation mussten die Athletinnen und Athleten in sechs verschiedene Gruppen eingeteilt werden, wobei immer zwei Gruppen den gleichen

Trainingsplan hatten. So unterschied sich der Zeitpunkt der Mustertrainings jeweils zwischen den drei Gruppen. Die fünf High-Intensity-Trainings (HIT) Einheiten bestritten jedoch alle zusammen. Die Tagestour am Freitag wurde in drei Bereiche aufgeteilt: Die ersten Messungen für den Edwards TRIMP und Foster Load wurde nach einer Rollski-Einheit, die zweite nach einer Bike-, Rollski- und Fusslauf-Einheit und die dritte nach einer Bike-, Rollski-, Fusslauf- und Bike- Einheit gemacht. Total absolvierten die Athletinnen und Athleten bei der Tagestour acht verschiedene Einheiten nacheinander.

3.3 Messinstrumente

Um die verschiedenen objektiven und subjektiven Parameter zu erheben, kamen diverse Messinstrumente zum Einsatz.

Die Global-Positioning-System (GPS) -Uhr Garmin Forerunner 35 (Garmin Ltd. International) und ein Brustgurt dienten zur Erhebung der Dauer und der HF während den verschiedenen Trainingseinheiten. Dies um die verbrachte Zeit der Athletinnen und Athleten in der jeweiligen Intensitätszone zu bestimmen und so den Edwards TRIMP nach S. Edwards (1993) zu eruieren. Anhand dieser Edwards TRIMP Daten konnte das objektive Belastungsempfinden bei jeder Trainingseinheit errechnet werden.

Die GPS-Uhr wurde zusätzlich jeden Morgen für fünf Minuten nach dem Aufstehen eingesetzt. Während dieser Messung wurde die HF jeder einzelnen Sekunde bestimmt. Anhand dieser Daten konnte dann die RHF eruiert und die objektive Erholung bestimmt werden. Des Weiteren wurde ein Google Docs (Google LLC, Mountain View, Kalifornien), welches die Athletinnen und Athleten mittels Link (shorturl.at/jwxDG) abrufen konnten bereitgestellt. Dieses Dokument beinhaltete eine Tabelle mit jedem einzelnen Training aufgeführt. Durch zwei weitere Spalten konnten die Athletinnen und Athleten die Trainingsdauer in Minuten und den RPE angeben. Somit konnte mit dem persönlichen Smartphone das Dokument ausgefüllt werden. Dieses Dokument diente zur Bestimmung des Foster Loads, welcher das subjektive Belastungsempfinden nach Foster et al. (2001) erfasst.

Ergänzend wurde ein Online-Fragebogen der Firma (Tivian XI GmbH, Oslo Norwegen) verwendet. Der Umfragebogen beinhaltete Fragen über die mentale und körperliche Verfassung mit einer Likert-Skala mit sieben Antwortmöglichkeiten. In der WhatsApp-Gruppe wurde der Link zum Kurzfragebogen (<https://www.unipark.de/uc/L/>) versendet. Anhand dieser Antworten konnte die Erholung und Belastung erhoben werden. Er diente zur Bestimmung des subjektiven Erholungs-Belastungs-Empfindens. Der Fragebogen richtete sich nach Horvath und Birrer (2021).

3.4 Datenauswertung

Die aufgezeichneten HF-Daten von jedem einzelnen Training wurden durch das Programm R (R v 4.0.2 Team, R.C., R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2021: Vienna, Austria) von einem fit File zu einem csv File konvertiert. Der TL wurde dann in Excel (Microsoft Excel 2019, Microsoft Corporation, Redmond, USA) durch die Time in Zone von Edwards TRIMP für jede einzelne Trainingseinheit berechnet. Für die Bestimmung des täglichen Foster Loads wurden die Trainingszeiten mit dem RPE jeder einzelnen Trainingseinheit multipliziert und für jeden Tag aufsummiert. Die EBF Daten der insgesamt 16 Tage wurden als absolute Werte in Excel aufgenommen. Die Erhebungen am zweiten Camptag dienten als Baseline-Werte für den EBF, mit welchen die Daten der darauffolgenden Tage verglichen wurden. Der zweite Tag wurde gewählt, da am ersten Tag die Athletinnen und Athleten anreisten. Die Baseline erlaubte eine Gegenüberstellung der gleich skalierten Daten des EBF und der RHF. Die RHF Daten wurden mit dem Programm Golden Cheetah (v.3.4) von einem fit File zu einem csv File konvertiert. Daraus wurden die Mittelwerte von allen Athletinnen und Athleten für jeden Tag aus den fünfminütigen Erhebungen in Excel errechnet. Die Werte vom ersten Messtag dienen auch hier als Baseline, mit welchem die folgenden Tageswerte verglichen wurden.

Alle Daten wurden mittels deskriptiver Statistik auf Normalverteilung und Ausreisser überprüft. Die Ausreisser der absoluten Werte von Edwards TRIMP und Foster Load, die um das 1.5-fache vom täglichen Median abwichen, wurden entfernt. Dies wurde mittels visueller Identifizierung in Boxplot-Diagrammen durchgeführt und diente dazu, fehlerhafte HF-Aufzeichnungen von der Analyse auszuschliessen. Zudem werden alle Tagesmittelwerte der einzelnen Athletinnen und Athleten, welche fehlende Werte einzelner Trainingseinheiten aufwiesen, nicht miteinbezogen. Beim EBF wurden keine Ausreisser entfernt, da die Messung rein subjektiv war und dies keine Einschätzung über einen Fehler beim Ausfüllen des Fragebogens zuliess. Die Ausreisser der RHF, welche eine Abweichung von 10 % vom täglichen Mittelwert aufweisen, wurden nach Buchheit (2014) entfernt.

Die Tagesmittelwerte vom Edwards TRIMP und Foster Load der Athletinnen und Athleten wurden durch die Formel: $(\text{durchschnittlicher Tagesload} - \text{durchschnittlicher Wochenload}) / \text{wöchentliche Standardabweichung}$ normiert. Auch wurden die Tageswerte vom EBF und RHF zum ersten Messtag normiert und mit der Baseline vom jeweiligen ersten Messtag verglichen. Mittels Shapiro-Wilk-Test wurde geprüft, ob die Daten eine Normalverteilung aufweisen. Der Unterschied zwischen Edwards TRIMP und Foster Load, sowie zwischen EBF und RHF wurde

mittels einfaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung (rANOVA) ermittelt. Um den täglichen Unterschied der Tagesmittelwerte zu ermitteln, wurde zusätzlich ein Post-hoc-Test nach Bonferroni durchgeführt. Ausserdem wurde untersucht, ob ein Unterschied zwischen den HIT-Einheiten bezogen auf den Foster Load und den Edwards TRIMP, besteht. Um die einzelnen HIT-Einheiten zu untersuchen, wurden die Daten der fünf Trainingseinheiten mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung überprüft. Zudem wurde anhand der normierten Daten mittels rANOVA durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p = < 0.05$ gesetzt. Alle statistischen Tests wurden mit dem Statistikprogramm SPSS (IBM SPSS Statistics 28, IBM Corporation, Armonk, USA) durchgeführt.

4 Resultate

Beim Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk, zeigten die Daten der Tabelle 4 eine Verletzung der Normalverteilung beim Foster Load während Tag vier und fünf, beim Edwards TRIMP während Tag fünf und sechs und beim EBF lediglich beim Tag sechs. Beim RHF zeigt sich keine Verletzung der Normalverteilung ($p = > 0.05$). Mittels Inspektion von Q-Q-Diagrammen konnte jedoch keine visuelle Abweichung der Normalverteilung beobachtet werden.

Tabelle 4

Test auf Normalverteilung Foster Load, Edwards TRIMP, RHF und EBF

Loadform <i>p</i> -Wert	Messtage						
	1	2	3	4	5	6	7
F-Load	0.96	0.58	0.92	< 0.001*	0.002*	0.30	0.75
ETRIMP	0.85	0.22	0.79	0.48	< 0.001*	0.01*	0.33
RHF			0.12	0.94	0.75	0.15	0.93
EBF			0.18	0.42	0.74	0.01*	0.22

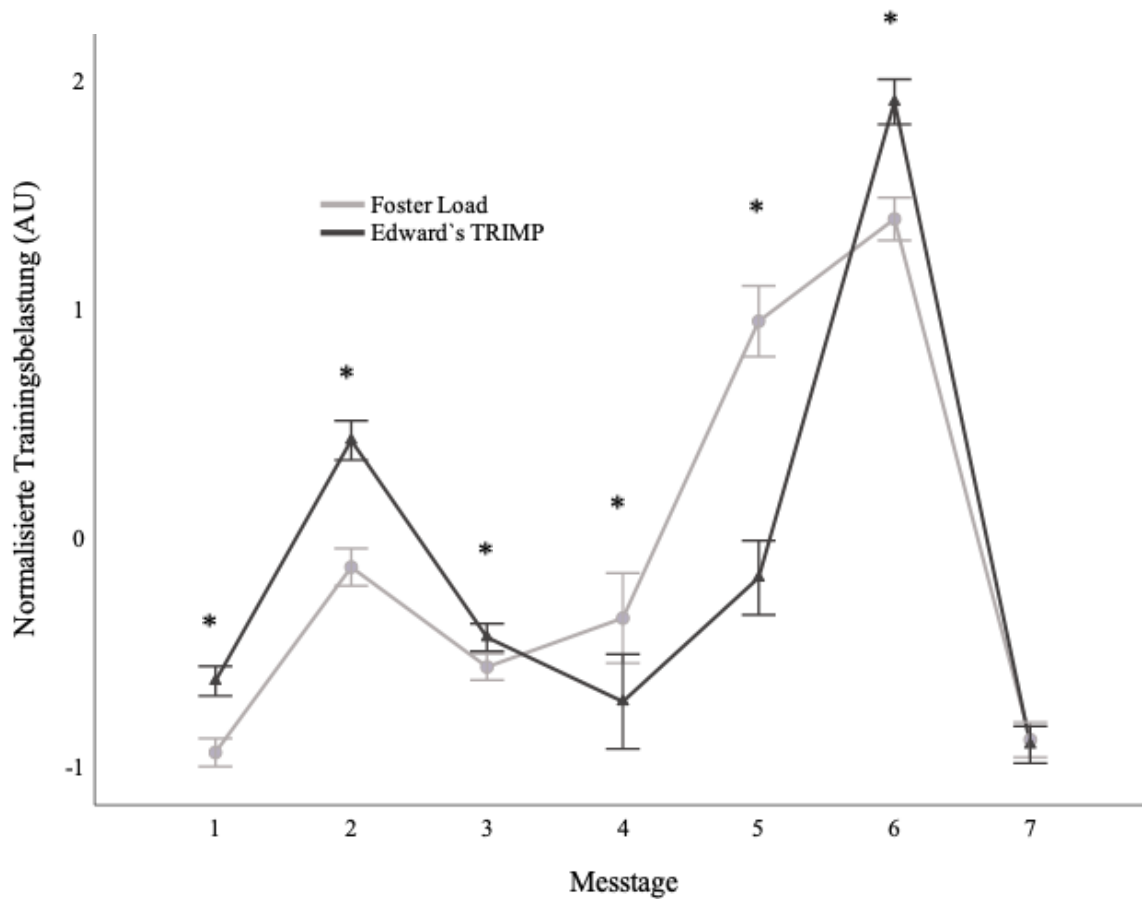
Anmerkung. Die normierten Daten zeigen das Signifikanzniveau anhand des Shapiro-Wilk Tests. RHF und EBF beziehen sich zur Baseline vom zweiten Camptag. Signifikanzniveau liegt bei $*p \leq 0.05$. Foster Load ($n = 32$), ETRIMP ($n = 29$), RHF ($n = 26$), EBF ($n = 26$). F-Load = Foster Load, ETRIMP = Edwards Training Impulse, RHF = Ruheherzfrequenz, EBF = Erholungs-Belastungs-Fragebogen.

Da über alle Loads nur fünf Tage keine Normalverteilung aufwiesen und die rANOVA relativ robust ist, wurde trotzdem an dem Test festgehalten (Wilcox, 2012).

Die Resultate der gemessenen täglichen Belastungen werden in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1

Normierter Verlauf von Foster Load und Edwards TRIMP während des Trainingscamps



Anmerkung. Alle Tage weisen einen signifikanten Unterschied auf, ausser Tag 7. Signifikanzniveau liegt bei $*p \leq 0.05$. Daten als Mittelwert \pm Standardabweichung. Foster Load ($n = 32$), Edwards TRIMP ($n = 29$). Edwards TRIMP = Edwards Training Impulse, AU = Arbitrary Units.

Tabelle 5*Absolute Tagesmittelwerte von Foster Load, Edwards TRIMP und RHF*

Loadform M \pm SD	Messtage						
	1	2	3	4	5	6	7
F-Load	740 \pm 104	1152 \pm 237	962 \pm 167	1015 \pm 365	1823 \pm 467	2100 \pm 430	810 \pm 192
ETRIMP	381 \pm 80	801 \pm 138	462 \pm 66	323 \pm 113	584 \pm 183	1394 \pm 242	164 \pm 33
RHF		56 \pm 8	55 \pm 10	52 \pm 8	52 \pm 10	50 \pm 8	53 \pm 8

Anmerkung. Foster Load ($n = 32$), Edwards TRIMP ($n = 29$) und RHF ($n = 50$). M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, F-Load = Foster Load, ETRIMP = Edwards Training Impulse.

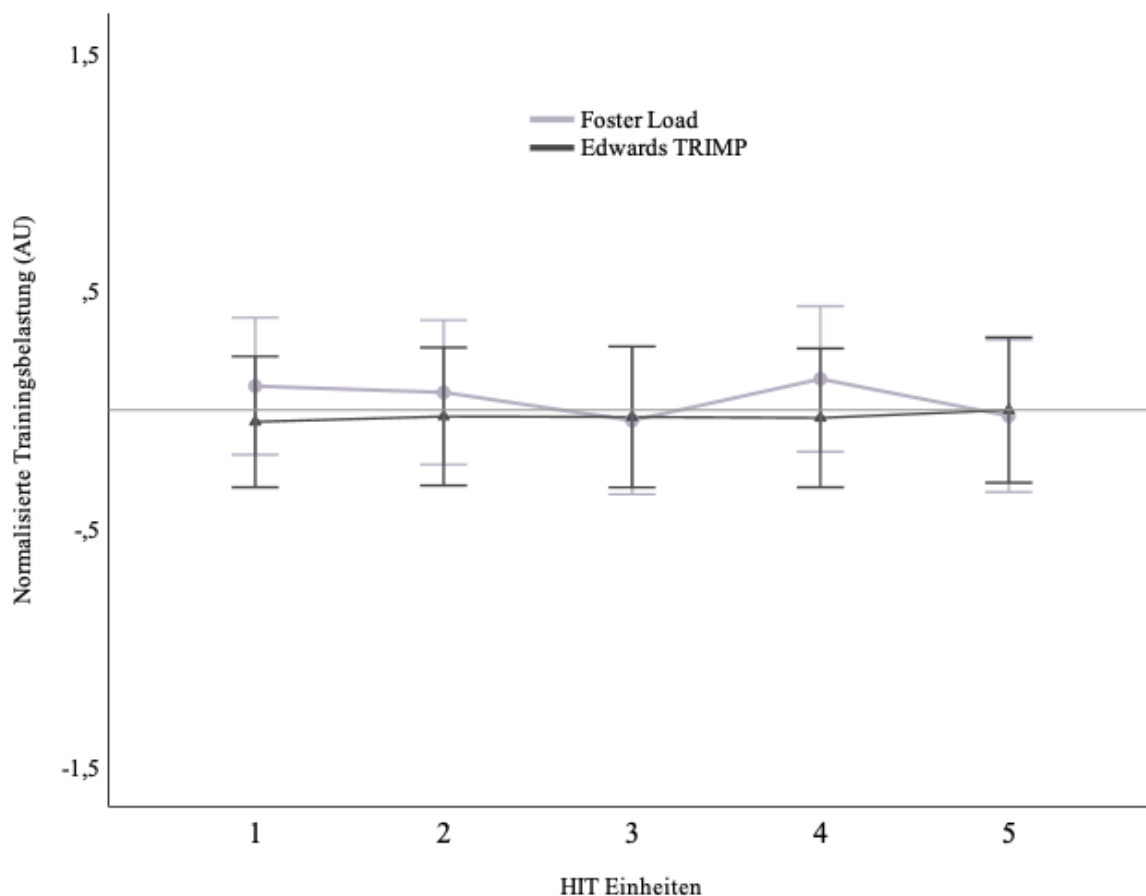
Die Messungen der RHF wurden am zweiten Camptag gestartet, da die Probanden am ersten Tag noch instruiert werden mussten. Die absoluten Tagesmittelwerte werden in der Tabelle 5 dargestellt. Die RHF ist als Durchschnitt von 5 min Messung im Liegen, direkt nach dem Erwachen in Ruhe dargestellt.

Da der Mauchly's Test auf Sphärizität auf eine Verletzung der rANOVA Voraussetzungen hindeutete ($p < 0.001$), wurde für die Analyse der Mittelwerts-Differenzen zwischen Foster Load und Edwards TRIMP eine Greenhouse-Geisser Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen. Die rANOVA mit Messwiederholung mit Greenhouse-Geisser-Korrektur zeigte eine statistisch signifikante Interaktion ($F(2.15, 51.53) = 40.97, p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.63$, $n = 25$). Der Unterschied wurde zu 63 % durch die Art des Monitorings bestimmt. Das partielle $\eta^2 = 0.63$ zeigt einen starken Effekt. Die durchschnittliche Belastungszeit über die Campwoche der Athletinnen und Athleten betrug beim Foster Load 105.5 ± 56.7 und beim Edwards TRIMP 97.7 ± 60.0 Minuten. Tabelle 5 widerspiegelt die Resultate des Post-Hoc-Tests und die absoluten Werte der Belastungsparameter. Bei der Überprüfung der HIT-Einheiten zeigte sich lediglich beim ersten und vierten Training eine Normalverteilung ($p = 0.02$ und $p < 0.001$). Die anderen Trainings wiesen keine Normalverteilung auf ($p > 0.05$). Mauchly's Test auf Sphärizität fiel nicht signifikant aus ($p = 0.19$). Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Load-Methoden und den HIT-Einheiten. Eine rANOVA mit Messwiederholung zeigt, dass die durchschnittliche Performanz statistisch nicht signifikant ist ($F(4,336) = 0.23, p$

= 0,92, partielles $\eta^2 = 0,003$). In Abbildung 2 wird ersichtlich, wie sich die fünf verschiedenen HIT-Einheiten mittels Foster Load und Edwards TRIMP verhalten. Zudem werden in Tabelle 6 die Mittelwerts-Differenzen von Foster Load zu Edwards TRIMP in Bezug zu den HIT-Einheiten dargestellt. In Abbildung 3 wird der EBF-Verlauf vor, während und nach dem Camp dargestellt. In Abbildung 4 zu sehen ist der Verlauf der normierten Daten von der RHF und des EBFs während des Trainingscamps.

Abbildung 2

Unterschied zwischen normiertem Foster Load und Edwards TRIMP in Bezug auf die HIT-Einheiten



Anmerkung. Zu sehen sind normierten Mittelwerte. Daten als Mittelwert \pm Standardabweichung. Edwards TRIMP = Edwards Training Impulse, HIT = High-Intensity-Training. HIT 1 = Ski Gang HFmax Test. HIT 2 = Unihockey 5 x 8' / 8' Pause. HIT 3 = Ski Gang 4' Int. 4 / 4' Pause 3 x 10' (30"/15") / 4' Pause. HIT 4 = Kleebo Sprint 8 x 2'. HIT 5 = Rollski Skating 5 (4) x 6-8' Start alle 10".

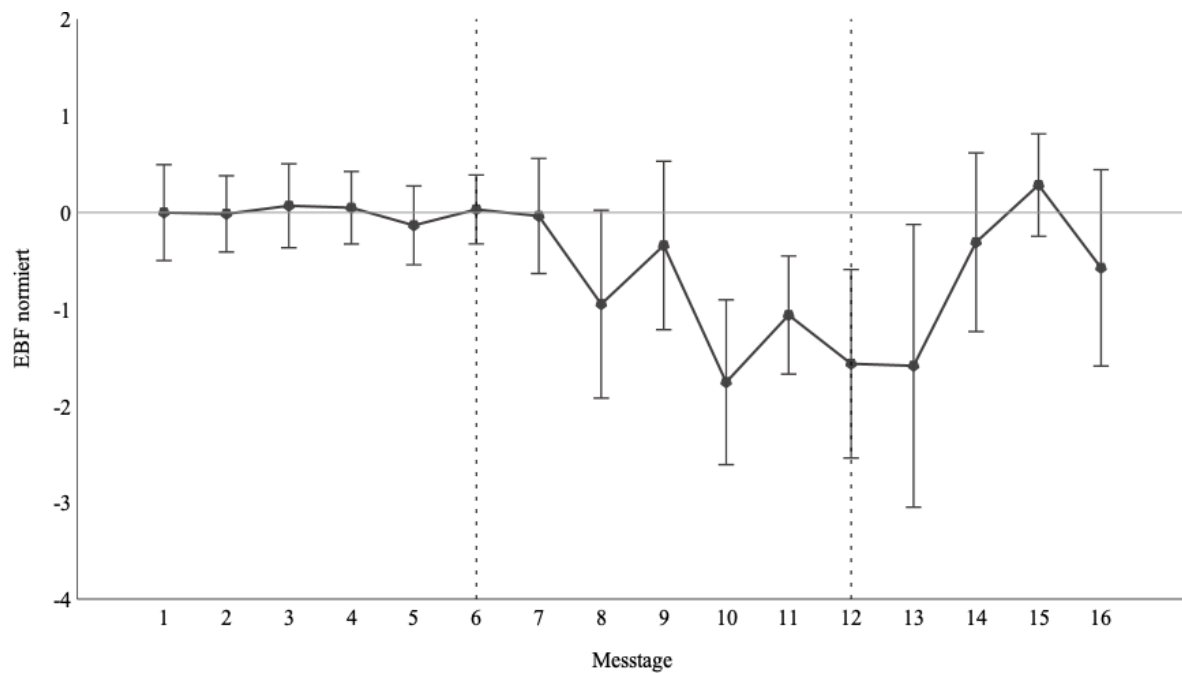
Tabelle 6*Unterschiede der normierten HIT-Einheiten zwischen Foster Load und Edwards TRIMP*

Loadform MD	HIT-Einheiten				
	1	2	3	4	5
F-Load / ETRIMP	0.15	0.10	-0.02	0.16	-0.03
<i>p</i> -Wert	0.46	0.63	0.95	0.44	0.91

Anmerkung. Das Signifikanzniveau liegt bei $p \leq 0.05$. Foster Load ($n = 41$), Edwards TRIMP ($n = 45$). F-Load = Foster Load, ETRIMP = Edwards Training Impulse. MD = Mittelwerts-Differenz, Sig. Niveau = Signifikanzniveau, HIT = High-Intensity-Training. HIT 1 = Ski Gang HFmax Test. HIT 2 = Unihockey 5 x 8' / 8' Pause. HIT 3 = Ski Gang 4' Int. 4 / 4' Pause 3 x 10' (30"/15") / 4' Pause. HIT 4 = Klaebo Sprint 8 x 2'. HIT 5 = Rollski Skating 5 (4) x 6-8' Start alle 10".

Abbildung 3

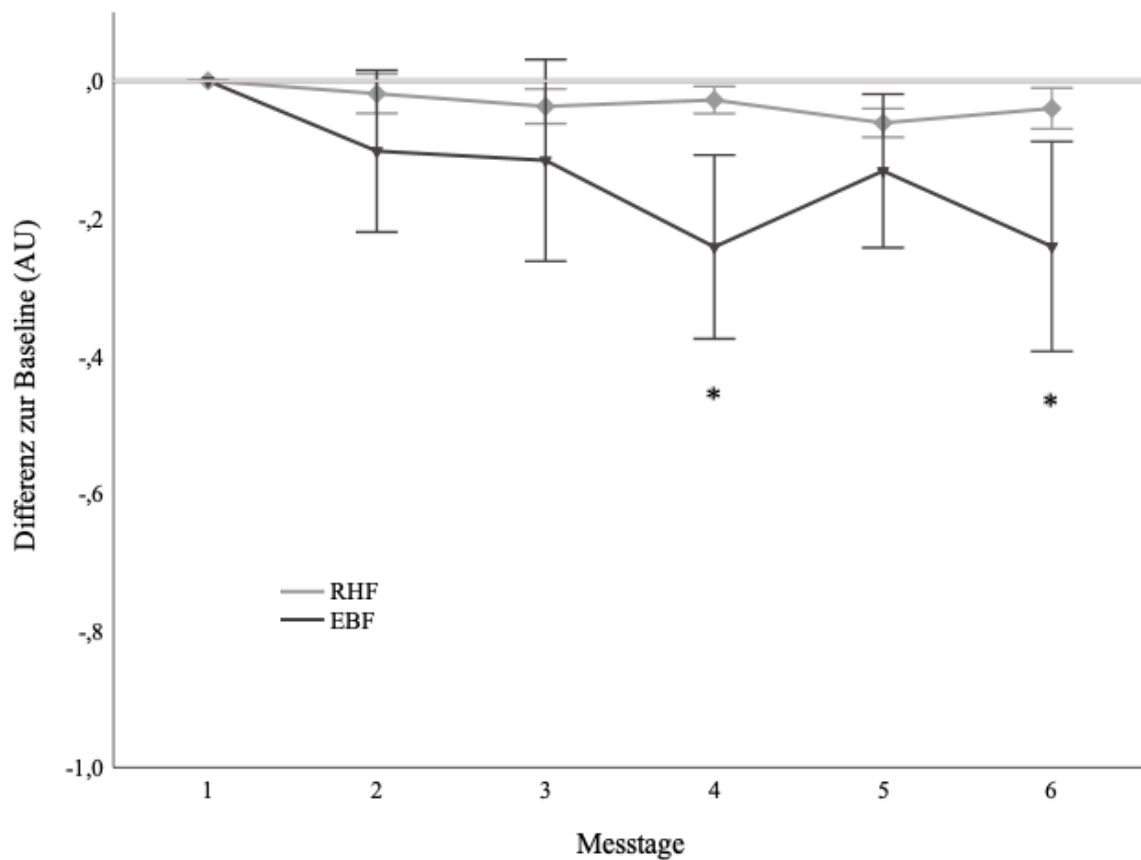
Normierter EBF-Verlauf über die ganze Messdauer



Anmerkung. Diese Abbildung zeigt den EBF-Verlauf zwei Wochen vor und zwei Wochen nach dem Camp. Die beiden vertikalen Linien markieren den Start und das Ende des Camps. EBF = Erholungs-Belastungs-Fragebogen.

Abbildung 4

Normierter Verlauf der Beanspruchung mittels RHF und EBF zum Baseline-Wert



Anmerkung. Die Abbildung zeigt den RHF und EBF Verlauf der normierten Werte zum zweiten Campstag ($n = 26$). Der zweite Messtag diente als Baseline-Wert. Daten als Mittelwert \pm Standardabweichung. RHF = Ruhe-Herz-Frequenz, EBF = Erholungs-Belastungs-Fragebogen, AU = Arbitrary Units.

Ein Post-hoc-Test wurde durchgeführt und zeigt in Abbildung 4, dass die Tage zwei, drei und fünf sich nicht signifikant unterscheiden, während die Tage vier und sechs einen signifikanten Unterschied aufweisen. RHF und EBF weisen beide eine negative Tendenz auf. Im Verlaufe des Trainingscamps nahmen die durchschnittliche RHF- und EBF-Werte ab. Der Test auf Sphärizität der RHF und EBF Daten während dem Camp war nicht signifikant ($p = 0.108$). Somit wurde keine Korrektur der Daten notwendig. Eine rANOVA mit Messwiederholung zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied ($F(4, 100) = 3.53, p < 0.01$, partielles $\eta^2 = 0.12, n = 26$). Das partielle $\eta^2 = 0.12$ zeigt einen mittleren Effekt.

5 Diskussion

Ziel dieser Masterarbeit ist es, den Unterschied zwischen subjektiv und objektiv erfasster Trainingsbelastung bei jugendlichen Skilangläuferinnen und Skilangläufern während eines siebentägigen Trainingscamps zu analysieren. Die Belastungsverläufe von Edwards TRIMP und Forster Load verliefen während des Camps ähnlich, jedoch konnte ein signifikanter Unterschied an einzelnen Trainingstagen festgestellt werden. Die Erholungsverläufe vom EBF und RHF hatten beide einen negativen Verlauf während des Camps, ein signifikanter Unterschied einzelner Trainingstage der beiden Faktoren war ersichtlich.

5.1 Entwicklung der täglichen Trainingsbelastung

Die Entwicklung der täglichen Trainingsbelastung mittels Edwards TRIMP hatte sich während des siebentägigen Trainingscamps im Schweizer Nachwuchs-Langlaufkader ähnlich zum Foster Load verhalten. Abbildung 1 zeigte am ersten Tag des Camps, dass beide Loads eine geringe Trainingsbelastung, im Vergleich zu den anderen Tagen, aufwiesen. Dies ist wahrscheinlich auf einen bewusst niedrig gewählten Trainingsumfang zum Start des Camps zurückzuführen. Mit drei Trainingseinheiten am zweiten Tag steigen beide Parameter an. Wobei an diesem Tag keine HIT-Einheiten stattfanden.

Bis zum dritten Messtag wies der normierte Foster Load einen geringeren Load auf als der normierte Edwards TRIMP. Eine mögliche Ursache dafür kann die Akkumulierung der subjektiv empfundenen Ermüdung gewesen sein. An diesem Tag fand am Vormittag ein spezifisches HIT-Training statt. Am vierten Tag, an welchem grundsätzlich nur Mustertrainings durchgeführt wurden, wies der Foster Load durchschnittlich einen höheren Load auf im Vergleich zum Edwards TRIMP. Am fünften Tag mit einer HIT-Einheit am Vormittag konnte eine noch stärkere Dissoziation zwischen der subjektiven und objektiven Erfassungsmethode betrachtet werden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass subjektive Belastungsempfinden bei Sprint-ähnlichen Trainings- und Wettkampfformen im Vergleich höher ausfallen als die gemessenen Herzkreislaufbelastungen. Des Weiteren werden wahrscheinlich die Kraft- und Rumpftrainings vom Edwards TRIMP ungenügend berücksichtigt. Anhand diesen Betrachtungen können die Aussagen von Foster et al. (2001) und Impellizzeri et al. (2019) über die Schwächen von Edwards TRIMP bei Krafttrainings und plyometrischen Übungen in Erwägung gezogen werden. Auch könnte eine über die Trainingstage akkumulierte Ermüdung, welche die Trainingseinheiten intensiver wahrnehmen lässt, eine mögliche Ursache gewesen sein, welche ebenso beim Verlauf des EBF zu beobachten

war. Kellmann et al. (2016) bekräftigten diese Annahme durch die Aussage, dass bei intensiven Trainingsphasen die Wahrscheinlichkeit von auftretenden Symptomen wie Lethargie, Aktivierungsmangel oder negative Gedanken erhöht ist. Diese Symptome können wiederum das subjektive Monitoring beeinflussen. Am Tag sechs wurde eine Tagestour bestritten, auf der die Athletinnen und Athleten den ganzen Tag in verschiedenen Disziplinen unterwegs waren. Höchstwerte der beiden Loads wurden erreicht. Dieser Tag bestand lediglich aus Ausdauereinheiten. Hierzu kann angenommen werden, dass kontinuierliche, niedrig-intensive Belastungen gut mittels HF erfasst und beurteilt werden können. Am Tag sieben war optimal zu sehen, dass sich die Loads nicht voneinander unterschieden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass an diesem Tag nur eine HIT-Einheit am Morgen stattfand und das Monitoring unmittelbar nach dem Training erhoben wurde.

Generell lässt sich kein eindeutiges Muster hinsichtlich des Verhältnisses der normierten Foster Load- und Edwards TRIMP-Verläufe feststellen. Jedoch scheint es so, dass entweder der Foster Load die längeren niedrig-intensiven Trainingseinheiten eher unterschätzt oder der Edwards TRIMP dieselben Einheiten überschätzt. Gut zu betrachten war dies am Tag zwei und sechs der Campwoche. Anhand der Abbildung 1 lässt sich nicht sagen, ob oder wie ein Krafttraining, eine HIT-Einheit oder unspezifisches Mustertraining Einfluss auf die Loads hatten. Somit kann die Aussage von Borresen und Lambert (2008b) bezüglich der Überschätzung des Edwards TRIMP von HIT-Einheiten im Vergleich zum Foster Load nicht anhand dieser Auswertungen bestätigt oder verworfen werden. Dies aus dem Grund, da an den Tagen an welchen HIT-Einheiten stattgefunden haben, kein konstanter Unterschied der beiden Loads zu erkennen war. Es könnte also sein, dass die Differenzen zwischen Foster Load und Edwards TRIMP primär auf die unterschiedlichen Trainingsinhalte zurückzuführen sind.

Des Weiteren kann spekuliert werden, dass die Aussage von Impellizzeri et al. (2019) bezüglich der Untauglichkeit von Edwards TRIMP für das Monitoren von Krafttraining bestätigt werden. Dies, weil die inkludierten Krafteinheiten in den Mustertrainings an den Tagen eins bis fünf keinen markanten Unterschied im Verlauf erkennen liessen. Daneben erwähnte Foster et al. (2001) einen unverhältnismässigen Anstieg der HF während des Krafttrainings und plyometrischen Übungen, wofür die Daten für die Berechnung des Edwards TRIMP nicht geeignet seien. Ebenfalls konnte diese Prämisse nicht bestätigt werden, da kein unverhältnismässiger Anstieg des Edwards TRIMPs zu begutachten war. Was allerdings wiederum zusammenhängen kann mit den unterschiedlichen Workshop-Trainings der einzelnen Gruppen. Und mit der Differenz der Anzahl Probanden zwischen den beiden Loads bei der Testauswertung.

5.2 Relativer Unterschied der durchschnittlichen Trainingsbelastung

Die objektiv und subjektiv gemessenen Belastungsverläufe unterschieden sich, relativ zur durchschnittlichen Trainingsbelastung, stark voneinander. Die beiden Parameter wiesen verschieden grosse Unterschiede auf, mit Ausnahme des siebten Tages, dementsprechend bestand keine Regelmässigkeit der Daten. Dies könnte bedeuten, dass der Edwards TRIMP nicht den Foster Load ersetzen kann und auch nicht umgekehrt. Ferner kann die Einteilung in die drei verschiedenen Gruppen einen Einfluss auf die Loads gehabt haben.

In Tabelle 5 ist zu sehen, dass umso höher der TL der verschiedenen Parameter ist, desto grösser auch die Standardabweichung. Dies ist eventuell erklärbar dadurch, dass umso mehr Trainingseinheiten am Tag absolviert wurden, desto fehleranfälliger wurden die Angaben der Athletinnen und Athleten. Wenn man die durchschnittliche Zeit der Loads über das ganze Camp betrachtet, war lediglich ein Unterschied von 7.8 min zu sehen. Demzufolge könnte der Unterschied zwischen der individuell von den Athletinnen und Athleten angegebenen, zu den mittels Uhr erhobenen Zeiten, kein grosser Beitrag zum Unterschied vom Foster Load zum Edwards TRIMP beigetragen haben. Zudem muss erwähnt werden, dass die Messqualität der HF-Aufzeichnungen aufgrund des Equipments nicht optimal ausfiel und daher einige Lücken der HF-Daten hingenommen werden mussten. Die Fehlerquote der fehlenden Daten beim Edwards TRIMP lag bei 11.7 % und beim Foster Load bei 9.4 %. Dies könnte unter anderem Einfluss auf den Load im Generellen gehabt haben. Anhand dieser Zahlen könnte die Verlässlichkeit zwischen den beiden Loads verglichen werden und zugunsten des Foster Loads tendiert werden. Diese Fehlerquote könnte auch einen Einfluss auf die Datenauswertung gehabt haben. Borresen und Lambert (2008b) warnten vor dem Nicht-Kalkulieren der Zeit unter 50 % der HFmax vom Edwards TRIMP. Beim Foster Load wird diese Zeit miteinberechnet, was wiederum zu einem Unterschied des Volumens des Loads führen kann.

Erstaunlicherweise ist in Abbildung 2 und Tabelle 6 zu sehen, dass sich der Foster Load in den HIT-Einheiten nicht signifikant vom Edwards TRIMP unterschied. Jedoch wies das partielle η^2 lediglich einen Wert von $\eta^2 = 0,003$ auf, was nur einen sehr kleinen Effekt bedeutete. Dies lässt vermuten, dass die Mustereinheiten einen wesentlichen Beitrag zum Unterschied der beiden Loads beigesteuert haben. In Abbildung 2 ist eher eine Unterbewertung der HIT-Einheiten im Vergleich zum Foster Load zu erkennen. Zudem erwähnten Foster et al. (2017) und Haddad et al. (2017) eine starke Korrelation des Foster Loads mit der % HFmax und dem VO2max. Dies könnte bedeuten, dass der Foster Load ein genauerer Parameter zur Messung von HIT-Einheiten ist, was die Aussage von Borresen und Lambert (2008b) wiederum bestärkt.

Aufgrund all dieser Auswertungen könnte spekuliert werden, dass der Foster Load dem Edwards TRIMP vorzuziehen ist. Dies aus den Gründen, da der Foster Load einfacher zu erheben war, in verschiedenen Sportarten anzuwenden und nicht auf ein externes Gerät angewiesen ist. Auf der anderen Seite ist der Edwards TRIMP bei manueller Auswertung mit der gewünschten Quantifizierungsmethode aufwendig auszuwerten und höhere Ausfälle der Daten zu verzeichnen waren.

5.3 Entwicklung subjektives und objektives Erholungs-Belastungs-Empfinden

Beide Parameter hatten eine eher negative Tendenz im Verlauf des Trainingscamps, wie aus der Abbildung 4 zu entnehmen ist. Zu sehen ist, dass sich der EBF an den Tagen zwei und drei ähnlich wie die RHF verhielt. Jedoch ist vom Tag vier bis sechs ein differenziertes Verhaltensmuster zwischen den beiden Parametern zu erkennen. Der EBF zeigte eine grössere Reaktion im Vergleich zur RHF. Wobei zu beachten ist, dass die Standardabweichung beim EBF deutlich grösser war als bei der RHF. Dessen ungeachtet ist dieser Vergleich mit Vorsicht zu interpretieren, da die Variabilität der absoluten Werte beim EBF deutlich höher ausfällt als bei der RHF. Durch die Normierung der Daten fiel die Variation der beiden Parameter kleiner aus, was einen direkten Vergleich erschwerte.

Zu berücksichtigen ist, dass die Messungen für diese Parameter immer jeweils am Morgen stattgefunden haben. Das heisst, dass man den Verlauf nicht kritiklos mit den täglichen Beanspruchungsverläufe interpretieren darf. Ebenfalls ist zu erwähnen, dass nicht kontrolliert werden konnte, ob die Athletinnen und Athleten den EBF immer morgens vor dem Frühstück ausfüllten. Falls sie ihn erst am Abend ausfüllten, könnte dies natürlich erheblich die Daten beeinflusst haben. Bei der Erhebung der RHF konnte nicht kontrolliert werden, ob bei der fünfminütigen Messung am Morgen flach im Bett gelegen wurde, was Meyer et al. (2016) empfahl. Herumlaufen, sprechen oder sonstige Aktivitäten während der Aufzeichnung könnten die Daten erheblich beeinflusst haben.

Das Sinken des EBF am ersten Tag nach der Baseline ist wahrscheinlich auf den TL des zweiten Camptages, welcher eher höher ausfiel, zurückzuführen. Erstaunlich ist der Unterschied zwischen dem zweiten und dritten Messtag. Da am dritten Camptag auch eher ein intensiveren Trainingstag geplant war. Diesen nahmen die Athletinnen und Athleten aber ähnlich wahr wie die Einheiten am zweiten Camptag, bei welchem weniger Load geplant war. Der tiefste Wert am vierten Messtag könnte einen Zusammenhang mit der generellen Müdigkeit, gestresstem oder energetisch angeschlagenen Empfinden der Athletinnen und Athleten gehabt haben.

Dass sich die Werte am fünften Tag wieder etwas erholt haben, ist jedoch eher erstaunlich. Die Intensität der Trainingseinheiten waren am fünften Camptag eher hoch. Zudem fand eine HIT-Einheit am Morgen statt. Dies war eventuell erklärbar durch das schöne Wetter und die wärmeren Temperaturen, welches an diesem Tag vorherrschten. Oder auch, dass die Athletinnen und Athleten bereits das Ende der Woche in Sicht hatten und somit die Ziellinie vor Augen führten. Dies könnte bedeuten, dass externe Faktoren durchaus einen Einfluss auf den EBF haben können und diese somit in der Interpretation der Daten zu berücksichtigen wären.

Der tiefste Wert, welcher an der sechsten Messung erhoben wurde, lässt vermuten, dass die Tagestour als sehr anstrengend und intensiv empfunden wurde. Klar ist auch zu sehen, dass am sechsten Camptag der höchste TL der ganzen Woche gemessen wurde. Dies wiederum kann zur Erklärung des tiefen EBF Wertes am sechsten Messtag beitragen haben. Die Standardabweichung beim EBF war an jedem Tag ziemlich gross. Dies lässt vermuten, dass das Alter, welches sich unter anderem bis zu zwei Jahre zwischen den Athletinnen und Athleten unterschied, eine erhebliche Rolle bei der Wahrnehmung der subjektiven Beanspruchung und Erholung beiführte. Ein weiterer Einfluss könnte der unterschiedliche Leistungsstand gehabt haben.

Die RHF hatte während der Campwoche einen geringeren Ausschlag als der EBF. Grundsätzlich scheint es so, dass die RHF, während einer intensiven Campwoche um einige Herzschläge abfällt. Somit können die Aussagen von Israel (1982), Kindermann (1986) und Vogel et al. (2001) bestätigt werden. Dies lässt vermuten, dass der Ermüdungsgrad der Athletinnen und Athleten einen Einfluss auf die RHF haben könnte. Demzufolge kann es sein, dass eine leicht erhöhte parasympathische kardiale Aktivität durch die Trainingswoche ausgelöst wurde und sich in der RHF widerspiegelte. Nach Buchheit et al. (2007) und Meyer et al. (2016) ist bekannt, dass die HF-Informationen über das autonome Nervensystem liefert und durch den Sympathikus und Parasympathikus beeinflusst wird.

Keine klare Tendenz konnte in Bezug auf die zwei Quantifizierungsmethoden (Foster Load und Edwards TRIMP) der einzelnen Tage festgestellt werden. Bei den Messpunkten zwei, drei und fünf, welche jeweils tiefer als der Mittelwert vom Vortag lagen, ging ein relativ intensiver Tag mit höherem Load voraus. Jedoch war bei Messtag vier und sechs zu sehen, dass diese höher lagen als die vom Vortag. Trotzdem wurden auch hier an den vorgängigen Tagen höheren Loads durchgeführt. Dies könnte bedeuten, dass die kardiale Aktivität nicht durch die RHF beantwortet ist. Jedoch erwähnte Meyer et al. (2016) eine zurückhaltende Interpretation der Werte, wenn die täglichen Unterschiede unter $5-7 \text{ S min}^{-1}$ liegen. Da die tägliche Veränderung

der RHF während der Campwoche zwischen 0 und 3 Schläge lag, welche in Tabelle 5 abgebildet werden, sind die Resultate mit Vorsicht zu betrachten.

Die Studie von Vogel et al. (2001) sagt aus, dass die RHF durchaus als Prädiktor der Ermüdung funktionieren kann, jedoch bevorzugt mit einer individuellen Baseline. Daraus könnte interpretiert werden, dass die RHF zur Überwachung der Ermüdung geeignet ist, jedoch nicht anhand von einem durchschnittlichen Tagesmittelwerte einer ganzen Gruppe. Um die Ermüdung einer ganzen Gruppe aufzuzeichnen könnten sich weiterführende Monitoringtools einsetzen lassen, welche das TM vereinfachen. Weitere Recherchen im Bereich von Herzratenvariabilität, Applikationen, Uhren oder Software müssten gemacht werden.

5.4 Unterschied von objektiven zu subjektiven Erholungs-Beanspruchungsparametern relativ zum Baseline-Wert

Die Entwicklungsdynamik von EBF und RHF unterschieden sich signifikant mit einem mittleren Effekt während der Campwoche. In Abbildung 4 ist klar ersichtlich, wie sich die Parameter an den einzelnen Messtagen unterschieden. Deutlich aufgezeigt wird, dass die Tage vier und sechs einen signifikanten Unterschied vorwiesen. Dies könnte mit den tiefen Werten des EBF zusammenhängen, wobei die Erklärung dafür nicht eindeutig ist. Beim Messtag sechs kann die am Vortag durchgeführte lange und intensive Tagestour für den Ausschlag verantwortlich gewesen sein. Zudem ist bekannt, dass das autonome Nervensystem stärker auf Belastungen mit einem hohen Ausdaueranteil reagiert (Borresen & Lambert, 2008a). Zu sehen ist, dass die RHF beim Messtag sechs im Vergleich zum fünften Tag ansteigt, was mit einer Reaktion des parasympathischen Systems erklärbar sein könnte. Keine klare Aussage kann bezüglich der Abnahme der RHF nach optimalem Training gemacht werden (Vogel et al., 2001).

Dessen ungeachtet hatten auch die Messtage zwei, drei und fünf einen vorgängig hohen Load vorzuweisen. Des Weiteren unterscheiden sich diese Tage nicht signifikant voneinander und bewegen sich in einer ähnlichen Mittelwerts-Differenz zueinander. Da ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Faktoren bestand, könnte die Annahme getroffen werden, dass sich der RHF nicht durch den EBF oder umgekehrt ersetzen lassen würde.

5.5 Limitationen

Verschiedene Limitationen kamen in dieser Arbeit zum Vorschein. Zu erwähnen ist, dass nicht kontrolliert werden konnte, wann die Athletinnen und Athleten die Messung des Edwards

TRIMP im Training starteten und beendeten. Zudem konnte nicht für alle Messungen kontrolliert werden, wann der Foster Load ausgefüllt wurde und ob die passende Trainingszeit für die jeweiligen Einheiten angegeben wurde. Diese Tatsachen könnten den Load erheblich beeinflusst haben. Eine Schwäche dieser Arbeit ist die Einteilung der Athletinnen und Athleten in drei verschiedene Gruppen mit täglich unterschiedlichen Trainings. Da für die Gruppen unterschiedliche Trainingsplanungen galten, wurde der Vergleich der Beanspruchung mittels Edwards TRIMP und Foster Load schwierig, was die Resultate beeinflusst haben könnte. Um einen aussagekräftigeren Vergleich zwischen dem EBF und der RHF vornehmen zu können, hätte sich eine Erhebung der RHF Daten bereits vor und nach dem Camp empfohlen. Somit hätte man eine genauere Baseline, um den Unterschied zu untersuchen. Dies erwähnten auch Vogel et al. (2001) in ihrer Arbeit. Mittels einer Messung der Erholung anhand einer Gruppe liessen sich keine individualisierten Interpretationen schliessen. Meeusen et al. (2013) empfehlen eine individualisierte Interpretation, um das Training optimal zu steuern. Dies Aussage unterstützen auch (Raglin & Wilson, 2000).

Eine weitere Schwäche waren die Mustertrainings, welche nicht trainingsspezifisch einzuordnen waren und somit einen Vergleich erschwerten. Eine genauere Polarisierung und Definierung der Trainingseinheiten wären von Vorteil. Dazu kommt der Prozess der Normalisierung der Daten für den Vergleich der Load und Erholungs-Belastungs-Parameter. Die unterschiedliche Skalierung der Parameter erschwerten einen direkten Vergleich, was zu Anpassungen der Daten führte.

5.6 Bedeutung für die Praxis

Um das Training proaktiv zu steuern und nicht reaktiv zu handeln, sollte die Trainerin und der Trainer wissen, wie das geplante Trainingsvolumen bei der Athletin und dem Athleten wahrgenommen wird (Akubat & Van Winckel, 2014). Da eine individuell basierte Lösung für den Trainingsalltag zu empfehlen ist (Haddad et al., 2017) eignet sich der Foster Load eher gegenüber dem Edwards TRIMP. Dies mit der Begründung, dass eine einheitliche Trainingsaufzeichnung sehr schwierig umzusetzen ist und somit grosse individuelle Unterschiede beim Edwards TRIMP entstehen können. Ein aktuelles Beispiel dafür könnten die Performance Management-Tools der Uhrenhersteller sein.

Da sich der Edwards TRIMP zum Foster Load in der vorliegenden Studie unterscheidet, empfiehlt es sich nicht den einen für den anderen zu ersetzen. Falls mit Minimalaufwand ein effektives TM durchgeführt werden soll, eignet sich der Foster Load besser, da er ein breites Spektrum an Aktivitäten sowie die Intensitäten abdeckt. Ein weiterer Grund sind die

psychischen Aspekte und soziologische Faktoren, welche der Foster Load miteinbezieht (Kellmann et al., 2016; Morgan, 1973).

Anhand der Resultate der vorliegenden Untersuchungen lassen sich beide Loads für das Monitoren von HIT-Einheiten anwenden, da sie sich nicht unterschieden. Jedoch muss der geringe Effekt beachtet werden und auch die Aussagen von Borresen und Lambert (2008b), zur Überschätzung von hochintensiven Trainings durch den Edwards TRIMP. Ferner auch die Aussage von Foster et al. (2017) sowie Haddad et al. (2017) welche eine Korrelation der % HFmax und dem Foster Load beschrieben.

Grundsätzlich eignet sich der Foster Load anhand der guten Validität und Reliabilität in diversen Sportarten sehr gut für das tägliche TM. Wobei der Edwards TRIMP, als Ergänzung oder beim Bedarf höherer Präzision im Ausdauertraining, einen guten Begleiter für den Foster Load darstellt. Da sich der EBF und die RHF unterscheiden, kann auch hier nicht der eine den anderen ersetzen. Ebenfalls gilt in diesem Fall, das individuelle Monitoring dem kollektiven zu bevorzugen, da eine grosse Streuung der Daten zu beobachten war. Durch eine individuelle Baseline liesse sich die Erholung besser einschätzen und so gezielte Massnahmen für das Training durchführen. Durch den EBF haben die Athletinnen und Athleten die Möglichkeit, soziale oder psychische Probleme anzukünden, auf welche die Trainerin und der Trainer eingehen könnten. Der RHF ist nicht sehr sensitiv, was die Interpretation der täglich erhobenen Daten erschwert (Kellmann, 2000). Beide Parameter sollten über einen längeren Zeitraum erfasst und mit geeigneten Mittelungsverfahren interpretiert werden. Da der EBF im Vergleich zur RHF weniger aufwendig ist und sensiblere Daten liefert, empfiehlt sich die Anwendung des EBF im Trainingsalltag (Saw et al., 2016).

5.7 Ausblick

Ein individueller Vergleich wäre nötig, um genauere Aussagen über den Unterschied von objektiven und subjektiven Belastungsverläufe zu untersuchen. Zudem wäre eine klare Polarisierung der Trainingseinheiten von Vorteil. Ebenfalls sollte eine längere Erhebung für einen individuellen Baseline-Wert erhoben werden, um den Unterschied der Entwicklungsdynamik zwischen dem EBF und der RHF zu untersuchen.

6 Schlussfolgerung

Die Entwicklung der täglichen Trainingsbelastung von Edwards TRIMP und Foster Load verhielt sich ähnlich, jedoch konnte ein signifikanter Unterschied der beiden Loads festgestellt werden. Demzufolge lassen sich die beiden Loads nicht gegenseitig ersetzen. Aufgrund der erhobenen Daten eignet sich der Edwards TRIMP weniger für HIT-Einheiten, Krafttraining oder plyometrische Übungen. Dagegen scheint die Aufnahme von niedrig-intensiven Belastungen mittels Edwards TRIMP genaue Daten zu liefern. Im Schweizer Nachwuchs Langlaufsport kann sich der Foster Load als guter Parameter erweisen, da er reliabel, vielseitig einsetzbar und weniger anfällig auf Diskrepanzen reagiert. Für den Foster Load sowie den Edwards TRIMP gilt eine klare Instruktion der Athletinnen und Athleten beim Erheben der Daten während den Trainingseinheiten. Bei der Datenerhebung sollte darauf geachtet werden, dass eine möglichst klare Differenzierung der Trainingsinhalte besteht. Folglich sollte das TM auf individualisierter Basis durchgeführt werden.

Da sich der RHF und der EBF signifikant unterscheiden, lassen sie sich nicht gegenseitig ersetzen. Durch die sensible Reaktion des EBFs kann eine akkumulierte Ermüdung den subjektiven Parameter beeinflusst haben. Diesbezüglich sollten beeinflussende externe Faktoren bei der Interpretation der Daten beachtet werden. Trotzdem empfiehlt sich der sensitivere EBF für das TM anstatt der RHF. Anhand der Datenlage ist zu erkennen, dass die RHF während einer intensiven Trainingsperiode im Tagesdurchschnitt sinkt. Um eine genaue Interpretation der Daten zu gewährleisten, empfiehlt sich eine Baseline von einer Woche vor dem Camp zu erheben. Zudem ist eine individualisiertes TM von Erholungs-Belastungsparametern sinnvoll. Eine Untersuchung von verschiedenen skalierten Parameter macht einen Vergleich sehr schwierig, deshalb wird empfohlen die vorliegenden Daten nur mit Vorsicht zu interpretieren.

7 Literaturverzeichnis

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(7), 517–538. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Akubat, I., & Van Winckel, J. (2014). Training load monitoring in soccer. In I. Akubat & J. Van Winckel, (Hrsg.), *Fitness in Soccer- The Science and Practical Application* (S. 167–184). Moveo Ergo Sum; Leuven. <https://lirias.kuleuven.be/1687017>
- Armstrong, L. E., & VanHeest, J. L. (2002). The unknown mechanism of the overtraining syndrome: Clues from depression and psychoneuroimmunology. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 32(3), 185–209. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232030-00003>
- Arts, F. J. P., & Kuipers, H. (1994). The Relation Between Power Output, Oxygen Uptake and Heart Rate in Male Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 15(5), 228–231. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021051>
- Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V., & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*, 7(3), 57–61.
- Bergh, U., & Forsberg, A. (1992). Influence of body mass on cross-country ski racing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(9), 1033–1039.
- Birrer, D. (2004). Einsatz psychometrischer Instrumente in der Übertrainingsdiagnostik. *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie»*. 52, 57–61.
- Borg, G. (1970). Physical training. 3. Perceived exertion in physical work. *Lakartidningen*, 67(40), 4548–4557.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008a). Autonomic control of heart rate during and after exercise: Measurements and implications for monitoring training status. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(8), 633–646. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838080-00002>
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008b). Quantifying Training Load: A Comparison of Subjective and Objective Methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 16–30. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.1.16>
- Bouchard, C., Rankinen, T., & Timmons, J. A. (2011). Genomics and Genetics in the Biology of Adaptation to Exercise. In *Comprehensive Physiology* (S. 1603–1648). American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100059>

- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2161–S2170.
<https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: Respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), H451–H458.
<https://doi.org/10.1152/ajpheart.00008.2006>
- Buchheit, M., Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: Postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 293(1), H8–H10. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00335.2007>
- Casutt M. (2015). *Validitätsprüfung eines Kurzfragebogens im Bereich Belastung/Erholung* [Thesis, Magglingen]. Swiss Federal Institute of Sport Magglingen, SFISM
- Cejuela, R., & Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2 (Suppl.)), 218–232.
<https://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.03>
- Coutts, A. J., Wallace, L. K., & Slattery, K. M. (2007). Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28(2), 125–134.
<https://doi.org/10.1055/s-2006-924146>
- Edwards, R. H. (1983). Biochemical bases of fatigue in exercise performance: Catastrophe theory of muscular fatigue. *Biochemistry of exercise*, 13(13), 3–28.
- Edwards, S. (1993). High Performance Training and Racing. *The Heart Rate Monitor Book*. Feet Fleet Press Sacramento, CA.
- Engelbrechtsen, L., Steffen, K., Alonso, J. M., Aubry, M., Dvorak, J., Junge, A., Meeuwisse, W., Mountjoy, M., Renstrom, P., & Wilkinson, M. (2010). Sports injuries and illnesses during the Winter Olympic Games 2010. *British Journal of Sports Medicine*, 44(11), 772–780. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.076992>

- Engler, R. J. M. (2008). Half- vs Full-Dose Trivalent Inactivated Influenza Vaccine (2004-2005): Age, Dose, and Sex Effects on Immune Responses. *Archives of Internal Medicine*, 168(22), 2405. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2008.513>
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164–1168. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>
- Foster, C., Daines, E., Hector, L., Snyder, A. C., & Welsh, R. (1996). Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal*, 95(6), 370–374.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115.
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & de Koning, J. J. (2017). Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-2-S2-8. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0388>
- Foster, C., Snyder, A., & Welsh, R. (1999). Monitoring of Training, Warm Up, and Performance in Athletes. *Overload, Performance Incompetence, and Regeneration in Sport*, 43–51. https://doi.org/10.1007/978-0-585-34048-7_4
- Fry, R. W., Morton, A. R., & Keast, D. (1991). Overtraining in athletes. An update. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 12(1), 32–65. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112010-00004>
- Fuchs, R., & Gerber, M. (Hrsg.). (2018). *Handbuch Stressregulation und Sport*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49322-9>
- Furman, D., Hejblum, B. P., Simon, N., Jojic, V., Dekker, C. L., Thiébaud, R., Tibshirani, R. J., & Davis, M. M. (2014). Systems analysis of sex differences reveals an immunosuppressive role for testosterone in the response to influenza vaccination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(2), 869–874. <https://doi.org/10.1073/pnas.1321060111>
- Gabbett, T. J. (2004). Influence of training and match intensity on injuries in rugby league. *Journal of Sports Sciences*, 22(5), 409–417. <https://doi.org/10.1080/02640410310001641638>
- Gabbett, T. J., Hulin, B. T., Blanch, P., & Whiteley, R. (2016). High training workloads alone do not cause sports injuries: How you get there is the real issue. *British Journal of Sports Medicine*, 50(8), 444–445. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095567>

- Goldsmith, R. L., Bigger, J. T., Bloomfield, D. M., & Steinman, R. C. (1997). Physical fitness as a determinant of vagal modulation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(6), 812–817. <https://doi.org/10.1097/00005768-199706000-00012>
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 612. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00612>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2, S139-147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Halson, S. L., Bridge, M. W., Meeusen, R., Busschaert, B., Gleeson, M., Jones, D. A., & Jeukendrup, A. E. (2002). Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 93(3), 947–956. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01164.2001>
- He, C.-S., Bishop, N. C., Handzlik, M. K., Muhamad, A. S., & Gleeson, M. (2014). Sex differences in upper respiratory symptoms prevalence and oral-respiratory mucosal immunity in endurance athletes. *School of Sport, Exercise and Health Sciences, Loughborough University, and School of Biomedical Sciences, Nottingham University, United Kingdom*, 17. <http://eir-isei.de/2014/eir-2014-008-article.pdf>
- Holmberg, H.-C. (2015). The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(S4), 100–109. <https://doi.org/10.1111/sms.12601>
- Hooper, S. L., Mackinnon, L. T., & Howard, A. (1999). Physiological and psychometric variables for monitoring recovery during tapering for major competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(8), 1205–1210. <https://doi.org/10.1097/00005768-199908000-00019>
- Hooper, S. L., Mackinnon, L. T., Howard, A., Gordon, R. D., & Bachmann, A. W. (1995). Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(1), 106–112.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of Training in Competitive Sports. *Sports Medicine*, 12(3), 161–183. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112030-00003>
- Horvath, S., & Birrer, D. (2021). Monitoring strain and recovery in athletes. Application of a short inventory of perceptual well-being. *Sports & Exercise Medicine Switzerland*.

- <https://doi.org/10.34045/SEMS/2021/15>
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Lawson, D. W., Caputi, P., & Sampson, J. A. (2016). The acute:chronic workload ratio predicts injury: High chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 50(4), 231–236. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094817>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Israel, S. (1982). *Sport und Herzschlagfrequenz*. Barth.
- Jeukendrup, A. E., Hesselink, M. K. C., Snyder, A. C., Kuipers, H., & Keizer, H. A. (1992). Physiological Changes in Male Competitive Cyclists after Two Weeks of Intensified Training. *International Journal of Sports Medicine*, 13(7), 534–541. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021312>
- Karlsson, Ø., Laaksonen, M. S., & McGawley, K. (2021). Training and illness characteristics of cross-country skiers transitioning from junior to senior level. *PLOS ONE*, 16(5), e0250088. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250088>
- Kellmann, M. (2000). Psychologische Methoden der Erholungs-Beanspruchungs-Diagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51(7), 253–258.
- Kellmann, M., Kölling, S., & Pelka, M. (2016). Erholung und Belastung im Leistungssport. In R. Fuchs & M. Gerber (Hrsg.), *Handbuch Stressregulation und Sport* (S. 1–20). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49411-0_21-1
- Kenttä, G., & Hassmén, P. (1998). Overtraining and Recovery. *Sports Medicine*, 26(1), 1–16. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826010-00001>
- Kindermann, W. (1986). Overtraining: Expression of a disturbed autonomic regulation. *Dtsch Z Sportmed*, 37, 238–245.
- Kölling, S., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Kellmann, M. (2019). Modification and Applicability of Questionnaires to Assess the Recovery-Stress State Among Adolescent and Child Athletes. *Frontiers in Physiology*, 10, 1414. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01414>
- Lehmann, M., Baumgartl, P., Wiesenack, C., Seidel, A., Baumann, H., Fischer, S., Spöri, U., Gendrich, G., Kaminski, R., & Keul, J. (1992). Training-overtraining: Influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamines and some metabolic parameters in experienced middle- and long-distance runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational*

- Physiology*, 64(2), 169–177. <https://doi.org/10.1007/BF00717956>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.730061>
- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Paula Simola, R. Á. de. (2016). *Regenerationsmanagement im Spitzensport: REGman - Ergebnisse und Handlungsempfehlungen* (1. Auflage). Sportverlag Strauss.
- Morgan, W. (1973). Psychological factors influencing perceived exertion. *Medicine and Science in Sports*, 5(2), 97–103.
- Morgan, W. P., Brown, D. R., Raglin, J. S., O'Connor, P. J., & Ellickson, K. A. (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sports Medicine*, 21(3), 107–114. <https://doi.org/10.1136/bjsm.21.3.107>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(2), 79–87. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030020-00002>
- Nieman, D. (1994). Exercise, Infection, and Immunity. *International Journal of Sports Medicine*, 15(S 3), S131–S141. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021128>
- Passfield, L., Murias, J. M., Sacchetti, M., & Nicolò, A. (2022). Validity of the Training-Load Concept. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(4), 507–514. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0536>
- Pyne, D. B., & Martin, D. T. (2011). Fatigue—Insights from individual and team sports. *Regulation of Fatigue in Exercise*, 177–186.
- Raglin, J. S., & Wilson, G. S. (2000). Overtraining in athletes. In *Emotions in sport* (S. 191–207). Human Kinetics.
- Sandbakk, Ø., & Holmberg, H.-C. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(8), 1003–1011. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0749>
- Sandercock, G. R. H., Bromley, P. D., & Brodie, D. A. (2005). Effects of exercise on heart rate variability: Inferences from meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(3), 433–439. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000155388.39002.9d>

- Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281–291.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>
- Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: Intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1366–1373. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060f17d>
- Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac Parasympathetic Reactivation Following Exercise: Implications for Training Prescription. *Sports Medicine*, 43(12), 1259–1277. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>
- Stephan, H., & Daniel, B. (2021). Monitoring strain and recovery in athletes. Application of a short inventory of perceptual well-being. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin & Sporttraumatologie*, 69(2).
- Svendsen, I. S., Gleeson, M., Haugen, T. A., & Tønnessen, E. (2015). Effect of an intense period of competition on race performance and self-reported illness in elite cross-country skiers: Illness and performance after Tour de Ski. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(6), 846–853. <https://doi.org/10.1111/sms.12452>
- Svendsen, I. S., Taylor, I. M., Tønnessen, E., Bahr, R., & Gleeson, M. (2016). Training-related and competition-related risk factors for respiratory tract and gastrointestinal infections in elite cross-country skiers. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 809–815. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095398>
- Tanaka, M., Mizuno, K., Tajima, S., Sasabe, T., & Watanabe, Y. (2009). Central nervous system fatigue alters autonomic nerve activity. *Life Sciences*, 84(7–8), 235–239.
<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2008.12.004>
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The Road to Gold: Training and Peaking Characteristics in the Year Prior to a Gold Medal Endurance Performance. *PLOS ONE*, 9(7), e101796.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101796>
- Urhausen, A., Gabriel, H. H., Weiler, B., & Kindermann, W. (1998). Ergometric and psychological findings during overtraining: A long-term follow-up study in endurance athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 19(2), 114–120.
<https://doi.org/10.1055/s-2007-971892>

- Vermeire, K., Ghijs, M., Bourgois, J. G., & Boone, J. (2022). The Fitness–Fatigue Model: What’s in the Numbers? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–4. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0494>
- Vogel, R., Marti, B., Birrer, D., Held, T., Seiler, R., & Hoppeler, H. (2001). Leistungsniveau, Herzfrequenz-Regulation und psychologische Faktoren als potentielle Prädiktoren von «Übertraining» im Ausdauer-sport: Ergebnisse einer Prospektivstudie mit Spitzenathleten. *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 49(4), 163-172.
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 33–38. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874512>
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: Relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 11–20. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2745-1>
- Wenger, H. A., & Bell, G. J. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 3(5), 346–356. <https://doi.org/10.2165/00007256-198603050-00004>
- Wilcox, R. R. (2012). *Introduction to robust estimation and hypothesis testing* (3rd ed). Academic Press.

8 Anhang

Tabelle 10

Detaillierte Wochenplanung der Gruppen 1 und 2

Tagesphase	Wochentage						
	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
Morgen			15' Footing		15' Footing		15' Footing
Vormittag	30' Fusslauf Int. 1/2	Mustertraining «1» 105' Fusslauf 15' Basic Instinct 30' Laufschule 30' Fusslauf flach «Int. 2» 30' Auslaufen	90' Skigang-Intervall Int. 5 Vorbelastung: 4' Int. 4 / 4P 3 x 10' (30"/15") / 4P	Mustertraining «4» 105' Kraftprogramm «Sommerwoche» » 15' Aufwärmen (Laufband) 15' Mobilisation 15' Langhanteltechnik 75' Max-Kraft (6 Übungen)	15' Fuss Amatt-Hospenthal 90' Klaebo-Sprint «Wettkampf» 8 x 2' (Start alle 10') 15' Fuss Hospenthal-Amatt	Tagestour	90' Rollski Skating Int. 5 5 (4) x 6-8' «1 Runde» Start alle 10" Einzelstart
Nachmittag	Skigang Oberalp HF-max Test 5' Int. 3 / 2P 4' Int. 4 / 2P 3' 100% / 2P 2' 100% / 2P 40' Kraft Langhantel / Rumpf	Mustertraining «2» 1.2 120' Rollski Klassisch 30' Basic Instinct (Langhanteltechnik) 90' Rollski Klassisch 60' DS «Rollskibahn» 30' Diagonal «Furka»	Mustertraining «3» 150' Bike Höhenweg «Andermatt - Realp»	Mustertraining «5» 30' Basic Instinct (Beinachse) 90' Rollski Skating Int. 1/2 «Top Speed» Technik / Sprint	Mustertraining «6» 60' Physio 45' Ausgleich	Tagestour	
Abend		40' Spielturnier Vorrunde (5 x 8' / 8P) «Unihockey» (12 Mannschaften)					

Anmerkung. Die Tabelle zeigt die einzelnen Trainings in Minuten vom 2. bis 8.8 mit der jeweiligen Gruppeneinteilung. Skigang = Fusslauf mit Stöcken, P = Pause, Gr. = Gruppe, Int. = Intensität, DS = Diagonal Ski

Tabelle 11*Detaillierte Wochenplanung der Gruppen 3 und 4*

Tagesphase	Wochentage						
	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
Morgen			15' Footing		15' Footing		15' Footing
Vormittag	30' Fusslauf Int. 1/2	Mustertraining «3» 150' Bike Höhenweg «Andermatt - Realp»	90' Skigang- Intervall Int. 5 Vorbelastung: 4' Int. 4 / 4P 3 x 10' (30"/15") / 4P	Mustertraining «6» 60' Physio 45' Ausgleich	15' Fuss Amatt- Hospenthal 90' Klabo- Sprint «Wettkampf» 8 x 2' (Start alle 10') 15' Fuss Hospenthal- Amatt	Tagestour	90' Rollski Skating Int. 5 5 (4) x 6-8' «1 Runde» Start alle 10" Einzelstart
Nachmittag	Skigang Oberalp HF-max Test 5' Int. 3 / 2P 4' Int. 4 / 2P 3' 100% / 2P 2' 100% / 2P 40' Kraft Langhantel / Rumpf	Mustertraining «1» 1.1 105' Fusslauf 15' Basic Instinct (Beinachse) 30' Laufschule 30' Fusslauf flach «Int. 2» 30' Auslaufen	Mustertraining «2» 1.2 Rollski 120' Klassisch 30' Basic Instinct (Langhanteltech nik) 90' Rollski Klassisch 60' DS «Rollskibahn» 30' Diagonal «Furka»	Mustertraining «4» 105' Kraftprogramm «Sommerwoche» 15' Aufwärmen (Laufband) 15' Mobilisation Langhanteltech nik 75' Max-Kraft (6 Übungen)	Mustertraining «5» 30' Basic Instinct (Beinachse) 90' Rollski Skating Int. 1/2 «Top Speed» Technik / Sprint	Tagestour	
Abend		40' Spielturnier Vorrunde (5 x 8' / 8P) «Unihockey» (12 Mannschaften)					

Anmerkung. Die Tabelle zeigt die einzelnen Trainings in Minuten vom 2. bis 8.8. mit der jeweiligen Gruppeneinteilung. Skigang = Fusslauf mit Stöcken, P = Pause, Gr. = Gruppe, Int. = Intensität, DS = Diagonal Ski

Tabelle 12*Detaillierte Wochenplanung der Gruppen 5 und 6*

	Wochentage							
Tagesphase	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	
Morgen			15' Footing		15' Footing		15' Footing	
Vormittag	30' Fusslauf Int. 1/2	Mustertraining «2» 1.2 120' Rollski Klassisch 30' Basic Instinct (Langhanteltechnik) 90' Rollski Klassisch 60' DS «Rollskibahn» 30' Diagonal «Furka»	90' Skigang- Intervall Int. 5 Vorbelastung: 4' Int. 4 / 4P 3 x 10' (30"/15") / 4P	Mustertraining «5» 30' Basic Instinct (Beinachse) 90' Rollski Skating Int. 1/2 «Top Speed» Technik / Sprint	15' Fuss Amatt- Hospenthal 90' Klabo- Sprint «Wettkampf» 8 x 2' (Start alle 10') 15' Fuss Hospenthal- Amatt	Tagestour	90' Rollski Skating Int. 5 5 (4) x 6-8' «1 Runde» Start alle 10" Einzelstart	
	Nachmittag	Skigang Oberalp HF-max Test 5' Int. 3 / 2P 4' Int. 4 / 2P 3' 100% / 2P 2' 100% / 2P 40' Kraft Langhantel / Rumpf	Mustertraining «3» 1.3 150' Bike Höhenweg «Andermatt - Realp»	Mustertraining «1» 105' Fusslauf 15' Basic Instinct (Beinachse) 30' Laufschule 30' Fusslauf flach «Int. 2» 30' Auslaufen	Mustertraining «6» 60' Physio 45' Ausgleich	Mustertraining «4» 105 Kraftprogramm «Sommerwoche » 15' Aufwärmen (Laufband) 15' Mobilisation 15' Langhanteltech nik 75' Max-Kraft (6 Übungen)	Tagestour	
	Abend		40' Spielturnier Vorrunde (5 x 8' / 8P) «Unihockey» (12 Mannschaften)					

Anmerkung. Die Tabelle zeigt die einzelnen Trainings in Minuten vom 2. bis 8.8 mit der jeweiligen Gruppeneinteilung. Skigang = Fusslauf mit Stöcken, P = Pause, Gr. = Gruppe, Int. = Intensität, DS = Diagonal Ski

Tägliche Checkliste

Trainer

Version 1, 19.04.2022

Einführung

In der „Nordic Week“ möchten wir jeden Tag verschiedene Parameter aufzeichnen und messen. Dazu gehören Ruhe-HF, EBF, Foster Load und Aufzeichnung der Trainingseinheiten. Zudem werden die Uhren nach jeder Halbtageseinheit eingesammelt. (Siehe „Trainingsaufzeichnung HF“)

Diese Checkliste dient zur Orientierung eines Tagesablaufes. Bitte versucht täglich folgende Punkte sicherzustellen und die Athleten darauf hinzuweisen.

Fragt die Athleten täglich:

Beim Frühstück:

- Ruhe-HF gemessen?
- EBF ausgefüllt?
- Uhr und Brustgurt dabei?

Vor dem Training:

- Uhr gestartet?

Nach dem Training:

- Uhr gestoppt und Aufzeichnung gespeichert?
- Foster Load via Handy (Link) ausgefüllt?
- Uhr an Elias & Robin abgegeben?

Vielen Dank für eure grosse Unterstützung!

Trainingsaufzeichnung HF

Minivorlage für die Trainer

Version 1, 19.04.2022

Information

Um die objektive Belastung der einzelnen Trainingseinheiten der Athleten aufzuzeichnen, sind wir auf eure Hilfe angewiesen. Unser Ziel ist es die HF während jeder Einheit in der „Nordic Week“ aufzuzeichnen. Diese nützt uns dann, verschiedene „Trainingsloads“ miteinander zu vergleichen. Jedoch ist es sehr wichtig, dass die Aufzeichnungen einheitlich durchgeführt werden. Aus diesem Grund wenden wir uns an euch. Damit ihr nicht alleine an die Aufzeichnung denken müsst, schlagen wir vor, dass ihr in eurer Gruppe jeweils einen „Teamcaptain“ bestimmt, der mit euch die Verantwortung trägt. Dieser soll euch an die Aufzeichnung der Trainings erinnern und euch dabei unterstützen.

Methode

Um eine Vereinheitlichung zu bekommen, bitten wir euch die folgenden Punkte zu respektieren.

- Beachte Instruktionsblatt (Anleitung Garmin Forerunner® 35)
- Die Uhr bereits vor dem Aufwärmen **gemeinsam** starten
- Sicherstellen, dass die Uhr das Signal des Brustgurtes empfängt
- Uhr wenn möglich gemeinsam bei Beendigung des Trainings stoppen

Zeitplan

Die Uhren jeweils nach jeder Einheit an Elias & Robin **abgeben** (Datensicherung):

Sonntag

- Nachmittag zwischen 18:00 und 18:30 Uhr

Montag bis Donnerstag

- Vormittag zwischen 11:00 und 11:30 Uhr und nachmittags zwischen 18:00 bis 18:30 Uhr

Freitag

- Nachmittag zwischen 18:00 und 18:30 Uhr

Samstag

- Vormittag zwischen 11:00 und 11:30 Uhr

Die Uhren werden dann vor den jeweiligen Trainings wieder ausgegeben/abgeholt. Auch hierfür kann man die „Teamcaptains“ verantworten.

Zudem werdet ihr jeweils noch per SMS daran erinnert.

Wir bedanken uns bereits im Voraus für eine gute Zusammenarbeit.

Erfassung der Ruheherzfrequenz

Instruktionsmanual mit Garmin Forerunner 35

v.1.0, ebu, ren, 13.07.2020

Hintergrund

Die Ruheherzfrequenz (HF_{Ruhe}) ist die tiefste Schlagfrequenz deines Herzmuskels in entspanntem Zustand und wird in Schlägen pro Minute gemessen. Deine HF_{Ruhe} ist ein Indikator für den Erholungs-Beanspruchungs-Zustand, sowie der Fitness und kann dir helfen, deine körperliche Reaktion auf die Belastungen in Training und Alltag zu beurteilen. Bei wiederholter Messung kann dir die HF_{Ruhe} dabei helfen, die Trainingsbelastungen optimal auf deine aktuelle Verfassung abzustimmen.

Allgemeine Hinweise

- Die Messung der Ruheherzfrequenz sollte möglichst unter standardisierten Bedingungen, d.h. mit gleichem Vorgehen und zum selben Zeitpunkt, erfasst werden.
- Versuche mögliche Störeinflüsse und Ablenkungen wie Lärm, Alkohol- oder Koffeinkonsum vor und während der Messung zu vermeiden.

Instruktion










Schritt-für-Schritt-Instruktion zur Messung der HF_{Ruhe} mit der Garmin Forerunner 35



Vorbereitung

1. Leg dir Uhr und Brustgurt am Vorabend bereit
2. Nach dem Aufwachen nimmst du deinen Brustgurt mit ins Bad, trinke ein Schluck Wasser und befeuchte die Sensoroberfläche des Brustgurtes
3. Zieh dir den Brustgurt enganlegend an und kontrolliere, dass der Sensor-Chip an beiden Polen angesteckt ist
4. Leg dich aufs Bett und versuch dich für **ca. 1 min** zu entspannen

Messung

1. Schalte die Uhr ein: Drücke 
2. Wähle Aktivitätsprofil: Drücke  , danach  bis das Aktivitätsprofil „Cardio“ erscheint
3. Bestätige mit  und warte bis das Herzsymbol  permanent erscheint
4. **Starte die Messung** mit 
 - a. Lass die Aufzeichnung für **5 min** auf dem Rücken liegend laufen und versuch dabei ruhig zu atmen
 - b. Versuch während der Messung so selten wie möglich auf die Uhr zu schauen
 - c. Versuch dich nicht durch Sprechen abzulenken und leg das Handy weg
5. **Beende die Messung** mit 
6. Drücke anschliessend  bis «Speichern» erscheint, bestätige mit 
7. Geschafft! Nun kannst du frühstücken gehen ☺



Anleitung Garmin Forerunner® 35 und Auswertung mit Shiny-App

Elektroden des Brustgurtes befeuchten und Gurt enganliegend tragen:



Daten aufzeichnen mit Forerunner® 35

1. Einschalten: Drücke ☀
2. Wähle Aktivitätsprofil: Drücke 🏃
3. Aktivitätsprofile durchblättern: Drücke ▼
 - Gehen
 - **Für LL/Ski/SB: Im Freien laufen (mit GPS)** ○
«Course en extérieur»
 - Indoor Lauf (ohne GPS)
 - Radfahren (mit GPS)
 - Cardio (ohne GPS, auch für Indoor Radfahren)
4. Aktivitätsprofil bestätigen: Drücke 🏃
 - Warten bis Herzsymbol **permanent** erscheint ♥
 - mit GPS warten bis Signal gefunden 📶
5. **Bei Lektionsstart:** Aktivität starten: Drücke 🏃
6. Bildschirmanzeige wechseln: Drücke ▼
7. Aktivität beenden: Drücke 🏃
8. **Bei Lektionsende:** Protokoll speichern: Drücke ▼ ; «Speichern», bestätige mit 🏃



Wichtig

- Die Uhr so tragen, dass während der Lektion nichts versehentlich gedrückt wird
 - Handgelenk möglicherweise nicht optimal → Jackentasche

Troubleshooting

- Kein HF-Signal / Pulsgurt nicht gefunden:
 - Sensorenbereich auf Pulsgurt ausreichend befeuchten ○ Bluetooth muss aktiviert sein ○ Falls nötig: HF-Sensor erneut hinzufügen (Einstellungen → Sensoren → Alle löschen (alle trennen? Ja) → Hinzufügen, Gerät nahe an Sensor halten
 - Ansonsten Batterie beim Testleiter wechseln (CR 2032)