

MARS 2018

Nytt *fra* Trenerklubben



Innhold:

Av innholdet:

NM-seminar junior
Trening med lange staver –
effekt på staking
Effekten av styrketrening
Kosttilskudd og
dopingproblematikk
Husk seminar i april!



Innhold

Leder	4
Styre og redaksjon	5
Trenerseminar 2018	6
TRENERKLUBBENS ÅRSMØTE 2017/2018	7
Trenerklubben ønsker forslag på kandidater til prisen «Årets langrennstrener»!	8
Foredraget fra NM junior Steinkjer i stikkordsform	9
Studie: Alvorlig varsko til utøvere om dopingstoffer i kosttilskudd	17
OL-fjæra som ble til fem astmatiske høns	19
Effekten av en 6-ukers treningsperiode med lange staver på kinematikk, O ₂ -kostnad og prestasjon i staking	24
Practical implementation of strength training to improve the performance of world-class cross-country skiers	32

Leder

Kjære medlemmer,

De Olympiske leker i Korea er over, og Norge gjennomførte tidenes beste OL. Vi dominerer fortsatt internasjonal langrenn, og mange nye unge løpere har tatt steget inn i verdenseliten. Johannes H. Klæbo og Simen H. Krüger ble OL-konger, mens Ragnhild Haga ble OL-dronning. Likevel var det Marit Bjørgen som fikk størst oppmerksomhet da hun vant den avsluttende 3-mila og ble tidenes vinter-Olympier med 15 medaljer. På minussiden er nok sprint-damene, der Maiken C. Falla fortsatt er helt i toppen mens det er færre i finalen nå enn tidligere. På kvinnesiden er det også litt lengre mellom båtene bak landslaget, og vi dominerer verken junior VM, U23 VM eller Skandinavisk Cup på spinnesiden. I følge trenerne henger dette også sammen med treningen som har vært gjennomført; det har vært mindre «trøkk» enn i de mest gylne årgangene. Kanskje er det på tide med en kvinnesatsing igjen, og kanskje må det vurderes om en skal opprette sprintlag for damer? På herresiden gror det imidlertid godt bak de beste, og det er stadig løpere som debutterer i verdenscupen med plasseringer blant de 15 beste.

Og så er det alltid greit å se seg tilbake. For et år siden var vi midt i diskusjonen om å bevare klassisk langrenn: Vil klassisk langrenn kun bestå av staking, vil klassisk langrenn dø ut, eller kan vi regulere løypene slik det må gås diagonalgang i enkelte partier? I dag er situasjonen den at det sjelden er rene «stakeløp» og diagonalteknikken har blitt videreutviklet både av Klæbo og de unge russerne. De beste løperne ser ut til å velge festesmøring i alle de viktige rennene – også de uten reguleringer. En annen utfordring vi har tatt opp i Trenerklubben de siste årene er klimautfordringen. Gang på gang har vi opplevd varme og snøløse forvintre i store deler av landet, men i år har vi hatt en «eventyrvinter» i hele Norge. Det har vært gode snøforhold, stort sett fint vær og god deltagelse på skirenn i hele landet.

Det har også vært god deltagelse på våre NM seminar, både for junior og senior. Det er viktig for oss å sette fokus på riktig trening, også i sesongen. Det gjelder å være i utviklings- og læringsmodus både i forbindelse med treningen, konkurransene og gjennom å bygge gode relasjoner i prestasjonsteamene gjennom helse året. Sommeren og høsten legges grunnlaget, men den viktigste trenings- og utviklingsperioden er i skisesongen. Så fortsett den gode jobben, lær av hver suksess og hvert et nederlag – og resultatene vil komme til slutt!

Glem for all del ikke Trenerseminaret 19.-20. april!

Hilsen

Styret i Trenerklubben

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**Redaktør:****Trykk:****Adresseendringer****Styremedlem:**

Kenneth Myhre

Rådyrvegen 20C

7082 Katterm

400 68 067

kenneth.myhre@outlook.com**Styremedlem**

Espen Emanuelson

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

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

Trenerseminar 2018



Trenerklubben og NSF
innbyr til:

Trenerseminar

Scandic Hotel Lillestrøm
Torsdag 19. og fredag 20. april.



Program:

Torsdag:

- 12.00-13.00:** Lunch
13.00-13.15: Velkommen ved LK
13.15-14.00: Guro Strøm Solli: Analyse av treningsarbeidet i Marit Bjørgens karriere
14.15-16.30: Landslagstrener/støtteapparat: Sesonganalyser / Trender på landslagene
Foredrag, paneldebatt, diskusjoner og spørsmål
16.45 -18.00: NSF Utdanning v/Pål Rise: Styrker og svakheter i dagens trenerutdanning.
Hva er bra? Hva savner vi? Hva kan bli bedre? Innledning og gruppearbeid
18.30-19.15: Årsmøte Trenerklubben
19.30: Middag

Fredag :

- 08.30-09.00:** Vegard Ulvang: Aktuelt fra FIS
09.00-11.00: Thomas Losnegård, NIH: Aktuell langrennsforskning på Norges Idrettshøgskole
11.15- 12.15 NSF Helseteam v/ Øystein Andersen: Nyheter. Status luftveisproblematikk.
Erfaringer fra OL
12.15-12.45: Avslutning og oppsummering
13.00: Lunch



Praktiske opplysninger:

Påmeldingsfrist: 05.04.

All påmelding og betaling må gjøres via VIPPS til Norges Skiforbund (81732) - velg Langrenn og deretter Trenerseminar Lillestrøm.

Her finner du ulike prisalternativer/pakker. Velg ønsket løsning og betal.

Innbetaling gjelder som påmelding.

Eventuelle spørsmål kan rettes til Brynhild Sætha:
Brynhild.saetha@skiforbundet.no

Seminarer er åpent for:
- Alle landslagstrenerere
- Trenerere for «Team Veidekke»
- Trenerere på NSF's 5 skigymnas
(langrenn)
- Medlemmer av Trenerklubben
- Enkelte andre spesielt inviterte



TRENERKLUBBENS ÅRSMØTE 2017/2018

Det innkalles herved til Årsmøte i Trenerklubben for 2017-2018.

Årsmøtet blir gjennomført torsdag 19. april kl. 18.30 på Scandic Hotel Lillestrøm, i forbindelse med Trenerseminaret.

Sakliste:

1. Godkjenning av representanter. Medlemmer av Trenerklubben har stemmerett. Årsmøtet er for øvrig åpent for alle.
2. Valg av møteleder.
3. Årsberetning (vil bli distribuert i forkant pr. mail, på Facebook og hjemmeside).
4. Regnskap for kalenderåret 2017
Regnskapet blir utsendt på forhånd hvis vi rekker det, eller det fremlegges på møtet.
5. Kontroll av regnskapet
6. Gjennomgang av Trenerklubbens vedtekter.
7. Arbeidsplaner for 2018-2019, v/Styret.
8. Innkomne forslag.
9. Trenerklubbens utmerkelser
10. Budsjett for 2018
11. Valg

Valgkomiteen består av: Heidi Sørli Myhre, Geir Endre Rogn og Ove Erik Tronvoll. Følgende skal velges:

- i. Styre
- ii. Valgkomite
- iii. 2 personer til å kontrollere regnskapet



Trenerklubben ønsker forslag på kandidater til prisen «Årets langrennstrener»!

Trenerklubben inviterer alle sine medlemmer til å komme med forslag på kandidater til prisen «Årets langrennstrener». Både medlemmer og ikke-medlemmer kan nomineres.

Alle gode forslag ønskes velkommen sammen med en kortfattet begrunnelse på e-post til pal.rise@skiforbundet.no.

Nominerte kandidater vil bli vurdert av en komite sammensatt av medlemmer fra Trenerklubbens styre og Norges skiforbund, og prisen vil bli delt ut på Trenerklubbens årsmøteseminar 19. april.

Frist: 10. april 2018

Foredraget fra NM junior Steinkjer i stikkordsform



Nøkkelfaktorer for utvikling av morgendagens topputøvere

Pål Rise og Øyvind Sandbakk





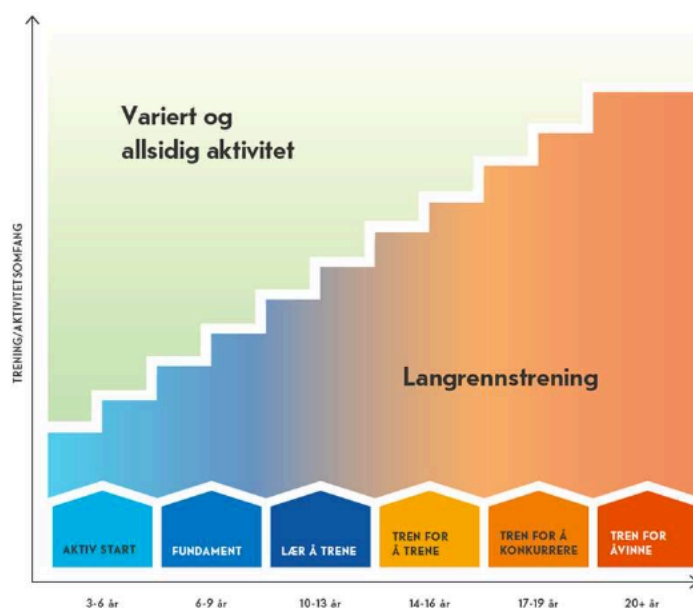
Morgendagen.....

- Hva vet vi om morgendagen?
- Hva trodde vi om klassisk langrenn for to år siden?
- Hva tror vi i dag?
- Hva **vet** vi i morgen?



Morgendagen.....

- Hvordan skapes utvikling og framskritt?
- Legger vi til rette for dette?
- Har utøverne våre beredskap for å møte utviklingen?
- Hvordan bygger vi denne beredskapen ?



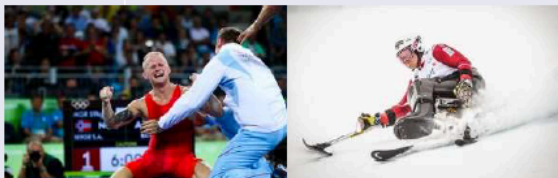
1. DAGLIG TRENINGSKVALITET



2. RELASJONER I PRESTASJONSTEAMENE



3. KONKURRANSE-GJENNOMFØRING

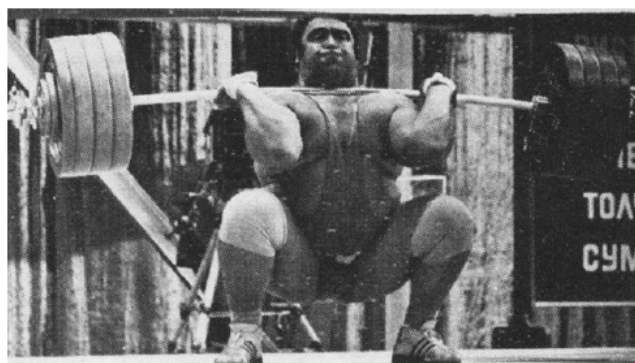


EiendomsMegler 1

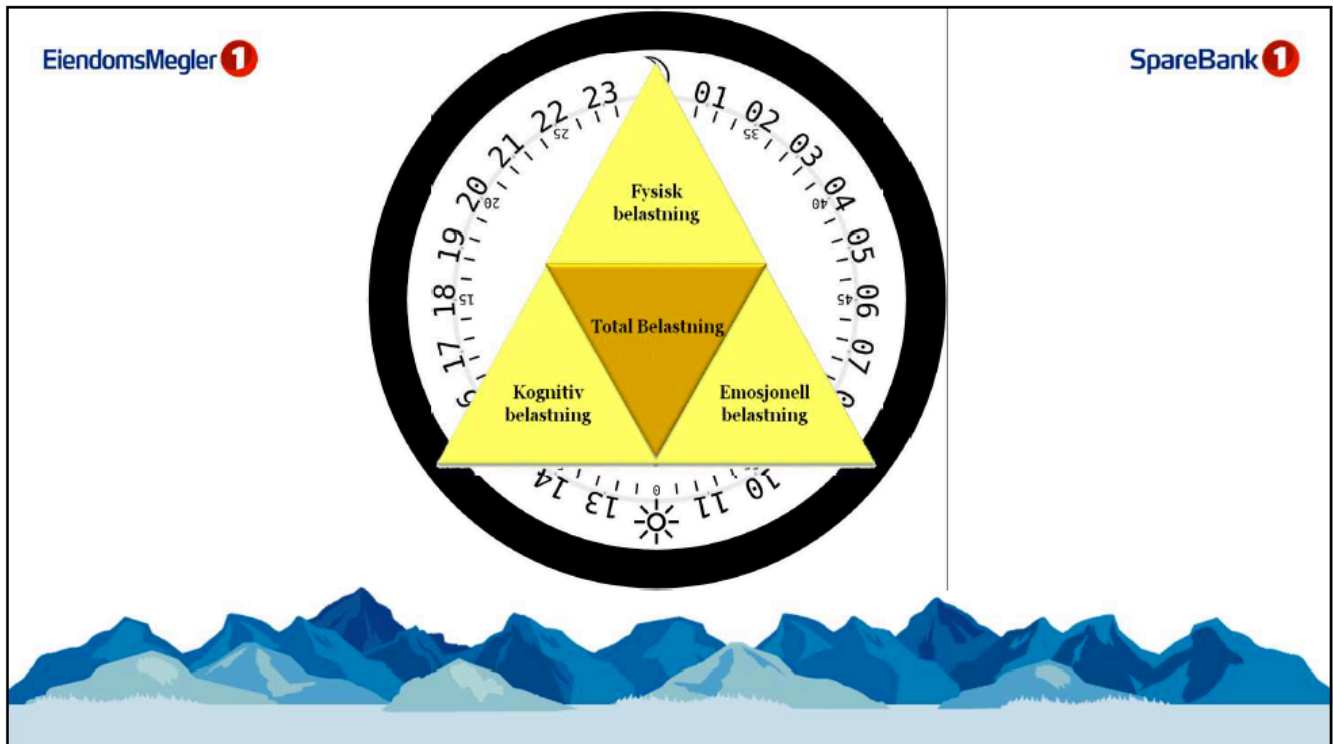
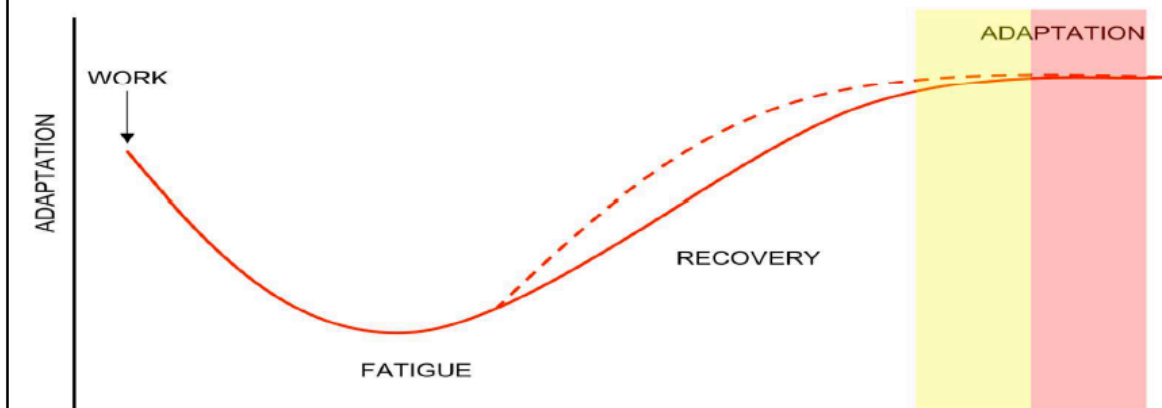
Norges
Landslag
Landslag

SpareBank 1

Individualisert (over)load



Treningseffekten kommer i restitusjonsfasen



Kronologisk vs biologisk «alder»

Gutter vs jenter

Sensitive faser for utvikling



Steinkjer

JRNMSKI2018



- Dette er også en læringsarena. Kan vi ta ned prestasjonsfokus og heve prosess- og utviklingsfokus?
- Er målet for helga et resultat, eller er det å løse en oppgave/forbedre seg?
- Tør vi å prøve noe nytt?
- Tør vi å bruke konkurranser til å utforske?
- «Hva er det verste som kan skje»?



Hvordan skape trenings- og prestasjonskultur?

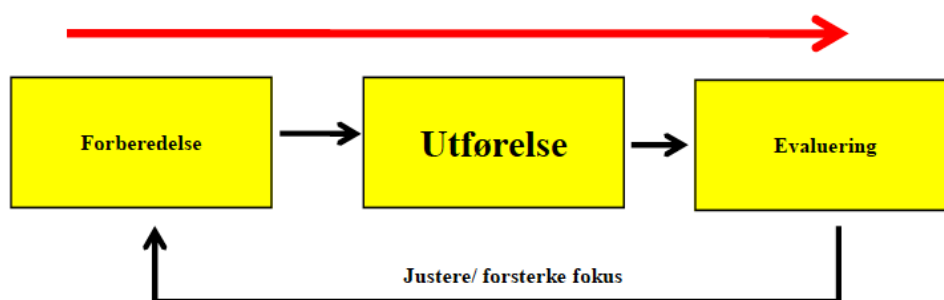


EiendomsMegler 1



SpareBank 1

Motivasjon til å kontinuerlig utvikle treningen over tid...!



- **Før trening:**
 - Hva er mine mål med økta?
 - Hva skal jeg forbedre i dag?
- **Under trening:**
 - Er jeg 100 % “til stede”?
 - Gjør jeg det jeg har bestemt meg for?
- **Etter trening:**
 - Hvordan gjennomførte jeg treningen?
 - Hva kan jeg gjøre bedre neste gang?



Hva er tankene mine etter 6 mnd. i NSF?

- Hvordan står det til med:
 - Utdragteknikken vår?
 - Dristigheten vår?
 - Den grunnleggende skiferdigheten vår?
 - Hva kreves for å ha god teknikk?
 1. Styrke
 2. Bevegelighet
 3. utholdenhet
- Tør vi å ta nok fri og restituere?
- Har vi 4 gode skipar framfor 8 middels?
 - Har vi oversikt over skiparken vår?
- Tør vi å gjøre dristige valg som kanskje reduserer sjansen vår i dag, men øker den på sikt? Læring og mestring framfor prestasjon!



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



EiendomsMegler 1 SpareBank 1

EiendomsMegler 1



SpareBank 1

Thanks!
.....og lykke til med NM



Følgende to artikler er gjengitt med artikkelforfatternes godkjenning.

Studie: Alvorlig varsko til utøvere om dopingstoffer i kosttilskudd

Oppdatert 05.02.2018

Av Halvor Lea, medierådgiver Olympiatoppen

Advarsel til utøvere i studie: Et svært høyt antall «ufarlige» kosttilskudd inneholder forbudte stoffer, som kan gi positiv dopingprøve. Olympiatoppen anbefaler utøvere å benytte kun tilskudd som er testet i Informed Sport.

En nylig publisert spansk studie dokumenterer igjen at et usedvanlig høyt antall «ufarlige» kosttilskudd inneholder ulovlige stoffer. Disse ulovlige stoffene er ikke oppført på innholdsdeklarasjonen, og kan gi positiv dopingprøve. Årsaken er enten at tilskuddene bevisst er tilsatt ulovlige stoffer, eller at de er ukontrollert forurensset fordi produksjonslinjen tidligere er benyttet til å lage produkter som inneholder dopingstoffer. Er idrettsutøvere uforsiktige, og benytter kosttilskudd som ikke er testet mot WADA-listen, risikerer de å teste positivt ved en dopingkontroll. Utøvere og trenere må være svært våkne og bevisste på dette området, for å unngå uintendert doping.

- Nok en gang ringer alarmklokkene om kosttilskudd, og vi må benytte anledningen til å minne alle utøvere om å være ekstremt aktsomme og forsiktige. Kosttilskuddsbransjen er et minefelt for idrettsutøvere som skal følge WADAs antidopingbestemmelser. Denne spanske studien har gått igjennom et stort antall studier fra hele verden, og funnene bør skremme idrettsutøvere som bruker kosttilskudd som ikke er sjekket mot WADA-listen, sier Ina Garthe, leder i ernæringsavdelingen i Olympiatoppen.



Ina Garthe, leder ernæringsavdelingen

Urovekkende høye tall

Tallene som fremkommer i den spanske studien kan bidra til å påvirke nattesøvnen til utøvere som tar sjanser på dette området. Eksempelvis viste en av studiene som omtales at 634

kosttilskudd fra ulike land ble testet, og 15% (cirka 95 tilskudd) av disse inneholdt testosteron, nandrolon eller boldenone, som ikke stod oppgitt på innholdsdeklarasjonen. For ordens skyld, alle disse stoffene står på WADA-listen. En annen studie det refereres til analyserte 75 kosttilskudd, og 17 av disse inneholdt ulovlige stoffer, som ikke stod på innholdsdeklarasjonen. I en tredje studie ble det dokumentert at 20% av 103 tilskudd inneholdt prohormoner og testosteron. I alle studiene det refereres til i den spanske studien, ble det funnet ulovlige stoffer i mellom 12% og 58% av alle kontrollerte tilskudd. På det verste inneholdt altså mer enn annethvert kosttilskudd forbudte stoffer. For idrettsutøvere kan bruk av tilskudd i denne kategorien sammenlignes med russisk rulett.

- Denne bransjen er fullstendig ute av kontroll, og dessverre er det mange vi ikke kan stole på. Med ansvar for dette fagområdet i Olympiatoppen, oppfordrer jeg utøverne som har behov for å benytte kosttilskudd til kun å bruke kvalitetssikrede tilskudd fra Olympiatoppens interne liste, eller kosttilskudd som er testet og godkjent av Informed Sport, sier Ina Garthe.

Olympiatoppens kosttilskuddsprogram

Olympiatoppen har siden år 2000 lagt ned betydelige ressurser i arbeidet med kosttilskudd, for at utøvere skal kunne gjøre riktige valg både ernærings-, helse- og verdimessig, og for at de skal forstå alvoret på dette utrygge området. I bunnen ligger «Olympiatoppens holdning til kosthold og kosttilskudd blant toppidrettsutøvere knyttet til Olympiatoppen», «Olympiatoppens kosttilskuddsprogram», samt «retningslinjer for markedsføring av kosttilskudd for utøvere og lag som er knyttet til Olympiatoppen». Det er også nedsatt en egen faggruppe, som følger opp alle kosttilskuddsrelaterte saker.

- Dette er et område hvor utøvere og landslag aldri kan ta sjanser, og hvor ingen kan sovne i timen. Det er en jungel av useriøse kosttilskudds-aktører, og vi kan ikke advare nok mot disse farene. Olympiatoppens oppgave er å hjelpe utøvere og lag til å ta gode, etiske valg, og samtidig advare om de mulige alvorlige konsekvensene av å ta dårlige valg. Olympiatoppen jobber også for å etablere gode strukturer som kan hjelpe utøverne til å ta riktige valg. Vi er også opptatt av at utøvere og trenere skal ha gode etiske holdninger. Olympiatoppen er helt avhengige av at særforbundene også er seg sitt ansvar bevisst på dette området, sier toppidrettssjef Tore Øvrebø.

Her finner du Olympiatoppens program og holdning til kosttilskudd: <http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/idrettsernaering/kosttilskudd/page510.html>

OL-fjæra som ble til fem astmatiske høns

Tore Øvrebø Toppidrettssjef, Olympiatoppen

Roald Bahr Sjeflege, Olympiatoppen

Mona Kjeldsberg Sjeflege for den norske OL-troppen, Olympiatoppen

NRKs journalistikk om bruken av astmamedisin i OL er spekulativ og skader idrettens omdømme.

De norske stafettagene på 4x10 km stafett for herrer og 4x5 km stafett for kvinner. F.v. Johannes Høsflot Klæbo, Martin Johnsrud Sundby, Astrid Uhrenholdt Jacobsen, Didrik Tønseth, Ragnhild Haga og Marit Bjørgen, Simen Hegstad Krüger (t.v. foran) og Ingvild Flugstad Østberg. De norske utøverne satte medaljerekord i vinter-OL i Pyeongchang, men NRKs journalistikk i forkant av OL har bidratt til å gi norsk toppidrett et alvorlig omdømmeproblem internasjonalt, skriver kronikkforfatterne.

NRK har, gang etter gang, før og under OL, skapt inntrykk av at Norge hadde med seg en urimelig mengde astmamedisiner til OL. Olympiatoppen har fått flere henvendelser fra lesere og seere som sitter igjen med et inntrykk av at forholdet er 6000 (Norge) mot 10 (Sverige og Finland). Dette er selvsagt ikke riktig.

Den reelle sammenligningen, basert på NRKs faktainnhenting om antall inhalatorer med Ventoline, skulle ha vært: Norge: 12, Tyskland: 30, Sverige: 10, Finland: 10. Av disse har vi under OL-perioden brukt to, én til en utøver, én til en person i støtteapparatet. Vi tar med oss hjem 99 % av beredskapslageret.

Tendensiøst og spekulativt

NRK har gjennom sin spekulative vinkling i denne saken gitt Olympiatoppen og den norske OL-troppen en omdømmeutfordring nasjonalt og internasjonalt. Gjennom villedende sammenligninger med andre nasjoner, og en konsekvent videreføring av følgefeil i oppfølgingssaker, har NRK skapt et feilaktig inntrykk av Olympiatoppens forhold til medisinerings ved astma og øvrige luftveislidelser.

NRKs tendensiøse budskap er spredt over hele verden, uten at det har vært mulig for Olympiatoppen å imøtegå eller rette opp det etterlatte inntrykket av NRKs vinklinger.

Olympiatoppen, som ansvarlig for den norske OL-troppen, har, som eneste nasjon (oss bekjent) under lekene i Pyeongchang, valgt å gi innsyn i alt vi er spurt om. Vi har på forespørsel latt mediene få se våre fraktlister med oversikt over alt fra vaffelrøre til tredemøller, vi har offentliggjort detaljerte OL-budsjetter, og vi har gitt ut listen over beredskapsmedisiner vi brakte med til OL og Paralympics.

Åpenhet kan være bra, for å vise omverdenen at vi ikke har noe å skjule, og for å dokumentere at vi har en ryddig praksis. Men åpenhet kan også misbrukes av mediene, slik NRK har gjort i denne sammenhengen.

NRK har bommet grovt og plasserer Norge i galgen på fullstendig feilaktig sammenligningsgrunnlag.

For sikkerhets skyld

Det er forskjell på beredskap og bruk. Olympiatoppen har hele tiden fremholdt at medisinerne vi sendte til OL og Paralympics er beredskapsmedisiner til en tropp på 280 utøvere og ledere. Medisinerne er naturligvis deklartert og forhåndsgodkjent av Statens legemiddelverk og IOC. Alt vi gjør tåler dagens lys.

Johaug-saken har lært oss at vi ikke kan ta sjansen på å kjøpe medisiner i utlandet, derfor tar vi med eget beredskapslager av medisiner, en «just-in-case suitcase». Anskaffelse av legemidler i utlandet er også pekt på som en høyrisikosituasjon av ekspertutvalget Olympiatoppen oppnevnte for å kvalitetssikre rutinene for forskrivning av legemidler i toppidretten. Denne tryggheten skylder vi å gi utøverne. I forrige OL opplevde vi at apoteket i deltakerlandsbyen i Rio de Janeiro gikk tom for aktuelle medisiner.

NRK har begitt seg inn i et komplekst tema: Legemidler mot astma og andre luftveislidelser. Men det måtte de vite. Både lesere, seere og ikke minst norske utøvere må kunne kreve at journalistene setter seg ordentlig inn i et så krevende fagfelt før de retter sterke insinuasjoner om urent trav mot norske utøvere og det norske helseteamet under OL.

Her har de gått seg vill. Vi får håpe det ikke er mot bedre vitende.

Blander kortene

I titler og introduksjoner velger NRK konsekvent å presentere antall doser av medisintyper på spray. Det ser unektelig mer voldsomt ut når 43 inhalatorer, som hver er beregnet til én person, og inneholder 120–200 doser, av NRK adderes opp til å bli 6000 doser totalt.

På samme måte som epler og bananer bør telles hver for seg, finnes det flere ulike legemidler mot astma og andre luftveislidelser. De vanligste midlene til bruk gjennom inhalasjon er saltvann, beta 2-agonister (hvorav den vanligste er salbutamol, i salg som Ventoline og Airomir), ipratropiumbromid (best kjent som Atrovent) og ulike former for kortisonspray. Av disse er det kun beta 2-agonister hvor det er restriksjoner på bruk. NRK sammenligner med Sveriges og Finlands 10 inhalatorer av Ventoline (salbutamol). Norge hadde med 6 slike inhalatorer. I tillegg hadde vi 6 enheter Airomir, som inneholder det samme virkestoffet. Hva Sverige, Finland og Tyskland har med av øvrige medisiner, fremkommer ikke av NRKs saker, men våre 6 Ventoline- og 6 Airomir-sprayer ble fordelt med én av hver til hver av de fire leirene hvor vi hadde lege og utøvere boende under OL.

Da hadde vi to av hver i reserve. Dette mener vi er et høyst rimelig beredskapslager.

Alt vi gjør tåler dagens lys.

Aksepterer hemmelighold

Det mest oppsiktsvekkende er at NRK aksepterer at andre nasjoner ikke gir fullt innsyn i sine medisiner. Sammenlignende nasjoner ga kun selektiv informasjon om *ett* enkelt preparat (Ventoline), og dette dannet grunnlag for alle sammenligninger i NRKs journalistikk.

Inngangen til NRKs sak er: «Norge har sendt flere ganger mer astmamedisin til OL-byen enn både Sverige og Finland». Hvordan kunne NRK benytte dette som ingress i en sak der sammenligningsgrunnlaget helt åpenbart er feilaktig? Basert på NRKs faktainnhenting om antall Ventoline-inhalatorer, skulle den reelle sammenlikningen ha vært: Norge: 12, Tyskland: 30, Sverige: 10, Finland: 10.

Det fremstår for oss uforståelig at vi som praktiserer fullt innsyn og åpenhet, og deler all informasjon om våre beredskapsmedisiner, blir sammenlignet med nasjoner som ikke gir samme innsyn. Vår kjennskap til andre nasjoners praksis og beredskapslager for medisiner tilsier at NRK her har bommet grovt og plasserer Norge i galgen på fullstendig feilaktig sammenligningsgrunnlag.

I etterkant av Johnsrud Sundby-saken ble det nedsatt et internasjonalt ekspertutvalg som vurderte medisinsk praksis, diagnostisering og håndtering av luftveislidelser og astma blant norske toppidrettsutøvere. Dette nevner også NRK i sin sak, hvor det altså påpekes at utvalget frikjente måten utøvere i Norge medisineres på (faktisk ble det i rapporten påpekt at *flere* burde ha blitt medisinert med beta 2-agonister).

Til tross for at Norge, som eneste nasjon, har fått et internasjonalt kvalitetsstempel på håndteringen av utøveres luftveis- og astmalidelser, benytter NRK vår åpenhet til å etterlate det motsatt inntrykket av det den internasjonale rapporten fastslår.

Brukte lite medisin under OL

Under OL har Olympiatoppens medisinske personell behandlet utøvere, ledere, deltakere i ulike reisegrupper og representanter for mediene. Én utøver og én i støtteapparatet, begge med tidligere stilt astmadiagnose, har fått hver sin Ventoline-spray av Olympiatoppens medbrakte medisiner.

Totalt er det benyttet om lag *én prosent* av medisinerne i beredskapslageret under OL. Alt som er ubenyttet tas med hjem til Norge etter Paralympics. Det er ikke søkt om medisinsk fritak (TUE) for noen utøvere fra Norge under OL. Det er heller ingen utøvere som har fått kortisoninjeksjoner, et tema det også har vært mediespekulasjoner om under OL.

NRK aksepterer at andre nasjoner ikke gir fullt innsyn.

NRK jobbet med denne saken i 14 dager før den ble offentliggjort. På tross av det, kan vi ikke se at de har klart å finne én eneste reelt kritisk røst til det medisinske beredskapslageret Norge hadde med til Pyeongchang i saken som ble distribuert.

Likevel velger NRK på spekulativt vis å kjøre frem sin vinkling om at Olympiatoppen har med «6000 doser astmamedisin». Som stemmer «mot» den norske OL-troppens medisinoversikt, velger NRK å benytte representanter for nasjoner som selv *ikke* var villige til å gi innsyn i sine medisinlister. Lege Thor-Øistein Endsjø sier at «den norske medisinlisten er helt uproblematisk». Heller ikke professor i medisinsk etikk, Reidun Førde, som deltok i det internasjonale astmautvalget, hadde noen innvendinger da hun deltok i NRKs Debatten.

Kom ikke til orde

Olympiatoppen har brukt betydelige ressurser både hjemme og i Pyeongchang for å forsøke å rette opp det feilaktige inntrykket skapt av NRK. Vi merket oss også en heftig iver i NRKs rekke etter å diskutere egen sak og vinkling.

På to ulike dager ble vår sjeflege, Roald Bahr, kontaktet av Dagsnytt 18 for å debattere temaet. Bahr sa seg villig til å stille begge gangene, men NRK fant ingen motdebattant, så Bahr ble avbestilt begge gangene, og fikk aldri formidlet Olympiatoppens budskap. Fant ikke NRK noen relevante fagpersoner som var kritiske nok? Bahr foreslo at de aktuelle

journalistene i NRK-sporten kunne stille til debatt. Svaret fra Dagsnytt 18 var: « ... Vi har ikke lyktes i å få på plass nok deltakere til sendingen i dag, så da må vi avlyse denne diskusjonen om astma i dag...».

Bahr fikk heller ikke lagt frem Olympiatoppens syn på NRKs Debatten, hvor han også var villig til å imøtegå NRKs spekulative journalistikk. Bahr var tydelig på at han kunne stille for å debattere de «6000 dosene med astmamedisin», men fikk beskjed om at hovedtemaet skulle være ‘Uppdrag gransking/blodverdier’, og ikke NRKs egen reportasje.

Likevel presenterte NRK figurer/visuelle uttrykk med de irrelevante sammenligningene mellom Norge, Sverige og Finland. Et utmerket eksempel på sammenligning av epler og bananer. Vi noterer oss også at saken ble harselert over i ‘Nytt på nytt’.

Olympiatoppen har brukt betydelige ressurser for å forsøke å rette opp det feilaktige inntrykket.

Slutt på åpenheten

Olympiatoppen har vært åpne om absolutt alt i forkant av OL, inkludert beredskapslageret av medisiner. Læringen og erfaringen er dessverre brutal etter å ha opplevd hvordan åpenheten er blitt misbrukt av NRK, og hvordan NRKs spekulative vinklinger har blitt spredt over hele verden.

Det fremstår helt åpenbart at nasjoner som har valgt lukkethet kommer langt bedre ut av dette, og i en slik grad at de faktisk får være premissleverandører og utgjør kritiske røster mot oss som har vært åpne og gitt fullt innsyn.

For ettertiden kommer vi derfor til å være svært tilbakeholdne med slik informasjon til mediene. Vi oppfordrer imidlertid IOC til å etablere rutiner for felles internasjonal åpenhet om medisiner, gjerne gjennom studier eller andre relevante faglige tilnærminger.

Vi skal da være de første til å gi innsyn i våre medisinlister, men kun under forutsetning av full åpenhet fra andre nasjoner.

Effekten av en 6-ukers treningsperiode med lange staver på kinematikk, O₂-kostnad og prestasjon i staking

Ola Kristoffer Tosterud, Norges Idrettshøgskole

Masteroppgave: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2447690>

Formål: Formålet med denne studien var å undersøke hvordan stavlengdene 84% og 90% av kroppshøyde påvirket kinematikk, O₂-kostnad og prestasjon ved staking på tredemølle, samt hvilken effekt tilvenning til 90% hadde på disse variablene.

Metode: 11 godt trente langrennsløpere (snitt $\pm$ SD, 20 $\pm$ 3 år, VO_{2maks} løp 70,3 $\pm$ 8,2 ml·kg⁻¹·min⁻¹) gjennomførte to tester før og en test etter en 6 ukers treningsperiode med 90% stavlengde. Testene besto av seks submaksimale drag fordelt på tre belastninger: LAV (3 og 4,5 m·s⁻¹ for henholdsvis kvinner og menn, 1°), MED (3,75 og 5,25 m·s⁻¹, 1°) HØY (4,5 og 6 m·s⁻¹, 1°), samt to prestasjonstester. O₂-kostnad og 3D-kinematikk ble målt under alle de submaksimale dragene. På prestasjonstestene ble 3D-kinematikk og hastighet målt.

Resultater: Hovedfunnene viste: (I) Hastigheten på prestasjonstesten var signifikant høyere med 90% under pretest 1, stavlengde hadde derimot ingen effekt på prestasjon ved pretest 2 eller posttest. (II) O₂-kostnaden var signifikant lavere under alle submaksimale belastninger med 90% ved pretest 2, men kun ved belastning LAV etter treningsperioden. (III) Det ble ikke funnet noen systematiske forskjeller i temporale karakteristikker som følge av stavlengde, men det ble funnet en mindre forflytning av zCOM med 90% på belastning MED og HØY på pretest 2 og LAV på posttest.

Konklusjon: En økning i stavlengden fra 84% til 90% av kroppshøyde reduserte O₂-kostnaden på lave hastigheter, men hadde ingen signifikant effekt på prestasjonen ved høye hastigheter hverken før eller etter en 6 ukers treningsperiode med lange staver. Dette betyr at prestasjon med stavlengde tilsvarende 90% kroppshøyde ikke er påvist å være bedre enn stavlengde på 84% ved høye hastigheter i flatt terreng.

Effekten av en 6-ukers treningsperiode med lange staver på kinematikk, O₂-kostnad og prestasjon i staking

Innledning

I staking overføres den fremdriftsskapende kraften kun via stavene og stavenes egenskaper som stivhet, pendel, vekt og lengde kan trolig påvirke O₂-kostnad og prestasjon (Nilsson, 2008; Stöggl & Karlöf., 2013).

Stavlengde har blitt diskutert mye de siste tiårene, men har fått lite vitenskapelig oppmerksomhet. I dag ligger den gjennomsnittlige stavlengden i klassisk langrenn på 84% av kroppshøyde (Carlsen, 2016; Hansen & Losnegard, 2010), men tidligere studier indikerer at stavlengde opp mot 90% av kroppshøyde kan forbedre prestasjonen på svært korte distanser og sprinttester på ~ 3 minutter (Hansen & Losnegard, 2010; Losnegard et al., 2017; Nilsson, Jakobsen, Tveit, & Eikrehagen, 2003). Forbedret prestasjon virker å være relatert til kinematikk og O₂-kostnad. Flere studier har vist at lange staver (~ 90% av kroppshøyde) kan føre til endring av kinematiske variabler og redusert O₂-kostnad ved relativt lave hastigheter (<4,5 m·s⁻¹) (Carlsen, 2016; Losnegard et al., 2017; Onasch, Killick, & Herzog, 2016).

Ut i fra disse studiene vet vi nå mer om hvordan stavlengde påvirker O₂-kostnad og kinematikk i staking akutt ved submaksimale belastninger med relativt lav hastighet (<4,5 m·s⁻¹). Imidlertid gir litteraturen utilstrekkelig informasjon om hvordan stavlengden påvirker O₂-kostnad, kinematikk og stak prestasjon ved høyere hastigheter (>4,5 m·s⁻¹), hvor staking i hovedsak benyttes under konkurranse. Videre finnes det lite informasjon om hvordan trening med lengre staver påvirker effekten av stavlengde. Kartlegging av dette kan bidra til å skape en større forståelse for hvilken stavlengde som er mest optimal for staking og hva som kjennetegner god staketeknikk.

Hypoteser:

- Stavlengden 90% av kroppshøyde endrer kinematiske parametere, gir lavere O₂-kostnad og bedre prestasjon ved staking på rulleski i høye hastigheter i flatt terreng sammenliknet med stavlengde på 84% av kroppshøyde.

- 6 ukers tilvenning til stavlengden 90% av kroppshøyde sammenliknet med 84% vil føre til endring av kinematiske parametere, lavere O₂-kostnad og større forbedring i prestasjon ved staking på rulleski i høye hastigheter i flatt terreng.

Metode

11 godt trente langrennsløpere (snitt $\pm$ SD, 20 $\pm$ 3 år, VO_{2maks} løp 70,3 $\pm$ 8,2 ml·kg⁻¹·min⁻¹) ble rekrutert til prosjektet. Inklusjonskriterier for deltagelse studien var aktiv deltagelse i Norgescup eller skiclassics for seniorløpere og topp 30 plassering i norgescup for juniorløpere. For å undersøke effekten av stavlengde på kinematikk, O₂-kostnad og prestasjon i staking ble et *counterbalanced crossover design* benyttet. All testing ble gjennomført ved staking på rulleskimølle i perioden september til november 2016 på Norges idrettshøgskole.

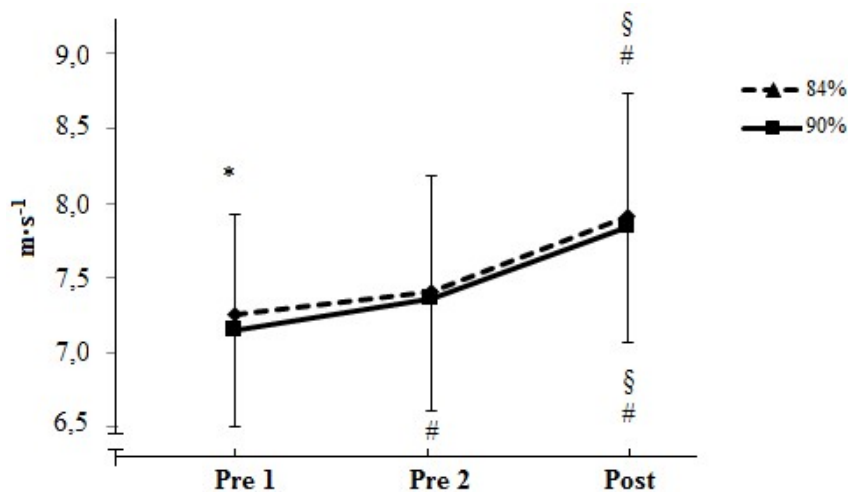
Det ble gjennomført 2 pretester før treningsperioden på 6 uker og en posttest. Testene besto av seks submaksimale drag fordelt på tre belastninger: LAV (3 og 4,5 m·s⁻¹ for henholdsvis kvinner og menn, 1°), MED (3,75 og 5,25 m·s⁻¹, 1°) HØY (4,5 og 6 m·s⁻¹, 1°), samt to prestasjonstester. O₂-kostnad og 3D-kinematikk ble målt under alle de submaksimale dragene. På prestasjonstestene ble 3D-kinematikk og hastighet målt. Hver belastning, samt prestasjonstesten ble gjennomført med både 84% og 90% staver.

Treningsperioden besto av 8 økter. Hver økt inneholdt 50 min sammenhengende staking på rulleskimølle med 90% staver, og ble avsluttet med 4 hurtighetsdrag på så høy hastighet som mulig.

Resultater

Prestasjonstest

Det ble oppnådd 0,1 $\pm$ 0,0 m·s⁻¹ høyere hastighet med 84% enn 90% ved pretest 1. Fra pretest 1 til pretest 2 var det 0,2 $\pm$ 0,1 m·s⁻¹ økning i hastighet for stavlengden 90% ($p < 0,05$). Det ble ikke observert noen forskjell i hastighet mellom stavlengdene ved pretest 2 og posttest ($p > 0,05$) (figur 1). Fra pretest 2- til posttest var det en økning på 0,5 $\pm$ 0,1 og 0,6 $\pm$ 0,0 m·s⁻¹ for henholdsvis 84% og 90% ($p < 0,01$). Hastigheten på posttest var også signifikant høyere sammenliknet med pretest 1 for begge stavlengder ($p < 0,05$) (figur 1).



Figur 1: Hastighet ($m \cdot s^{-1}$) ved prestasjonstest for 84% og 90% ved pretest 1, pretest 2 og posttest. Data er presentert som gjennomsnitt $\pm$ SD. * = Signifikant forskjell mellom 84% og 90%, # = Signifikant forskjell fra pretest 1, § = Signifikant forskjell fra pretest 2.

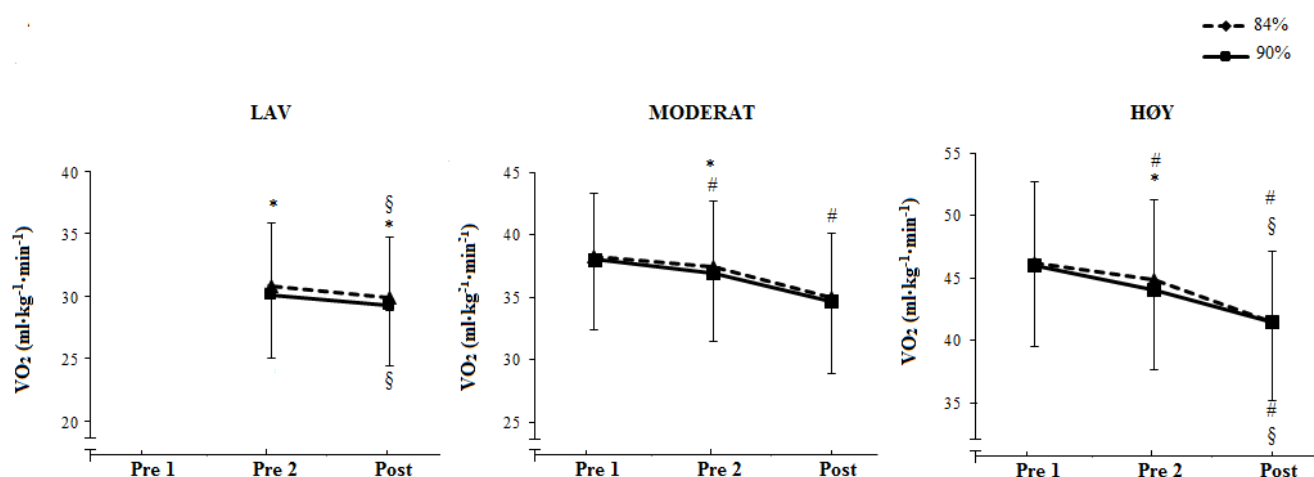
Fysiologiske forskjeller

84% vs. 90%

Det var ingen signifikant forskjell i O_2 -kostnad mellom stavlengdene på noen av belastningene under pretest 1 ($p > 0,05$) (figur 2A). På pretest 2 var O_2 -kostnaden $2,1 \pm 2,2\%$, $1,5 \pm 1,5\%$ og $1,9 \pm 1,3\%$ lavere på alle belastningene med stavlengden 90%, ved henholdsvis LAV, MED og HØY ($p < 0,05$) (figur 2A). På posttest var O_2 -kostnaden $2,1 \pm 2,0\%$ lavere for 90% ved LAV ($p < 0,05$), men det var ingen signifikant forskjell i O_2 -kostnad mellom stavlengdene ved de andre belastningene (figur 2A).

Pretest 1, pretest 2 og posttest

Fra pretest 1 til pretest 2 var det $1,9 \pm 3,9\%$ og $2,8 \pm 3,3\%$ reduksjon i O_2 -kostnad for stavlengden 84% for henholdsvis MED og HØY ($p < 0,05$). I tillegg var det en reduksjon på $3,2 \pm 3,3\%$ for 90% ved HØY ($p < 0,01$) (figur 2A). Ved posttest var O_2 -kostnaden signifikant lavere enn ved pretest 1 og pretest 2 for både 84% og 90% ved LAV (kun pretest 2 og posttest), MED og HØY (alle $p < 0,05$). Den gjennomsnittlige nedgangen i O_2 -kostnad fra pretest 2 til posttest samlet for alle belastninger var på $3,5 \pm 4,9\%$ og $4,8 \pm 5,1\%$ for henholdsvis 84% og 90% ($p < 0,05$). Det var ingen forskjell i prosentvis reduksjon mellom stavlengdene ($p = 0,29$) (figur 2A og B).



Figur 2: = O₂-kostnad (ml·kg⁻¹·min⁻¹) ved alle belastninger for 84% og 90% ved pretest 1, pretest 2 og posttest. Data er presentert som gjennomsnitt med SD. * = signifikant forskjell mellom stavlengdene # = signifikant forskjellig fra pretest 1, § = signifikant forskjellig fra pretest 2.

Kinematisk data

Det ble ikke funnet noen systematiske forskjeller i temporale karakteristikk som følge av stavlengde, men det ble funnet en mindre vertikal forflytning av tyngdepunktet (zCOM) med 90% på belastning MED og HØY på pretest 2 og LAV på posttest.

Diskusjon

Dette studiet undersøkte effekten av stavlengde på prestasjon, O₂-kostnad og kinematikk under staking på rulleskimølle ved høy hastighet. Videre ble både den akutte effekten samt 6 uker trening med 90% staver undersøkt. Hovedfunnene viste at (I): hastigheten på prestasjonstesten var signifikant høyere med 90% ved pretest 1, men stavlengde viste ingen påvirkning av prestasjonen ved pretest 2 eller posttest. (II) O₂-kostnaden var signifikant lavere ved alle submaksimale belastninger med 90% ved pretest 2, men kun ved belastning LAV etter treningsperioden. (III) Det ble ikke funnet noen systematiske forskjeller i temporale karakteristikk som følge av stavlengde, men det ble funnet en mindre vertikal forflytning av tyngdepunktet (zCOM) med 90% på belastning MED og HØY på pretest 2 og LAV på posttest.

Prestasjonstest

Funnene i dette prosjektet viste at 90% stavlengde signifikant forbedret prestasjonen under pretest 1. På pretest 2 og posttest var det derimot ingen endring i prestasjon som følge av stavlengde. Kun to tidligere studier har undersøkt prestasjon i staking med ulike stavlengder. Her ble det derimot funnet en bedre prestasjon med staver på 88-90% sammenliknet med selvvalgte staver på 83-84%. Ingen forskjell i prestasjon ved pretest 2 og posttest som følge av stavlengdene kan muligens forklares med temporale karakteristikk. Hastigheten i staking blir i hovedsak bestemt av syklusfrekvensen og sykluslengden. Ved høye hastigheter vil den korte kontakttiden være en begrensende faktor for fremdriftsskapende kraftutvikling i staking (Holmberg et al., 2005; Stöggl & Holmberg, 2011, 2016; Stöggl et al., 2011). Ettersom det kan se ut til at lengre staver kan skape en større fremdriftsskapende kraftimpuls antydte Nilsson et al. (2003) at lengre kontakttid med lange staver kan forlenge den totale sykluslengden, med andre ord redusere frekvensen. Smith (2000) hevdet at et større treghetsmoment med lange staver vil kunne øke tiden som kreves for å svinge stavene fremover i løpet av slippfasen og dermed direkte redusere frekvensen. (Smith, 2000, s. 268).

Funnene i dette prosjektet ser derimot ikke ut til å stemme overens med de tidligere hypotesene fra Nilsson et al. (2003) og Smith (2000). Stavlengde påvirker ikke temporale karakteristikk under prestasjonstesten hverken før eller etter treningsperioden på 6 uker. Dette kan ha en sammenheng med den relativt høye hastigheten ($7,3 \pm 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) som ble analysert fra prestasjonstesten. Resultatene fra pretest 2 og posttest samsvarer med funnene til (Hansen & Losnegard, 2010) hvor det ikke ble funnet endring i temporale karakteristikk som følge av stavlengde ved maksimale hastigheter ($\sim 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Forklaringen på hvorfor det ikke blir observert noen endring i prestasjon som følge av stavlengde kan derfor ligge her.

O₂-kostnad

Funnene i dette prosjektet viser at stavlengde har en effekt på O₂-kostnad på alle belastninger ved pretest 2 og belastning LAV på posttest. Dette er det første studiet som involverer både kvinner og juniorløpere og det første som har undersøkt effekten av stavlengde etter en treningsperiode med lengre staver. Resultatene fra pretest 2 samsvarer med funn fra tidligere studier som har undersøkt akutt effekt av stavlengde på arbeidsøkonomi (Carlsen, 2016; Hoffman et al., 1998; Hoffman et al., 1994; Losnegard et al., 2017; Onasch et al., 2016) (tabell 7). Losnegard et al. (2017) undersøkte forskjellen mellom selvvalgte klassiskstaver (84

$\pm 1\%$ av kroppshøyden) og selvvalgt $+7.5$ cm ($88 \pm 1\%$ av kroppshøyden) i staking ved tre ulike hastigheter ($3,0 - 3,5 - 4,0$ m·s⁻¹) med en stigning på $2,5^\circ$. Her ble det funnet en signifikant lavere O₂-kostnad ved alle hastigheter som følge av lengre staver. Den gjennomsnittlige forskjellen mellom stavlengdene ($\pm$ KI) var på $-2,7 \pm 0,7\%$ ($p = 0,002$) (Losnegard et al., 2017). Carlsen (2016) observerte også en liknende reduksjon i O₂-kostnad med lange staver (selvvalgte klassiskstaver $+10$ cm) i flatt terreng ($1,7^\circ$), og forskjellen i O₂-kostnad med lange staver var $1,9\%$ større i motbakke ($4,5^\circ$) enn på flatt.

Losnegard et al. (2017) og Carlsen (2016) observerte altså en betydelig lavere O₂-kostnad med lange staver ved stigninger på $2,5^\circ$ og $4,5^\circ$. Dette antyder at fordelene med lengre staver kan øke med stigningen til terrenget. En mulig årsak til dette kan være at hastigheten reduseres i motbakke og dermed kan kontakttiden økes. Kontakttiden påvirker muskelens kontraksjonstid, som ifølge Hills lov (Hill, 1938) påvirker effektiviteten til muskelkontraksjonen. Dermed kan det tenkes at fordelene med lengre staver med økende stigning kan være påvirket av dette. Ut i fra foreliggende data og data fra Hoffman (1994) og Onasch (2016) ser det heller ikke ut til lange staver fører til noen ulemper i flatt terreng eller økende hastigheter. Med tanke på at $\sim 50\%$ av total løpstid blir brukt i motbakke (Andersson et al., 2010), og at motbakke prestasjonen er det som korrelerer sterkest med den totale prestasjonen (Sandbakk et al., 2016), kan valget av stavlengde være av signifikant betydning for prestasjon i langrenn. Hvorvidt funnene fra dette prosjektet kan overføres til prestasjonen i langrenn på snø er derimot ikke godt dokumentert.

Konklusjon

Ved å øke stavlengden fra 84% til 90% ble O₂-kostnaden redusert ved alle submaksimale belastninger ved pretest og ved LAV ved posttest. Staver med 90% lengde førte til en høyere min og maks posisjon av zCOM i løpet av en syklus ved alle submaksimale belastninger samt en mindre total forflytning ved belastning MED og HØY på pretest 2 og LAV på posttest. Det ble imidlertid ikke funnet noen effekt av stavlengde på prestasjonstest ved pretest 2- og posttest, noe som indikerer at prestasjonen under stor hastighet ikke er påvirket av stavlengder testet i dette prosjektet.

Kilder

- Carlsen, C. H. (2016). *Effekten av ulike stavlengder på arbeidsøkonomi i staking: flatt versus motbakke*. (Master), Norges idrettshøgskole, Oslo.
- Hansen, E., & Losnegard, T. (2010). Pole length affects cross-country skiers' performance in an 80-m double poling trial performed on snow from standing start. *Sports Eng 12*, 171-178.
- Hill, A. V. (1938). The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences*, 126(843), 136–195.
doi:10.1098/rspb.1938.0050
- Hoffman, M. D., Clifford, P. S., Snyder, A. C., O'Hagan, K. P., Mittelstadt, S. W., Roberts, M. M., . . . Gaskill, S. E. (1998). Physiological effects of technique and rolling resistance in uphill roller skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 30(2), 311-317.
- Hoffman, M. D., Clifford, P. S., Watts, P. B., Drobish, K. M., Gibbons, T. P., Newbury, V. S., . . . O'Hagan, K. P. (1994). Physiological comparison of uphill roller skiing: diagonal stride versus double pole. *Med Sci Sports Exerc*, 26(10), 1284-1289.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E., & Müller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 37(5), 807-818.
- Losnegard, T., Myklebust, H., Skattebo, Ø., Stadheim, H. K., Sandbakk, Ø., & Hallén, J. (2017). The Influence of Pole Length on Performance, O₂ Cost, and Kinematics in Double Poling. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(2), 211-217. doi:10.1123/ijsp.2015-0754
- Nilsson, J., Jakobsen, V., Tveit, P., & Eikrehagen, O. (2003). Pole length and ground reaction forces during maximal double poling in skiing. *Sports Biomech*, 2(2), 227-236.
doi:10.1080/14763140308522820
- Onasch, F., Killick, A., & Herzog, W. (2016). Is There an Optimal Pole Length for Double Poling in Cross Country Skiing? *J Appl Biomech*, 1-20. doi:10.1123/jab.2016-0071
- Sandbakk, Ø., Hegge, A. M., Losnegard, T., Skattebo, Ø., Tønnessen, E., & Holmberg, H. C. (2016). The Physiological Capacity of the World's Highest Ranked Female Cross-country Skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 48(6), 1091-1100. doi:10.1249/MSS.0000000000000862
- Smith, G. A. (2000). Cross-Country Skiing: Technique, Equipment and Environmental Factors Affecting Performance. In V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in sport : performance enhancement and injury prevention* (pp. 247-270): Blackwell Science Lt.
- Stöggl, T., & Holmberg, H. C. (2016). Double-Poling Biomechanics of Elite Cross-country Skiers: Flat versus Uphill Terrain. *Med Sci Sports Exerc*, 48(8), 1580-1589.
doi:10.1249/MSS.0000000000000943
- Stöggl, T., Müller, E., Ainegren, M., & Holmberg, H. C. (2011). General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? *Scand J Med Sci Sports*, 21(6), 791-803. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF STRENGTH TRAINING TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF WORLD-CLASS CROSS-COUNTRY SKIERS

Øyvind Sandbakk

*Centre for Elite Sports Research, Department of Neuromedicine and Movement Science,
Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway*

Commentary

UDC: 796.015.52:796.92

Abstract:

Current scientific evidence suggests that sport-specific heavy strength training could be successfully included in elite endurance athletes' training program. In fact, positive effects of short-term interventions, without any negative side-effects, have been shown repeatedly. However, there is a lack of long-term studies investigating the concurrent development of strength and endurance capacities, and there is a limited understanding of the mechanisms underlying the complex mix of strength and endurance training in the daily training plan of elite endurance athletes. In this context, cross-country skiers have shown a unique ability to build up and sustain a relatively large and strong muscle mass whilst, at the same time, having developed some of the highest maximal oxygen uptakes ever measured in humans. Accordingly, this study explores and discusses how world-class cross-country skiers implement strength training in their long-term endurance training schedule. The presented examples provide support to the scientific evidence from short-term studies, with heavy strength training being included approximately two times per week to build up strength in the preparation period and once per week to maintain strength in the competition period. Furthermore, individualized, movement-specific strength programs aiming to improve skiing technique, exercise economy/efficiency and to delay fatigue is employed. However, the systematic use of core/stabilization exercises by the best skiers has lack of scientific support, which is also the case for the placement of strength sessions within the weekly training puzzle, the order of strength exercises during a session, as well as the influence of mental abilities and technical execution during strength sessions.

Key words: *Endurance performance, exercise economy/efficiency, heavy strength training, maximal oxygen uptake, maximum strength*

Introduction

The requirements of strength for endurance performance in sport depend on the competition duration and format, as well as on the exercise mode employed in a given sport. Indeed, endurance training is an essential stimulus for endurance athletes and they do traditionally not prioritize high volumes of strength training (i.e., training aimed to increase muscles' ability to generate maximum force). However, short-term intervention studies in a variety of sports have shown that aerobic capacity and endurance performance can be enhanced through the implementation of strength training, mainly due to improved exercise economy/efficiency and delayed onset of fatigue (Rønnestad & Mujika, 2014).

The current evidence suggests that sport-specific heavy strength training could be successfully included in elite endurance athletes' training pro-

gram, both to build up strength in the preparation period and to maintain strength in the competition period (Rønnestad & Mujika, 2014). Positive effects of short-term strength training on work economy/efficiency and on delayed fatigue, without any negative side-effects, have been shown repeatedly (Mujika, Rønnestad, & Martin, 2016). In contrast, strength-training gains seem to be negatively influenced by large amounts of endurance training due to molecular interference (Hawley, 2009). Another important question is whether the effects of an intensive period of strength training would be maintained in subsequent periods without or with less strength training. Research shows that only a small part of strength gained during an intervention is maintained after 8-12 weeks without strength training, which is accompanied by a relatively rapid reduction in muscle cross-sectional area and peak

power output (Rønnestad, Hansen, Hollan, Spencer, & Ellefsen, 2016). This is highly interesting in relation with the periodization of strength training over the annual training cycle. Thus, in the long-term periodization of strength training for endurance athletes, “maintenance training” seems to be required (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010). However, in order to avoid overtraining, implementation of strength training will lead to reduced amount of other types of training in highly trained athletes with already full training schedules.

Since the majority of experimental training interventions lasted only 8-12 weeks (Beattie, Kenny, Lyons, & Carson, 2014), caution is advisable when long-term effects are considered. Hence, much of what we know about neurological and structural adaptations induced by strength training derives from short-term interventions, and often in relatively untrained or inexperienced subjects. Consequently, there is lack of long-term studies investigating the concurrent development of strength and endurance capacities of athletes. Furthermore, there is a limited understanding of the mechanisms underlying the complex mix of strength and endurance training puzzled together in a daily training plan of elite endurance athletes. For example, rowers and cross-country (XC) skiers have built up and sustain a relatively large and strong muscle mass whilst, at the same time, having developed the highest maximal oxygen uptakes ever measured in humans (Haugen, Paulsen, Seiler, & Sandbakk, 2017). The reality is that science has probably not caught up with the sophistication of modern training and recovery techniques used by the best athletes. Hence, understanding how strength training is successfully implemented in an endurance-training regime in such athletes would provide a framework for generating new hypotheses in this area. Accordingly, this study will explore and discuss world-class XC skiers’ implementation of strength training in their long-term endurance training schedule.

Requirements of strength in XC skiing

Cross-country skiing involves relatively long lasting competitions across varying terrain employing whole-body exertion while gearing between the different sub-techniques of the classical and/or skating styles (Holmberg, 2015; Sandbakk & Holmberg, 2017). Indeed, XC skiers need a well-developed endurance capacity and the best XC skier exhibited some of the highest reported maximal oxygen uptake values to date (Haugen, et al., 2017). At the same time, a high level of strength and power is needed to produce and transfer forces efficiently in the various skiing techniques and especially in the many competitions decided in a finish-sprint. These demands are exemplified by the abilities of male skiers with 85 mL min⁻¹ kg⁻¹ of maximal aerobic power who, at the same time, are able to pro-

duce peak double poling forces as high as 430 N within 0.05 seconds, as well as forces greater than 1600 N during leg push-offs when skating (Stoggl & Holmberg, 2016; Stoggl, Muller, Ainegren, & Holmberg, 2011). Similar demands are present for women, although women possess relatively lower upper- than lower-body strength and endurance capacities than men. Accordingly, XC skiers need to design their training to concurrently improve their aerobic endurance capacity and their upper- and lower-body strength and power.

Annual training of XC skiers

The major component of an elite XC skier’s training is endurance, and 85-90% of the 750-950 hours of annual training is normally endurance training (Sandbakk & Holmberg, 2017). In the best skiers, this include approximately 80% of the total training time spent in low-intensity, 4-5% in moderate- and 5-8% in high-intensity endurance training. The remaining 10% of the total training time is dedicated to strength and/or speed training. In practice, this includes approximately 75 strength-training sessions per year (i.e., 10-15% of the total sessions), normally distributed as two sessions per week in the 6-month preparation period (May to October) and one weekly session in the competitive season. Although there are limited scientific findings on long-term effects of concurrent strength and endurance training, practical experience allow us to hypothesize that, for athletes who perform extensive endurance training, additional strength training would help to develop and/or maintain muscle mass and power. Furthermore, this seems to be particularly important in the upper-body that is less stimulated through other training modes, and in women who often need to put extra emphasis on strength and endurance training of the upper-body (Hegge, Myhre, Welde, Holmberg, & Sandbakk, 2015; Sandbakk, Solli, & Holmberg, 2017).

Strength training in elite XC skiers

Our best XC skiers combine heavy strength training, aiming to increase maximum strength and power in the ski-specific muscles, with submaximal exercises mainly focusing on core stability, motor control and injury prevention. These two types of training are regarded complementary and in XC skiers they are often included in the same session. In addition, speed training and jumps/plyometrics in the ski-specific movements are done 2-3 times per week throughout the whole year and are elements of the programming puzzle with a comprehensive strength/power component. In the following sections, I will focus mainly on heavy strength training aiming to develop XC skiing performance and aerobic capacity through increased maximum strength. However, the transfer effects of strength/

power to enhanced aerobic capacity and endurance performance needs to be evaluated together with the abovementioned components.

Training to improve strength

The preparation phase for a XC skier includes an initial period where strength is progressively built up, from May to August. After the first couple of weeks have assured familiarization and learning of a proper technique, the load of the weights are added until the point where athletes struggle to maintain a good technique and fully clear lifts in the planned number of repetitions. Hopefully, the athlete will gradually be able to lift heavier weights throughout this period and can thereby increase the load of each lift week-by-week. Monitoring the load of lifts is also a good way to track progress of the training, although increased strength should not negatively influence the development of endurance and coaches and athletes need to assure that strength improvements can be transferred to better technique and higher skiing speed. In Table 1, you can see how strength training is included

in the daily puzzle of a typical training week for a successful XC skier in the preparation period, whereas Table 2 illustrates a typical strength session. From my own personal experience, I recommend to compose the training plan in a way that ensures a “fresh” and well-fueled musculature during the strength sessions in this period. In addition, a specific focus on technical execution is of particular importance to optimize the development during this period and thereby provide a physical and technical foundation for further progress in the following period.

This is followed by a second period, from August to October, where the strength training programme is maintained relatively similar, with only some minor modifications in the exercises to make the movements more ski-specific and the execution more explosive. Since athletes are then familiarized with the exercises, it costs less to perform the sessions and reduced recovery times are feasible. Hence, a greater focus can be placed on optimizing the key endurance sessions performed in this period. While many high-level athletes do not get

Table 1. Typical training weeks for a world-class cross-country skier during the preparation and competition periods

Day	Preparation phase	Competition period
Monday	a.m.: 6 x 5 min HIT, uphill running with poles p.m.: 1.5 h LIT, classical roller skiing with double poling on easy terrain	a.m.: 2 h LIT, classical skiing on easy terrain p.m.: 1.5 h LIT, ski skating on easy terrain
Tuesday	a.m.: strength training [#] p.m.: 1.5 h, LIT roller ski skating on easy/moderate terrain	a.m.: Warm-up + strength training [#] p.m.: 1.5 h LIT, classical skiing on easy terrain
Wednesday	a.m.: 2.5 h LIT, classical roller skiing on varied terrain p.m.: 1.5 h LIT, running on hilly terrain with a soft surface	a.m.: 4 x 6 min HIT*, classical skiing and skating on varied terrain with included 10-second attacks or sprints p.m.: 0.5 h LIT, running on treadmill
Thursday	a.m.: 50-min continuous MIT/HIT*, roller ski skating on a roller ski track, followed by 10 x 12 s sprints p.m.: 1 h LIT, roller ski classic on easy terrain	a.m.: travel p.m.: 1 h LIT, skating on moderate terrain including 5 x 10 s sprints
Friday	a.m.: rest p.m.: 10 x 10 maximal jumps + strength training [#]	a.m.: 45 min LIT followed by 10-15min continuous MIT/HIT in competition track*. Classical skiing p.m.: 20 min running + 20 min of stabilization/core exercises
Saturday	a.m.: 5 x 8 min HIT*, roller ski classic on a roller ski track p.m.: 60 min LIT, easy cycling	MO: morning jog 30 min, strides and jumps a.m.: 15 km classic competition* p.m.: easy skiing 45 min, stretching/massage
Sunday	a.m.: 3.5 h LIT, running on terrain of moderate incline with a soft surface p.m.: rest	a.m.: 30 km skiathlon competition* p.m.: travel

Note. LIT = low-intensity training: blood lactate concentration < 2.5 mmol/L, heart rate < 80% HRmax; MIT = moderate-intensity training: blood lactate concentration 2.5–4.0 mmol/L, heart rate 80–90% HRmax; HIT = high-intensity training: blood lactate concentration > 4.0 mmol/L, heart rate > 90% HRmax.

* Competitions and HIT sessions routinely included approximately 30–45 min of LIT, followed by 10–15 min of MIT/HIT. Cool-down involves 15 min of LIT.

[#] Strength sessions typically consisted of a 30-minute warm-up (running/cycling at LIT), followed by 20–45 min maximal movement-specific strength exercises and 20–45 min of more general core/stabilization exercises (see Tables 2 and 3 for details).

Table 2. Example of a strength training session for a world-class cross-country skier during the preparation period with the goal of concurrently develop strength and endurance

Activity	Duration	Series and reps	Intensity
General warm-up: easy running	20-30 min		Low intensity – first 15 min at 70% HR _{max} , thereafter at 75-80% HR _{max}
Mobility	5-10 min		Slow, dynamic movements
Part 1: Core/stabilization exercises			
Mat exercises: hollow sit, ab roller, back raise	10 min	3 tasks x 3 x 30/15 s work/rest ratio	Slow and controlled movement
Sling: superman	5 min	1 task x 3 x 30/30 s work/rest ratio	Controlled movement with 3 sec hold
Medicine ball: front throw, side throw and throw down	15 min	3 tasks x 3 x 30/45 s work/rest ratio	Controlled, accelerated movement
Skating simulation: with and without control jump	10 min	2 tasks x 3 x 20/40 s work/rest-ratio	Controlled, accelerated movement
Part 2: Maximal strength training*			
Step-up with weights	5 min	2x10 (5 left and 5 right foot), at 25% of 1RM	Controlled movement, high velocity
Hang power cleans	8 min	3x4 reps at 70-80% of 1RM	Maximal mobilization, high intended velocity
Lying bench-pull	8 min	3x6-8 reps at 60-80% of 1RM	Controlled, accelerated movement
Pull-over	8 min	3x5-6 reps at 70-80% of 1RM	Maximal mobilization, high intended velocity
Seated pull-down	8 min	3x4-5 reps at 80-90% of 1RM	Maximal mobilization, high intended velocity
Standing double poling	5 min	2x6 reps at 60-70% of 1RM	Maximal mobilization, explosive movement
Recovery: easy running/cycling	10 min		Low-intensity: 60-70% HR _{max}

*Each exercise includes one warm-up set with low weight; recovery between sets 2 min.

large improvement in strength in this period, the hypothesis is that strength maintenance through two high-quality weekly sessions with high quality is important to transfer the effects of strength to endurance performance and that a longer “strength period” will facilitate better maintenance of strength in the following competition period. Still, my opinion is that strength sessions’ quality is more important than their quantity during this period, regarding both the number of sessions and the number of exercises and series within each session.

The two strength sessions included in Table 1 are from different time points of the training program. On Tuesday, a strength training session with relatively heavy loads and low number of repetitions is done in the morning, with a low-intensity training planned both in the evening before and in the following afternoon. The reason for this is that an easy session after the high-intensity session on Monday morning would allow the athlete to be physically and mentally prepared for the strength session. Furthermore, it seems like light loads in the subsequent sessions facilitate good recovery and strength adaptations, thereby reducing a negative inference from endurance training on strength-training adaptations. The second strength session is placed on Friday afternoon, and follows an easy evening ses-

sion on Thursday and rest or an easy morning jog Friday morning. After a warm-up and some jumps, this session will be more focused on explosiveness compared to the Tuesday session (i.e., slightly lower loads and higher velocities of movement execution). The same exercises are mainly used, but one or two tasks are sometimes modified to enhance explosiveness. The session is placed in the afternoon since explosive movements training quality seems to be better in the afternoon (athletes feel being more fresh and awake, can jump higher and lift faster, etc.) and the session facilitates an optimal muscle tension for the subsequent high-intensity session on Saturday morning, which is a key session of the week. However, although this is a general pattern, some athletes might respond different than others which coaches and athletes must be aware of when making individual plans.

The information provided above on this topic is purely descriptive and current advises are mainly based on not yet systematized personal experiences. However, the development of sensors, tools and training diaries that collect and systematize data from training and competitions/tests is accelerating. By using data-driven machine learning algorithms (so-called neural networks) or artificial intelligence on such “big” data, on both one athlete through time

and between athletes, we can probably reveal interesting patterns that are positively and/or negatively related to an athlete's or a group's development. I predict that such methods, when combined with theory-hypothesis-driven studies, will have the potential to drive future research further in such complex areas. This also includes the way in which training is scheduled and "timed" towards important competitions, often called tapering, which is also a highly complex field to study experimentally since various factors may have influence on the outcome.

Training to maintain strength

This leads us to the competition period, starting in November, where one weekly session of strength training seems to be sufficient to maintain strength throughout the season. This session should contain the most important components of the programme developed in the preparation period. However, less training volume (reduced number of exercises and sets) is normally practised, whereas quality/intensity needs to be on a high level. This includes high (intended) movement velocity and relatively high loads, as well as fine-tuned technical execution. In the competition-free periods with 2-3 weeks of a high-volume training during the winter, a weekly "full strength session", similar to those used in the preparation period, is used to stress the strength component extra.

In Table 1 one can see a typical training week for a successful XC skier in the competition period and Table 3 illustrates a typical strength session in

the competition period. In the competition period, a strength session is typically performed on Tuesday morning. This session is built on the sessions performed in the preparation phase, but bears less overall load. In addition, shorter sessions of stabilization/core exercises and jumps on Friday and Saturday are used to optimize muscle tension and mobilization abilities before the competitions in the weekend. Overall, the strategies used before competitions are highly individual and an unexplored scientific area. Due to my experience, the optimal strategy might differ between days with high versus low muscle tension before warm-up, and I think it is crucial that each athlete strive to developing optimal routines for a given situation.

Individualization of strength training programmes

Similar procedures as described in Table 1 are used by many of the top XC skiers, although each athlete needs to find his/hers own pattern of how to optimally puzzle the strength and endurance components of their training programme, as well as the optimal preparation pattern for competitions. The same applies for the typical strength training sessions of a world-class cross-country skier presented in Tables 2 and 3. While these programmes are representative for skiers at the elite level in XC skiing, each athlete needs to modify his/hers programme to their individual needs. First, the training programme should be set so to avoid the possible molecular interference of concurrent strength-

Table 3. Typical strength training session for a world-class cross-country skier during the competition period with the goal of maintaining strength and optimize endurance performance

Activity	Duration	Series and reps	Intensity
General warm-up: easy running	20-30 min		Low intensity – first 15 min at 70% HR_{max} , thereafter at 75-80% HR_{max}
Mobility	5-10 min		Slow, dynamic movements
Part 1: Core/stabilization exercises			
Mat exercises: hollow sit, ab roller, back raise	8 min	3 tasks x 2 x 30/15 s work/rest ratio	Slow and controlled movement
Medicine ball: front throw, side throw	8 min	2 tasks x 3 x 30/45 s work/rest ratio	Controlled, accelerated movement
Skating simulation: with control jump	5 min	1 task x 3 x 20/40 s work/rest ratio	Controlled, accelerated movement
Part 2: Maximal strength training*			
Jump squats	8 min	3x5 reps at 25-50% of body mass	Maximal mobilization, high velocity
Reversed flies	5 min	2x10 reps, low load	Controlled, accelerated movement
Seated pull-down	8 min	3x4-5 reps at 80-90% of 1RM	Maximal mobilization, high intended velocity
Standing double poling	5 min	2x5 reps at 60-70% of 1RM	Maximal mobilization, explosive movement
Recovery: easy running/cycling	10 min		Low-intensity 60-70% HR_{max}

*Each exercise includes one warm-up set with low weight; recovery between sets 2 min.

and endurance-training by training planning with awareness and by including optimal nutrition plan. How skiers respond to endurance training after a strength session is highly individual, which also applies to the recovery time needed to fuel and prepare muscles for strength training after high loads of endurance training. Second, different mechanisms (overloading force component, power, timing of force production/application, etc.) should be triggered in different individuals, depending on the relationship between the individual's current capacity for a given movement/exercise and the demands of XC skiing. These subsequently influence the choice of load, series, repetitions and type of exercises. Thus, there is no "ideal" strength training program for XC skiing, but rather main principles and a toolbox that coaches and athletes should choose from in a given context. In my opinion, this individualized way of using training principles is a main area where the best XC skiers distinguish from those at a lower standard level. A possibility for future studies in this area could be to screen individual requirements of an athlete, and thereafter compare general strength training programmes with the individualized, more targeted ones.

Execution of strength sessions

As illustrated in Tables 2 and 3, most XC skiers perform a relatively long warm-up of approximately 30 min. This is purely due to tradition in endurance sports and it can be discussed whether such a long general warm-up is really needed. However, these athletes are highly endurance trained, and a 30-min warm-up does not exert any fatiguing effects on the subsequent strength part of the session. Thereafter, some minutes of dynamic mobility is common practice, followed by 20-40 min of core/stabilization exercises before the main part with heavy strength training.

The core/stabilization exercises aim to 1) mobilize the muscles involved in force transfer during the specific ski movements, such as shoulders, trunk, hip, and knee muscles; 2) improve these muscles' ability to stabilize and move these segments functionally while skiing, and 3) prevent injuries. It is highly important that this section of the strength sessions is individualized for each athlete, so that the individual's "weak links" for optimal skiing technique and performance are targeted. Many of these submaximal exercises are performed with relatively slow movements and control in the initial phase of using a new exercise, whereas the movement speed and load can gradually be increased. There are hundreds of different exercises that can potentially be useful, performed with own body mass, weights, slings/redcords, elastic bands, swissballs, medicine balls, etc. In addition, there are many different ways to organize and perform the exercises. However, they should all be organ-

ized so the intended effect is targeted and in accordance with the overall load/fatigue placed on the athlete, especially if the section is performed before heavy strength training. The athlete should not lose physical or mental power needed for the subsequent heavy strength part of the session. While this part makes some athletes more ready to mobilize in the heavy strength exercises, others would rather perform these as own sessions or after the heavy strength session. Overall, there is lack of scientific information about this type of training and its effects on performance and the underlying factors. As a coach, I would recommend most XC skiers to include such training and we know the best athletes in many other sports have used it for decades. However, it sorely needs further examination.

The heavy strength training exercises need to be movement-specific, but at the same time performed in exercises where athletes are able to mobilize maximally during the concentric phase. Mentally and technically (at least at the level of muscle recruitment and mobilization) a XC skier should feel that he/she is doing the exercises as they almost would be when "skiing on snow". This feeling assures improved transfer effects to skiing. Since the legs get more strength stimulus during jumps, sprinting and other activities during other types of training than the arms/upper-body, there is a main emphasis on the upper-body during strength training in XC skiers. However, the focus on upper-body strength also reflects the role of the upper-body in skiing, with the briefest, explosive push-offs and long recovery times where the poles are repositioned for the next poling cycle. The legs work all the time, especially during skating, and need to constantly carry the skier's body mass. Hence, more explosive movements are required in the upper- than in the lower-body and typical heavy strength training programmes consist of one or two leg exercises and three to four upper-body exercises. Leg exercises would be, for example, squats, jump squats, (hang) power clean, back-split squats, or step-up. Upper-body exercises such as seated pull-down, standing double poling, pull-ups with weights, muscle-up, lying bench-pull, French-press, pullover, and triceps press are common. These upper-body exercises often use handgrip widths similar to those in XC skiing or custom-made handlebars designed to imitate the pole-grip in XC skiing (Losnegard, et al., 2011).

For each exercise, normally one warm-up set with low load is followed by two to four sets with high loads. The training load and number of repetitions range from 3RM to 10RM, depending on the time of year and exercise. When the execution technique has been optimized, each repetition is conducted with maximal mobilization in the concentric phase that is lasting approximately one second, followed by a slower eccentric phase (2-3 s);

rests between sets are 1-3 min. See examples in Tables 2 and 3. The lowest number of repetitions is used in exercises where the athletes are able to mobilize maximally and thereby lift heaviest. In contrast, exercises that are more technically complex or where less muscle mass is included seem to energetically cost less and more repetitions can therefore be added.

As a preference, I would suggest that leg exercises should be done before arm exercises, as well as technically easy exercises with full muscular mobilization before more complex, ski-specific ones. In addition, the sessions are normally finalized with an explosive exercise, using a ski-specific exercise and high-velocity movements. In this context, the way strength training is executed is likely as important as the content of the training programme. My impression is that a greater focus on optimizing each session and thereby improve training quality and enhance adaptations is what differentiates high responders from those responding less. This includes mental preparations for the session, as well as optimized technical execution and the athletes' ability to mobilize maximally during the sessions. In order to continuously optimize the training programme and execution I recommend that athletes and coaches should focus on the following key points:

1. Optimized execution of each strength session:
 - **Planning:** Each session needs to be prepared with a clear aim of the session, where the design, choice of exercises, loads, sets, repetitions etc., match the specific aim of each session. Work tasks should be clarified before the session.
 - **Performing:** Be 100% present during the session and place emphasis on optimizing technique and movement velocity. Keep focus only on a few checkpoints (aligned with the clarified work tasks) to reinforce the specific focus areas, e.g., by using video, feedback from coach, etc.
 - **Debriefing:** Reflect on what went well as soon as possible after the session, and discuss what could be done better next time and what will be the future consequences.
2. Optimization of strength and performance adaptations:
 - Key strength sessions should be implemented in the programme puzzle so they can be com-

pleted with the highest possible quality, but with minimized interference with the aerobic sessions.

- Monitor load/velocity of the lifts in key sessions to acquire performance indices and ensure expected progress.
- Evaluate training by output (i.e., progress both in strength, aerobic capacity and performance) in order to regulate future input.

This paper describes how strength training is implemented in an endurance training regime by world-class XC skiers, athletes who have managed to build up and sustain a relatively large and strong muscle mass whilst, at the same time, having developed an outstanding endurance capacity. Due to a possible negative interference caused by high volumes of endurance training on strength adaptations, this combination is unique and probably ahead of current scientific evidence. Thus, learning from common practices of such outstanding athletes should be used as a framework for generating new hypotheses in this area. Most of the presented examples agree with the scientific evidence presented in short-term studies, with heavy strength training being included approximately two times per week to build up strength in the preparation period and once per week to maintain strength in the competition period. Furthermore, individualized, movement-specific strength programmes, aiming to improve skiing technique, exercise economy/efficiency and/or to delay fatigue, are employed. However, the systematic use of core/stabilization exercises by the best skiers has scarce if any scientific support and sorely needs further examination, which is also the cause for the placement of strength sessions in the weekly training puzzle and the order of strength exercises when training both the legs and arms. The influence of skiers' mental abilities, technical execution and the ability to maximally mobilize oneself during the sessions on physical adaptations are additional areas that are relatively unexplored scientifically, but of high importance for practice. In order to facilitate better general understanding and individualization of the timing of concurrent strength and endurance training sessions in different periods, data-driven machine learning models/algorithms and artificial intelligence used on "big" data will be helpful to find positive and/or negative patterns related to the athlete or group's development.

References

- Beattie, K., Kenny, I.C., Lyons, M., & Carson, B.P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44(6), 845-865. doi:10.1007/s40279-014-0157-y
- Haugen, T., Paulsen, G., Seiler, S., & Sandbakk, O. (2017). New records in human power. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 1-27. doi:10.1123/ijsp.2017-0441
- Hawley, J.A. (2009). Molecular responses to strength and endurance training: Are they incompatible? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(3), 355-361. doi:10.1139/H09-023
- Hegge, A.M., Myhre, K., Welde, B., Holmberg, H.C., & Sandbakk, O. (2015). Are gender differences in upper-body power generated by elite cross-country skiers augmented by increasing the intensity of exercise? *PLoS One*, 10(5), e0127509. doi:10.1371/journal.pone.0127509
- Holmberg, H.C. (2015). The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25 Suppl 4, 100-109. doi:10.1111/sms.12601
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Ronnestad, B.R., Hallen, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(3), 389-401. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01074.x
- Mujika, I., Ronnestad, B.R., & Martin, D.T. (2016). Effects of increased muscle strength and muscle mass on endurance-cycling performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 283-289. doi:10.1123/IJSP.2015-0405
- Ronnestad, B.R., Hansen, E.A., & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1269-1282. doi:10.1007/s00421-010-1622-4
- Ronnestad, B.R., Hansen, J., Hollan, I., Spencer, M., & Ellefsen, S. (2016). Impairment of performance variables after in-season strength-training cessation in elite cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(6), 727-735. doi:10.1123/ijsp.2015-0372
- Ronnestad, B.R., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(4), 603-612. doi:10.1111/sms.12104
- Sandbakk, O., & Holmberg, H.C. (2017). Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: Approaching the upper limits of human endurance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(8), 1003-1011. doi:10.1123/ijsp.2016-0749
- Sandbakk, O., Solli, G.S., & Holmberg, H.C. (2017). Sex differences in world record performance: The influence of sport discipline and competition duration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2, 1-7. doi:10.1123/ijsp.2017-0196
- Stoggl, T., & Holmberg, H.C. (2016). Double-poling biomechanics of elite cross-country skiers: Flat versus uphill terrain. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(8), 1580-1589. doi:10.1249/MSS.0000000000000943
- Stoggl, T., Muller, E., Ainegren, M., & Holmberg, H.C. (2011). General strength and kinetics: Fundamental to sprinting faster in cross country skiing? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 791-803. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x

Correspondence to:

Professor Øyvind Sandbakk

Centre for Elite Sports Research

Department of Neuromedicine and Movement Science

Faculty of Medicine and Health Science

Norwegian University of Science and Technology

Trondheim, Norway

Phone: +47 9118769

E-mail: Oyvind.sandbakk@ntnu.no