

Januar 2018

Nytt *fra* Trenerklubben



Innhold:

Av innholdet:

Marit Bjørgen – gullformelen
Den gode gamle langturen
Formtopping mot OL
Aktuelle utdrag fra
Utviklingstrappa
Motivasjonsfaktorer blant
toppidrettsutøvere



Innholdsfortegnelse

Styre og redaksjon	4
Leder	5
Formtopping, Seminar NM Vang.....	7
Motivasjon og evne for selvregulering gjennom en toppidrettskarriere	16
Det er langturene som er viktigst	24
Gullformelen. Artikkel DN	26
The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier .	30
Sesongaktuelle utdrag fra nye Utviklingstrappa	44

Styre og redaksjon

Styreleder

Øyvind Sandbakk

William Farres veg 2

7022 Trondheim

911 87 691

oyvind.sandbakk@ntnu.no

Styremedlem:

Per Nymoen

Edvard Munchs vei 85

1063 OSLO

91 39 82 00

pernymoen50@gmail.com

Styremedlem:

Kenneth Myhre

Rådyrvegen 20C

7082 Kattem

400 68 067

kenneth.myhre@outlook.com

Styremedlem

Espen Emanuelsen

Hans Aanruds veg 10

7024 Trondheim

907 77 251

espem@trondelagfylke.no

Styremedlem:

Maj Helen Nymoen

Fernanda Nissens veg 33

7046 Trondheim

456 15 663

majny@trondelagfylke.no

Styremedlem/kasserer:

Turid Halvorsen

c/o Norges Skiforbund

0840 OSLO

turid@audiowner.no

Redaktør:

Trykk:

Adresseendringer

Pål Rise

Akilles, Oslo

pal.rise@skiforbundet.no

Trenerklubbens offisielle adresse:c/o Norges Skiforbund Postboks 5000 0840 Oslo,

Tlf.: +47 481 72 128



www.skiforbundet.no

Leder

Kjære langrennsvenner,

Sesongen er godt i gang, og det gjennomføres skirenn over hele Norge. Vi er verdens beste skinasjon, både i topp og bredde, og lever virkelig opp til visjonen om å være en nasjon av «mange, gode og glade skiløpere»! Vinteren er bedre enn på mange år på Østlandet, og det er gode snøforhold i landet forøvrig. Første helg i januar deltok godt over 1000 juniorløpere i Statoil-cup på Beitostølen, og skirennnet pågikk fra grålysningen på morgenen til godt inn i kveldsmørket. Vi i Trenerklubben ønsker å stimulere til at dette eventyret fortsetter, gjennom å formidle kompetanse som gjør at alle som møter opp på skitrening i sine klubber får positive opplevelser og opplever mestring og utvikling. Her er dere som trenere helt sentrale, og i dette arbeidet mener vi prinsippene som er presentert i den nye Utviklingstrappa vil bidra til å heve nivået enda et hakk. Derfor håper vi at denne lå under juletreet til flest mulig av våre trenere. Vi minner om at spesialtilbudet til Trenerklubbens medlemmer fortsatt gjelder for de som enda ikke har skaffet seg boka, og at det er god kvantumsrabatt ved kjøp over 10 bøker.

Fredag arrangerte Trenerklubben sammen med NSF Trenerseminar under NM på Vang. Nesten 40 deltagere hørte Vidar Løfshus, Tor Arne Hetland og Roar Hjelmeset fortelle om den planlagte oppkjøringen mot OL og generelle innspill om formtopping. Vi fikk et lite filtrert og åpent innblikk i trenernes tanker og erfaringer. Tilbakemeldingene så langt er gode. Foilene fra seminaret er trykket i dette nummeret.

Vi trykker også en vitenskapelig artikkel om Marit Bjørgens trening som er publisert i forbindelse med Guro S. Sollis doktorgradsarbeid. Stoffet er også oppsummert i en litt enklere versjon gjengitt som faksimile fra DN.

Ingrid Kristiansen slår et slag for den gode gamle langkjøringsøkten, mens Gro Jordalen tar oss med inn i sin forskning rundt temaet «Motivasjon og evne for selvregulering gjennom en toppidrettskarriere».

God lesing!

Vi ønsker alle et fortsatt godt år med mye snø og flotte skiturer!

Beste hilsen,
Styret i trenerklubben

Velkommen på seminar i Steinkjer under NM junior:



Junior-NM seminar 2018



Tema:

**Nøkkelfaktorer for utvikling av
morgendagens topputøvere**

Foredragsholdere:

**Øyvind Sandbakk
Pål Rise**

Arrangør: Trenerklubben Langrenn
Sted: NM junior Steinkjer
Tid: annonseres senere
GRATIS adgang





The cover features a dark blue background with a stylized mountain range at the bottom. A diagonal red, white, and blue stripe, reminiscent of the Norwegian flag, runs from the bottom right towards the center. Logos for 'EiendomsMegler 1', 'norges skisportforbund LANGRENN', and 'SpareBank 1' are positioned at the top.

EiendomsMegler 1

norges skisportforbund
LANGRENN

SpareBank 1

Formtopping Langrenn, beste praksis

Hamar, 12-1-2017



The slide has a white background with a blue mountain range at the bottom. Logos for 'EiendomsMegler 1', 'norges skisportforbund LANGRENN', and 'SpareBank 1' are at the top.

EiendomsMegler 1

norges skisportforbund
LANGRENN

SpareBank 1

Dagen i dag

- Hva er formtopping?
- Hva sier forskningen?
- Treningsinnhold
- Høyde eller lavland?
- Treneren

2 15.01.2018 Presentasjon text

Formtopping starter i mai

- Legger en plan for sesongen med mål og delmål.
- Når er de ulike treningsfasene med sine elementer.
- «Grunnlaget og gode forberedelser betyr alt»

Hva er formtopping?

- Hva du gjør en i fase på 2 -4 uker før det viktige rennet
- Fysisk, psykisk, teknisk og taktisk
- Oppholder seg på et sted med høy trivsel og svært gode treningsforhold
- Annet: ernæring, høyde? Det hele mennesket og konkurranseplan.
- Solid grunnlag
- Ski, kontroll på utstyret – skape trygghet

Utfordringer

- Hva er viktigst i sesongen? Har du tid til topping av form?
- Tett rennprogram
- 4 -8 uker med formtopping fase uten redusert kapasitet, samt god nok restitusjon.
- Gode treningsperioder i sesong
- Unngå sykdom

Hva sier forskningen?

- I formtoppingsperioden skal belastning reduseres for at utøver får nødvendig overskudd, og oppnår toppform.
Treningsbelastning kan reduseres ved å redusere/ styre:
 - intensitet
 - varighet
 - hyppighet

Treningsvarighet /Volum

- Varighet er den viktigste belastningsfaktoren.
- Internasjonal forskning tilsier 40 -60% reduksjon.
- Erfaring fra Norge gir anbefalt reduksjon på 30 -40%

Treningshyppighet

- Forskning tilsier reduksjon på inntil 20%
- Erfaring fra Norge 0 -10%

Intensitet

- Forskning; intensitet lik eller økes litt.
- Beste praksis med ulike erfaringer. Siste 14 dager med 5- 6 hardøkter, hvor halvparten øktene er halvert i tid med samme intensitet.
- Erfaringer fra Norge:
 - 2-3 intensive økter pr uke.
 - Siste hardøkt dagen før konkurranse, kort.
 - Kortere økter, mer overskudd

Intensiv forts.

- Flere økter på konkurransefart
- Flere økter eller bare lavere intensitet?
- Varighet på økten? Pauser og dragtid. Pauser er normalt lengre inn mot sesong og på vedlikeholdsøkter.
- Styrke mer eksplosivt og fokus på «power». Kortere økter, lengre pauser. Fart i bevegelsene.

Rolig trening

- Hvor rolig?
- Ikke glem den »klassiske« 3 timers turen (NB husk ernæring)
- Rolig trening gir overskudd. Tørre å gå rolig nok. Formen skal ikke testes.
- Plukk ut nøkkeloppgaver hvor spesifikk trening skal prioriteres. Eks: avslutning, staking osv.



Høyde vs hjemme

- Lang norsk tradisjon med høyde.
- Ny generasjon med mindre høyde.
- Effekt på blod (økt HB masse) og fine omgivelser med gode treningsforhold.
- Trene hjemme et trygt alternativ.
- Treningsleireffekten.
- Være tett på utøver



Trening: utfordringer og muligheter

- Når bør hviledager legges inn?
- Hvor bør intensive nøkkeløkter plasseres?

Generelle utfordringer.

- Ta det rolig nok når oppkjøring starter, men behold hyppighet.
- Trygghet i planen, unngå at utøver tester seg.
- Matrutiner / ernæring
- Smittekilder (familie, media, kjøpesentra osv)
- Søvn og hvile

Treneren

- Fasilitator, sette sammen rette støtteapparat.
- »plan the work, work the plan», vær i førersetet.
- Skap trygghet, de gode samtalene
- Norske landslaget; alltid tøff kamp om plassene også for medaljekandidater

Hvorfor lykkes noen?

- Tilfeldigheter?
- Ro i siste forberedelsesfase. Stole på eget opplegg.

- Frode Estil: « æ gikk kanskje ikke mine beste skirenn når æ tok gull i mesterskap. Men æ beholdt roa og gjorde ikke noe spesielt ut av det. Mens enkelte konkurrenter kanskje ble preget av at de nå skulle hente ut det lille ekstra og ble stressa»



17 15.01.2018 Presentasjon text

Hemmeligheten bak enhver suksess er hardt arbeid. Det er derfor det er en hemmelighet for de fleste» - Mark Twain.

Motivasjon og evne for selvregulering gjennom en toppidrettskarriere

[Gro Jordalen, PhD](#)

[Norges idrettshøgskole](#)

Toppidrettsutøvere ser ut til å ha ekstreme egenskaper til å utnytte både motivasjon og evner til å regulere og kontrollere seg selv fullt ut og målrettet. Alt de gjør har et formål; å bli best og prestere maks. Er dette en av årsakene til at de oppnår eksepsjonelle resultater og suksess i idrett?

Jeg har akkurat slått av TV-en. Tour de Ski 2018 er avsluttet og flere norske utøvere har vist enorm styrke, både fysisk og mentalt, i de siste dagenes konkurranser og spesielt i den siste etappen opp slalåmbakken i Val di Fiemme. Heidi Weng og Ingvild Flugstad Østberg har klatret opp bakken til en suveren første- og andreplass, mens Martin Johnsrud Sundby klatret fra sjette- til andreplass. Han sier etter målgang at han er kjempeglad for at han klarte å holde hodet oppe og motivere seg meter for meter. Hvordan klarer utøvere som Weng, Østberg og Sundby å prestere så maksimalt og få ut det beste akkurat når det gjelder som mest? Hvordan kan man forberede seg på å gå i kjelleren på denne måten? Hva er det som motiverer utøverne til å finne fram krefter de kanskje ikke visste de hadde, til å holde fokus, og være årvåkne til minste detalj? Dette er mentale ferdigheter som også må trenes for å fungere optimalt, og akkurat disse ferdighetene er kanskje den største utfordringen for mange utøvere når de møter vintersesongen med både entusiasme, spenning og en glødende forventning.

I august 2017 disputerte jeg ved Norges idrettshøgskole med doktoravhandlingen titulert *Development of excellence in young Norwegian athletes: The interaction between motivation and self-regulation*. I denne avhandlingen var formålet å studere utøveres motivasjon og hvordan de utvikler mentale ferdigheter for å regulere og kontrollere seg selv, fra de starter å drive idrett til de er på toppnivå som eliteutøvere. Disse psykologiske egenskapene ble studert blant unge, lovende utøvere samt utøvere på seniornivå som har tatt medaljer i både VM og OL. Utøverne var i alderen 16 til 34 år, og resultatene reflekterer utøvere på nasjonalt og internasjonalt junior og seniornivå. Mye forskning har sett på motivasjon hos utøvere på både elitenivå og lavere nivå, og det sies at over 32 teorier har sin egen definisjon på motivasjon. Det samme gjelder begrepene selvkontroll og selvregulering, selv om spesielt selvregulering har blitt mest studert innen akademia. Det som ikke har blitt sett like mye på, men som stadig er i fokus innen forskning, er sammenhengen mellom motivasjon og kognitive evner som selvregulering. Det var her doktorgradsprosjektet startet i mars 2013.

Toppidrettsutøveres komplekse motivasjonsprofil

Forskning har vist at mennesket motiveres av både indre og ytre drivkrefter. Indre motivasjon karakteriseres gjerne av at en opplever glede, interesse og tilfredsstillelse i de aktivitetene en driver, mens ytre motivasjon kan karakteriseres av faktorer personen selv har kontroll over (selvbestemte typer motivasjon) samt ytre, mer ukontrollerbare faktorer (kontrollerte typer motivasjon). Førstnevnte kan være at noe føles personlig viktig, at en jobber mot et mål en har

satt seg, eller at en ønsker å oppnå en belønning som føles meningsfull og viktig. Sistnevnte dreier seg ofte om at en motiveres fordi en ønsker å tilfredsstille andre og leve opp til andres forventninger, en handler for å unngå å føle skyld eller skam, eller for å oppnå belønninger en selv ikke har kontroll over, som for eksempel det at en ivrer etter å slå andre, oppnå premiepenger eller ganske enkelt hvordan en styres av trenere og andre i idretten og det å bli tatt ut på et lag. Eldre utøvere kan også oppleve press fra sponsorer og medier.

I ulike kontekster har forskning vist gjentatte ganger at det er den indre, selvbestemte motivasjonen hvor en selv har kontrollen som gir best trivsel, velvære og en positiv utvikling slik at aktiviteten opprettholdes over tid, kanskje livet ut.

- Det som er tydelig er at når barn introduseres for aktivitet og deltakelse i idrett, er de ofte styrt av en egen, indre motivasjon. De vil gjerne delta i idrett fordi de synes det er gøy, de gjør dette sammen med venner og opplever aktivitetene som lek og moro. Vi fant likevel at konkurranseaspektet i idrett kan påvirke motivasjonen til barn før de i det hele tatt blir rangert i konkurranser, dette fordi barna selv sammenligner tidene sine med sine konkurrenters tider, og at de i ung alder rangerer egne og andres prestasjoner. Slik kan barnas indre motivasjon tidlig påvirkes av ytre, kontrollerende og uforutsigbare faktorer, noe som i tillegg kan forsterkes av den kulturen vi opplever i dag hvor barnas aktiviteter og prestasjoner ofte blir lagt ut på sosiale medier og de tidlig opplever å bli eksponert for og påvirket av omverdenens reaksjoner.

Det å bli styrt av ytre krefter som oppleves ukontrollerbare kan føre til at personen over tid vil oppleve negative konsekvenser av å drive en aktivitet. Ett eksempel kan være i situasjoner hvor utøvere utelukkende styres av toppidrettskonteksten, trenere eller støtteapparat i denne eller det å oppnå gode resultater. Dette uten å kjenne glede ved å være aktiv, uten å kjenne etter hvordan kroppen responderer på trening og konkurranse, og uten å restituere både fysisk og mentalt etter de ekstreme anstrengelsene som blir lagt ned.

Interessante funn i flere studier de siste ti årene er da at utøvere på elitenivå ofte karakteriseres av vel så mye ytre drivkrefter som indre, og at det er en helt spesiell og kompleks sammensetning av ulike typer motivasjon en finner hos utøvere som presterer på høyt nivå innen idrett. Som toppidrettsutøver vil det være motiverende og inspirerende både det å oppleve fine treningsøkter hvor kroppen fungerer bra, samt det å hige etter å stå øverst på premiepallen. Dette trenger ikke nødvendigvis virke negativt eller ødeleggende, men det er en risiko også hos toppidrettsutøvere at det å styres av ytre faktorer over tid kan føre til negative konsekvenser som overtrening, utmattelse eller utbrenthet. Dette var også noe vi fant eksempler på i den aktuelle doktorgradsavhandlingen, og det er i disse situasjonene det er viktig å utruste utøvere med evner for selvregulering og selvkontroll.

Utvikling av evne for selvregulering – en kontinuerlig prosess om det å lære å tenke selv

Evner for selvregulering blir gjerne beskrevet på et folkelig språk som det å utvikle evner for å tenke selv, og ikke nødvendigvis følge samme oppskrift som andre utøvere har brukt for å oppnå gode prestasjoner. Dette er kognitive evner som utvikles over tid; å drive kortsiktig og langsiktig planlegging, å vurdere og justere innsatsen over tid og hele tiden overvåke egne prestasjoner og restitusjon, og i tillegg evaluere i etterkant for å tilpasse fremtidige

anstrengelser med tanke på den totalbelastningen en utsettes for, både som idrettsutøver og også som menneske i livet generelt. I selvregulering er det viktig at utøveren klarer å kontrollere seg selv, holde fokus, jobbe med viljestyrken og følge opp det en først planla. Det vil si at en ikke endrer planene på grunn av plutselige fristelser for å gjøre andre ting, som kanskje vil være ødeleggende for fremtidige prestasjoner.

Det å utvikle evner for selvregulering og selvkontroll er en kontinuerlig prosess, og i doktoravhandlingen så vi eksempler på at spesielt det å reflektere og evaluere er noe utøvere, og kanskje mennesker generelt, utvikler senere. Det er lettere å planlegge hvordan en skal gjøre noe, enn å vurdere og evaluere i etterkant hvorfor prestasjonene ble som de ble.

- Utøvere er vel her akkurat som andre mennesker; vi lærer, sakte men sikkert, av våre feil, men trenger av og til å stange hodet i veggen flere ganger før vi evner å ta inn over oss og forstå at noe må endres.

Utøvere vil selvfølgelig oppleve både perioder hvor det går bra og også perioder hvor det ikke går som forventet. Det som er utfordrende med å være toppidrettsutøver eller også utøver på lavere nivåer, er at en ofte kombinerer idrettssatsing med skole eller jobb. Utøvere har også familie og venner, hobbyer og andre ting de ønsker å bruke tid på for at livet skal oppleves meningsfylt. Det avgjørende blir da at de som utøvere evner å tilpasse belastningen innen idrett med andre belastninger i livet, slik at totalbelastningen over tid ikke blir for stor. Det å være selvbevisst her, og kontinuerlig reflektere over og evaluere innsatsen, vil øke utøvers evner til å tilrettelegge for best mulig utvikling over tid. Det å se hvordan andre gjør noe er viktig, men også det å bli bevisst på hva som gir best utvikling for en selv.

- Det handler om å lytte til egen kropp (både fysisk og mentalt) og kjenne etter hvordan kroppen responderer på den totalbelastningen den blir utsatt for. Trenere og andre i teamet rundt utøvere vil videre påvirke hvordan utøvere utvikler evner for selvregulering og selvkontroll, og dette samspillet mellom utøver og trener kan være sårbart. Det er viktig at trenere fungerer som "guider", men at det er utøverne selv som tar ansvar for, kontroll over og tilpasser den totalbelastningen de opplever. Utøvers motivasjon og "drive" kan gjøre at de presser seg for mye, og de trenger ofte hjelp med å tenke langsiktig utvikling. Her kan trenere komme med verdifull erfaring, og hjelpe utøvere til selv å regulere innsatsen de legger ned både i idrett og andre aktiviteter. Slik kan utøvers motivasjon og egen evne for selvregulering sammen føre til positiv utvikling og gode prestasjoner over tid.

Samspillet mellom motivasjon og selvregulering

Det er viktig at trenere og teamet rundt utøvere hjelper utøverne til å tenke selv og få eierskap over sin egen involvering og utvikling i idrett. Forskning innen både motivasjon og selvregulering sier at mennesker vil oppleve en positiv utvikling dersom de trives med og tar del i denne utviklingen, og motsatt, om de styres av andre og ikke regulerer belastningen selv, er de i større fare for å oppleve negative konsekvenser som utmattelse og utbrenthet. Det vil si at å utøve selvkontroll og selvregulering i en aktivitet en synes er morsom og interessant å drive med, heller enn å være styrt av andre eller ytre insentiver, vil virke positivt for egen utvikling. Dersom en er motivert av ytre faktorer vil det å utøve selvkontroll over tid oppleves

mer slitsomt for utøverne. Indre og selvbestemt motivasjonen vil altså være en positiv drivkraft for selvkontrollen, mens en ytre motivasjon kan oppleves kontrollerende, hemme utøveren og slik virke negativt for både selvkontrollen og andre kognitive evner.

Disse resultatene fant vi også i de statistiske analysene i doktoravhandlingen. Unge utøvere besvarte spørreskjemaer som omhandlet motivasjon, selvkontroll og grad av utmattelse gjennom en konkurransesesong. Vi fant at når utøvernes selvkontroll er drevet av ytre typer motivasjon, assosieres dette med høyere risiko for å oppleve utmattelse. Om utøvernes selvkontroll derimot er drevet av en indre mer selvbestemt motivasjon, var dette negativt assosiert med utmattelse. Resultatene tolkes dithen at dess mer ytre styrt dess høyere risiko for å oppleve negativ utvikling over tid. Vi tenker oss av selvkontrollen og evnen til å selvregulere kan sammenlignes med det å være selvbevisst og å lytte til kroppen og de signalene denne gir, og selv tilpasse belastningen, heller enn at en i for stor grad styres av ytre faktorer og det andre mener en burde gjøre. En toppidrettskarriere er slik en "utdanning" i det å balansere belastningen med tanke på faktorer som trening, hvile, ernæring, søvn og mye reising, samt sosiale aktiviteter, skole og/eller jobb.

Det kan også bli for mye selvkontroll, noe som ikke alltid er positivt. I utgangspunktet vil utøveres selvkontroll hjelpe dem å holde fokus og følge de predefinerte og langsiktige planer de har lagt, og i forskning sammenlignes gjerne selvkontroll med funksjonen til en skjelettmuskel. Det er fordi den trenger hvile etter å ha vært i bruk, for senere å fungere optimalt. Dersom utøvere er i en krevende situasjon, og må utøve selvkontroll i flere kontekster og over tid, vil de etterhvert prestere dårligere om de ikke får restituert og tatt seg inn igjen. Det er også viktig å poengtere at når en utøvers selvkontroll og mentale kapasitet blir utfordret gjentatte ganger, blir dette også sammenlignet med hvordan en skjelettmuskel fungerer; den kan bli bedre trent. Det vil si at en blir bedre til å kontrollere seg selv over tid dersom en til stadighet gjør dette, så lenge en også restitueres mentalt i etterkant. Både fysisk og mentalt overskudd er altså helt avgjørende for at utøvere i idrett, og også andre kontekster, skal oppleve en positiv utvikling over tid.

Det er ingen tvil om at utøveres motivasjon og evner for selvregulering endrer seg gjennom karrieren. Den motivasjonsprofilen som utøvere har er veldig kompleks; de trives veldig godt med å trene og elsker idretten sin, samtidig som de styres av et ønske om å bli best, oppleve anerkjennelse og ytre belønninger. Denne kombinasjonen av ulike typer motivasjon er viktig for at utøverne skal prestere på sitt ypperste og samtidig trives i en prestasjonskontekst som toppidretten er. Det å ta eierskap over egen involvering; å planlegge, overvåke og evaluere innsatsen over tid og regulere totalbelastningen, er i tillegg en av nøkkelfaktorene som bidrar til utøveres positive utvikling.

FAKTA

Denne avhandlingen er basert på *Selvbestemmelsesteorien* av Edward L. Deci og Richard M. Ryan, *Sosial kognitiv selvreguleringsteori* av Barry J. Zimmerman og *Selvkontrollteori* av Roy F. Baumeister. Motivasjon og kognisjon er nært knyttet og påvirker hverandre i stor grad, og ved å undersøke disse konseptene sammen vil en kunne få økt forståelse for menneskelig atferd. Formålet med denne avhandlingen var derfor å undersøke sammenhengen mellom ulike typer motivasjon og evner for selvregulering og selvkontroll hos utøvere i tiden fra de starter med idrett til de presterer på elitenivå.

I *Selvbestemmelsesteorien* defineres motivasjon som det som gir energi til våre handlinger, og teorien deler motivasjon inn i indre og ytre styrte typer, i tillegg til at den også beskriver amotivasjon eller mangel på motivasjon (se Figur 1 gjengitt fra avhandlingen). Det er kun indre motivasjon som er totalt styrt av individet, mens de ytre typene motivasjon er mer eller mindre selvbestemte/autonome. Disse ytre typene motivasjon skilles etter i hvor stor grad individet opplever å selv kontrollere årsakene til en handling, og hvordan verdien av det å gjøre noe er integrert i ens egne verdier og behov heller enn at en handler for å tilfredsstille andre, unngå å oppleve skyld eller en form for ytre avstraffelse.

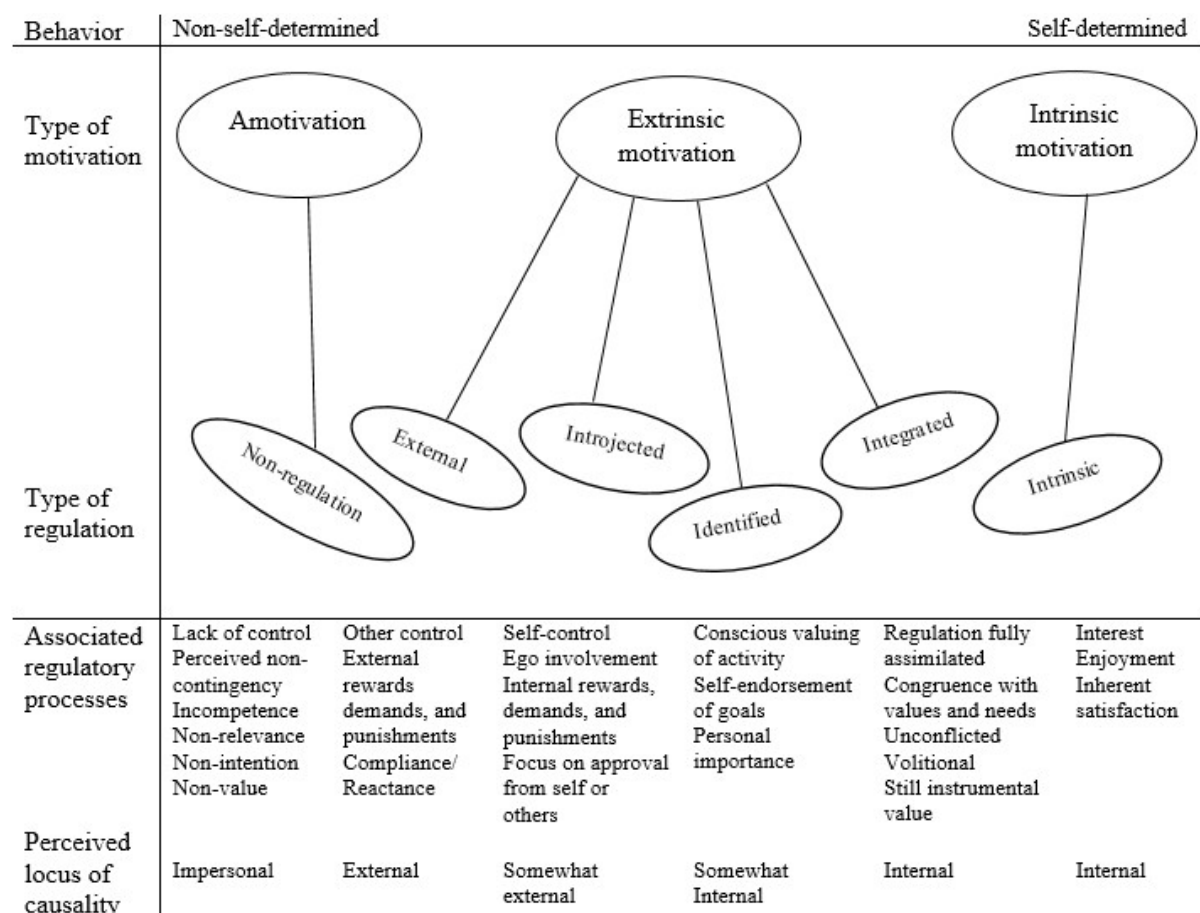


Figure 1. The self-determination continuum (Deci & Ryan, 2000; Ryan & Deci, 2000; 2000).

I *Sosial kognitiv selvreguleringsteori* defineres selvregulering som individets egne tanker, følelser og handlinger utviklet for oppnåelse av personlige mål, og en ser på selvregulering som en syklisk prosess med planlegging av en prestasjon, overvåking av gjennomførelsen/prestasjonen, og refleksjon og evaluering etter endt gjennomførelse (se Figur 2 gjengitt fra avhandlingen). I den første fasen handler det om forberedelse før en prestasjon (f.eks. sette seg mål, strategisk planlegging). I den neste fasen handler det om å utrette og overvåke den planen en på forhånd utviklet for å prestere optimalt (f.eks. gjennom det å overvåke/observere og instruere seg selv). Den siste fasen handler om å evaluere sine prestasjoner i etterkant (f.eks. gjennom å bedømme prestasjonen og vurdere tiltak for å prestere enda bedre). Slik vil det å selvregulere hele tiden informere og påvirke utøveren i videre prestasjoner, ved at planleggingen påvirker prestasjonsfasen, og hvordan en presterer påvirker evalueringen i etterkant, som igjen vil påvirke hvordan en planlegger videre utøvelse av aktiviteten. Selvregulering vil slik også påvirke ens interesse og utholdenhet til å stå på over tid og jobbe mot langsiktige mål.

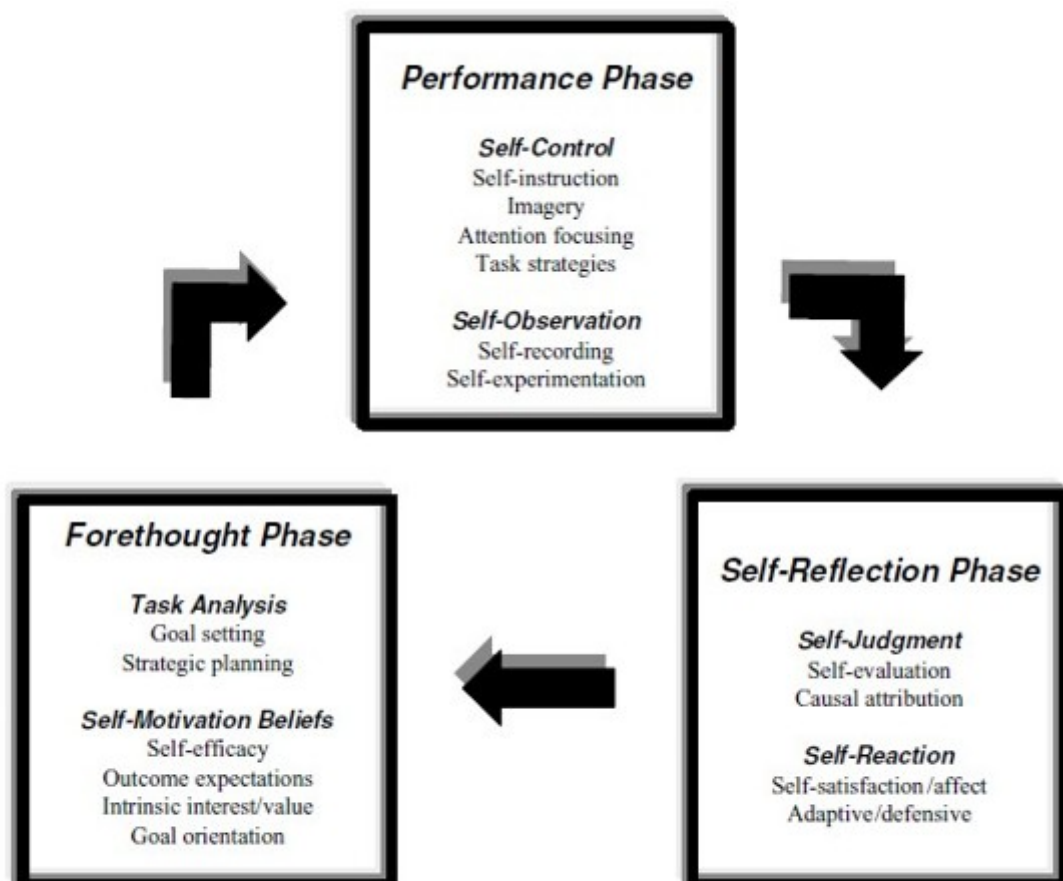


Figure 2. Phases and sub-processes of self-regulation (retrieved from Zimmerman & Campillo, 2003).

I *Selvkontrollteori* defineres selvkontroll som en målrettet, bevisst og anstrengende del av individets overordnede selvregulering. Selvkontroll hjelper individet til å motstå impulser og fristelser, og vil øke dennes sjanser for suksess både umiddelbart og over tid. Selvkontroll sammenlignes også med det å ha viljestyrke og disiplin, og vil hjelpe en å jobbe mot større mål heller enn å velge mer umiddelbare belønninger. Dette er imidlertid utfordrende, og krever mye fokus og motivasjon. Slik ser en at det er en nær sammenheng mellom et individs langsiktige motiv og motivasjon, evne for å kontrollere seg selv og jobbe mot fremtidige mål og det å selvregulere i øyeblikket.

Doktorgraden består av tre studier. I den første studien deltok fem toppidrettsutøvere innen vinteridrett i et dybdeintervju. Disse utøverne hadde tatt medaljer i OL og VM, og var i alderen 23 til 34 år. I de to neste studiene ble utøvere fra videregående skoler i Norge med landslinjer for idrettene alpint, hopp, langrenn og/eller skiskyting invitert til å delta. Disse utøverne var i alderen 16 til 20 år. I disse to sistnevnte studiene deltok henholdsvis 199 og 321 utøvere.

Doktorgraden ble avlagt ved Norges idrettshøgskole med disputas i august 2017, og var et samarbeid mellom Norges idrettshøgskole, Forskningscenter for barne- og ungdomsidrett (FOBU), Olympiatoppen, og School of Human Kinetics ved universitetet i Ottawa, Canada. Hovedveileder i doktorgradsprosjektet var Professor Pierre-Nicolas Lemyre ved Norges idrettshøgskole, sammen med biveileder Professor Natalie Durand-Bush fra universitetet i Ottawa.

Se hele doktorgradsavhandlingen her:

<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2453000>

[Gro Jordalen, PhD](#)

[Norges idrettshøgskole](#)

Referanser

- Baumeister, R. F., & Vohs, K. D. (2007). Self-regulation, ego depletion, and motivation. *Social and Personality Psychology Compass*, 1(1), 115-128. doi:10.1111/j.1751-9004.2007.00001.x
- Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. *Current Directions in Psychological Science*, 16(6), 351-355. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00534.x
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. doi:10.1207/S15327965PLI1104_01
- Gillet, N., Berjot, S., Vallerand, R. J., Amoura, S., & Rosnet, E. (2012). Examining the motivation-performance relationship in competitive sport: A cluster-analytic approach. *International Journal of Sport Psychology*, 43(2), 79-102. Retrieved from <http://www.ijsp-online.com>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67. doi:10.1006/ceps.1999.1020
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. New York, NY: The Guilford Press.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64-70. doi:10.1207/s15430421tip4102_2
- Zimmerman, B. J., & Campillo, M. (2003). Motivating self-regulated problem solvers. In J. E. Davidson & R. J. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 233-262). Cambridge, UK: Cambridge University Press.



Det er langturene som er viktigst, betydningen av intervalltreningen er altfor oppskrytt og overdrevet.

© Ingrid Kristiansen - www.ingridkristiansen.com

Har du hørt om 80-20 regelen. Det er en erfaringsregel basert på mange generasjoners prøving og feling av forholdet mellom rolig og hard trening. Den harde treningen er som regel konkurranser, intervall eller fartslek. I vår tid har det vært, – og er et alt for stort fokus på hard trening, som om den har en revolusjonerende effekt slik noen forskningsinstitusjoner beskriver det. Effekten er dessverre stikk omvendt, om du ikke har det rette treningsgrunnlaget. Og det viktigste treningsgrunnlaget får du med langturen. Det kan se ut som at hard trening ikke vil «feste seg» i kroppen om du ikke har dette grunnlaget.

Hva er så langtur? For løpere er det kontinuerlige (altså uten pauser) løpeøkter fra ca. 45 minutter opp til 2-3 timer. Man skjønner at man har forskjellig type belastning om man løper 45 min i forhold til 2 timer. Uansett så må man nødvendigvis løpe med heller moderat intensitet for å holde ut i såpass mange kontinuerlige minutter. Det viktigste rådet er at langturen skal hverken gå for fort eller for seint. Dette vil da være individuelt for hver person.

Et gammelt råd er at langturen skal gå i snakketempo. Det vil si at pustemønsteret er ikke mer anstrengende enn at det går greit å snakke. Det er en utbredt regel å gi en % andel av makspulsen i forhold til belastningen på forskjellige treningstyper. Vi anbefaler ikke dette, makspulsen er en dårlig referanse og en referanse de fleste ikke kjenner.

Hvilken referanse skal jeg da bruke?

Vårt råd er følgende: Varme godt opp med rolig løping i 15-20 min. Deretter starter du med en sakte og jevn fartsøkning over de neste minuttene. Legg merke til pustemønsteret ditt underveis, fra å ikke merke pusten vil du nå gradvis begynne å merke den mer og mer når farten/belastningen øker.

Når pustemønsteret er ubehagelig er du i nærheten av din anaerobe grense. Ta en titt på pulsen nå, da ser du ca. terskelpulsen eller din anaerobe grense. Terskelen er ikke kun **en** puls, det er et pulsområde som kan variere pluss/minus 2-3 slag. Om du hyperventilerer er du normalt langt over din anaerobe grense.

Hva som er ubehagelig er selvfølgelig veldig subjektivt, så dette er ikke heller veldig nøyaktig, men det er en pekepinn på et, – la oss si et grenseområde man skal holde seg **under/unna** på langtur.

Jo lengre langturen er, – jo lenger unna denne «ubehagelige pusten/pulsen» skal man være. Typisk vintertrening for løpere er dominert av mange langturer. Det underlige er at de fleste da blir i god form. Når våren nærmer seg er det ofte mye mer intensiv trening, og mange mister da heller formen sin. Et Kaggestad sitat: «Det er intensiteten som dreper, de fleste tåler imidlertid mye mengdetrening»

Hva er så formålet med langturen:

Man venner seg bedre til løpingen, man øker løpseffektiviteten, man forbedrer fettforbrenningen, man utvikler styrke i bein, sener og muskler på en mer skånsom måte, lettere å like trening som er mer «smertefri», mindre skaderisiko, lettere å gjøre denne treningen sammen med andre, kan enkelt brukes som en transportmetode til og fra jobb f.eks, man øker antall små blodårer, kapillærene som går inne til musklens kraftceller, mitokondriene, man øker også antallet av mitokondriene, man øker antall aerobe enzymer, disse virker som en katalysator, øker forbrenningseffektiviteten, man blir mer mottakelige for hardere trening osv., osv.

Aktiv

Torsdag 21. desember 2017 | Dagens Næringsliv



Slik ble **Marit Bjørgen** best i verden

4300 kilometer med startnummer de siste 17 årene har gjort **Marit Bjørgen (37)** til tidenes mestvinnende skiløper. Nå nærmer forskere seg mål i jakten på gulloppskriften.

Marit Bjørgen tok sin 111. verdenscupseier under åpningshelgen i Finland i november. Landslagstrener Roar Hjeltneset sekunder.
Foto: Terje Pedersen/NTB Scanpix



LANGRENN

Nils Christian Mangelrød
Oslo

En bemerkelsesverdig høy treningsmengde siden 30 års alder, dobling av den rolige treningen gjennom seniortiden, sterk økning i styrketrening og flere lengre intervaller, men samme

mengde hardtrening nå som i starten av karrieren, er bare noen av funnene i arbeidet med en doktorgradstudie om Marit Bjørgens trening. Der blir alle hennes 8105 treningsøkter de siste 17 årene analysert.

Det er tidligere landslagsløper i langrenn, Guro Strøm Solli ved Nord Universitet avdeling Meråker, som gjør doktorgradstudien på Bjørgens trening sammen med professor Øyvind Sandbakk ved NTNU Senter for Toppidrettsforskning og Espen Tønnessen i Olympiatoppen.

Den første studien ble denne uken publisert i den høyt rangerte forskningsjournalen *Frontiers in Physiology*.

Utrolig prestasjonsnivå

- Marit har hatt en enorm kontinuitet i treningen. Hun har klart å opprettholde et så stort treningsvolum over tid og hatt progressiv økning gjennom karrieren, sier Solli som selv var en del av landslaget samtidig med Bjørgen midt på 2000-tallet.

Ved hjelp av tilgangen på Bjørgens treningsdagbøker siden

2000, fysiologiske testdata og intervjuer med 37-åringen har detaljene blitt systematisert.

Bjørgen har gått hele 4300 kilometer med startnummer på brystet i seniorsammenheng. Det utgjør i luftlinje to og en halv gang avstanden fra Lindesnes til Nordkapp. Samtidig har hun vært på pallen i 61 prosent av alle verdenscuprenn i seniorsammenheng.

- Det er et helt utrolig prestasjonsnivå. Det er godt å belyse jobben som ligger bak dette også. Hun har gjort en nitidig jobb år etter år, sier Guro Strøm Solli.

De siste 17 årene viser at Bjørgen har trent i snitt 70 timer per måned og totalt utgjør treningen 13 500 timer frem til årets sesong. De siste fem årene har snittet ligget på 937 timer per år. I studien omtales treningsvolumet som bemerkelsesverdig høyt i forhold til tidligere studier på langrennsløpere med VM og OL-gull.

- Jeg synes det er spennende at treningen min forskes på. Å dele erfaringer og kunnskap er noe jeg gjerne gjør og hvis andre kan lære av meg, er det fint. Guro har gjort et stort arbeid med analyse av treningsdata og jeg gleder meg til å bidra





Mange av de lengre dragene med mer kontrollert intensitet gjøres gjennom sommerhalvåret på rulleski og på ski vinterstid. Her er Bjørgen sammen med Mari Eide, Heidi Weng og Astrid Uhrenholdt Jacobsen i rulleskiløypen på Natrudstilen. Foto: Geir Olsen / NTB Scanpix



Den lange velen til toppen. Marit Bjørgen har gått gradene i treningsarbeidet gjennom 17 år fra en ganske moderat treningsmengde i forhold til dagens unge utøvere. Foto: Geir Olsen

→ til den videre forskningen hennes, skriver Bjørgen i en melding til DN.

8105 økter, hvorav 7642 er treningsøkter og 463 konkurranse-er blitt analysert. Men det er særlig den suksessrike perioden mellom 2010 og 2015 studien til nå har gått i dybden på. Da lå treningen hennes i snitt lå på 937 timer per år.

Solli som fortsetter med forskningen i året fremover, mener det er viktig å skille treningen til toppidrettsutøvere og treningen til de som må ta hensyn til jobb og familie. Men også mosjonister kan lære av oppskriften til Bjørgen.

- De to gode treningsprinsippene kontinuitet og progresjon gjelder også for mosjonister noe som treningen til Marit virkelig belyser viktigheten av. Vi beskriver jo også de siste 14 dagene før OL i 2014 i detalj. Kanskje mosjonister kan hente inspirasjon fra dette og lage sitt eget tilpassende opplegg frem mot Birken? To intensive utholdenhetstokter som Marit benytter mye er 5 x 7 minutter og økt med intervaller på 6-5-4-4-4 minutter, med 2-3 min pause. Dette er gode øktmodeller som kan justeres litt ned i lengde og brukes av mosjonister, sier Solli.

Moderat mengde

Solli påpeker at Bjørgen hadde en treningsmengde på 522 timer som førsteårs seniorutøver. Det er en beskjeden mengde målt mot en del av de gode yngre utøverne i dag. Men dette ble gradvis bygget helt opp til 962 timer i OL-sesongen 2014.

- Hun har ikke vært en utøver

Nøkkeltallene

Her er nøkkeltallene for Marit Bjørgens trening i perioden 2000-2017:

- 8105 treningsøkter totalt som utgjorde 7642 treninger og 463 skikonkurranse-er
- Økte fra 522 timer som 20-åring, til 940 timer som 34-åring. En økning på 80 prosent. Dette utgjør en økning på mellom 30 og 54 timer per år og tilsvarer en økning fra ti til 18 treningstimer i uken.
- Andelen av ulik intensitet har endret seg i løpet av karrieren:
- Fra 20-27 år: 88 prosent lav intensitet, to prosent moderat intensitet, ti prosent høy intensitet
- Fra 28-35 år: 92 prosent lav intensitet, tre prosent moderat intensitet, fem prosent høy intensitet
- Mengde moderat- og høytintensiv trening lå på rundt 60 timer per år både i perioden fra hun var 20-23 år og 29-35 år
- Fra 23-28 år: Mengde moderat- og høytintensiv trening lå på rundt 80 timer på grunn av utstrakt bruk av bolker med hardtrening i grunntrinnsperioden.

som har vært ekstrem på enkeltverdier når det gjelder fysiske parametre. Men hun er utrolig komplett og har mange høye parametre. Og hun har høyt oksygenopptak samtidig som hun har en høy muskelmasse og



Det har blitt en endret hverdag for Bjørgen etter at hun ble mamma, selv om hun trente seg tilbake til verdenstoppen. Foto: Terje Pedersen / NTB Scanpix

har en sterk evne til å utnytte o2-opptaket over tid, sier Solli som peker på at det har gjort Bjørgen i stand til å både avgjøre løp i høy fart og rykke fra i lengre renn.

- Hun har gjennom mange år med trening utviklet evnen til å trene med høy fart på alle intensiteter og utfører de lengre intervalløktene sine på relativt høy intensitet. Det betyr at hun kan jobbe i høy fart og få veldig mange minutter på rundt 90 prosent av maksimal hjerterefleks. En endring fra tidligere i karrieren er at hun før hadde flere økter med høyere intensitet, men med kortere varighet. Hun har gått litt ned på antallet hardøkter, men har økt mengden lengre intervaller og mengden lavintensivtrening sier Solli.

Skidronningen måtte hente frem treningsdagbøker tilbake fra starten av 2000-tallet hjemme i barndomshjemmet på

Rognes for å åpne opp for hele det omfattende treningsopplegget tilbake i tid.

Tror mange kan lære

- Jeg tror mange kan lære mye av hvordan Marit har bygd opp treningen i alle år. Hun hadde ikke ekstreme treningsmengder da hun var ung, men har bygd sten på sten. Det samme gjelder bevisstheten hun har til kosthold og ernæring. Hun har en sunn og sterk kropp og har gjort de kloke valgene, som har gjort henne i stand til å tåle treningen, sier Guri Hetland.

Bjørgens manager har også bakgrunn som landslagsjef for Sveits, blant annet som trener for Dario Cologna da han tok to OL-gull i Sotsji for snart fire år siden. Hun tror det er en fordel for kvaliteten på studien at forskeren Guro Strøm Solli selv har hatt bakgrunn fra toppnivå i langrennssporten gjennom flere

år på landslaget samtidig med Bjørgen.

- Miljøet rundt NTNU Senter for Toppidrettsforskning og Olympiatoppen er veldig gode på å gjøre forskning relevant og anvendbar og det er spennende sett fra et trenerperspektiv, sier Hetland.

Oppturer og nedture

Treningen har endret seg underveis i karrieren. Marit Bjørgen fikk en voldsom fremgang under den tidligere landslagstrener Svein Tore Samdal og ble i 2005 VM-dronning i Obersdorf med tre gull. Hun vant da den avsluttende tremilen selv om hun først slo gjennom i sprintøvelsene. Men deretter skulle det gå fem år før hun sto på toppen av pallen i internasjonale mesterskap og hun gikk på nedture og stagnasjon. Hun tok et oppgjør med sitt eget opplegg som før 2010-sesongen endret seg til en



sesongen etter fødselen. Her er hun sammen med sønnen Marius og samboer Fred Børre Lundberg på Beitostølen i november.

Marit Bjørgen

Født: 21. mars 1980
Klubb: Rognes IL
Stilling: Skiløper
Meritter:
OL: 6 gull, 3 sølv, 1 bronse
VM: 18 gull, 5 sølv, 3 bronse
 Fire seire i verdenscupen sammenlagt. Har 112 verdenscupseire, inkludert tour- og minitour-etapper Vant Tour de Ski i 2015.

langt større andel rolig trening. Siden har Bjørgens karriere vært en lang suksessrik reise.

– Jeg tror den store forskjellen fra før er at Marit har lært å kjenne når nok er nok, sier Samdal som trente Bjørgen på juniorlandslaget, rekruttlandslaget og siden på landslaget frem til OL i Torino i 2006.

Da hadde de kjørt treningsopplegg med periodevis langt mer trening med høy intensitet enn Bjørgen gjør i dag, noe Samdal mener fortsatt har en god effekt for skiløperen.

– Hun var ikke noe kapasitetsdyr i utgangspunktet. Hun hadde ekstremt få ressurser muskulært, men måtte legge mer i jobben enn andre for å få ut potensialet for motoren. Det var opplest og vedtatt at hun ikke kunne bli noe annet enn en topp sprinter. Det brukte vi raskt til å motivere. Når du får nok bensin på en bil med mye hestekrefter så blir det rock'n roll. Det å komme seg opp i utholdenhetskapasitet er den tøffeste jobben. Det er enklere å vedlikeholde og hente opp igjen, sier Samdal.

Nesten doblet styrketrening

Studien indikerer at en gradvis økning i treningsbelastning frem til 30 års alder kan være nødven-

dig for å optimalisere det fulle potensialet i en verdenscupløper i langrenn på toppnivå. Hypotesen er at dette fikk Bjørgen til å respondere godt på de høye treningsmengdene i den mest suksessrike femårsperioden, med veldig stor andel lavintensitetstrening. Men også i hennes mest suksessrike periode etter OL i Vancouver har treningen endret seg.

– Styrketreningen doblet seg nesten midt i femårsperioden vi undersøkte. Dette har nok vært viktig for å kunne utvikle og bevare styrken og fartsressurserne hennes. Fysiologisk sett er det utfordrende å utvikle styrke og hurtighet samtidig med et så høyt volum utholdenhetstrening, sier Solli, som peker på at langrennsløpere er unike i forhold til det å kombinere høy utholdenhetskapasitet og relativt stor muskelmasse.

– En av årsaken til dette er

sannsynligvis at de kan trene en styrkeøkt for overkroppen på førsteøkten og en utholdenhetsøkt på beina på ettermiddagen og dermed kunne utvikle motstående fysiske ferdigheter. Det har Marit brukt aktivt, sier Solli.

Samdal, som allerede hadde Bjørgen som elev i valgfag ski på videregående skole i Gauldal, påpeker at de naturgitte forutsetningene har vært svært gode for Bjørgen. Men han tror også barndommen har betydd enormt mye.

– Hun var med på saueleting og gjorde tunge løft fra hun var en liten jente. Det er masse trening fra seks til tolv års alder som aldri har blitt registrert, men som ga svært gode grunnferdigheter. Og hun bestemte seg tidlig for å bli god i langrenn og satset alt på det, sier Samdal.

nils.mangelrod@dn.no

Slik har hun trent

Treningen fra 2010-2015: Treningsmengde stabilt på 937 timer opp til 962 timer. Fordelt på 543 til 551 treningsøkter i året.

Treningsformer:

90,6 prosent utholdenhets-trening. Åtte prosent styrketrening, 1,4 prosent fart.

Utholdenhetstreningen

besto av:

92,3 prosent lavintensitets-trening
 2,9 prosent moderat intensitet
 4,8 prosent høyintensitets-trening

I antall økter: 76 prosent lavintensitetsøkter, 7 prosent moderatintensive økter og 17 prosent høyintense økter. Den vanligste økten Bjørgen bruker på moderat intensitet er 5x7-8 minutter intervaller, med 1-2 minutter pause. (mest på ski og rulleski) Høyintense økter består av 45 prosent distansetrening (inkl distanserenn). 38 prosent intervalltrening med intervalldrag mellom 4 og 7 minutter og 14 prosent med intervaller under 4 minutter (inkl sprintkonkurranser) Mest typiske økten var 5x4-5 minutter intervaller med 2-3 min pause. Mer innslag av løping og elghufs på lav og høy intensitets-trening.

Styrketrening:

Økte i femårsperioden fra 51 timer (43 prosent kjerne/stabiliserende styrke og 57 tung vekttrening) til 90 timer (50 prosent kjerne/stabiliserende styrke og 50 prosent tung vekttrening). Treningsformene blandes gjerne i samme økt med to deler. Vekttrening til slutt.

Høydetrening

Har stått for 18-25 prosent av den årlige treningsmengden, og da med høy volum av lavintensiv trening og klar reduksjon i den harde treningen med samlinger opp til 16 dager.

Treningen før internasjonale mesterskap:

To uker med økning i lavintensitetstrening og styrketrening. Deretter en gradvis reduksjon i treningsmengde og økt treningsintensitet under den siste uken i forkant av mesterskapet.

Vo2-maks (maksimalt oksygenopptak):

Varierte mellom 64,7 tidlig i oppbyggingen til 2011-sesongen (VM i Holmenkollen) til topp på 70 høsten 2012.

Studien utføres av Guro Strøm Solli, ansatt ved Nord Universitet avdeling Meraker, i samarbeid med professor Øyvind Sandbakk ved NTNU Senter for toppidrettsforskning og Espen Tønnessen i Olympiatoppen.

The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier



The Training Characteristics of the World's Most Successful Female Cross-Country Skier

Guro S. Solli¹, Espen Tønnessen² and Øyvind Sandbakk^{3*}

¹ Department of Sports Science and Physical Education, Nord University, Bodo, Norway; ² The Norwegian Olympic Federation, Oslo, Norway; ³ Department of Neuromedicine and Movement Science, Centre for Elite Sports Research, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

OPEN ACCESS

Edited by:

Billy Sperlich,
Integrative & Experimentelle
Trainingswissenschaft, Universität
Würzburg, Germany

Reviewed by:

Thierry Busso,
University of Saint-Etienne, France
Jamie Stanley,
South Australian Sports Institute,
Australia

*Correspondence:

Øyvind Sandbakk
oyvind.sandbakk@ntnu.no

Specialty section:

This article was submitted to
Exercise Physiology,
a section of the journal
Frontiers in Physiology

Received: 29 September 2017

Accepted: 05 December 2017

Published: 18 December 2017

Citation:

Solli GS, Tønnessen E and
Sandbakk Ø (2017) The Training
Characteristics of the World's Most
Successful Female Cross-Country
Skier. *Front. Physiol.* 8:1069.
doi: 10.3389/fphys.2017.01069

The main aim of this study was to investigate the training characteristics of the most successful female cross-country skier ever during the best period of her career. The participant won six gold medals at the Olympic Games, 18 gold medals at the World Championship, and 110 World Cup victories. Day-to-day training diary data, interviews, and physiological tests were analyzed. Training data was systemized by training form (endurance, strength, and speed), intensity [low- (LIT), moderate- (MIT), and high-intensity training (HIT)], and mode (running, cycling, and skiing/roller skiing), followed by a division into different periodization phases. Specific sessions utilized in the various periodization periods and the day-to-day periodization of training, in connection with altitude camps and tapering toward major championships, were also analyzed. Following a 12-year nonlinear increase in training load, the annual training volume during the five consecutive successful years stabilized at 937 ± 25 h, distributed across 543 ± 9 sessions. During these 5 years, total training time was distributed as 90.6% endurance-, 8.0% strength-, and 1.4% speed-training, with endurance-training time consisting of $92.3 \pm 0.3\%$ LIT, $2.9 \pm 0.5\%$ MIT, and $4.8 \pm 0.5\%$ HIT. Total LIT-time consisted of 21% warm-up, 14% sessions <90 min, and 65% long-duration sessions >90 min. While the total number of LIT sessions remained stable across phases (32 sessions), total LIT-time was reduced from GP (76 h/month) to SP (68 h/month) and CP (55 h/month). MIT-time decreased from GP (2.8 h/month) to SP (2.2 h/month) and CP (1 h/month). HIT-time increased from GP (2.8 h/month) to SP (3.2 h/month) and CP (4.7 h/month). Altitude training accounted for 18–25% of annual training volume and performed across relatively short training camps (≤ 16 days) with a clear reduction of HIT training, but increased total and LIT volume compared to sea-level training. Training before international championships included a 2-week increase in LIT and strength volume followed by a gradual reduction of training volume and increased HIT during the last week. This study provides unique data on the world's most successful female cross-country skier's long-term training process, including novel information about the distribution of and interplay between sessions of different forms, intensities, and exercise modes throughout the annual season.

Keywords: altitude training, endurance training, high-intensity training, performance, periodization, speed training, strength training, tapering

INTRODUCTION

Cross-country (XC) skiers optimize their training to perform in competitions ranging from multiple 3-min sprint races to prolonged endurance races lasting up to 2 h. These competitions are performed across varying terrain while changing between the different sub-techniques in classic and skating (Sandbakk and Holmberg, 2017). Although the average aerobic energy contribution is 70–75% in sprint races and 85–95% for longer distances, the race format is interval-based, with increased effort in uphill terrain and lower intensities downhill (Norman et al., 1989; Sandbakk et al., 2011a; Sandbakk and Holmberg, 2017). Furthermore, the majority of competitions involve mass-starts in which sprint ability is critical in determining the final result. Accordingly, high aerobic capacity is of crucial importance in XC skiing, as reflected by world-class XC skiers' high $\text{VO}_{2\text{max}}$ values (>80 and ~ 70 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ for men and women, respectively) (Saltin and Astrand, 1967; Ingjer, 1991; Sandbakk et al., 2011b, 2016; Tonnessen et al., 2015a). However, XC skiers also need the ability to rapidly elevate their peak oxygen uptake, utilize a high fraction of their $\text{VO}_{2\text{max}}$ in all of the sub-techniques, and have well-developed skiing efficiency and anaerobic capacity (Sandbakk and Holmberg, 2017). Unique for XC skiing, both training and competitions involve large fluctuations in speed, work rate, and metabolic intensity, in addition to a varying load on the upper and lower body with the different training modes and sub-techniques utilized. Hence, the training of XC skiers is made up of a sophisticated puzzle of training sessions of different forms, intensities, and exercise modes that has not yet been examined in detail.

World-class XC skiers have previously reported 800–950 annual training hours (Tonnessen et al., 2014; Sandbakk et al., 2016). Of the total annual training volume, $>90\%$ of elite XC skiers' has been reported to be endurance training, with the remaining $\sim 10\%$ performed as strength or speed work (Sandbakk et al., 2011b, 2016; Tonnessen et al., 2014). These studies showed a pattern of endurance training time distributed as 88–91% low-intensity training (LIT, $< \text{VT}_1$ aerobic threshold), 3–7% moderate-intensity (MIT, $\text{VT}_1 < \text{VT}_2$ anaerobic threshold), and 5–8% high-intensity training (HIT, $> \text{VT}_2$). As also shown in other endurance sports (Stoggl and Sperlich, 2015), a pyramidal training pattern is often found during the preparation period, whereas more polarized training is done in the competition phase.

Approximately 60% of the total training time is performed during the general preparation period between May and October. This period typically includes high volumes of LIT and 50–60% of the endurance-training conducted as sport-specific exercise (e.g., roller skiing and skiing), with the remainder mainly performed as running (Tonnessen et al., 2014; Sandbakk et al., 2016). The remaining 40% of annual training is performed during the specific preparation and competition phase, with decreased total volume, increased amount of HIT (including 30–40 competitions) and higher amount of sport-specific activity forms (Sandbakk and Holmberg, 2017). While the intensity distribution and use of activity forms during different phases of the year are well covered by several retrospective studies

(Sandbakk et al., 2011b, 2016; Tonnessen et al., 2014), the design of specific sessions within the different zones and modes are not well illustrated in the current literature.

In terms of periodization, most XC skiers use a traditional model, alternating between high- and low-volume weeks while keeping the number of MIT and HIT sessions relatively stable (two to three sessions per week; Tonnessen et al., 2014). However, some athletes organize the training in blocks with increased focus on developing specific capacities over shorter periods (Sandbakk and Holmberg, 2017). Altitude training represents a significant portion of world-class XC skier training and is an important piece of the periodization puzzle (Sandbakk et al., 2016). The main aim of these altitude training camps (living at $\sim 1,800$ – $2,000$ m above sea-level and training at $1,000$ – $3,000$ m) is mainly to positively stimulate hematological parameters, and thereby improve performance during the subsequent training and/or competition period (Millet et al., 2010). However, in XC skiing, altitude training also provides an opportunity for many hours of skiing on snow throughout the dry-land training period (Sandbakk and Holmberg, 2017). Although training at altitude has been used by endurance athletes for several decades, accurate descriptions of the micro periodization of successful athletes is lacking in the literature.

To ensure peak performance, a typical tapering approach has been to perform 2–4 weeks of overload training, followed by 1–3 weeks with decreased load (Hellard et al., 2013). Bosquet et al. (2007) reported that performance improvements are highly sensitive to reductions in training volume and that the optimal range of volume reduction is 41–60%, without substantial decreases in training frequency, compared to the pre-tapering training. However, a recent study (Tonnessen et al., 2014) observed that gold medal winning athletes in XC skiing and biathlon used a more modest and progressive reduction in training volume, with a relatively small reduction during the last weeks prior to gold-medal performance. The authors speculate that this progressive tapering strategy could be ideal in sports with a dense competition schedule, as is the case in XC skiing. However, the study reports large individual differences in tapering behavior and does not consider the specific sessions utilized during the final phases of the taper. Thus, tapering behavior in world-class endurance athletes is lacking, particularly in athletes who have attained repeated success in major championships.

The training of world-class XC skiers involves manipulation of variables such as different training forms (endurance, strength, and speed), exercise modes (loading of the upper and/or lower body), session organization (continuous or interval), and varying terrain, making it more complex than many other endurance sports. This makes it particularly challenging to investigate at a group level. Case studies allow us to investigate every piece of the training in detail and expand our understanding of champion performance development. Earlier case studies of high-level endurance athletes have focused on physiological test data (Jones, 1998, 2006; Bell et al., 2017) or short-term training studies (Stellingwerf, 2012; Mujika, 2014; Manunzio et al., 2016; Ronnestad et al., 2017). Only a minority of studies consist of longitudinal training data spanning several years, and the

majority of these focus on male subjects (Ingham et al., 2012; Tjelta, 2013; Bourgois et al., 2014; Tjelta et al., 2014; Pinot and Grappe, 2015).

Therefore, the primary aim of this study was to investigate the training characteristics of the most successful female XC skier ever during the best period of her career, including the day-to-day periodization of her training in connection with altitude camps and tapering toward major international competitions. In order to interpret these findings in the perspective of her long-term development process, the secondary aim was to characterize her longitudinal training patterns over 17 years.

METHODS

Participant

The participant (born in 1980) is the most successful female competitor of all time in the winter Olympics and Nordic skiing World Championships. This includes six Olympic gold medals (four individual, two team), 18 gold medals from the FIS World Ski Championship (12 individual, six team), 110 individual FIS World-Cup victories, and four wins of the overall FIS World Cup (FIS, 2017). The study was evaluated by the regional ethics committee of mid-Norway, and approved by the Norwegian Social Science Data Services (NSD). Written informed consent was obtained from the participant for the publication of this study, which was performed according to the Helsinki declarations.

Overall Design

To give both comprehensive understanding of and detailed insight into the athlete's training, the study was divided into two parts (1) investigations of the participant's longitudinal training, performance, and test data spanning 17 years from the age of 20 to 37 years old (2000–2017); and (2) detailed investigations of the training during five consecutive successful seasons from the age of 30 to 35 years old (2010–2015), including four international championships with nine individual gold medals.

Performance Data

Performance data for each year was calculated using both race results and the International Ski Federation's (FIS) ranking points from all individual distance and sprint competitions, including World Cup competitions, the Olympic Games, and the FIS World championships (FIS, 2017).

Physiological Testing

The participant underwent regular $\text{VO}_{2\text{max}}$ and lactate profile testing (test results presented in Table 1). No physiological tests were performed during the competition period (CP), and the presented results therefore represent tests from May or June (the start of the general preparation period; GP) and October or November (the start of the specific preparation period; SP). All physiological testing during the period was conducted at the Norwegian Olympic Sports Centre, primarily supervised by the same exercise physiologist. The apparatus and testing procedures used during the lactate profile and $\text{VO}_{2\text{max}}$ test are previously described (Ingjer, 1991; Tonnessen et al., 2015a). Anaerobic threshold (AT) was determined during treadmill running at

10.5% incline using a graded protocol, including 4–6 periods of 5-min stages with stepwise 1-km/h increases in workload (Enoksen et al., 2011). The same treadmill (Woodway GmbH, 124 Weil am Rhein, Germany) was used at all tests and lactate concentration was measured from the fingertip by an YSI 1500 sport lactate analyzer (YSI, Ohio, USA) directly after completion of each stage. VO_2 was recorded between the third and fourth minute at each stage using an Oxycon Pro (Jaeger-Toennis, Wurtzburg, Germany) metabolic test system. AT was determined at the workload corresponding to 1.5 mmol/l higher lactate concentration than the baseline value (averaged over the two first measurements). Total, lean, and fat mass were analyzed for the legs, trunk, arms, and head using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) (Encore 2007, Version 11.4, General Electric Medical Systems, Madison, WI, USA), and presented in absolute values (Table 1).

Training Monitoring

The participant recorded her day-to-day training in digital diaries designed by the Norwegian Ski Association and the Norwegian Olympic Federation. The training recorded for each session included total training time distributed across training form (endurance, strength, and sprint), activity form (skiing, roller-skiing, running, cycling, etc.), and intensity zone. Specific comments regarding session details were also recorded.

To register the endurance-training intensity, the five-zone intensity scale developed by the Norwegian Olympic Federation was used, which has been reported to provide a valid and accurate measurement of the duration and intensity of training by XC skiers (Sylta et al., 2014a). However, since these zone boundaries do not clearly correspond with underlying physiological events (Boulay et al., 1997), we used a three zone scale based on the ventilatory changes corresponding to the first- and second-lactate turning point (Boulay et al., 1997; Seiler and Kjerland, 2006). LT¹ refers to a training intensity below the first lactate threshold (<2 mM blood lactate, 60–82% of maximal heart rate; HR_{max}). Moderate-intensity training (MIT) refers to an intensity between LT¹ and LT² (2–4 mM blood lactate, 82–87% of HR_{max}). High-intensity training (HIT) refers to an intensity above LT² (>4 mM blood lactate, >87% of HR_{max}) (Seiler and Kjerland, 2006). Standardized intensity scales do not take into account the individual or activity-specific variation, such as the tendency for maximal steady-state concentrations of blood lactate tending to be higher in activities activating less muscle mass (Beneke and von Duvillard, 1996; Beneke et al., 2001). Hence, the participant in this study tailored her intensity zones in accordance with both test results and her own experience. Her self-reported intensity zones are presented in Table 2.

Registration and Systematization of Training Data

To register training time, the participant used a combination of the session-goal approach and time in training zone often called a *modified session-goal approach*, described in detail by (Sylta et al., 2014b). The participant registered endurance training by allocating the time of the different parts of the sessions (e.g., warm-up, intervals, and cool-down) into intensity zones

TABLE 1 | Physiological characteristics of the world's most successful female cross-country skier during the successful period from 2010 to 2015.

	2010		2011		2012		2013		2014		Mean ± SD
	GP1	GP2	GP1	GP2	GP1	GP2	GP1	GP2	GP1	GP2	
Age (year)	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34	32.0 ± 1.5
Body height (cm)	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167.0 ± 0.0
Body mass (kg)	65.4	64.6	64.9	64.2	65.7	64.6	65.2	65.2	64.1	64.0	64.8 ± 0.6
Body mass index (kg·m ⁻²)	23.5	23.2	23.3	23.0	23.6	23.2	23.4	23.4	23.0	22.9	23.2 ± 0.2
Lean body mass (kg)	–	–	–	–	–	54.9	54.5	–	54.6	55.0	54.8 ± 0.2
Lean upper body mass (kg)	–	–	–	–	–	35.0	34.1	–	34.0	34.5	34.4 ± 0.5
Lean lower body mass (kg)	–	–	–	–	–	18.3	17.4	–	17.5	17.6	17.7 ± 0.4
Total body fat (%)	–	–	–	–	–	14.8	15.2	–	14.2	12.8	14.3 ± 1.1
VO _{2max} (L·min ⁻¹)*	4.23	4.49	4.31	4.39	4.47	4.52	4.33	4.37	4.42	–	4.39 ± 0.1
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)*	64.7	69.5	66.4	68.4	68.0	70.0	66.4	66.7	69.0	–	67.7 ± 1.7
VO _{2@AT} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)*	58.9	61.1	57.0	59.2	60.7	63.6	58.7	61.0	59.4	60.8	60.0 ± 1.8
V _{@AT} (km/h)*	9.8	10.9	10.3	10.7	10.8	10.9	10.6	10.8	10.7	11.2	10.7 ± 0.4

VO_{2max}, maximal oxygen uptake; AT, estimated anaerobic threshold; VO_{2@AT}, oxygen uptake at the anaerobic threshold (running); V_{@AT}, velocity at the anaerobic threshold; GP1, general preparation period one; GP2, general preparation period two; *, gradient of treadmill 10.5%.

TABLE 2 | Self-reported intensity zones presented as maximal, minimal and most commonly used (target) heart rates in the specific training zones, as well as the average rating of perceived exertion across the different categories of endurance sessions for the world's most successful female cross-country skier.

Intensity zones	HR zones			RPE	Session categories
	Min Beat · min ⁻¹ (% HR _{max})	Target Beat · min ⁻¹ (% HR _{max})	Max Beat · min ⁻¹ (% HR _{max})		
LIT*	115 (67)	115–130 (67–75)	149 (86)	11	Warm up and cool down** Short-duration session < 50 min Medium-duration session [50–90 min] Long-duration session [90–150 min] > Very long-duration session ≥ 150 min
MIT	150 (87)	155–160 (89–92)	160 (92)	15	Continuous training Intervals with periods from 10 to 15 min Intervals with periods from 6 to 10 min
HIT	161 (93)	161–170 (93–98)	173 (100)	19	Continuous training# Intervals with periods from 4 to 7 min Intervals with periods < 4 min##

LIT, low-intensity training; MIT, moderate-intensity training; HIT, high-intensity training; RPE, Rating of perceived exertion (BORG scale, 6–20).
*When sprints were integrated into LIT sessions, sprint time (including 1–2 min recovery after each sprint) was subtracted from the overall duration of the session. The remaining time was categorized as LIT.
**The category includes LIT performed as warm up or cool down in connection with MIT, HIT and strength sessions.
Including distance competitions.
Including sprint competitions.

based on actual HR registration supported by external load, lactate measurements, and self-perceived exertion. For MIT and HIT sessions performed as intervals, the time in the MIT/HIT zone was registered from the beginning of the first interval to the end of the last interval, including recovery periods. Strength and speed training was registered from the start to the finish of the specific strength/speed/jump part of the session, including recovery periods. When speed training was integrated into LIT sessions, 2 min per sprint was registered as speed training.

All data from training diaries were systematically analyzed session-by-session by researchers from the current research group. Total training time and frequency of sessions were

distributed in line with “the training distribution method” previously described (Tonnessen et al., 2014). All endurance sessions were categorized based on duration and/or design, as presented in Table 2.

Periodization Phases

General training data are either presented as annual training characteristics or divided into different periodization phases, as presented in Table 3. The day-to-day periodization of training before, during, and after altitude camps is quantified based on the final 2 weeks prior to altitude training, the first 2 weeks of altitude training, and the 2 weeks after the altitude camp in October. The training during and after the second week

TABLE 3 | The division of periodization phases across the annual training cycle, including altitude- and peaking phases*.

Phase	Period in annual training cycle	Duration (days)
General preparation Period (GP)	May–October	184
General preparation Period 1 (GP1)	May–July	92
General preparation Period 2 (GP2)	August–October	92
Pre-altitude phase	Day 14-1 before altitude camp	14
Altitude phase	Day 1-14 of the altitude camp	14
After-altitude phase	Day 1-14 after altitude camp	14
Specific preparation period (SP)	November–December	61
Competition period (CP)	January–March	90
Pre-peaking Phase 1	Day 42-29 before first championship event	14
Pre-peaking Phase 2	Day 28-15 before first championship event	14
Peaking Phase	Day 14-1 before first championship event	14

*April was defined as regeneration period and was not included in any of the other periods. However, training time in April is included in the calculation of the total annual training.

of the altitude camp in 2012 was excluded from the analysis because of illness. Tapering characteristics are quantified based on the six final weeks of training prior to the FIS World Championships in 2011, 2013, and 2015 and the Olympic Games in 2014.

Interviews

To track missing data, ensure compliance with the training diary commentaries, and verify the training intensity of different training sessions, two structured and one semi-structured interview with the participant were conducted during the data-analysis phase of this study.

Missing Data

Training information was lacking for March and April of the 2010/2011 season. Data for these months was calculated based on the years in which data was completely documented and modified based on training plans and an interview with the athlete. Sessions where information about session design was lacking (10% of MIT sessions and 3% of the HIT sessions) were only used in the time-in zone analyses.

Statistical Analyses

All data from the 2010–2015 period is presented as mean $\pm$ standard deviation (SD) of the five years. To calculate the monthly and weekly distribution of training, total training was divided by duration (days) of the specific phase and multiplied by 30.4 to determine monthly time/frequency (Figures 2, 3A–D, 4A–C) or by seven to determine the weekly time and frequency (Table 4 and Figures 5A,B). All statistical analyses were carried out in Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft, Redmond, WA, USA).

RESULTS

Longitudinal Training Characteristics

In total, 8,105 training sessions were analyzed during the period from 2000 to 2017. These sessions comprised of 7,642 workouts and 463 XC skiing competitions. Performance and training data during all 17 years are presented in Figures 1A,B. Total annual training volume increased by 80% (from 522 to 940 h) from the age of 20–35 (2000–2015). This a yearly progression of 30 ± 53 h and an increase from ~ 10 to 18 weekly training hours. The relative distribution of endurance training into LIT/MIT/HIT was polarized, but to a lesser extent during the latter part of her career, i.e., $\sim 88/2/10$ during the first part of her senior career (20–27 years old) and $\sim 92/3/5$ during the latter part (28–35 years old). Subsequently, LIT volume increased from ~ 430 h (20 years old) to ~ 800 h (35 years old). The amount of MIT + HIT was ~ 60 h during both the early (20–23 years old) and latter (29–35 years old) stage of her career, but was markedly higher (~ 80 h) during a 5-year period from 23 to 28 caused by the use of extensive HIT blocks during the general preparation phase.

Training Characteristics of the Five Most Successful Seasons

During the five consecutive seasons, from May 2010 to April 2015, the participant achieved 107 individual podium places in international competitions, including Olympic Games, FIS World championships and FIS World Cup. This consisted of 63 individual World Cup victories, two gold medals from the 2014 Olympics and seven gold medals from the three World Championships. Annual ranking and FIS points in the abovementioned international races were 2.5 ± 0.8 (2.0 ± 0.8 in distance races and 3.4 ± 2 in sprint races) and 9.3 ± 3.0 (including distance races and sprint qualifications points), respectively.

Physiological tests (Table 1) showed an average $\dot{V}O_{2\max}$ of 4.39 ± 0.09 (L $\cdot$ min $^{-1}$) and 67.7 ± 1.7 (ml $\cdot$ kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$) during the 5 years, with increased values from GP1 to GP2. $\dot{V}O_2$ at AT was approximately 89% of $\dot{V}O_{2\max}$.

A total of 2,713 training sessions, performed in the period from May 2010 to April 2015 were categorized based on the detailed design of the session (Table 3). Total annual training volume was 937 ± 25 h, distributed across 543 ± 9 sessions. This consisted of 849 ± 18 h (91%) endurance training, 75 ± 21 h (8%) strength training and 14 ± 2 h (1%) speed training. Monthly and weekly training patterns during different phases of the annual cycle are presented in Figure 2 and Table 4.

Endurance Training

Using the modified session goal approach, $92.3 \pm 0.3\%$ of total endurance training time was executed as LIT, $2.9 \pm 0.5\%$ as MIT and $4.8 \pm 0.5\%$ as HIT (including competitions). When all endurance sessions were categorized using the session goal method, the distribution was $76.1 \pm 1.1\%$ LIT sessions, $7.3 \pm 1.2\%$ MIT sessions and $16.6 \pm 1.2\%$ HIT sessions.

Annual LIT volume was 784 ± 10 h. Monthly LIT volume decreased from GP (76 h), to SP (68 h) and further to CP (55 h)

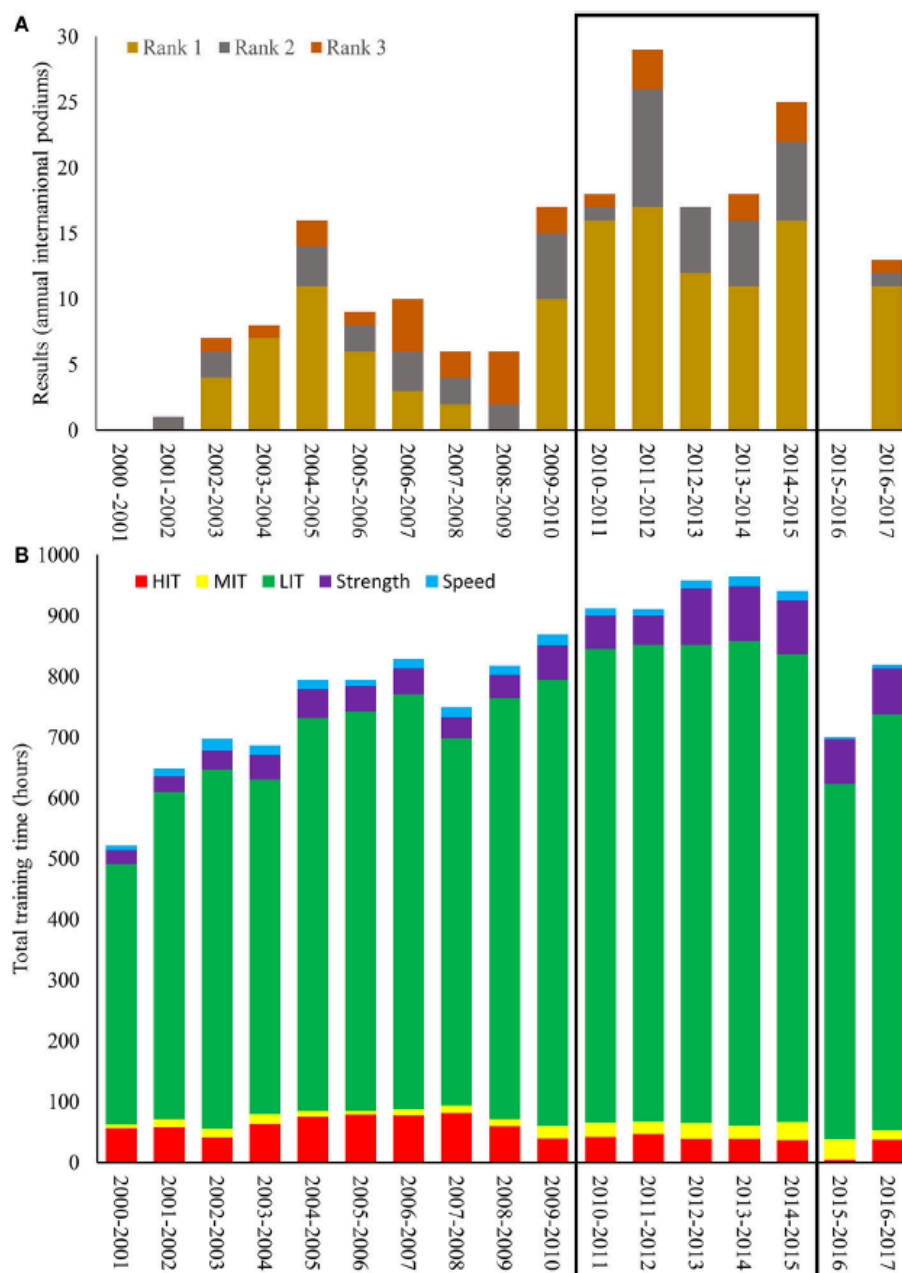
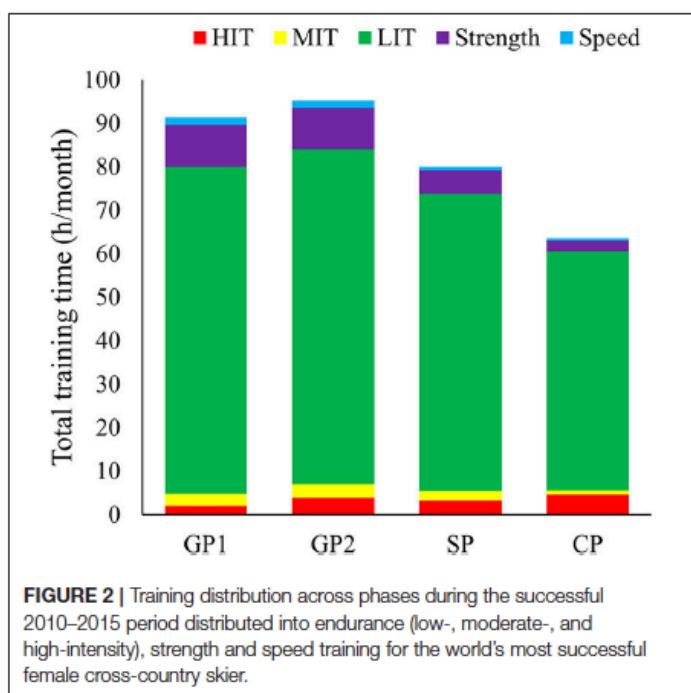


FIGURE 1 | (A,B) Annual top three performances **(A)** in international competitions and annual training characteristics **(B)** distributed into endurance (low-, moderate-, and high-intensity), strength and speed training during a 17-year period for the world's most successful female cross-country skier.

while the number of LIT sessions remained relatively stable across all phases (31.8 ± 1.6 sessions/month). Hence, the average duration of LIT sessions was reduced from GP (2.0 h) to SP (1.5 h) and CP (1.3 h). Total LIT time was distributed as 4% sessions < 50 min, 10% as sessions [50–90> min, 42% as sessions [90–150> min and 23% as sessions ≥ 150 min. The remaining 21% of LIT time was performed as warm-up or cool down in connection with MIT, HIT, or strength sessions. The number of LIT sessions in the different categories during the different phases are presented in Figure 4A.

Annual MIT volume was 24.6 ± 3.6 h. Monthly MIT volume decreased from GP (2.8 h) to SP (2.2 h) and further to CP (1.0 h). The monthly number of MIT sessions was relative stable across GP1, GP2, and SP (3.5 sessions), but decreased markedly in CP (2 sessions). Average duration of MIT sessions decreased from GP (0.8 h) to SP (0.7 h) and CP (0.5 h). The annual number of 35 ± 5 MIT sessions consisted of 20% continuous sessions, 48% interval sessions with interval-durations from 6 to 10> min, and 22% as interval sessions with interval-durations from 10 to 15 min. The most common MIT session was an interval session consisting of



5 × 7–8 min working periods, with 1–2 min rest in between. The use of specific MIT sessions during different phases of the annual cycle is presented in Figure 4B.

Annual HIT volume was 40.4 ± 3.6 h. Monthly HIT volume increased from GP1 (2.0 h) to GP2 (3.7 h), was slightly reduced in SP (3.2 h) and then increased in CP (4.7 h). The monthly number of HIT sessions increased from GP1 (4.1 sessions) to GP2 (7.0 sessions), SP (8.2 sessions) and CP (9.2 sessions). Average duration of HIT sessions was approximately equal (0.5 h) across all phases except from SP (0.4 h). The number of annual competitions was 38.6 ± 6.3 (~70% distance- and ~30% sprint-competitions). Competition time increased from GP (0.5 h/month), to SP (1.6 h/month) and further to CP (3.1 h/month). Competitions accounted for 42 and 49% of total HIT time and number of HIT sessions, respectively. The annual number of 79 ± 8 HIT sessions consisted of 45% continuous sessions (including distance competitions), 38% interval training with interval-durations from 4 to 7 min and 14% intervals with interval-durations < 4 min (including sprint competitions). The most typical HIT interval session was 5 × 4–5 min with 2–3 min rest in between. The use of specific HIT sessions during different phases of the annual cycle is presented in Figure 4C.

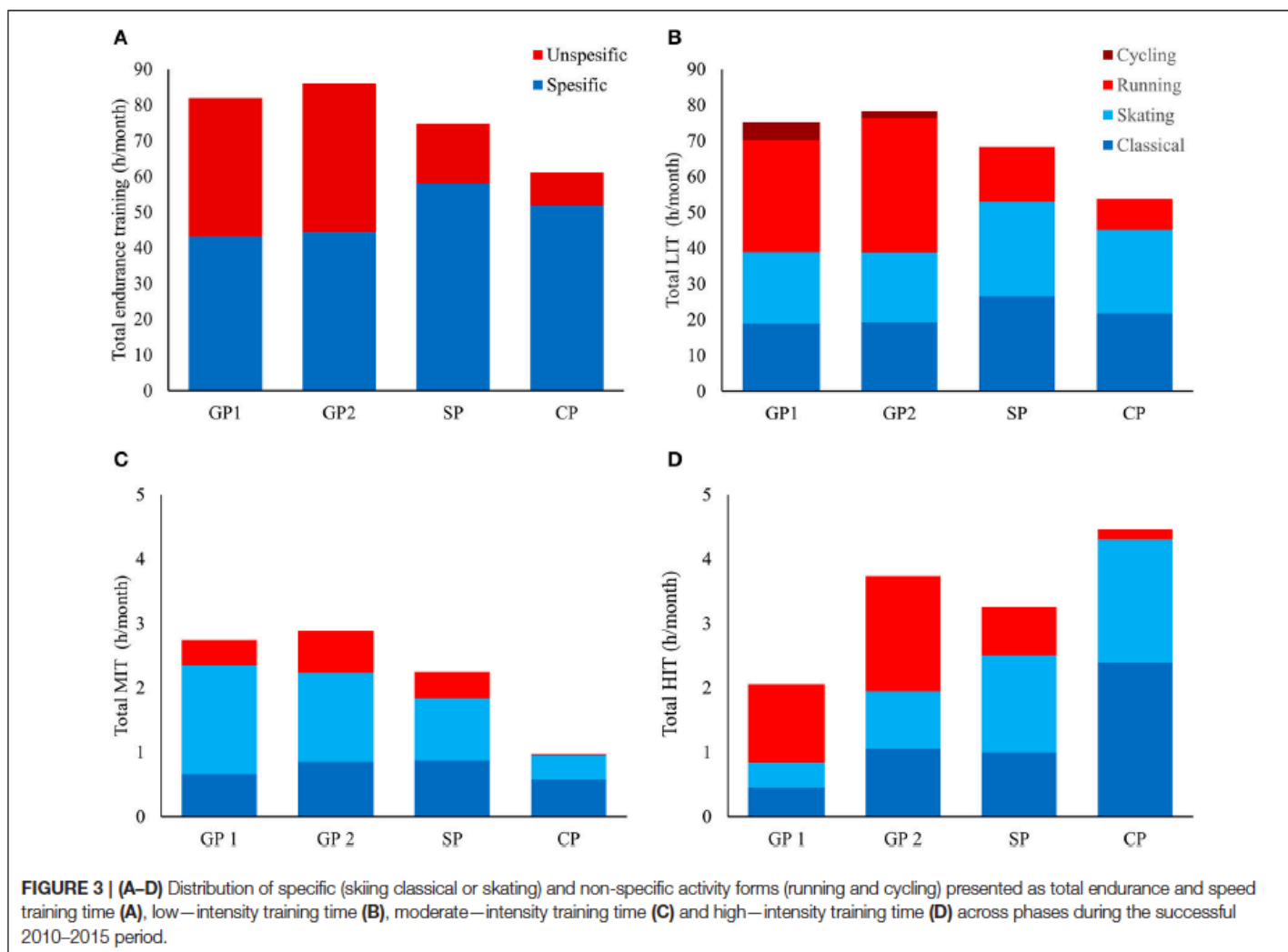


TABLE 4 | Weekly training distribution (mean $\pm$ SD) across the different periodization phases including the different phases of the altitude camp performed in October and the 6 weeks prior to international championships during the five successful years from 2010–2015 for the world's most successful female cross-country skier.

	GP1	GP2				SP	CP			
		Overall	Pre altitude	During altitude	After altitude		Overall	Pre-peaking Phase 1	Pre-peaking Phase 2	Peaking phase
TOTAL TRAINING										
Hours	20.9 ± 1.3	21.7 ± 0.6	19.9 ± 1.0	27.6 ± 1.6	18.3 ± 1.5	18.4 ± 0.5	14.7 ± 0.8	15.8 ± 2.2	19.7 ± 2.7	16.2 ± 0.5
Sessions	10.8 ± 0.3	11.1 ± 0.2	10.9 ± 0.4	11.9 ± 0.6	10.3 ± 0.9	11.7 ± 0.5	10.5 ± 0.6	10.8 ± 1.0	11.3 ± 1.5	11.9 ± 0.3
TRAINING FORMS										
Endurance (h)	18.3 ± 0.6	19.4 ± 0.6	16.9 ± 0.4	26.1 ± 1.0	16.2 ± 1.7	16.9 ± 0.4	14.0 ± 0.7	15.2 ± 2.0	17.6 ± 2.1	15.3 ± 0.7
Strength (h)	2.2 ± 0.6	1.9 ± 0.7	2.6 ± 0.6	1.4 ± 0.8	1.8 ± 0.7	1.2 ± 0.3	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.0	1.9 ± 0.9	0.6 ± 0.5
Speed (h)	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1
EXERCISE MODE										
Specific (h)	9.8 ± 0.5	10.0 ± 0.5	7.1 ± 2.3	19.2 ± 4.8	9.2 ± 1.1	13.3 ± 1.2	12.0 ± 0.8	13.8 ± 2.0	15.3 ± 2.1	13.6 ± 0.7
Unspecific (h)	8.8 ± 0.6	9.7 ± 0.4	10.2 ± 2.9	7.1 ± 2.9	7.3 ± 0.9	3.8 ± 0.9	2.1 ± 0.3	1.5 ± 0.6	2.5 ± 0.6	2.0 ± 0.2
SPE/UNSPE (%)	53/47	51/49	41/59	73/27	56/44	78/22	85/15	90/10	86/14	87/13
INTENSITY DISTRIBUTION										
LIT (h)	17.2 ± 0.5	17.9 ± 0.6	15.4 ± 0.5	24.7 ± 1.1	14.8 ± 1.8	15.7 ± 0.4	12.7 ± 0.7	14.0 ± 2.1	16.2 ± 0.9	14.0 ± 1.6
MIT (h)	0.6 ± 0.2	0.7 ± 0.1	0.4 ± 0.4	1.2 ± 0.3	0.7 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.2
HIT (h)	0.5 ± 0.1	0.8 ± 0.1	1.1 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.7 ± 0.2	0.7 ± 0.1	1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.2	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1
LIT/MIT/HIT (%)	94/3/3	92/4/4	91/2/7	94/5/1	92/4/4	93/3/4	91/1/8	92/2/6	92/2/6	91/2/7
INTENSITY DISTRIBUTION										
LIT (sessions)	7.1 ± 0.3	6.9 ± 0.3	6.1 ± 1.2	8.6 ± 0.8	6.6 ± 0.8	7.8 ± 0.5	7.3 ± 0.5	7.1 ± 0.9	7.1 ± 1.0	8.3 ± 0.5
MIT (sessions)	0.8 ± 0.2	0.9 ± 0.1	0.7 ± 0.8	1.6 ± 0.3	0.9 ± 0.3	0.8 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.8 ± 0.5	0.5 ± 0.4	0.6 ± 0.3
HIT (sessions)	0.9 ± 0.2	1.6 ± 0.1	2.2 ± 0.3	0.3 ± 0.3	1.3 ± 0.3	1.9 ± 0.3	2.1 ± 0.2	2.3 ± 0.3	2.0 ± 0.0	2.3 ± 0.3
LIT/MIT/HIT (%)	80/9/11	74/9/17	68/8/24	82/16/2	76/10/14	74/8/18	74/5/21	71/7/22	74/5/21	74/6/20
CATEGORIZATION OF LIT										
<50 min (sessions)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.9 ± 0.7	2.8 ± 0.5	2.1 ± 0.5	1.1 ± 0.8	3.0 ± 0.4
50–90 min (sessions)	1.0 ± 0.2	1.1 ± 0.3	1.1 ± 1.0	0.5 ± 0.4	1.5 ± 1.1	1.7 ± 0.6	1.3 ± 0.4	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.5	2.4 ± 1.7
90–150 min (sessions)	4.4 ± 0.5	4.0 ± 0.4	4.7 ± 0.8	3.9 ± 0.6	4.8 ± 1.0	3.2 ± 0.2	2.4 ± 0.4	3.0 ± 0.7	3.1 ± 0.8	2.4 ± 0.9
≥ 150 min (sessions)	1.6 ± 0.5	1.8 ± 0.1	0.5 ± 0.4	4.5 ± 0.7	0.5 ± 0.4	1.0 ± 0.4	0.7 ± 0.2	0.9 ± 0.8	1.8 ± 0.3	1.0 ± 0.7
AVG. SESSION DURATION										
LIT (h)	2.0 ± 0.1	2.1 ± 0.1	1.8 ± 0.1	2.6 ± 0.1	1.8 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.3 ± 0.2
MIT (h)	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.0	0.7 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.2
HIT (h)	0.5 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.5 ± 0.1	0.7 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.0
COMPETITIONS										
Hours	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.6 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.3 ± 0.1
Number	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.1 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.5	1.0 ± 0.6	0.9 ± 0.3

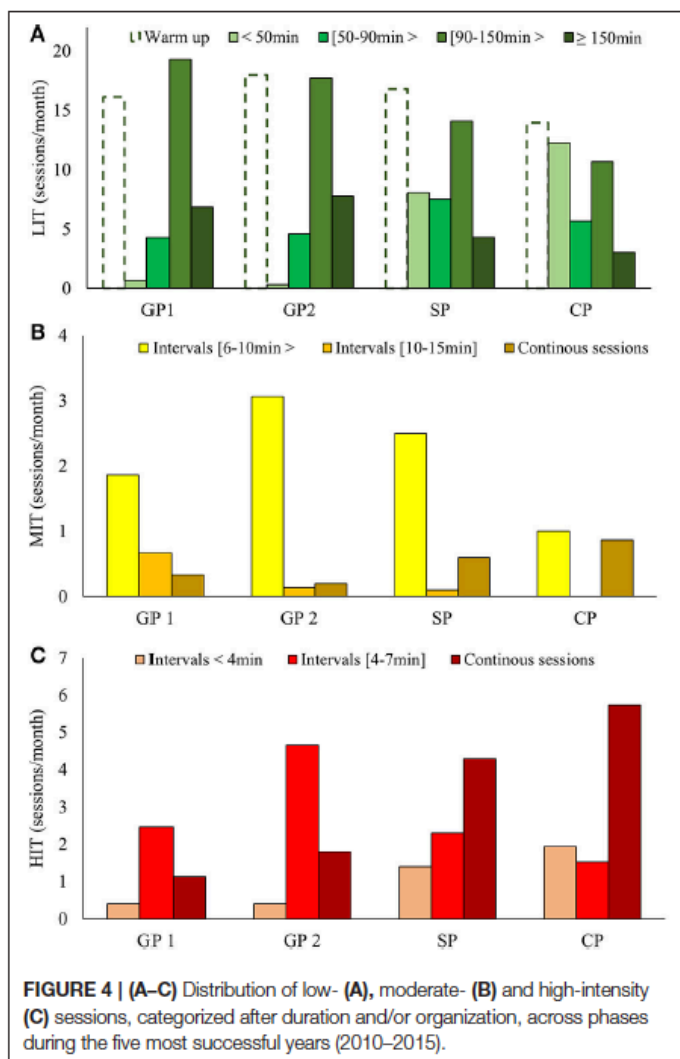
GP1, general preparation period 1; GP2, General preparation period 2; SP, Specific preparation period; CP, Competitions phase; SPE, Specific exercise mode; UNSPE, Unspecific exercise mode; LIT, Low intensity training; MIT, moderate intensity training; HIT, High intensity training.

Strength and Speed Training

An important change during the five investigated years was an increase in annual strength training time from ~ 51 h (43% core stabilization and 57% heavy strength training) during the first 2 years (30–32 years old), to ~ 90 h (50% core stabilization and 50% heavy strength training) in the following 3 years. This increase was due to both an increased number (55–75 sessions) and duration (0.9–1.2 h) of sessions. The amount of strength training increased from 6.0 to 10.9 h/month in GP, from 2.6 to 4.2 h/month in SP and from 1.7 to 3.0 h/month in CP. The proportion of heavy versus core/stabilization training across phases was relatively similar during all 5 years, with the amount

of heavy strength training increasing from GP ($\sim 50\%$), to SP ($\sim 60\%$) and further to CP ($\sim 65\%$).

A typical strength session consisted of 30–45 min of core/stabilization exercises followed by 30–45 min of heavy strength training. The core stabilization portion included various exercises targeting muscles involved in the force transfer during specific ski movements and exercises aiming to stabilize and move these segments functionally while skiing. Heavy strength sessions consisted of one or two leg exercises (e.g., squats) and three to four upper-body exercises (e.g., seated pull-down, standing double poling, pull-ups, lying bench-pull, and pullover).



Annually, 14 ± 2 h of speed training, including 11.1 h ski-specific exercises and 2.5 h of jumps/plyometrics, was performed. The amount of speed training decreased from GP (1.7 h/month) to SP (0.9 h/month) and CP (0.5 h/month). Speed training was included 64 ± 9 times/year and typically performed as 6–10 $\times$ 10–20 s sprints or 5–8 series of 10–15 plyometric jumps using ski specific movements integrated into LIT sessions of 90–120 minutes or performed before strength sessions.

Exercise Modes

$63 \pm 3\%$ (545 ± 18 h) of the yearly endurance and sprint training was performed as sport-specific exercise modes (i.e., skating and classical on skis or roller skis), with the remaining $37 \pm 2\%$ (318 ± 18 h) performed as non-specific activity forms (34% running and 3% cycling). The proportion of specific activity forms increased from GP (52%) to SP (78%) and further to CP (85%). Specific training time also increased from GP (44 h/month) to SP (58 h/month), but then decreased slightly to CP (52 h/month). Sport-specific training accounted for 62, 83, and 72% of the annual LIT, MIT, and HIT volume, respectively. Figures 3A–D illustrate the distribution of activity forms across the different intensities and training phases. The distribution of

training in the classic and skating techniques were approximately equal in total training time (48 and 52%), LIT (49 and 51%), and HIT (49 and 51%), while the proportion of skating was substantially higher during MIT (61%).

Altitude Training

Total annual days spent at altitude was 61 ± 9 , which were mainly distributed across five altitude camps (12–14 days June/July, 12–14 days August/September, 14–16 days October/November, 10–14 days in December and 10–12 days January/February). Total training volume at altitude ranged from 170 to 230 h, accounting for 18–25% of the total annual training volume. The average weekly training volume decreased from altitude camps performed in GP (~26 h) to SP (~22 h) and further to CP (~20 h).

Training during the 2 weeks before, 2 weeks during and the 2 weeks after the altitude camp in October/November are presented in Table 4 and Figure 5A. Total training volume was ~35% higher during altitude than the phases before and after. The increased training volume occurred due to an increased number of LIT sessions ≥ 2.5 h, whereas strength training time was lower during altitude compared to the phases before and after. The amount of training in specific modes increased markedly at altitude, while the total volume of MIT and HIT remained stable (~1.5 h/week) across all three phases. However, the MIT/HIT distribution changed from containing more HIT before altitude (0.4 h MIT vs. 1.1 h HIT), but more MIT during altitude (1.2 h MIT vs. 0.2 h HIT) and equal amounts of MIT and HIT after altitude training (0.7 h MIT vs. 0.7 h HIT).

Tapering toward International Championships

The distribution of training during the final 6 weeks prior to gold medal performance is presented in Table 4 and Figure 5B. Here, training volume increased by 25% from pre-peaking phase 1 (day 42–29) to pre-peaking phase 2 (day 28–15), due to increased amount of long duration LIT sessions and strength training. The training volume was then reduced by 18% to the peaking phase (day 14–1), which included a modest reduction in volume (6%) during the first week (day 14–8) and a larger reduction (30%) in the final week (day 7–1). The training volumes during the three consecutive peaking phases were 73, 91, and 75 % of the average GP2 training volume, respectively, while the number of sessions was stable across all phases (~11 sessions/week).

The amount of MIT+HIT volume remained relatively stable across all peaking phases (~1.3 h/week). Week-by-week analyses showed a progressive increase in the proportion of HIT vs. MIT during the final 3 weeks before the championship start. A detailed description of the specific sessions performed during the final 14 days before the 2014 Olympic Games is presented in Table 5.

DISCUSSION

The present study investigated the training routines during the best-performing period of the most successful female XC skier of all time, analyzed in the context of her longitudinal training patterns. Following a 12-year progressive, non-linear increase in training load, the annual training volume during these 5 years

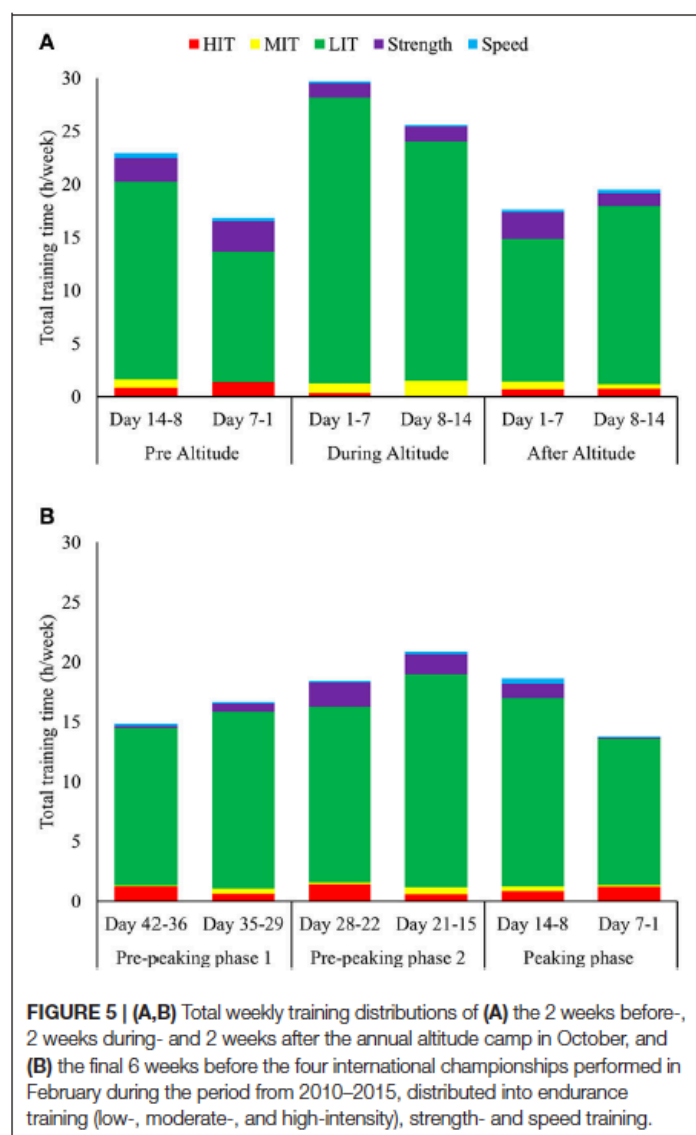


FIGURE 5 | (A,B) Total weekly training distributions of (A) the 2 weeks before-, 2 weeks during- and 2 weeks after the annual altitude camp in October, and (B) the final 6 weeks before the four international championships performed in February during the period from 2010–2015, distributed into endurance training (low-, moderate-, and high-intensity), strength- and speed training.

was ~940 h, consisting of 91% endurance-, 8% strength-, and 1% speed training. Endurance training was gradually more polarized, due to reduced LIT and increased HIT, from GP to CP. 18–25% of the annual training time was done at altitude, performed with relatively short training camps (≤ 16 days) where HIT training is reduced and LIT training increased compared to sea-level training. Training before international championships included a 2-week increase in LIT and strength volume followed by gradual reduction in total training volume and increased HIT during the final week.

Longitudinal and General Training Characteristics

In this study, in which 17 years of training were analyzed, our participant had a 12-year progressive, non-linear increase in training load from the age of 20 until the successful 5-year period analyzed in detail, where annual training volume was ~940 h, distributed across ~540 sessions. The overall progression in training mainly included an increase in LIT, although in a 6-year

period she also increased the amount of HIT due to extensive blocks of HIT training during GP. The participant was already at a high international level and achieved her first international gold medal at 23 years old, with training volumes slightly in excess of 700 h. However, before the age of 25 she was not stable at the top level in distance races and mainly performed at a world-class level in sprint skiing; after which she performed equally well in all disciplines and techniques. While these data highlight the importance of a high training volume to achieve a top international level in XC-skiing (Tonnessen et al., 2014; Sandbakk et al., 2016; Sandbakk and Holmberg, 2017), they also indicate that a progressive increase in training load is beneficial.

Throughout the 12 initial years with increases in training load, our participant had two major changes in “training philosophy,” in which rapid performance improvements also occurred. The first of these periods was in an early stage of her senior career, where extensive blocks of HIT were included. This led to rapid performance improvements that stagnated after a few years, during which the progression in training load and/or variation in stimulus were limited. The next major performance improvement coincided with a change to a more even distribution of training volume/intensity, a reduction in the amount of HIT, and the implementation of relatively large amounts of LIT. This occurred directly before entering the successful 5-year period analyzed here. In this period, both physiological values and performance improved over the first year before remaining at a stable high level. The annual training volume of >910 h consisted of ~850 h endurance training distributed as 92% LIT, 3% MIT, and 5% HIT when using the modified session-goal approach to quantify training. When quantified by the number of sessions in each zone, ~475 endurance sessions were distributed into 76% LIT, 7% MIT, and 17% HIT. While these amounts of HIT and MIT are similar to what was previously reported in world-class XC skiers (Sandbakk et al., 2011b, 2016; Tonnessen et al., 2014), the volume of LIT is remarkably high. This was combined with relatively high amounts of strength training and regular speed training, which may have been beneficial for maintaining muscle mass and sprint ability. A further progression in stimuli was achieved through inclusion of more strength training halfway through the 5-year period, while the amount of endurance training remained relatively stable. One unique feature of our participant is that she combines a high aerobic capacity with greater muscle mass than normally reported among female XC skiers (Hegge et al., 2016), particularly in the upper-body where women typically have the largest difference in body composition and performance compared to men (Sandbakk et al., 2017).

In XC skiing, not just exercise volume, frequency, and intensity are of importance. Through the 17-year period, ~60% of annual endurance and sprint training hours were ski specific (skiing on snow or roller skis), while the rest was primarily running. This alternation between exercise modes, loading the whole body, upper body, and the legs to a different extent, is unique for XC-skiing compared to other endurance sports. The variation between employment of these training modes permits high training loads during GP, while the total training load is reduced when less variation and increased sport-specific training

TABLE 5 | Detailed description of the training performed during the final 14 days before the 2014 Olympic Games in Sochi, including information about the commonalities during the same period before the World Championships in 2011, 2013, and 2015 for the world's most successful female cross-country skier.

Training content		Commonalities 2011, 2013, 2014, and 2015
14	AM: 2.5 h LIT, ski skating on varying terrain PM: Warm-up + 30 min strength training [#]	Day 14–8 before first championship event: • Second part of 10–12 days altitude camp at 1,800 m.a.s.l (i.e., the entire altitude camp was 8–20 days before the first competition) • Training volume 17–20 h • 2–3 LIT sessions >2.5 h • 2 MIT/HIT sessions performed at 1,000 m.a.s.l • 1–2 strength sessions • 2–4 LIT sessions with integrated sprints • 1 rest day
13	Rest day	
12	AM: 2.5 h LIT, classical skiing on varying terrain PM: 1.3 h LIT, ski skating on varied terrain, including sprints	
11	AM: 5 × 7-min MIT*, ski skating on varied terrain PM: 1.3 h LIT, classical skiing on varied terrain, including sprints	
10	AM: 2.7 h LIT, classical skiing on varied terrain PM: Warm-up + 30 min strength training [#]	
9	AM: 2.3 h LIT, ski skating on varied terrain, including sprints PM: Rest	
8	AM: 6 min MIT + 5-km HIT*, classical skiing varying terrain PM: 0.5 h LIT, running	
7	AM: 1.3 h LIT, classical skiing on varied terrain, including sprints PM: 0.5 h LIT, running	Day 7–1 before first championship event: • Training at championship elevation • Total training volume of 13–16 h • 3–4 HIT/MIT sessions • Frequent medium and short duration LIT sessions • Timing of sessions ■ Day 6–4: 1–3 competitions ■ Day 3: Easy day with LIT ■ Day 2: HIT session or easy training with LIT ■ Day 1: Easy training or short duration MIT session
6	MO: 0.5 h LIT, running AM: 10-km classic competition* PM: 0.5 h LIT, running	
5	AM: Sprint skating competition* PM: 0.5 h LIT, running	
4	Rest day with traveling	
3	AM: 1.3 h LIT, ski skating on varied terrain PM: 1.5 h LIT, classical skiing on varying terrain	
2	AM: 30 min HIT*, duathlon ski classical and skating varying terrain PM: 0.5 LIT, running	
1	AM: 1.3 h LIT, classical skiing on varying terrain PM: 0.5 h LIT, running	
0	Gold medal, skiathlon Olympic Winter Games Sochi 2014	

LIT, low-intensity training: heart rate < 87% max; MIT, moderate-intensity training: heart rate 87–92% max; HIT, high-intensity training: heart rate > 92% max.

*MIT and HIT sessions normally included 30–45 min of LIT as warm up and 15–30 min LIT as cool-down.

[#]Strength training sessions normally included 30–45 min of LIT as warm up.

is used toward CP. However, variations between exercise modes were also employed on the micro periodization level; e.g., by performing heavy strength training of the upper body in the morning session followed by lower body endurance training (e.g., running) in the afternoon. This way of loading the upper and lower body may not only increase the tolerable training load, but could also reduce negative cross-over adaptation effects from concurrent strength and endurance training. In our case, the participant confirmed during interviews that she was conscious about the use of terrain, e.g., by combining uphill sessions where the legs are mainly employed, with sessions primarily loading the upper body by using the double poling technique on the same day. This is likely an important factor contributing to the combination of high endurance capacity and a relatively large muscle mass obtained by XC skiers.

Following a gradual increase in aerobic capacity, the participant's average $\text{VO}_{2\text{max}}$ was $\sim 68 \text{ (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$ during her five most successful years. This is at the same level reported in female champions in running and orienteering (Jones, 2006; Tonnessen et al., 2015b). Her AT increased correspondingly, and both the participant and her coaches highlighted her gradually

improved ability to train with relatively high speed and a high technical quality also during LIT and MIT sessions in all exercise modes. This is supported by her lactate profiles, where her speed at various submaximal lactate levels gradually increased throughout her career. Similar results were shown in the female marathon world record holder (Jones, 2006) and a world-class rower (Bourgeois et al., 2014). This is most likely a result of her long-term progressive increase in endurance training load, leading to enhanced peak oxygen uptake, fat utilization and improved efficiency in all exercise modes. In this context, it is also important to note that the body mass of the participant was very stable throughout her senior career, and measurements of body composition during the five successful years showed that both her fat percentage and bone mineral density were within healthy values. We suggest that this is an important reason for her continuity in training during the 17 years with high loads of endurance training.

Overall, our data indicate that a progressive increase in training load until the age of 30 may be necessary in order to optimize the full potential of a top-level XC skier. We hypothesize that this allowed our champion XC skier to tolerate and respond

positively to the high training volumes utilized in the 5-year period analyzed, where she used a polarized training pattern with a large amount of LIT.

Training Characteristics during Five Successful Years

Annual Periodization of Training

The total number of LIT sessions remained stable across phases throughout the training year, while total LIT-time was gradually reduced from GP to CP. The amount of MIT, speed, and strength training also decreased from GP to CP, while HIT showed the opposite pattern, which altogether induced a gradually more polarized training pattern toward CP. The transition from a more “pyramidal” to a more polarized endurance training pattern was previously shown in successful athletes (Stoggl and Sperlich, 2015). However, the large amounts of speed and strength training during GP might be an important addition to concurrently develop endurance and strength capacities during the preparation period, whereas the subsequently more polarized pattern may facilitate the ability to utilize these capacities at competition-specific intensities.

Simultaneously, the amount of specific training increased from 50% during GP to 85% in CP. This is in line with previous studies of XC skiers and probably functions as an important substitute for reduced volume during CP (Tonnessen et al., 2014). While the sport-specific proportion of LIT and HIT increased markedly from GP to CP, the amount of specific MIT was >80% during all phases. In addition, the MIT sessions were performed at relative high heart rates (87–92% of HR_{max}), which is higher than normally reported in elite athletes, although RPE ratings and lactate values were in the normal range for such sessions. The participant confirmed that she was able to perform MIT sessions at this level, which allowed her to accumulate and tolerate much more time at >90% of HR_{max} than most of her peers. Such training has previously been reported to be highly effective for endurance adaptations and performance in well trained elite athletes (Stepto et al., 1999; Sandbakk et al., 2013).

The accumulated LIT-time during GP was very high (76 h/month) and reduced in CP (55 h/month). While the number of LIT sessions remained stable across phases (~32 sessions/month), the amount of LIT sessions ≥ 90 min decreased from GP (25 sessions/month) to CP (14 sessions/month). Another pronounced change between phases was the increase of LIT sessions <50 min from GP (~0 sessions/month) to CP (~14 sessions/month). This methodological approach is novel, and clearly shows how LIT sessions of different duration are distributed differently throughout the year. The effect of duration versus frequency of LIT sessions has not yet been examined, although up to 90% of the total training among endurance athletes is LIT. Interestingly, 21% (167 h) of the annual LIT volume was warm up or cool down in connection with MIT, HIT, or strength sessions. This part of LIT probably functions as an important contributor to the long-term development by enhancing the total training volume.

While the majority of MIT and HIT sessions were organized as intervals during GP, an increase in continuous MIT and HIT

sessions was observed as the CP approached. Both exercise mode, organization of HIT, and use of terrain got more specific closer to CP. The fact that 42% of annual HIT time was competitions emphasizes the importance of specific training to achieve success in XC skiing. The participant also confirmed that competitions were an important part of her training, particularly during her tapering phase. The organization of endurance sessions changed from longer to gradually prioritizing shorter LIT sessions, while MIT and HIT sessions became more competition-specific.

Altitude Training

18–25% of annual training volume was performed during relatively short (10–16 days) altitude camps, living at 1,800–2,000 m.a.s.l. and training at 1,000–3,000 m.a.s.l., with a clear reduction in HIT but an increased volume of LIT compared to sea-level training. This altitude exposure is significantly shorter than the 4 weeks recommended to fully stimulate erythropoiesis. However, comparable duration of camps is reported to have beneficial effects on work economy, muscle buffering capacity, and ventilatory factors (Millet et al., 2010). Furthermore, the long-term effect of repeated short-duration altitude exposure over several years is currently unknown.

The participant experienced marked progress after altitude training, although it is not known to what extent altitude-facilitated effects and/or the periodization of training occurring in connection with altitude camps influence the experienced progress. Before altitude, training changed toward a more polarized pattern, including lower total volume and more HIT and strength training. During altitude, HIT was reduced and training shifted to a more pyramidal intensity distribution, with more LIT sessions ≥ 2.5 h and increased amounts of MIT. Training after altitude consisted of some easy days with reduced volume and no MIT or HIT during the first 4 days after altitude exposure, followed by increased intensity in training. The participant also highlighted the opportunity to ski on snow, more time to rest, and an increased focus on recovery as possible factors contributing to the positive effect of altitude camps.

Tapering toward International Championships

The tapering phase prior to international championships included a phase with frequent competitions, followed by elevated training volume including more LIT and strength at altitude. Thereafter, our participant reduced her training volume and increased the amount of HIT during the final week before championships. However, the reduction in training volume during the final 2 weeks (18%) was much lower than recommendations in the literature (Bosquet et al., 2007). The same observation was made by Tonnessen et al. (2014), where the authors speculated that this might be optimal in sports with a dense competition schedule. As such, top athletes in XC skiing appear to reduce their training volume less than that recommended by the current literature. Maintenance of training volume until the final week before the first championship event could also be important in order to maintain performance level over 5–6 competitions during a championship lasting 9–15 days.

Our participant integrated the competition schedule into the tapering strategy and had a relatively similar timing

of the final competitions in the peaking phase during all 5 years. Specifically, a period with frequent competitions, allowing less training hours, is followed by a competition break, prioritizing altitude training with more MIT, long duration LIT sessions and strength training. Thereafter, three HIT sessions were performed during the final 7 days, which include competitions at day 6–4 before the championship's start. However, since this analysis is based on the training conducted prior to the first competition in each championship, it is not certain that this was the day with the best performance (although gold medals were won already at the first competition).

CONCLUSION

Our study supports previous findings highlighting the importance of a high training volume, using a polarized training pattern with a large amount of LIT to reach world-class level in XC skiing. This study provides unique data on the world's most successful XC skier's long-term training process, including novel information about the physiological development and the distribution of and interplay between sessions of different

training forms, intensities, and exercise modes throughout the annual season. By using a single-case approach, where quantitative data were supported by qualitative interviews, we were able to present the sophisticated training of a world-class athlete from a macro- to a micro-level, allowing the generation of new hypotheses that can be tested in future research with larger samples.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

GS, ET, and ØS designed the study; GS performed data collection; GS, ET, and ØS performed data and statistical analysis; GS, ET, and ØS contributed to interpretation of the results; GS and ØS wrote the draft manuscript; GS, ET, and ØS contributed to the final manuscript.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors sincerely thank Marit Bjørgen, her manager Guri Hetland and her coaches Svein Tore Samdal, Egil Kristiansen, and Idar Terje Belsvik for their valuable cooperation and participation in this study.

REFERENCES

- Bell, P. G., Furber, M. J., Van Someren, K. A., Anton-Solanas, A., and Swart, J. (2017). The physiological profile of a multiple tour de france winning cyclist. *Med. Sci. Sports Exerc.* 49, 115–123. doi: 10.1249/MSS.00000000000001068
- Beneke, R., and von Duvillard, S. P. (1996). Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28, 241–246. doi: 10.1097/00005768-199602000-00013
- Beneke, R., Leithauser, R. M., and Hutler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *Br. J. Sports Med.* 35, 192–196. doi: 10.1136/bjism.35.3.192
- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., and Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39, 1358–1365. doi: 10.1249/mss.0b013e31806010e0
- Boulay, M. R., Simoneau, J. A., Lortie, G., and Bouchard, C. (1997). Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29, 125–132. doi: 10.1097/00005768-199701000-00018
- Bourgeois, J., Steyaert, A., and Boone, J. (2014). Physiological and anthropometric progression in an international oarsman: a 15-year case study. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9, 723–726. doi: 10.1123/ijssp.2013-0267
- Enoksen, E., Shalfawi, S. A., and Tonnessen, E. (2011). The effect of high- vs. low-intensity training on aerobic capacity in well-trained male middle-distance runners. *J. Strength Cond. Res.* 25, 812–818. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc2291
- FIS (2017). *International Ski Federation World Cup Results [Online]*. Available online at: <http://www.fis-ski.com/> (Accessed September 1, 2017).
- Hegge, A. M., Bucher, E., Ettema, G., Faude, O., Holmberg, H. C., and Sandbakk, O. (2016). Gender differences in power production, energetic capacity and efficiency of elite crosscountry skiers during wholebody, upperbody, and arm poling. *Eur. J. Appl. Physiol.* 116, 291–300. doi: 10.1007/s00421-015-3281-y
- Hellard, P., Avalos, M., Hausswirth, C., Pyne, D., Toussaint, J. F., and Mujika, I. (2013). Identifying optimal overload and taper in elite swimmers over time. *J. Sports Sci. Med.* 12, 668–678.
- Ingham, S. A., Fudge, B. W., and Pringle, J. S. (2012). Training distribution, physiological profile, and performance for a male international 1500-m runner. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 7, 193–195. doi: 10.1123/ijssp.7.2.193
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 1, 25–30. doi: 10.1111/j.1600-0838.1991.tb00267.x
- Jones, A. M. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br. J. Sports Med.* 32, 39–43. doi: 10.1136/bjism.32.1.39
- Jones, A. M. (2006). The physiology of the world record holder for the Women's Marathon. *Int. J. Sports Sci. Coach.* 1, 101–116. doi: 10.1260/17479540677641258
- Manunzio, C., Mester, J., Kaiser, W., and Wahl, P. (2016). Training intensity distribution and changes in performance and physiology of a 2nd place finisher team of the race across America over a 6 month preparation period. *Front. Physiol.* 7:642. doi: 10.3389/fphys.2016.00642
- Millet, G. P., Roels, B., Schmitt, L., Woorons, X., and Richalet, J. P. (2010). Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Med.* 40, 1–25. doi: 10.2165/11317920-000000000-00000
- Mujika, I. (2014). Olympic preparation of a world-class female triathlete. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9, 727–731. doi: 10.1123/ijssp.2013-0245
- Norman, R. W., Ounpuu, S., Fraser, M., and Mitchell, R. (1989). Mechanical power output and estimated metabolic rates Nordic skiers during Olympic competition. *Int. J. Sport Biomech.* 5, 169–184. doi: 10.1123/ijsb.5.2.169
- Pinot, J., and Grappe, F. (2015). A six-year monitoring case study of a top-10 cycling Grand Tour finisher. *J. Sports Sci.* 33, 907–914. doi: 10.1080/02640414.2014.969296
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., and Mujika, I. (2017). Short-term performance peaking in an elite cross-country mountain biker. *J. Sports Sci.* 35, 1392–1395. doi: 10.1080/02640414.2016.1215503
- Saltin, B., and Astrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol.* 23, 353–358.
- Sandbakk, O., and Holmberg, H. C. (2017). Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 12, 1003–1011. doi: 10.1123/ijssp.2016-0749
- Sandbakk, O., Ettema, G., Leirdal, S., Jakobsen, V., and Holmberg, H. C. (2011a). Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 111, 947–957. doi: 10.1007/s00421-010-1719-9
- Sandbakk, O., Hegge, A. M., Losnegard, T., Skattebo, O., Tonnessen, E., and Holmberg, H. C. (2016). The physiological capacity of the world's highest

- ranked female cross-country skiers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48, 1091–1100. doi: 10.1249/MSS.0000000000000862
- Sandbakk, O., Holmberg, H. C., Leirdal, S., and Ettema, G. (2011b). The physiology of world-class sprint skiers. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 21, e9–e16. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x
- Sandbakk, O., Sandbakk, S. B., Ettema, G., and Welde, B. (2013). Effects of intensity and duration in aerobic high-intensity interval training in highly trained junior cross-country skiers. *J. Strength Cond. Res.* 27, 1974–1980. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182752f08
- Sandbakk, O., Solli, G. S., and Holmberg, H. C. (2017). Sex differences in world record performance: the influence of sport discipline and competition duration. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 10, 1–23. doi: 10.1123/ijsp.2017-0196
- Seiler, K. S., and Kjerland, G. O. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *Scand. J. Med. Sci. Sports* 16, 49–56. doi: 10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x
- Stellingwerf, T. (2012). Case study: nutrition and training periodization in three elite marathon runners. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 22, 392–400. doi: 10.1123/ijns.22.5.392
- Stephens, N. K., Hawley, J. A., Dennis, S. C., and Hopkins, W. G. (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31, 736–741. doi: 10.1097/00005768-199905000-00018
- Stoggl, T. L., and Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Front. Physiol.* 6:295. doi: 10.3389/fphys.2015.00295
- Sylta, O., Tonnessen, E., and Seiler, S. (2014a). Do elite endurance athletes report their training accurately? *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9, 85–92. doi: 10.1123/ijsp.2013-0203
- Sylta, O., Tonnessen, E., and Seiler, S. (2014b). From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9, 100–107. doi: 10.1123/ijsp.2013-0298
- Tjelta, L. I. (2013). A longitudinal case study of the training of the 2012 European 1500 m track champion. *Int. J. Appl. Sport Sci.* 25, 11–18. doi: 10.24985/ijass.2013.25.1.11
- Tjelta, L. I., Tonnessen, E., and Enoksen, E. (2014). A case study of the training of nine times New York marathon winner Grete Waitz. *Int. J. Sports Sci. Coach* 9, 139–159. doi: 10.1260/1747-9541.9.1.139
- Tonnessen, E., Haugen, T. A., Hem, E., Leirstein, S., and Seiler, S. (2015a). Maximal aerobic capacity in the winter-Olympics endurance disciplines: olympic-medal benchmarks for the time period 1990–2013. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 10, 835–839. doi: 10.1123/ijsp.2014-0431
- Tonnessen, E., Svendsen, I. S., Ronnestad, B. R., Hisdal, J., Haugen, T. A., and Seiler, S. (2015b). The annual training periodization of 8 world champions in orienteering. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 10, 29–38. doi: 10.1123/ijsp.2014-0005
- Tonnessen, E., Sylta, O., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., and Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS ONE* 9:e101796. doi: 10.1371/journal.pone.0101796

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2017 Solli, Tonnessen and Sandbakk. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Sesongaktuelle utdrag fra nye Utviklingstrappa:

Viktige faktorer for god treningskvalitet og typiske feil blant utøvere

Fokus under trening

En merkbart forskjell på dem som har en positiv utvikling etter et solid treningsarbeid, og dem som ikke har det, er evnen til å holde fokus i den daglige treningen. De som trener med riktig fokus, er spesielt flinke til å utnytte alle timene med rolig trening til å jobbe med arbeidsoppgaver som gir positiv effekt. Noen faktorer som kjennetegner utøvere med stor framgang, er at de

- er svært fokusert under trening – det er lite utenomsnakk
- alltid er bevisst på tekniske oppgaver, også under egentrening og rolige økter
- er opptatt av å gjennomføre styrkeøvelser riktig og presist, men ikke like opptatt av timer, minutter og antall repetisjoner

Følelse versus puls

Det bør være et høyt presisjonsnivå på både rolig og intensiv trening. På juniornivå er det viktig å lære utøverne å bruke følelsene samt å utforme fornuftige treningsøkter for å utvikle et godt presisjonsnivå. Puls klokke er nyttig som supplement, men å bruke den til å styre treningen blir erfaringsmessig mer feil enn rett.



Foto: NTB Scanpix

Noen faktorer som kjennetegner utøvere med stor framgang, er at de

- er opptatt av å gjennomføre treningen med teknisk god kvalitet uten å bli for opphengt i intensitetssoner og pulsnivå
- er flinke til å trene rolig nok når dette er nødvendig, for eksempel på de lengste turene

Forberedelse til økter

Man må sørge for at ukas kjerneøkter kan gjennomføres med best mulig kvalitet. Noen faktorer som kjennetegner utøvere med stor framgang, er at de

- er godt forberedt til de intensive øktene
- er restituert etter gårdagens trening
- inntar siste måltid i passe avstand til økta
- er mentalt godt forberedt

Gode forberedelser gir god prestasjonsutvikling!

Åpning av dragene

En godt gjennomført intensiv økt kjennetegnes gjerne av en litt kontrollert første del, slik at hastighet, teknikk, innsats og belastning er minst like høy på siste del. Det er gjennomføringen av siste halvdel av en intensiv økt som avgjør om det blir en økt med positivt eller negativt treningsutbytte. Er åpningen for hard, vil man dra på seg syre som man ikke blir kvitt, og dermed ender det med en dårlig gjennomført intensiv økt som har liten eller ingen treningseffekt.

Variasjon i treningen

Det bør være variasjon i treningen generelt. Monoton og lite variert trening over tid fører gjerne til tunge bein, muskulære problemer og lite overskudd.

Progresjon i treningen

Man må ha progresjon på treningen for å oppleve utvikling. Det gjelder å øke intensiteten og varigheten på intensive økter. De rolige turene bør etter hvert også økes i lengde, og belastningen på styrketreningen bør bli større.

Riktig totalbelastning

Trening har kun positiv effekt dersom man er på pluss-siden når det gjelder overskudd. Det motsatte vil være tilfelle dersom man over tid trener med for lite overskudd. Da vil treningseffekten være negativ. Derfor er avgjørende å lytte til kroppens signaler og hvile eller redusere treningsbelastningen når overskuddet blir lite.

Restitusjon

Utøverne må være meget dyktige på alt som har med restitusjon å gjøre, dersom de skal kunne forvente positivt treningsutbytte av mye og hard trening. De må ha forståelse for at de må spise nok og riktig både før, under og etter trening. Noen viktige restitusjonstiltak:

- Spis/drikk riktig før/under/etter trening og konkurranser.
- Jogg ned på slutten av en løpeøkt.
- Skift til tørt tøy etter trening.
- Gjennomfør restitusjonsøker.
- Sørg for å ha hviledager/hvileperioder.
- Sørg for å få nok søvntimer hver natt.
- Utfør tilstrekkelig bevegelsestrening.

Treningen kan over en viss periode gå greit med utilstrekkelig restitusjon, men vanligvis med påfallende liten framgang. Ofte ender det med sykdom eller en periode der man er helt uten overskudd.

Lytte til kroppens signaler

Man må lære seg at hvile/restitusjon og hviledager er en like viktig del av treningsarbeidet som selve treningen. Det er dessuten viktig å ikke bare trene etter en oppsatt plan, men også å ta hensyn til kroppens signaler.

Noen ting å huske på ved sykdom:

- Ikke start for tidlig etter sykdom, men bruk nok tid til å bygge deg gradvis opp.
- Utsett harde økter til du er helt frisk.

Konkurranser

Konkurranser er en viktig del av juniorutøvernes trening, og de gir viktige tilbakemeldinger på om treningen virker. Selv om resultatfokuset øker i junioralder, og man må lære seg å håndtere både gode og mindre gode resultater, er utviklingsfokuset det viktigste. Utøverne skal bruke konkurransene til å lære seg å konkurrere og til hente ut det beste av seg selv. Derfor er det lurt å sette tydelige mestringsmål for konkurransene, og ikke bare resultatmål. I langrenn kan gode mål for konkurranser være

- å utvikle gode oppvarmingsprosedyrer
- å klare å disponere løpet riktig
- å beholde et mentalt fokus på seg selv og sine oppgaver
- å ha et teknisk fokus under hele konkurransen
- å lese terrenget og velge riktig delteknikk

I etterkant av konkurranser er det viktig å evaluere og reflektere omkring de fokusområdene trener og utøver har blitt enige om, og ikke starte med å stille spørsmål om tid og plassering. Det fører til et høyere bevissthetsnivå og leder utøveren i en retning av å bli mer oppgave- og mestringsorientert.

Totalbelastning

Parallelt med økningen i treningsbelastning må det legges en plan der andre aktiviteter trappes ned, slik at det hele veien blir en fornuftig totalbelastning. I perioder med stor tankemessig og følelsesmessig belastning på andre områder (for eksempel eksamensperioder, kjærlighetssorg, dødsfall i familie, konfliktsituasjoner osv.), bør treningsbelastningen dessuten tilpasses omstendighetene. For å lykkes i langrenn må utøverne ha tid til å restituere seg etter øktene, men å ha noe annet å holde på med ved siden av idretten kan gi gode ringvirkninger som får utøveren til å fortsette idrettskarrieren lenger og bli bedre til å takle skader og avbrekk.

Søvn og hvile

Søvn spiller en avgjørende rolle for idrettsutøveres restitusjon og generelle helse. Søvn har stor betydning for gjenoppbygging av kroppens vev og spiller en avgjørende rolle når det gjelder å opprettholde immunforsvarets funksjon. Tilstrekkelig og god søvn kan med andre ord bidra til at utøveren får framgang av treningen som er gjennomført, og at han/hun holder seg frisk og kan opprettholde kontinuiteten i treningen. Samtidig er søvn viktig for læring og mental restitusjon, noe som blant annet kan ha betydning for effekten av teknisk og motorisk trening og evnen til å være fokusert under treningsøkter.

Generelle anbefalinger sier at ungdom og unge voksne bør få mellom 7 og 10 timer søvn hver natt. Det er all grunn til å anta at unge idrettsutøvere bør ligge i øvre del av det anbefalte tidsspekteret, og kanskje også noe over i harde treningsperioder. Samtidig innebærer god søvn at man har et stabilt søvnmønster, det vil si at man står opp og legger seg til faste tidspunkt både i ukedager og helger gjennom hele året. I tillegg til søvnen på nattestid kan det være hensiktsmessig å sove på dagtid for å bedre restitusjonen.

Kosthold

For å få størst mulig utbytte av trening og forberedelser, enten det gjelder skole eller idrett, må kroppsmaskineriet fungere optimalt. Gir ikke kosten tilstrekkelig med energi og næringsstoffer, vil treningen over tid fortsette

å bryte ned kroppen i stedet for å bygge den opp etter treningsbelastningen. Kroppen kan sammenliknes med en bil der musklene er motoren i kroppen. Musklene trenger drivstoff for å fungere, og uten drivstoff vil kroppen måtte redusere aktivitetsnivået, og kvaliteten på treningen og konkurranser går ned.