



# **Trötthet inom alpin skidåkning på elitnivå**

- ”Monitorering över en intensifierad  
träningsperiod”

Mathias Moberg

GYMNASTIK- OCH IDROTTSHÖGSKOLAN  
Självständigt arbete grundnivå 49:2019  
Tränarprogrammet 2017-2020  
Handledare: Marcus Moberg  
Examinator: Pia Lundquist Wanneberg

## Sammanfattning

### Syfte & frågeställningar

Syftet med denna studie är att identifiera och observera trötthet inom alpin skidåkning samt hur den utvecklas under en träningsperiod. Vidare kommer det undersökas om det primärt är perifer, central eller mental trötthet som utvecklas och om de samverkar med varandra.

**Frågeställning 1:** Påverkas alpina elitskidåkare av trötthet och hinner de återhämta sig mellan träningspassen under en period på fem dagar?

**Frågeställning 2:** Finns det något samband mellan åkarnas mentala och muskulära trötthet?

### Metod

Detta är en kvantitativ experimentell studie som undersökte hur alpina elitskidåkare påverkades av trötthet under en träningsperiod på fem dagar. I studien deltog sex manliga alpina elitskidåkare som genomförde två skidpass per dag. Före och efter respektive skidpass testades deltagarnas reaktionsförmåga, Squat Jump, Repeated Counter Movement Jump samt upplevda mentala och fysiska status för att identifiera eventuell mental och muskulär trötthet.

### Resultat

Studien resulterade i en signifikant utvecklad mental trötthet ( $P < 0.05$ ) under träningsperioden medan inga muskulära trötthetseffekter kunde identifieras. Åkarna återhämtade sig muskulärt mellan passen medan mental trötthet inte återgick till normala nivåer. Det fanns inget samband mellan åkarnas mentala och muskulär trötthet medan sambandet mellan muskulär och mental trötthet korrelerade starkt ( $r = 0.9$ ).

### Slutsats

Studien resulterade i en primärt utvecklad mental trötthet under perioden medan muskulär trötthet inte påvisades. Därav är det mental trötthet som främst påverkar alpina elitskidåkare medan perifer och central trötthet är något som åkarna verkar återhämta sig från mellan pass. Eftersom det inte fanns något samband mellan muskulär och mental trötthet beror den utvecklade tröttheten inte på fysiologiska utan på psykologiska faktorer. Den utvecklade mentala tröttheten kan då istället ha berott på den totala tränings tiden alpinisterna utsattes för under perioden eller på för höga respektive för låga stressnivåer vilket kan orsaka en ökad mental trötthet hos idrottare.

# Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	1
1.1	Definition av trötthet & prestation .....	1
1.2	Hur påverkas en alpin skidåkare under ett åk?.....	2
1.3	Energiprocesser vid alpin skidåkning .....	2
1.4	Trötthet inom alpin skidåkning .....	3
1.5	Återhämtning inom alpin skidåkning.....	5
1.6	Forskningsläge .....	6
2	Syfte & Frågeställning .....	7
3	Metod .....	7
3.1	Population & Miljö .....	8
3.2	Tester och mätutrustning.....	8
3.2.1	Utförande.....	8
3.2.2	Upplevd mental och fysisk status.....	9
3.2.3	Reaktionstest .....	9
3.2.4	Squat Jump (SJ).....	10
3.2.5	Repeated Counter Movement Jump (RCMJ).....	10
3.3	Statistisk analys.....	10
3.4	Etik .....	11
4	Resultat.....	11
4.1	Upplevd mental status .....	12
4.2	Upplevd fysisk status .....	13
4.3	Reaktion Nedre Extremitet.....	13
4.4	Reaktion Övre Extremitet .....	14
4.5	Squat Jump .....	15
4.6	RCMJ .....	16
4.7	Korrelationer .....	16
5	Diskussion .....	18
5.1	Skidåkning och muskulär trötthet .....	18
5.2	Skidåkning och mental trötthet .....	21
5.3	Praktiska tillämpningar .....	23
5.4	Styrkor och svagheter.....	23

5.5 Slutsats .....	24
Käll- och litteraturförteckning.....	25

Bilaga 1 Käll- och litteratursökning

Bilaga 2 Samtyckesblankett

## **Tabell- och figurförteckning**

Tabell 1 – Schema över testdag .....	9
Tabell 2 – Översikt träningsperiod.....	11
Figur 1 – Diagram upplevd mental status .....	12
Figur 2 – Diagram upplevd fysisk status.....	13
Figur 3 – Diagram reaktion nedre extremitet.....	14
Figur 4 – Diagram reaktion övre extremitet.....	15
Figur 5 – Diagram squat jump.....	15
Figur 6 – Diagram repeated counter movement jump.....	16
Figur 7 – Spridningsdiagram och korrelationer.....	17

# 1 Introduktion

Alpin skidåkning går ut på att ta sig igenom en uppsatt bana i en skidbacke på kortast möjliga tid. Den åkare som har lägst tid i mål är den åkaren som har presterat bäst i det enskilda åket och vid tävling är det totaltiden av två åk som räknas. I slalom (SL) varar genomsnittligen ett åk mellan 45-60 sekunder med hastigheter upp mot 60 km/h medan ett åk i storslalom (GS) varar i 60-90 sekunder med hastigheter upp mot 90 km/h (Nilsson, 2019). Dessa höga hastigheter som en alpin elitskidåkare utsätts för skapar krafter upp till fyra gånger åkarens kroppsvikt (Supej & Holmberg, 2010) vilket ställer höga krav på åkarens fysik. Dessa krafter verkar på en skidåkare i varje sväng under ett åk, upprepade gånger per dag och ofta flera dagar på rad. Detta leder till att en alpin elitskidåkare måste arbeta mot dessa höga krafter vilket inte enbart ställer krav på åkarens fysik utan även på förmågan att återhämta sig mellan pass för att motverka trötthet.

## 1.1 Definition av trötthet & prestation

Muskulär trötthet kan definieras som det fenomen då musklernas förmåga att skapa kraft reduceras och delas in i perifer och central trötthet. Perifer trötthet beror på metabola förändringar lokalt i muskeln vilket reducerar muskelns förmåga att skapa kraft (Seifert, Kipp & Bacharach, 2012). Central trötthet beror istället på att centrala nervsystemets (CNS) förmåga att skicka kommandon till motorneuronen hämmas (Boyas & Guével, 2011; Carroll, Taylor & Gandevia, 2017; Gandevia, 2001). Denna hämning förlänger reaktionstiden (Seifert et al., 2012; White & Wells, 2015) och till skillnad från perifer trötthet beror central trötthet på att motorneuronet inte får tillräckliga signaler från CNS för att muskeln ska kunna skapa maximalt med kraft (Place, Yamada, Bruton & Westerblad, 2010). Utöver muskulär trötthet kan idrottare även drabbas av mental trötthet vilket istället beror på psykologiska aspekter. Denna trötthet är en subjektiv bedömning över hur trött en person känner sig före eller efter en fysisk aktivitet (Russell, Jenkins, Rynne, Halson & Kelly, 2019).

Om en alpinist skulle bli utsatt för en eller flera av ovanstående trötthetseffekter skulle prestationen kunna påverkas negativt. En alpin skidåkares prestation baseras på den tid åkaren har nedför banan. En lägre tid innebär en bättre prestation. Utöver tiden baseras även prestationen på antal åk som avslutats regelmässigt korrekt. Färre genomförda åk definieras som en sämre prestation.

## **1.2 Hur påverkas en alpin skidåkare under ett åk?**

För att förstå hur trötthet påverkar alpina elitskidåkare måste vi se över vad de utsätts för och vad som bidrar till detta. En alpin elitskidåkare måste ta hänsyn till ett antal faktorer som är med och påverkar hastigheten och därmed prestationen. Tre primära krafter som är involverade är reaktionskraften, luftmotståndet, och friktionen mellan skida och snö. De två sistnämnda är de två enda mekaniska parametrar som har en direkt negativ påverkan på åkarens hastighet under ett åk (Supej & Holmberg, 2019).

Reaktionskraften är den kraft som verkar på en skidåkare genom en sväng och kan uppgå till fyra gånger åkarens kroppsvikt (Supej & Holmberg, 2010). Denna kraft kan påverka prestationen både positivt och negativt beroende på var i svängen den maximala kraften uppstår (Hébert-Losier, Supej & Holmberg 2014). Exempelvis kommer en högre reaktionskraft leda till en ökad friktion vilket är en bromsande kraft och kan anses som en negativ påverkan på prestationen. Hébert-Losier et al. (2014) poängterar att det är fördelaktigt för prestationen om reaktionskraften uppstod tidigare i svängen. Däremot, oavsett om en högre kraft bidrar till en prestationsökning eller ej så verkar den på skidåkaren, upprepade gånger, vilket betyder att en alpinist kontinuerligt måste arbeta mot dessa krafter för att genomföra ett åk.

Ferguson (2010) beskriver i sin studie att när en alpinist utsätts för dessa tunga isometriska och excentriska muskelaktioner genom en sväng aktiveras både typ I och typ II muskelfibrer. Graden av muskelaktivering och bristande relaxation skapar ett intramuskulärt tryck som bidrar till ocklusion vilket hämmar blod- och syretransporten till musklerna (Ferguson, 2010; White & Wells, 2015; Turnbull, Kilding & Keogh, 2009; Polat, 2016; Seifert et al., 2012). Dessa upprepade höga krafter resulterar i att musklernas förmåga att skapa kraft hämmas (Tomazin, Dolenc & Strojnik 2008). För att undersöka hur dessa krafter tröttar ut en alpin elitskidåkare måste vi få en översikt över vilka energiprocesser som används under ett åk.

## **1.3 Energiprocesser vid alpin skidåkning**

Vid mätning av energikraven i alpin skidåkning används oftast  $VO_{2max}$  och det har visat sig att en alpinist använder upp till 200 % av  $VO_{2max}$  under ett åk (Ferguson, 2010; Nilsson, 2019; White & Wells, 2015). Detta tyder på att anaeroba processer dominerar och tidigare studier har visat att 65 % av energin kommer från just anaerob energiproduktion under ett åk (Polat, 2016; White & Wells, 2015). Eftersom åktiden i SL och GS varierar mellan 45-90 sekunder

utnyttjar kroppen även aeroba processer (Nilsson, 2019). Vilken energiprocess som är viktigast för prestationen i alpin skidåkning har länge diskuterats och tidigare studier har visat att  $VO_{2max}$  har en stark korrelation till prestationen (Neumayr, Hoertnagl, Pfister, Koller, Eibl & Raas, 2003). Nilsson (2019) beskriver i sin avhandling att flera studier även visat en stark korrelation mellan anaeroba tester och prestationen i backen. Konklusionen i ett flertal studier har pekat på att den aeroba kapaciteten möjligen inte har en direkt korrelation till prestationen i ett enskilt åk utan är snarare relevant för återhämtningen mellan åk och träningspass (Polat, 2016; Turnbull et al., 2009).

#### **1.4 Trötthet inom alpin skidåkning**

Som ovan nämnt dominerar anaeroba energiprocesser vid alpin skidåkning vilket gör att metaboliter ansamlas i musklerna. Detta leder till att skidåkare kan drabbas av både perifer och central trötthet (Furgeson, 2010). När en muskel tar emot en aktionspotential (AP) frisläpps kalciumjoner ( $Ca^{2+}$ ) från det sarkoplasmatiska retiklet (SR). När de fria  $Ca^{2+}$  släpps ut och fäster på troponin börjar myosinet att klättra på aktinet och muskeln kontraherar. För att myosin ska klättra på aktin krävs även adenosin-tri-fosfat (ATP), vilket är musklernas energi (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015, s. 30-32). ATP skapas genom anaerob nedbrytning av kreatinfosfat (PCr) och glykogen eller oxidation av glykogen och fett. Oxidation kan enbart bidra signifikant om musklerna har adekvat tillgång till syre (Kenney, et al., 2015, s. 66-67). Då ocklusion skapas under ett åk kommer blod- och syretransporten till musklerna att reduceras vilket ställer högre krav på den anaeroba energiprocessen. Glykogen bryts ner för att bygga ATP och i samma process bildas laktat och vätejoner ( $H^+$ ) i muskeln (Kenney, et al., 2015, s. 138).

Laktat börjar ansamlas i skelettmuskulaturen då intensiteten överskrider den anaeroba tröskeln (White & Wells, 2015), vilket gör att laktat och  $H^+$  ansamling är oundvikligt i alpin skidåkning. Tomazin et al. (2008) uppmätte i deras studie laktatnivåer över 7 mmol/L i blodet fem minuter efter ett SL åk. I GS har blodlaktatnivåer uppmätts till närmare 14 mmol/L (White & Wells, 2015; Polat, 2016).  $H^+$  ansamling leder till att musklernas pH värde sjunker (Ferguson, 2010) och det sänkta pH värdet kan leda till en minskad kontraktionshastighet i musklerna vilket bidrar till att åkarens kraftutveckling minskar (White & Wells, 2015). Den reducerade kraftutvecklingen har en negativ påverkan på åkarens förmåga att snabbt skapa kraft genom svängen vilket behövs för att orka hålla emot de krafter som skapas under ett åk. Bidraget av laktatansamling till trötthet har däremot blivit ifrågasatt av forskare som menar att

laktat och  $H^+$  är den primära anledningen till muskeltrötthet och dess funktion (Barnett, 2006; Place et al., 2010; Hostrup & Bangsbo, 2017). Enligt Barnett (2006) har det sänkta pH värdet inte någon påverkan på musklernas kontraktionsförmåga vid fysiologiska kroppstemperaturer vilket tyder på att andra fysiologiska faktorer påverkar musklerna. Förutom laktat och  $H^+$  ansamlas även inorganiskt fosfat ( $P_i$ ) vilket bildas vid nedbrytningen av PCr och ATP (Kenney, et al., 2015). Vid denna nedbrytning skapas  $P_i$  som transporteras in i SR och binder till fria  $Ca^{2+}$ . Detta minskar mängden  $Ca^{2+}$  som strömmar ut ur SR då en muskel ska kontrahera (Place et al., 2010) vilket gör att muskeln inte kan skapa lika mycket kraft genom svängen (Ferguson, 2010).

De nämnda metaboliterna som skapas vid alpin skidåkning kan även bidra till central trötthet då det har visats att grupp III och grupp IV receptorer påverkas så att fyrningsfrekvens till musklernas motorenheter hämmas (Ferguson, 2010). Dessa receptorer återkopplar till CNS om vad som sker i muskeln och är mycket känsliga för metaboliter (Blain, Mangum, Sidhu, Weavil, Hureau, Jessop & Amann 2016). Fyrningsfrekvensen är hur frekvent aktionspotentialer skickas via alfa motorneuronet till muskeln när den ska kontrahera (Kenney, et al., 2015) och under ett alpint åk blockeras högfrekventa aktionspotentialer vilket gör att kraftutvecklingen reduceras (Tomazin et al., 2008). Denna centrala trötthet påverkar inte muskeln lokalt utan hämmar istället aktionspotentialer som leder till en reducerad kraftutveckling och explosivitet hos åkaren. Detta borde teoretiskt påverka prestationen i ett åk då alpinister måste stå emot de krafter som skapas genom en sväng.

White & Wells (2015) visade på en signifikant ökad upplevd trötthet hos åkarna under träningspasset där de själva fick skatta hur trötta de kände sig före och efter respektive åk. Denna upplevda trötthet är en åkares subjektiva bedömning över hur trött den känner sig vilket kategoriseras som mental trötthet. Mental trötthet kan påverka prestationen negativt då den bland annat sänker motivationen, koncentrationen och engagemanget till aktiviteten vilket bland annat kan leda till tekniska misstag och en hämmad förmåga att ta snabba beslut (Russell et al., 2019). Tidigare studier har visat att mental trötthet inte direkt behöver påverka den fysiska prestationen efter högintensiv träning (Vrijkotte, Meeusen, Vandervaeren, Buyse, Cutsem, Pattyn & Roelands, 2018). Denna studie visade på en oförändrad fysisk prestation samtidigt som mental trötthet utvecklades vilket tyder på att mental trötthet inte behöver samverka med muskulär trötthet.



Studier tyder på att intensiteten och durationen av den fysiska aktiviteten är avgörande för hur mental trötthet utvecklas (Chuckravanen, Bulut, Kürklü & Yapali, 2019). Detta gör att alpina skidåkare är i risk-zon för att utsättas av mental trötthet då intensiteten under ett åk är hög (Ferguson, 2010) där åtta åk per pass kan resultera till cirka 800 svängar vid dagar då två pass genomförs (Gilgien, Reid, Raschner, Supej & Holmberg, 2018). Trots att den aktiva tiden per pass inte är mer än cirka 6 minuter (Gilgien et al., 2018) leder alpin skidåkning till en relativt lång tid i backen vilket skulle kunna bidra till en utvecklad mental trötthet.

### **1.5 Återhämtning inom alpin skidåkning**

Enligt tidigare studier verkar både central och perifer trötthet påverka prestationen i alpin skidåkning (Ferguson, 2010) och därtill uppstår även mental trötthet under en träningsdag (White & Wells, 2015). Ett träningspass består av flera åk vilket betyder att återhämtningen mellan åken är en viktig faktor eftersom varje åk är ett tillfälle att utveckla tekniska och taktiska kvalitéer. Att bli av med de metaboliter som ansamlas i musklerna under ett åk är inte enbart viktigt för att prestera tekniskt korrekt utan även för att undvika onödiga misstag som kan leda till skador (White & Wells, 2015). Återhämtningstiden i alpin skidåkning är normalt 10-30 minuter mellan åk (Gilgien et al., 2018) och två till tre timmar mellan passen vid de dagar två pass utförs.

Det kan enligt tidigare forskning ta upp mot 90 minuter att återgå till normala blodlaktatnivåer efter högintensiv ansträngning (Barnett, 2006). Mer grenspecifikt mot alpint visade Ferreira, Da Silva Carvalho, Barroso, Szmuchowski & Śledziwski (2011) i en studie på cyklister att det krävdes mer än 60 minuter att normalisera blodlaktatnivåer som uppnått cirka 14 mmol/L. Detta motsvarar de laktatnivåer som uppmätts hos alpinister efter ett alpint åk (White & Wells, 2015; Polat, 2016) men intensiteten under återhämtningstiden kan ha stor betydelse för hur snabbt laktathalten i blodet transporteras bort. Baldari, Videira, Madeira, Sergio & Guidetti (2005) visade att passiv återhämtning transporterade bort laktat långsammare än vid aktiv återhämtning och White & Wells (2015) undersökte hur aktiv återhämtning påverkade nivåerna av laktat i blodet mellan åk hos alpinister på elitnivå. Det visade sig att även denna studie resulterade i att aktiv återhämtning visade på en signifikant lägre laktatnivå i blodet innan start än vid passiv återhämtning. I studien av White & Wells (2015) var återhämtningssiden cirka 12 minuter mellan åken och cirka 7 mmol/L laktat uppmättes i blodet efter åken. Då även högre laktatnivåer observerades på toppen av backen

jämfört med normala nivåer tyder de på att de inte hinner återhämta sig fullt mellan åk. Däremot bör laktathalten återgått till normala nivåer mellan passen.

Det krävs längre tid för den neuromuskulära styrkan att återhämta sig och tidigare studier har visat att musklerna inte återhämtat sig 24 timmar efter styrketräning (Raastad, Glomsheller, Bjøro & Hallén, 2003). Samma studie visade att daglig tung styrketräning i två veckor bidrog till en minskad akut trötthet vilket berodde på att återhämtningstiden av den neuromuskulära styrkan förbättrades. Detta skulle kunna betyda att skidåkning har samma effekt och att kroppen anpassar sig till den upprepade ansträngningen, vilket skulle minska den akuta tröttheten och påskynda återhämtningen hos alpinister. Det kan ta flera timmar för att  $Ca^{2+}$  frisättningen att återgå till normal funktion vilket kommer påverka hur perifer trötthet utvecklas under en träningsdag (Carroll et al., 2017) och bör därför kunna utvecklas under en alpin träningsperiod.

Även Howatson, Brandon & Hunter (2016) har påvisat att det tar mer än 24 timmar att återhämta sig från perifera trötthetseffekter som utvecklas av styrketräning. Däremot kunde de inte identifiera några centrala trötthetseffekter efter styrketräningen. Deras förklaring till detta var att deltagarna hade återhämtat sig från den centrala tröttheten då testerna i studien utfördes tio minuter efter träningspasset. Detta tyder på en snabb återhämtning från central trötthet vilket styrker studien av Carroll et al. (2017) som beskriver att återhämtningen från akut central trötthet kan ske inom två minuter. Den centrala trötthet som alpinister utsätts för enligt Ferguson (2010) bör därför vara aktuellt under åket men att de hinner återhämta sig mellan åken medan perifer trötthet kan påverka skidåkarna över en längre tid.

Det är oklart hur lång tid det tar att återhämta sig från mental trötthet, men eftersom White & Wells (2015) visat att mental trötthet uppstår under ett alpint träningspass verkar inte tiden mellan åken tillräckligt lång för att motverka att den uppstår. Hur den utvecklas över en längre träningsperiod i alpin skidåkning är fortfarande outforskat.

## **1.6 Forskningsläge**

Tidigare studier har visat att alpinister utsätts för central och perifer trötthet under ett åk (Ferguson, 2010) och att ett träningspass bidrar till en ökad mental trötthet (White & Wells, 2015). Därtill finns det fysiologiskt stöd för att muskulär trötthet utvecklas över tid vilket tidigare inte studerats hos alpina elitskidåkare. Det är därför oklart hur trötthet utvecklas när

alpinister utsätts för flera alpina träningspass per dag, flera dagar på rad. Vetskapen om hur trötthet påverkar en åkare är viktigt för att tränare ska veta hur fysträningen kan läggas upp för att motverka trötthet och öka antalet åk där åkarna kan prestera. Då trötthet enligt tidigare studier kan leda till skador är inte detta enbart intressant från en prestationssynpunkt utan även i skadeförebyggande syfte. Spörri, Kröll, Gilgien & Müller (2017) beskriver exempelvis att en reducerad fysisk förmåga kan bidra till en ökad skaderisk inom alpint. Med andra ord är det inte enbart viktigt att optimera en alpin skidåkares fysik för prestation under ett enskilt åk utan även för att hålla sig skadefri och orka prestera under flera dagar i rad. Därav är det viktigt att identifiera hur skidåkning påverkar alpina elitskidåkare fysiskt och mentalt samt hur trötthet utvecklas under en träningsperiod.

## 2 Syfte & Frågeställning

Syftet med denna studie är att identifiera och observera trötthet inom alpin skidåkning samt hur den utvecklas under en träningsperiod. Vidare kommer det undersökas om det primärt är perifer, central eller mental trötthet som utvecklas och om de samverkar med varandra.

**Frågeställning 1:** Påverkas alpina elitskidåkare av trötthet och hinner de återhämta sig mellan träningspassen under en period på fem dagar?

**Frågeställning 2:** Finns det något samband mellan åkarnas mentala och muskulära trötthet?

**Hypotes 1:** Baserat på tidigare studier som visat på att trötthet uppstår under ett alpint träningspass och att återhämtningstiderna från liknande trötthetsfenomen kan vara i mer än 24 timmar, kommer alpina elitskidåkare påverkas av trötthet och inte hinna återhämta sig mellan träningspassen under perioden.

**Hypotes 2:** Det kommer finnas ett samband mellan mental och muskulär trötthet då antagandet är att både mental och muskulär trötthet kommer utvecklas under träningsperioden.

## 3 Metod

Detta är en kvantitativt experimentell studie som undersöker hur trötthet utvecklas hos alpina elitskidåkare under en träningsperiod på fem dagar. För att undersöka detta studerades det hur skidåkarnas kraftutveckling, reaktionsförmåga och upplevde fysiska och mentala status påverkades av alpin skidträning.

### **3.1 Population & Miljö**

Sex manliga alpina elitskidåkare med en genomsnittlig ålder om  $22 \pm 2$  år deltog i studien och deras FIS-punkter vid testtillfället var  $36 \pm 5$  i SL. Studien genomfördes under försäsongsträningen i samband med ett träningsläger i Storklinten under november månad där deltagarna tränade SL i bana under fem dagar. De fysiska testerna genomfördes inomhus i värmestugan intill skidbacken.

### **3.2 Tester och mätutrustning**

De fälttester som valdes ut var anpassade så att de kunde utföras i närheten av skidbacken och att de inte skulle påverka åkarnas träning negativt. För att mäta mental trötthet användes ett subjektivt test inspirerat av White & Wells (2015) där åkarnas upplevda fysiska och mentala status noterades. För att mäta central trötthet hos åkarna testades reaktionsförmågan i både nedre och övre extremitet, där Spiteri, Cochrane & Nimphius (2013) har visat på att det valda testet för att mäta reaktionen har en hög reliabilitet vid upprepade mätningar. Squat Jump (SJ) valdes ut som test då det är ett test som mäter kraftutveckling och neuromuskulär styrka i nedre extremitet (Coombes & Skinner, 2015 s. 157) och förändringar i SJ användes för att identifiera perifer och central trötthet hos deltagarna. För att mäta perifer trötthet utfördes Repeated countermovement jump (RCMJ) vilket är ett test som mäter uthållighetsstyrkan i nedre extremitet. Tidigare studier har undersökt och det har visat sig att validiteten och reliabiliteten i SJ och Counter movement jump (CMJ) är hög vilket gör att de båda är en tillförlitlig mätning av den explosiva kraftutvecklingen i nedre extremitet (Markovic, Dizdar, Jukic & Cardinale, 2004). Därav användes ett RCMJ test för att identifiera hur den upprepade kraftutvecklingen i nedre extremitet påverkades av skidåkning.

#### **3.2.1 Utförande**

Testtillfällena utfördes före och efter respektive förmiddagspass (pass fm) och eftermiddagspass (pass em). Innan varje test värmdes deltagarna upp i 20 minuter enligt deras egna standardiserade rutiner. Testerna genomfördes därefter i ordningen upplevd fysisk status, upplevd mental status, reaktion övre extremitet, reaktion nedre extremitet, SJ och RCMJ. Deltagarna genomförde testerna en och en. Direkt efter testerna genomförde deltagarna två uppvärmningsåk utanför banan följt av en besiktning av träningsbanan. Därefter genomförde åkarna cirka åtta tävlingslika åk i en SL-bana. Cirka 15 minuter efter det sista genomförda åket genomfördes ovanstående tester igen. Denna procedur genomfördes två gånger per dag, före och efter varje SL-pass med cirka två timmars vila mellan passen under fem dagar och

samtliga testresultaten dokumenterades i ett Microsoft Excel-dokument. För att simulera en verklig träningsmiljö genomförde åkarna efter träningsdagen en lågintensiv löprunda i 20 minuter med en intensitet på 65-70% av maxpuls (se tabell 1). För att stärka den interna validiteten genomförde deltagare samtliga test innan träningsperioden påbörjades.

**Tabell 1** – Schema och beskrivning av en testdag. Uppvärm.: uppvärmning; pass fm: förmiddagsspass; pass em: eftermiddagsspass; R-Test: reaktionstest; SJ: Squat Jump; RCMJ: Repeated Counter Movement Jump.

Frukost	Uppvärm.	Test före pass fm	Skidor pass fm	Test efter pass fm	Lunch /vila	Uppvärm.	Test före pass em	Skidor pass em	Test efter pass em	Aktiv återhämtning	Middag
	20 min	Upplevd trötthet	SL	Upplevd trötthet	2 h	20 min	Upplevd trötthet	SL	Upplevd trötthet	Lågintensiv löpning 20 min	
		R-Test		R-Test			R-Test		R-Test		
		SJ		SJ			SJ		SJ		
		RCMJ		RCMJ			RCMJ		RCMJ		

### 3.2.2 Upplevd mental och fysisk status

Deltagarnas upplevda status noterades vid varje testtillfälle och delades in i mental och fysisk status. De frågor deltagarna fick svara på var:

1: "Hur skattar du din mentala status?"

2: "Hur skattar du din fysiska status?"

Dagen innan träningsperioden fick deltagarna reda på att den fysiska statusen var hur de kände sig muskulärt och den mentala statusen hur de kände sig i huvudet. Deltagarna berättade därefter sin subjektiva bedömning över hur de kände sig på en skala mellan 1 och 100. Skalan var uppritad på en White board där skalan från från fullt utmattat (1) till fullt återställd (100) var uppritad. Både det mentala och fysiska värdet noterades som enskilda resultat.

### 3.2.3 Reaktionstest

Reaktionstesten användes för att mäta deltagarnas reaktionsförmåga och för genomförandet av testet används en Optojump Next (Microgate, Bolzano, Italien) som utgav en given signal då deltagarna skulle reagera. För mätning av reaktionsförmågan genomfördes två test där både nedre och övre extremitet testades för att notera eventuella skillnader. Vid testet av reaktionen i övre extremitet stod testpersonen på knä med båda händerna i golvet. En utav händerna var placerad mellan fotocellerna och den andra utanför. Vid en given akustisk signal skulle handen lyftas så snabbt som möjligt. Deltagarna genomförde testet två gånger med höger hand och två gånger med vänster hand. Medelvärdet av de totalt fyra försöken

noterades som resultat för reaktion i övre extremitet. För att testa reaktionen i nedre extremitet genomfördes samma procedur men vid detta test stod deltagarna upp med en fot mellan fotocellerna och den andra utanför. Vid den akustiska signalen skulle foten lyftas så snabbt som möjligt och totalt fick deltagarna genomföra testet två gånger med höger ben och två gånger med vänster ben. Medelvärden av samtliga fyra försök noterades som resultat för reaktionen i nedre extremitet. Resultaten noterades i sekunder, från den akustiska signalen till att handen lyftes, och om reaktionstider var kortare än 0,1 sekunder räknades försöket som tjuvstart och testdeltagaren fick göra om det misslyckade försöket.

### **3.2.4 Squat Jump (SJ)**

För genomförandet av testet användes en Optojump Next (Microgate, Bolzano, Italien) där deltagarnas högsta hopp av två försök noterades som resultat där den mätdata som sparades var hopphöjden som mättes i centimeter (cm). Vid ett godkänt hopp skulle händerna vara placerade vid midjan. Deltagaren skulle därefter gå ner till ca 90 graders djup och från en statisk position hoppa så högt som möjligt. Knäna skulle vara helt utsträckta i luften tills fötterna fick kontakt med marken igen för att hoppet skulle vara godkänt.

### **3.2.5 Repeated Counter Movement Jump (RCMJ)**

Deltagarna genomförde 15 repeterade hopp direkt efter varandra utan paus där deras instruktioner var att hoppa så högt de kunde under varje hopp. För ett godkänt testresultat skulle händerna vara placerade vid midjan och knäna skulle under luftfärden vara helt utsträckta. Deltagarna instruerades att djupet mellan hoppen skulle vara ca 90 grader. Testet genomfördes en gång per testtillfälle och för genomförande av testet används en Optojump Next (Microgate, Bolzano, Italien). Medelhöjden av de 15 hopp som genomfördes redovisades som resultat och angavs i cm.

## **3.3 Statistisk analys**

All data analyserades i Prism 8 V.8.3.0 (GraphPad Software, LLC). För statistisk analys användes one-way repeated measures ANOVA med 20 datapunkter, där Fisher's LSD post hoc test tillämpades för att analysera eventuella signifikanta förändringar mellan mättillfällena vid en signifikant effekt av tid. För att analysera hur testvärdena generellt förändrades över en dag, lades samtliga testresultat för före pass ett, efter pass ett, före pass två samt efter pass två ihop, för hela perioden på fem dagar. Detta gav fyra datapunkter per individ som statistiskt jämfördes via one way repeated measures ANOVA, för att identifiera generella effekter av träningspass och tillfälle på dagen. Vid analys av korrelationen mellan upplevd mental och

fysisk status kontra SJ, RCMJ och reaktionstesterna användes Spearman's rangordningskorrelationskoefficient. Även korrelationen mellan upplevd fysisk och mental status analyserades. Signifikans nivån i samtliga analyser sattes till  $P < 0.05$  och samtliga värden som anges i studien är angivna som medelvärden  $\pm$  SD om inget annat anges.

### 3.4 Etik

Samtliga deltagare blev informerade om studiens syfte, att deltagandet var frivilligt och att det var tillåtet att avbryta testet när som helst om deltagaren så ville. Resultaten i denna studie behandlas konfidentiellt, inga enskilda personer kommer kunna identifieras och resultaten kommer enbart användas som forskningsunderlag i denna studie. Om testdeltagarna ville fick de tillgång till sina egna personliga resultat då det kan hjälpa dem i deras framtida träning. Eftersom studiens författare och deltagarna kände varandra fanns det en risk att denna relation kunde påverka resultaten och deltagarnas engagemang i testerna. Deltagarna informerades om detta och det säkerhetsställdes att interventionen skulle ske professionellt där inga personliga åsikter skulle påverka deltagarnas testresultat. Deltagarna fick innan interventionen läsa och signera en samtyckesblankett för deltagandet i studien (se bilaga 2) och övrig information kring studien skedde muntligt.

## 4 Resultat

Totalt deltog sex personer i studien. Under periodens gång skedde några oväntade avhopp vilket ledde till att färre personer deltog i vissa tester. De tester som genomfördes var upplevd mental status ( $n=6$ ), upplevd fysisk status ( $n=6$ ), reaktion nedre extremitet ( $n=6$ ), reaktion övre extremitet ( $n=6$ ), SJ ( $n=4$ ) och RCMJ ( $n=3$ ). Perioden resulterade i 4 testtillfällen per dag och totalt 20 testtillfällen för hela perioden. Totalt genomfördes 10 skidpass under fem dagar (se tabell 2) och varje dag genomfördes  $7 \pm 1$  träningsåk per pass.

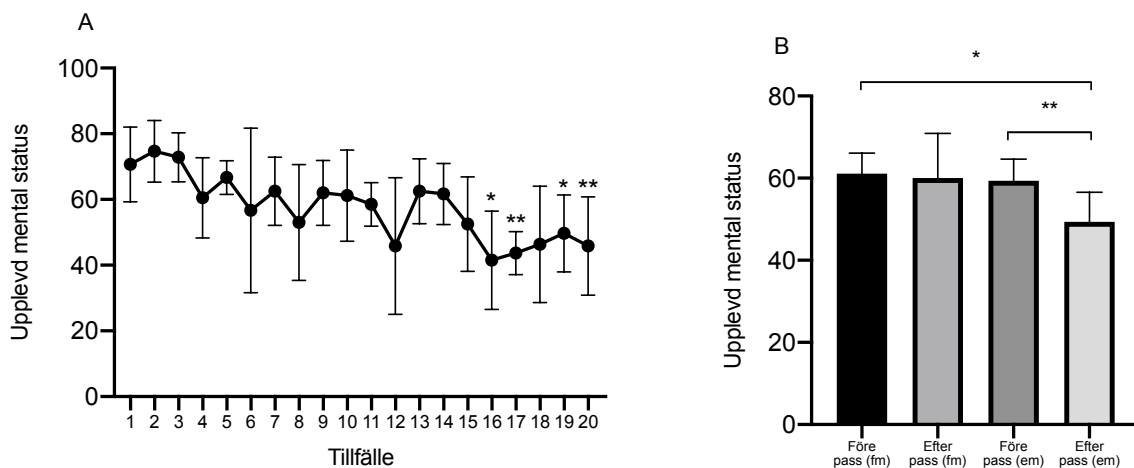
**Tabell 2** – Schema över när respektive testtillfälle och skidpass utfördes under träningsperioden. Pass fm: förmiddagspass; pass em: eftermiddagspass.

Träningsperiod					
	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5
Testtillfälle (Före pass fm)	1	5	9	13	17
Förmiddag	Skidpass 1	Skidpass 3	Skidpass 5	Skidpass 7	Skidpass 9
Testtillfälle (Efter pass fm)	2	6	10	14	18
Vila					
Testtillfälle (Före pass em)	3	7	11	15	19
Eftermiddag	Skidpass 2	Skidpass 4	Skidpass 6	Skidpass 8	Skidpass 10
Testtillfälle (Efter pass em)	4	8	12	16	20

## 4.1 Upplevd mental status

Vid ingången av perioden, testtillfälle 1, var den genomsnittliga upplevda mentala statusen  $71 \pm 11$  hos deltagarna. Vid testtillfälle 2, efter periodens första skidpass, uppmättes det numeriskt högsta medelvärdet på  $75 \pm 9$  i upplevd mental status. Vid tillfälle 16, efter det andra passet dag fyra, var den upplevda mentala statusen lägst ( $42 \pm 15$ ) vilket var signifikant lägre jämfört med det första tillfället ( $P < 0.05$ ). Resterande mätningar efter tillfälle 16 var signifikant lägre än den första mätningen förutom vid tillfälle 18 då resultatets spridning medförde att statistiken inte föll ut signifikant ( $P = 0.084$ ). Vid testtillfälle 17, uppmättes  $44 \pm 7$  som värde för den mentalt upplevda statusen hos deltagarna vilket indikerade en signifikant sänkt mental status jämfört med ingången av perioden ( $P < 0.01$ ). Testtillfälle 19 uppmätte ett genomsnitt på  $50 \pm 12$  i mental status vilket var signifikant ( $P < 0.05$ ) och testtillfälle 20 ( $46 \pm 15$ ) visade en hög signifikans jämt emot ingången av perioden ( $P < 0.01$ ) (se figur 1A).

Den upplevda mentala statusen skilde sig signifikant ( $P < 0.05$ ) från dagens första mätning ( $61 \pm 5$ ) till dagens sista ( $49 \pm 7$ ). Den mentala statusen påverkades inte signifikant av pass fm ( $60 \pm 11$ ) jämfört med resultatet före pass fm. Efter pass em hade den mentala statusen generellt påverkats signifikant ( $P < 0.01$ ) jämfört med före pass em ( $49 \pm 7$ ) (se figur 1B).



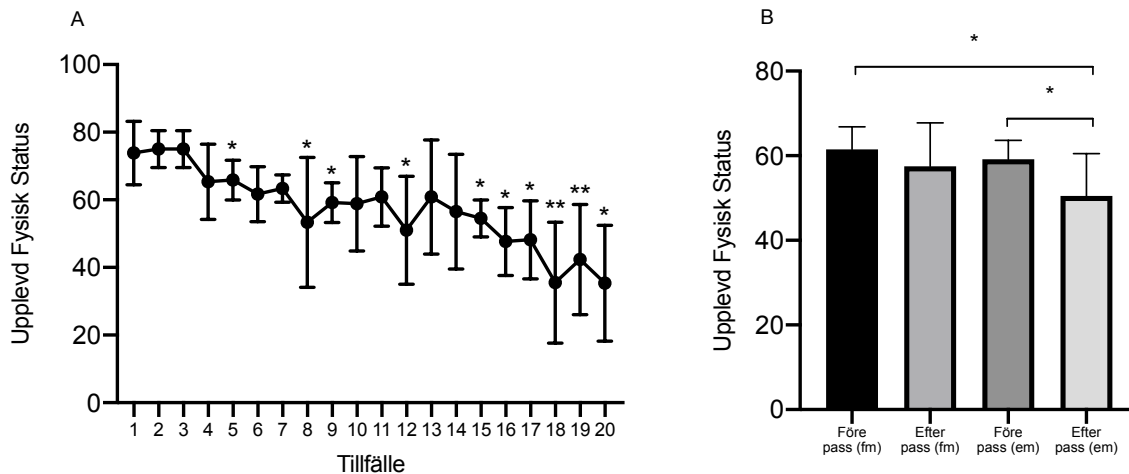
**Figur 1** – Visar hur åkarnas mentala status påverkades av alpin skidåkning. A) Medelvärde  $\pm$  SD av deltagarnas mentala status vid respektive testtillfälle under perioden ( $n=6$ ). B) Medelvärde  $\pm$  SD av samtliga mätningar före och efter respektive skidpass för en översikt över hur den upplevda mentala statusen generellt förändrades under en träningsdag ( $n=6$ ). Pass (fm): förmiddagspasset; pass (em): eftermiddagspasset. \* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.05$  och \*\* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.01$ .



## 4.2 Upplevd fysisk status

Efter fem dagars skidåkning hade den upplevda fysiska statusen minskat signifikant ( $P < 0.05$ ) från  $74 \pm 9$  innan första skidpasset till  $35 \pm 17$  vid testtillfälle 20 vilket också var det lägsta medelvärdet som noterades för perioden. Vid testtillfälle 2 noterades  $75 \pm 5$  i fysisk status vilket var periodens högsta värde. Det fanns en signifikant reduktion vid testtillfälle 5 men det blev inte konsekvent först vid testtillfälle 15 och framåt ( $P < 0.05$ ), se figur 2A.

Deltagarnas fysiskt upplevda status sjönk signifikant ( $P < 0.05$ ) under en skiddag från  $62 \pm 5$  före pass fm till  $51 \pm 10$  efter pass em. Det fanns ingen signifikant skillnad i upplevd fysisk status efter pass fm då det skattade värdet var  $58 \pm 10$ . Före pass em uppmättes  $59 \pm 4$  hos deltagarna och minskade signifikant ( $P < 0.05$ ) till mätningen efter pass em (se figur 2B).

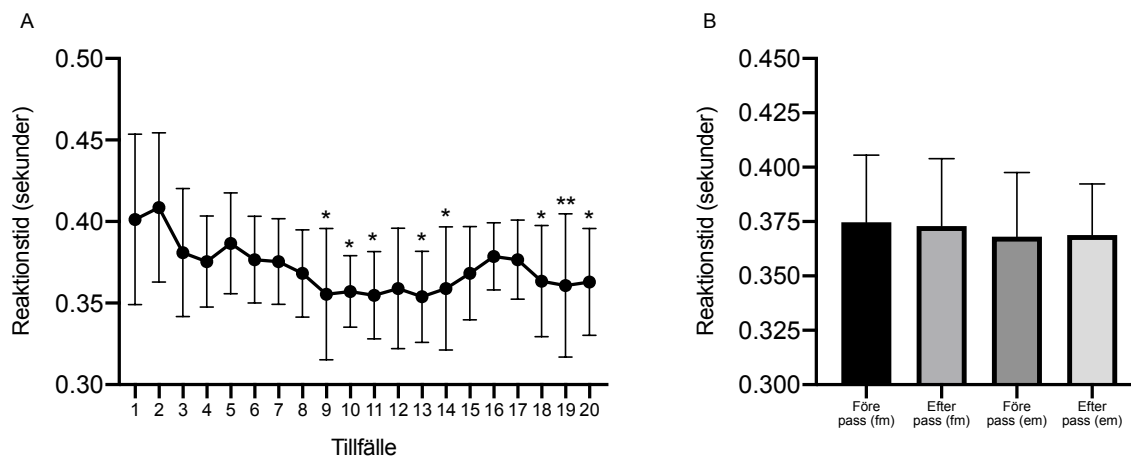


**Figur 2** – Visar hur åkarnas fysiska status påverkades av alpin skidåkning. A) Medelvärde  $\pm$  SD av deltagarnas fysiska status vid respektive testtillfälle under perioden ( $n=6$ ). B) Medelvärde  $\pm$  SD av samtliga mätningar före och efter respektive skidpass för en översikt över hur den upplevda fysiska statusen generellt förändrades under en träningsdag ( $n=6$ ). Pass (fm): förmiddagspasset; pass (em): eftermiddagspasset. \* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.05$  och \*\* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.01$ .

## 4.3 Reaktion Nedre Extremitet

Den genomsnittliga reaktionstiden sjönk signifikant ( $P < 0.05$ ) från första testtillfället ( $0,401 \pm 0,052$  sekunder) till det sista testtillfället vilket indikerade en genomsnittlig reaktionstid på  $0,363 \pm 0,033$  sekunder. Den genomsnittligt långsammaste reaktionstiden för perioden registrerades efter periodens första skidpass vid testtillfälle 2 ( $0,409 \pm 0,046$  sekunder) och de snabbaste reaktionstiderna med en medeltid på  $0,354 \pm 0,028$  sekunder registrerades vid testtillfälle 13 (se figur 3A).

Generellt var medeltiden för reaktionen i nedre extremitet före pass fm  $0,375 \pm 0,031$  och efter pass em  $0,373 \pm 0,031$  sekunder. Före pass em var medeltiden  $0,368 \pm 0,030$  sekunder och efter pass em  $0,369 \pm 0,023$  sekunder. Skidåkningen påverkade generellt inte reaktionen i övre extremiteten signifikanta under en skiddag (se figur 3B)

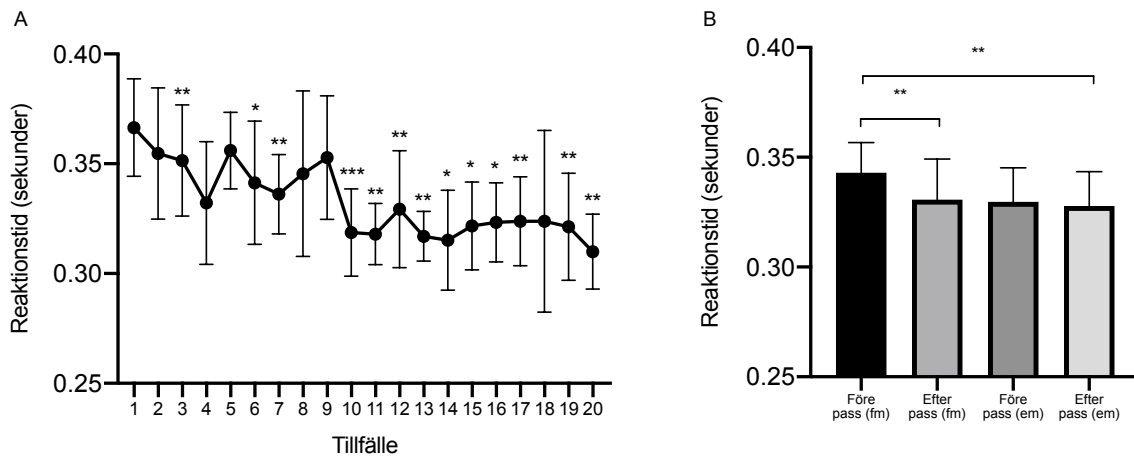


**Figur 3** – Visar hur åkarnas reaktionsförmåga i nedre extremitet påverkas av alpin skidåkning. A) Medelvärde  $\pm$  SD av deltagarnas reaktionstid vid respektive testtillfälle under träningsperioden ( $n=6$ ). B) Medelvärde  $\pm$  SD av samtliga mätningar före och efter respektive skidpass för en översikt över hur reaktionstiden generellt påverkades av skidåkning under en dag ( $n=6$ ). Pass (fm): förmiddagspasset; pass (em): eftermiddagspasset. \* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.05$  och \*\* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.01$ .

#### 4.4 Reaktion Övre Extremitet

Vid ingången av lägret innan det första skidpasset, testtillfälle 1, var medelvärdet av reaktionstiden i övre extremitet  $0,367 \pm 0,022$  sekunder vilket också var den högst uppmätta reaktionstiden under perioden. Vid det sista testtillfället hade reaktionstiden förbättrats signifikant ( $P<0.01$ ), och uppmättes då till  $0,310 \pm 0,017$  sekunder. Jämfört med ingången av testet var det minst en signifikant förbättrad reaktionstid ( $P<0.05$ ) vid samtliga mätningar från testtillfälle 10 med undantag vid tillfälle 18 (se figur 4A).

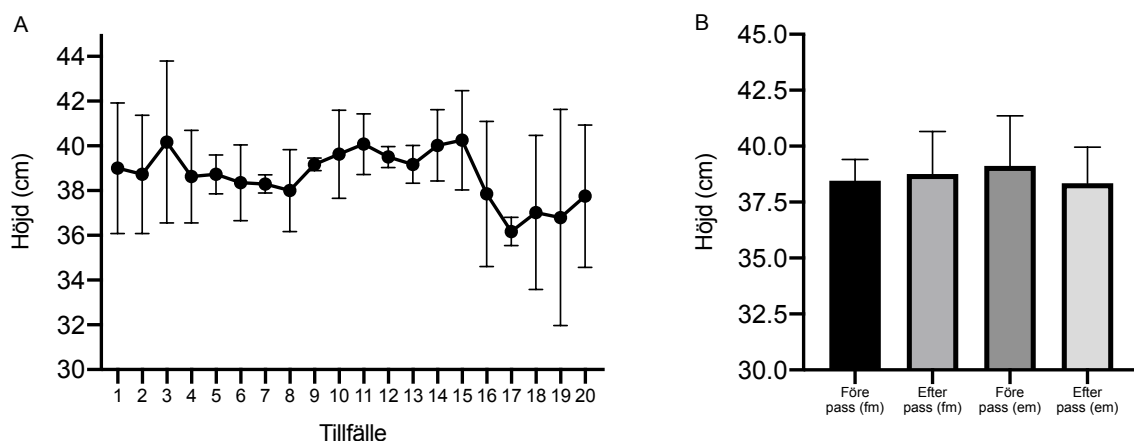
Reaktionstiden i övre extremiteten förbättrades signifikant ( $P<0.01$ ) från mätningarna före pass fm ( $0,343 \pm 0,014$  sekunder) till efter pass fm ( $0,331 \pm 0,018$  sekunder). Reaktionstiden efter pass em var också signifikant ( $P<0.01$ ) jämfört mot mätningarna före pass fm medan det inte fanns någon signifikant skillnad i reaktionstiderna före pass em ( $0,330 \pm 0,016$ ) till efter pass em (se figur 4B)



**Figur 4** – Visar hur åkarnas reaktionsförmåga i övre extremitet påverkas av alpin skidåkning. A) Medelvärde  $\pm$  SD av deltagarnas reaktionstid vid respektive testtillfälle under träningsperioden ( $n=6$ ). B) Medelvärde  $\pm$  SD av samtliga mätningar före och efter respektive skidpass för en översikt över hur reaktionstiden generellt påverkades av skidåkning under en dag ( $n=6$ ). Pass (fm): förmiddagspasset; pass (em): eftermiddagspasset. \* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.05$  och \*\* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.01$ .

## 4.5 Squat Jump

Det fanns ingen signifikant förändring i SJ från testtillfälle 1 ( $39,0 \pm 2,9$ ) och testtillfälle 20 ( $37,8 \pm 3,2$ ). Den högsta medelhöjden noterades vid testtillfälle 15 ( $40,3 \pm 2,2$  cm) och den lägsta medelhöjden vid testtillfälle 17 ( $36,2 \pm 0,6$ ) (se figur 5A).



**Figur 5** – Visar hur åkarnas prestation i SJ påverkas av alpin skidåkning. A) Medelvärde  $\pm$  SD av deltagarnas hopphöjd i SJ vid respektive mätning över träningsperioden ( $n=4$ ). B) Medelvärde  $\pm$  SD av samtliga mätningar före och efter respektive skidpass för en översikt över hur hopphöjden i SJ påverkades av skidåkning under en dag ( $n=4$ ). Pass (fm): förmiddagspasset; pass (em): eftermiddagspasset.

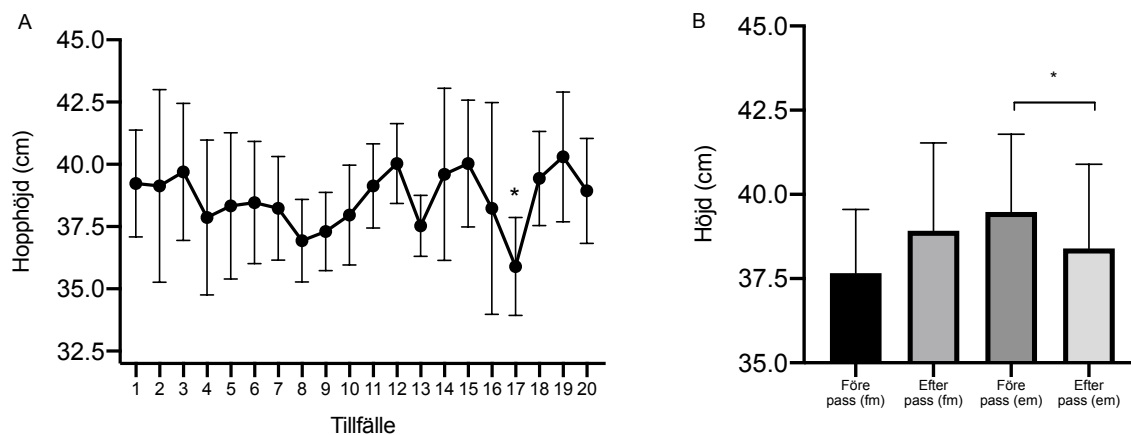
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan hopphöjden i SJ hos deltagarnas före pass fm ( $38,5 \pm 1$  cm) och efter pass fm ( $38,8 \pm 1,9$  cm). Det fanns inte heller någon signifikant

skillnad i hopphöjden mellan testtillfället före pass em ( $39,1 \pm 2,2$  cm) och efter pass em ( $38,3 \pm 1,6$  cm). Medelvärdet av hopphöjden från testen före pass fm och efter pass em var inte heller signifikant (se figur 5B).

#### 4.6 RCMJ

Det fanns ingen signifikant förändring i RCMJ mellan testtillfälle 1 ( $39,5 \pm 2,1$  cm) och 20 ( $38,9 \pm 2,1$ ). Vid testtillfälle 17 uppmättes den lägsta RCMJ höjden ( $35,9 \pm 2$  cm) vilket var signifikant lägre jämfört med det första tillfället. Vid testtillfälle 19 uppmättes  $40,3 \pm 2,6$  cm i RCMJ vilket var periodens högsta medelvärde (se figur 6A).

Eftermiddagspasset påverkade generellt RCMJ höjden signifikant ( $P < 0.05$ ) då den sjönk från  $39,5 \pm 2,3$  cm före pass em till  $38,4 \pm 2,5$  efter pass em. Höjden i RCMJ ökade, dock ej signifikant, från  $37,7 \pm 1,9$  cm före pass fm till  $38,9 \pm 2,6$  cm efter pass fm. Generellt fanns det en statistisk trend, dock ej signifikant, för lägre hopphöjder vid dagens första mätning jämfört med mätningarna före pass em ( $P = 0.08$ ) (se figur 6B).



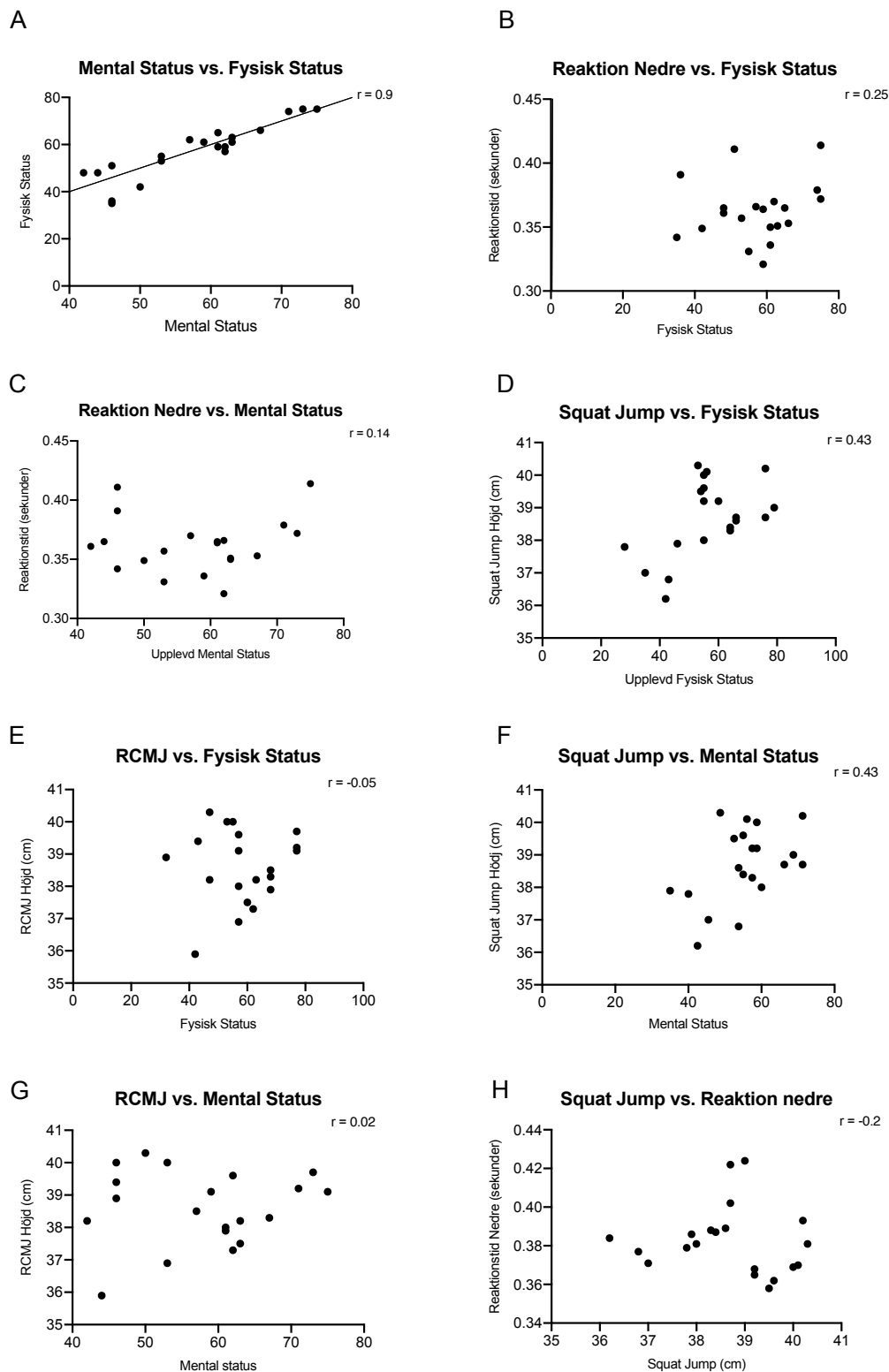
**Figur 6** – Visar hur åkarnas resultat i RCMJ påverkas av alpin skidåkning. A) Medelvärde  $\pm$  SD av deltagarnas resultat i RCMJ vid respektive mätning över träningsperioden ( $n=3$ ). B) Medelvärde  $\pm$  SD av samtliga mätningar före och efter respektive skidpass för en översikt över hur resultatet i RCMJ generellt påverkades av skidåkning under en dag ( $n=3$ ). Pass (fm): förmiddagspasset; pass (em): eftermiddagspasset.

\* indikerar en signifikant skillnad  $P=0.05$

#### 4.7 Korrelationer

Det fanns en stark signifikant korrelation mellan deltagarnas upplevda mentala status och fysiskt upplevda status ( $r=0,9$ ;  $P=0.0001$ ) (se figur 7A). I övrigt visades enbart svaga icke

signifikanta samband ( $r < 0.5$ ) på att den upplevda fysiska och mentala statusen korrelerar med de fysiska tester som genomfördes (se figur 7).



**Figur 7** – Spridningsdiagram med r-värde över hur starkt sambandet är mellan subjektiva och objektiva tester. A) Mental vs. Fysisk status (n=6), B) Reaktion nedre vs. Fysisk status (n=6), C) Reaktion nedre vs. Mental status (n=6), D) Squat jump vs. Fysisk status (n=4), E) RCMJ vs. Fysisk status (n=3), F) Squat jump vs. Mental status (n=4), G) RCMJ vs. Mental status (n=3), Squat Jump vs. Reaktion nedre (n=4).

## 5 Diskussion

Det huvudsakliga syftet med studien var att identifiera hur trötthet utvecklas under en alpin träningsperiod i fem dagar. Studien visade på att den upplevda fysiska och mentala statusen sjönk signifikant under träningsperioden vilket tyder på att alpin skidåkning utvecklar mental trötthet. Det utvecklades ingen muskulär trötthet över träningsperioden hos de alpina skidåkarna men den fanns en statistisk trend, dock ej signifikant, som visar att den muskulära kraftutvecklingen var sämre på morgonen än vid mätningarna mitt på dagen. Åkarnas reaktionsförmåga förbättrades signifikant över träningsperioden vilket troligen tyder på en inlärningseffekt snarare än att skidåkningen bidrog till en bättre reaktionsförmåga. Då träningsperioden ledde till oväntade avhopp i vissa testmoment bör resultaten, främst gällande den muskulära tröttheten, tas med försiktighet då högre power krävs i framtida studier.

### 5.1 Skidåkning och muskulär trötthet

Reaktionstestet gav inte något utslag för trötthet då reaktionstiden i övre extremitet generellt visade på en signifikant förbättring efter förmiddagspassen. Studien visar med andra ord på att skidåkningen bidrog till en förbättrad reaktionsförmåga. Däremot är det rimligt att anta att det inte är skidåkningen som bidrar till en förbättrad reaktionstid då Bougard, Moussay, Espié & Davenne (2016) visar i sin studie att reaktionstiden normalt är långsammare på morgonen jämfört med senare på dagen. Detta kan vara en förklaring till varför reaktionstiden förbättrades vid dagens senare mätningar. Reaktionstiden i nedre extremitet påverkades generellt inte under en dag. Det är möjligt att tiden på dygnet har bidragit till en positiv verkan på resultatet samtidigt som en möjlig muskulär trötthet kan ha påverkat resultatet negativt. Detta kan ha resulterat i den oförändrade reaktionstiden under dagen, till skillnad från i övre extremitet, då benen använts och tröttats ut under skidåkningen.

Under hela perioden förbättrades reaktionsförmågan signifikant i både nedre och övre extremitet. Detta tyder snarare på en inlärningseffekt under perioden och inte på att skidåkning skulle bidra till en snabbare reaktionsförmåga. Det utförda reaktionstestet hade enligt Spiteri et al. (2013) en hög reliabilitet vid upprepade mätningar vilket bör ses över med tanke på den signifikanta förbättringen under perioden. Fler studier bör därför göras inom området där hänsyn tas till vilken tid på dygnet testerna genomförs för att säkerhetsställa vilken effekt alpin skidåkning har på reaktionsförmågan över tid. Det bör även undersökas hur väl validerat detta reaktionstest är för att identifiera central trötthet före och efter en intervention vilket var testets huvudsakliga ändamål.

Eftersom SJ inte gav några signifikanta utslag tyder det på att ingen muskulär trötthet påverkat den neuromuskulära styrkan efter skidåkning, varken under en dag eller hela perioden. Denna slutsats begränsas av det faktum att antalet testdeltagare i SJ blev lågt på grund av oväntade avhopp i testet. Ytterligare en förklaring till varför SJ inte försämrades under perioden är att deltagarna återhämtade sig från de centrala trötthetseffekter som Ferguson (2010) påstår uppstå under ett alpint skidåk. Denna teori styrks av (Carroll et al., 2017) som menar att centrala trötthetseffekter återställs inom några minuter och det är möjligt att dessa effekter hade försvunnit 15 minuter efter skidåkningen då testerna genomfördes. I studien av Howatson et al. (2016) uppstod samma problematik då ingen central trötthet kunde påvisas efter styrketräning då tiden mellan interventionen och eftertestet var för lång. Därför bör framtida studier ha detta i beaktande om avseendet är att mäta central trötthet efter alpin skidåkning. Då SJ även avsågs mäta perifer trötthet gjorde resultatet det svårt att identifiera då inga signifikanta förändringar påvisades. Då idrottare inte återhämtar sig lika snabbt från perifer trötthet borde  $Ca^{2+}$  frisättningen fortfarande vara hämmad efter skidpassen då det enligt Carroll et al. (2017) kan ta flera timmar innan frisättningen återställts. Resultatet i SJ tyder på att skidåkare inte påverkades av varken perifer eller central trötthet.

Det finns inte heller någon signifikant påverkan i SJ sett över hela perioden men trenden visar att de längsta resultaten uppstod under den sista träningsdagen. Potentiellt skulle detta kunna tyda på att vid dag fem börjar perifer trötthet uppstå och att den totala belastningen från de första fyra dagarna påverkat skidåkarna. Detta är däremot osäkert och fler deltagare behövs för att några säkra slutsatser kan dras.

Även analysen av RCMJ resultaten begränsas med tanke på att få deltagare genomförde testet. Resultatet visade på att de bästa prestationerna generellt erhöles mitt på dagen, efter förmiddagspasset och före eftermiddagspasset. Denna data behöver stärkas upp med fler deltagare för att några säkra slutsatser ska kunna dras. Generellt påverkades inte RCMJ resultaten negativt av förmiddagspassen utan det skedde snarare en förbättring, dock ej signifikant, från testen före förmiddagspassen till testen efter förmiddagspassen. Morgonens resultat kan ha att göra med att åkarna inte var tillräckligt förberedda för att prestera i RCMJ vilket kan bero på uppvärmningsrutinen. I en meta-analys av Fradkin, Zazryn & Smoliga (2010) har det visat sig att uppvärmning kan förbättra den fysiska prestationen upp till 20 % vilket tyder på att detta kan ha påverkat morgonens mätning beroende på hur noggrant åkarna

genomförde uppvärmningen. Tidigare studier har även visat att musklernas förmåga att skapa kraft är sämre på morgonen jämfört med senare på dagen vilket kan bero på perifera anpassningar som sker i musklerna under dagen (Martin, Carpentier, Guissard, Van Hoecke & Duchateau, 1999; Deschodt & Arsac, 2004). Det är möjligt att skidåkningen inte enskilt påverkat utkomsten av RCMJ resultaten utan ytterligare en anledning kan vara att deltagarna var fysiskt bättre förberedda inför mättillfällena mitt på dagen och att faktiska trötthetseffekter döljer sig bakom detta fenomen.

Tidigare studier har visat att Postaktiveringspotential (PAP) kan bidra till att musklernas förmåga att skapa kraft akut kan förbättras (Blazevich & Babault, 2019; Sevilmiş & Atalağ, 2019; Hodgson, Docherty & Robbins, 2005; Timon, Allemano, Camacho-Cardenosa, Camacho-Cardenosa, Martinez-Guardado & Olcina 2019). Detta skulle kunna förklara varför resultaten var något bättre efter förmiddagspasset. Hodgson et al. (2005) beskriver i deras översiktsartikel att PAP bland annat bidrar till att myosin och aktin blir mer känsligt mot  $Ca^{2+}$  vilket är fördelaktigt för kraftutvecklingen. Vidare beskriver Hodgson et al. (2005) att studier visat på ett förbättrat RCMJ resultat efter maximala isometriska kontraktioner och att skidåkningens första pass skulle kunna ha bidragit till en liknande effekt. PAP är däremot inte långvarig då störst effekt visats efter cirka 8 minuter och att effekten verkar ha försvunnit efter cirka 12 minuter (Timon et al., 2019). Med tanke på detta tidsspann är det inte helt säkert, men inte heller omöjligt, att skidåkning har bidragit till PAP då testerna utfördes cirka 15 minuter efter det sista åket.

Efter dagens andra pass hade RCMJ generellt försämrats signifikant jämfört med före passet. Detta indikerar att perifer trötthet kan ha utvecklats och att åkarna blivit utsatta för metaboliter som påverkat muskelns förmåga att skapa kraft. Eftersom testerna gjordes 15 minuter efter avslutad alpin träning kan det vara så att åkarna har en relativt hög laktathalt kvar i muskeln och att ansamlade metaboliter inte hunnit återgå till normala nivåer (Barnett 2006). Då laktat enligt viss forskning inte påverkar den muskulära styrkan (Barnett, 2006; Place et al., 2010; Hostrup & Bangsbo, 2017) kan det vara så att det var fler faktorer som bidrog till denna reducerade hopphöjd. Teorin som Place et al. (2010) har gällande att  $Ca^{2+}$  frisättningen är orsaken till den utvecklade muskeltröttheten styrks då det kan ta flera timmar för  $Ca^{2+}$  frisättningen att normaliseras (Carroll et al., 2017). Detta skulle vara en anledning till varför RCMJ resultatet försämrades signifikant.



Eftersom åkarna påverkades av mental trötthet efter det andra passet kan även detta vara en orsak till att RCMJ höjden minskade och inte enbart på grund av en utvecklad muskulär trötthet. Russell et al. (2019) förklarade att mental trötthet påverkar motivationen hos idrottare vilket kan vara en förklaring till varför RCMJ höjden minskade efter pass två. Då åkarnas mentala trötthet generellt inte hade utvecklats efter förmiddagspasset styrker detta Chuckravanen et al. (2019) som menar att den aktiva tiden är en faktor som framhäver mental trötthet. Därför kan bristande motivation hos åkarna vara anledningen till den reducerade hopphöjden (Russell et al., 2019) då två pass på en och samma dag är tillräckligt för att mental trötthet ska utvecklas.

Sammanfattat så kunde resultatet inte bevisa någon perifer eller central trötthet hos åkarna vilket motsäger studiens hypotes om att muskulär trötthet skulle utvecklas under en alpin träningsperiod.

## **5.2 Skidåkning och mental trötthet**

Studien resulterade i en signifikant minskad mental och fysisk status och resultatet tyder på att dessa två variabler korrelerar starkt med varandra ( $r=0.9$ ). Detta indikerar att denna mentala trötthet är kopplat till en fysisk aktivitet då deltagarna känner sig fysiskt och mentalt trötta samtidigt. Resultatet bygger vidare på White & Wells (2015) studie som visade på en ökad mental trötthet hos alpinister under ett skidpass. I enlighet med studiens hypotes visar resultatet i denna studie på en signifikant utvecklad mental trötthet under träningsperioden, vilket tyder på att alpinister ej hinner återhämta sig mellan träningspassen.

Eftersom den mentala tröttheten inte korrelerade med muskulära trötthetseffekter under perioden styrker detta att mental trötthet inte direkt behöver påverka musklernas förmåga att skapa kraft (Vrijkotte et al., 2018). Detta skulle kunna betyda att alpina elitskidåkare har en möjlighet att fysiskt orka åka fler åk per pass då ingen muskulär trötthet verkar utvecklas. Däremot kan det vara viktigt att identifiera denna mentala trötthet då den kan påverka förmågan att ta snabba beslut (Harris & Bray, 2019) vilket skulle kunna leda till misstag som innebär att en åkare skadar sig. Genom att identifiera mental trötthet kan vilodagar planeras in för att undvika att kritiska nivåer nås som kan öka skaderisken och minska träningens kvalitet. För att utforska detta område vidare bör framtida forskning undersöka hur mental trötthet påverkas av vilodagar och hur ett träningsupplägg utformas för att identifiera och undvika kritiska nivåer.

Eftersom det är viktigt, för prestationen i alpin skidåkning, var i svängen reaktionskraften är som störst (Hébert-Losier et al., 2014) bör detta ställa krav på åkarens förmåga att fatta snabba beslut då hastigheter kan uppgå mot 60 km/h i SL (Nilsson, 2019). Då förmågan att fatta snabba beslut hämmas av mental trötthet (Harris & Bray, 2019) skulle detta kunna leda till att tekniska och taktiska kvalitéer påverkar prestationen negativt. I en studie på fotbollsspelare visade det sig att mental trötthet resulterade i en försämrad teknisk prestation (Badin, Smith, Conte & Coutts, 2016) och potentiellt har mentala trötthet en liknande effekt i alpin skidåkning. Det fanns en ambition att mäta åkarnas prestation i denna studie men då väder, underlag, bansättning och övriga yttre faktorer gjorde det svårt att systematisera genomfördes inte denna observation.

Russell et al. (2019) menar på att mental trötthet kan uppstå när idrottare överanalyserar idrotten och lägger för mycket fokus på den under en längre tid. Detta skulle kunna leda till en ökad stressnivå hos idrottarna vilket kan bidra till ångest och därmed en hämmad prestation (Chuckravanen et al. 2019). Samma studie beskriver att en för låg stressnivå istället kan leda till att idrottare blir uttråkade och tappar motivation vilket enligt Russell et al. (2019) är en orsak till att mental trötthet utvecklas. Chuckravanen et al. (2019) menar att en medelmåttig stressnivå är till fördel för prestationen vilket även skulle kunna bidra till en minskad mental trötthet. Det är därför viktigt att tränare planerar in varierad träning så den inte blir för enformig, vilket skulle kunna leda till uttråkade och omotiverade åkare. Det samma gäller om åkarna får för många direktiv, vilket skulle kunna bidra till att de överanalyserar tekniken och utvecklar en stress som bidrar till en ökad mental trötthet.

Studien är den första enligt författarens kännedom som har monitorerat hur trötthet utvecklar sig under en alpin träningsperiod. Även om resultaten i denna studie visar att alpinisterna generellt återhämtar sig från mental trötthet under natten utvecklas den under hela perioden. Då ingen muskulär trötthet påvisats under perioden tyder detta på att alpina skidåkare hinner återhämta sig fysiskt medan den mentala tröttheten utvecklas. Eftersom durationen är en aspekt som utvecklar mental trötthet (Chuckravanen et al., 2019) kan det vara så att fysisk ansträngning flera dagar på rad bidrar till denna utvecklade mentala trötthet.

Resultatet i studien överensstämmer med Russell et al. (2019) som beskriver att mental trötthet inte enbart utvecklas akut av en träning utan även över tid där träningsmiljön kan vara

en aspekt. Detta kan vara en förklaring till varför resultatet visade på en så stark utvecklad mental trötthet under träningsperioden då träningen skedde på annan ort i samband med resa. Det är möjligt att denna miljöförändring även påverkade sömnen vilket kan vara en förklaring till varför den utvecklades under perioden. Detta är något framtida forskning bör undersöka för att hitta tillvägagångssätt att motverka mental trötthet och öka återhämtningsmöjligheterna mellan passen för att förbättra träningens kvalitet.

### **5.3 Praktiska tillämpningar**

Studiens resultat skulle kunna fylla en betydande funktion i hur alpin skidträning planeras. Då mental trötthet utvecklas under en alpin träningsperiod kan vetskapen om att identifiera den vara av stort vikt för att undvika skador. Om tränare och åkare identifierar kritiska nivåer av mental trötthet kan vilodagar planeras in för att åkarna ska få ut fler kvalitativa träningspass under en träningsperiod. Studien presenterar inte några lösningar på hur mental trötthet kan undvikas men att den kan hämmas genom att variera träningen och få åkarna att tänka på annat än enbart skidåkning under en träningsperiod. Då åkarnas muskulära kraftutveckling generellt visade sämre resultat på morgonen diskuterades även vikten av uppvärmning och PAP för en ökad muskulär kraftutveckling innan prestation. Detta är något tränare och aktiva kan ta hänsyn till för att optimera förberedelserutinerna innan träning och tävling inom alpin skidåkning.

### **5.4 Styrkor och svagheter**

Studiens intervention utspelade sig i en faktisk alpin träningsmiljö och simulerar ett realistiskt träningsläger vilket speglar en alpin elitskidåkares vardag. Därav är miljön runt studiens genomförande optimalt för att undersöka hur alpina elitskidåkare påverkas av muskulär och mental trötthet då testerna inte påverkat åkarnas träningsupplägg. Eftersom oväntade avhopp skedde i SJ och RCMJ är det mycket låg power i dessa tester vilket gör att det inte finns några säkra resultat i hur muskulär trötthet påverkats av skidåkningen under perioden. Metoden i studien bör ses över då SJ och RCMJ inte är test som kan särskilja om effekten beror på centrala eller perifera trötthetseffekter. Däremot anses SJ och RCMJ fortfarande vara två fullt godkända fälttest för att identifiera hur muskulär trötthet utvecklas generellt. För ett bättre resultat bör framtida studier inom området innehålla en större population och mer standardiserad alpin träning bör bedrivas för att även kunna koppla eventuell trötthet med den alpina prestationen.

## **5.5 Slutsats**

Syftet med studien var att undersöka hur trötthet utvecklas under en träningsperiod i alpin skidåkning samt om det främst beror på muskulär eller mental trötthet. Resultatet visade på en signifikant ökad mental trötthet under perioden vilket tyder på att skidåkarna inte återhämtade sig mellan träningspassen då två pass genomfördes per dag. Då ingen muskulär trötthet visade sig under perioden återhämtar sig alpinisterna sannolikt muskulärt mellan passen. Däremot saknar resultatet kring den muskulära utvecklingen power vilket gör att det inte går att uttala sig säkert om detta och fler studier krävs inom området. Studien visar på att den trötthet som påverkar skidåkarna snarare beror på psykologiska aspekter än fysiologiska då det inte fanns något samband mellan muskulär och mental trötthet. Den utvecklade mentala tröttheten kan då antingen ha berott på träningspassens totala duration eller på för höga respektive för låga stressnivåer hos åkarna vilket kan bidra till en ökad mental trötthet.

## Käll- och litteraturförteckning

Badin, O. O., Smith, M. R., Conte, D., & Coutts, A. J. (2016). Mental Fatigue: Impairment of Technical Performance in Small-Sided Soccer Games. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *11*(8), 1100-1105. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2015-0710>

Baldari, C., Videira, M., Madeira, F., Sergio, J., & Guidetti, L. (2005). Blood lactate removal during recovery at various intensities below the individual anaerobic threshold in triathletes. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, *45*(4), 460–466. <https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=SPHS-1014691&site=ehost-live>

Barnett, A. (2006). Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes: Does it Help? *Sports Medicine*, *36*(9), 781–796. <https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=22173049&site=ehost-live>

Blain, G. M., Mangum, T. S., Sidhu, S. K., Weavil, J. C., Hureau, T. J., Jessop, J. E., & Amann, M. (2016). Group III/IV muscle afferents limit the intramuscular metabolic perturbation during whole body exercise in humans. *Journal of Physiology*, *594*(18), 5303–5315. doi:10.1113/JP272283

Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in Physiology*, *10*:1359, 1-19. doi:10.3389/fphys.2019.01359

Bougard, C., Moussay, S., Espié, S., & Davenne, D. (2016). The effects of sleep deprivation and time of day on cognitive performance. *Biological Rhythm Research*, *47*(3), 401–415. doi:10.1080/09291016.2015.1129696

Boyas, S., & Guével, A. (2011). Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaptation mechanisms. *Annals of Physical & Rehabilitation Medicine*, *54*(2), 88–108. doi:10.1016/j.rehab.2011.01.001

Carroll, T. J., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2017). Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *Journal of Applied Physiology*, *122*(5), 1068–1076. doi:10.1152/jappphysiol.00775.2016

Chuckravanen, D., Bulut, S., Kürklü, G. B., & Yapali, G. (2019). Review of exercise-induced physiological control models to explain the development of fatigue to improve sports performance and future trend. *Science & Sports*, *34*(3), 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.10.017>

Coombes, J., & Skinner, T. (2015). *ESSAs student manual for health, exercise and sport assessment*. Chatswood, NSW: Mosby.

Deschodt, V., & Arsac, L. (2004). Morning vs. evening maximal cycle power and technical swimming ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(1), 149–154. <https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=edswsc&AN=000189355400022&site=eds-live>

Ferguson, R. A. (2010). Limitations to performance during alpine skiing. *Experimental Physiology*, *95*(3), 404–410. doi:10.1113/expphysiol.2009.047563

Ferreira, J. C., Da Silva Carvalho, R. G., Barroso, T. M., Szmuchrowski, L. A., & Śledziewski, D. (2011). Effect of Different Types of Recovery on Blood Lactate Removal After Maximum Exercise. *Polish Journal of Sport & Tourism*, *18*(2), 105–111. <https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=62852425&site=ehost-live>

Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of Warming-Up on Physical Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(1), 140–148. <https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=48307945&site=ehost-live>

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725-1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>

Gilgien, M., Reid, R., Raschner, C., Supej M., & Holmberg H-C. (2018). The Training of Olympic Alpine Ski Racers. *Front. Physiol.* 9:1772, 1-7. doi:10.3389/fphys.2018.01772

Harris, S., & Bray, S. R. (2019). Effects of mental fatigue on exercise decision-making. *Psychology of Sport & Exercise*, 44, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.04.005>

Hébert-Losier, K., Supej, M., & Holmberg, H.-C. (2014). Biomechanical Factors Influencing the Performance of Elite Alpine Ski Racers. *Sports Medicine*, 44(4), 519–533. doi:10.1007/s40279-013-0132-z

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation - Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585–595. <https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=edswsc&AN=000230933500004&site=eds-live>

Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2017). Limitations in intense exercise performance of athletes—Effect of speed endurance training on ion handling and fatigue development. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2897–2913. doi:10.1113/JP273218

Howatson, G., Brandon, R., & Hunter, A. M. (2016). The Response to and Recovery From Maximum-Strength and -Power Training in Elite Track and Field Athletes. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 11(3), 356–362. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2015-0235>

Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551–555.

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=14220690&site=ehost-live>

Martin, A., Carpentier, A., Guissard, N., Van Hoecke, J., & Duchateau, J. (1999). Effect of time of day on force variation in a human muscle. *Muscle & Nerve*, 22(10), 1380–1387.

<https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=edswsc&AN=000082907100007&site=eds-live>

Neumayr, G., Hoertnagl, H., Pfister, R., Koller, A., Eibl, G., & Raas, E. (2003). Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(8), 571–575.

<https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=SPHS-924487&site=ehost-live>

Nilsson, R. (2019). *Competitive performance prediction of elite alpine skiers* (PhD dissertation). Umeå universitet, Umeå. Retrieved from

<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-159216>

Place, N., Yamada, T., Bruton, J. D., & Westerblad, H. (2010). Muscle fatigue: from observations in humans to underlying mechanisms studied in intact single muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 1–15. doi:10.1007/s00421-010-1480-0

Polat, M. (2016). An examination of respiratory and metabolic demands of alpine skiing. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 14(2), 76–81.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jesf.2016.10.001>

Raastad, T., Glomsheller, T., Bjørø, T., & Hallén, J. (2003). Recovery of skeletal muscle contractility and hormonal responses to strength exercise after two weeks of high-volume strength training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(3), 159–168.

<https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=9885979&site=ehost-live>



Russell, S., Jenkins, D., Rynne, S., Halson, S. L., & Kelly, V. (2019). What is mental fatigue in elite sport? Perceptions from athletes and staff. *European Journal of Sport Science*, *19*(10), 1367–1376. doi:10.1080/17461391.2019.1618397

Seifert, J. G., Kipp, R. W., & Bacharach, D. W. (2012). The effects of a carbohydrate-protein gel supplement on alpine slalom ski performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, *11*(3), 537–541.

<https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=82574122&site=ehost-live>

Sevilmiş, E., & Atalağ, O. (2019). Effects of post activation potentiation on eccentric loading: Is it possible to do more repetitions after supra-maximal loading?. *Journal of Human Sport and Exercise*, *14*(3), 584-590. doi:10.14198/jhse.2019.143.09

Spiteri, T., Cochrane, J. L., & Nimphius, S. (2013). The Evaluation of a New Lower-Body Reaction Time Test. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(1), 174–180.

<https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=84683862&site=ehost-live>

Spörri, J., Kröll, J., Gilgien, M., & Müller, E. (2017). How to Prevent Injuries in Alpine Ski Racing: What Do We Know and Where Do We Go from Here? *Sports Medicine*, *47*(4), 599–614. doi:10.1007/s40279-016-0601-2

Supej, M., & Holmberg, H-C. (2010). How Gate Setup and Turn Radii Influence Energy Dissipation in Slalom Ski Racing. *Journal of Applied Biomechanics*, *26*(4), 454–464.

<https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=57987585&site=ehost-live>

Supej M., & Holmberg H-C. (2019). Recent Kinematic and Kinetic Advances in Olympic Alpine Skiing: Pyeongchang and Beyond. *Front. Physiol.* *10:111*, 1-7.

doi:10.3389/fphys.2019.00111

Timon R., Allemano S., Camacho-Cardenosa M., Camacho-Cardenosa A., Martinez-Guardado I. & Olcina G. (2019). Post-Activation Potentiation on Squat Jump Following Two Different Protocols: Traditional vs. Inertial Flywheel. *Journal of Human Kinetics*, *69*(1), 271-281. doi:10.2478/hukin-2019-0017

Tomazin, K., Dolenc, A., Strojnik, V., & Dolenc, A. (2008). High-frequency fatigue after alpine slalom skiing. *European Journal of Applied Physiology*, *103*(2), 189–194.

doi:10.1007/s00421-008-0685-y

Turnbull, J. R., Kilding, A. E., & Keogh, J. W. L. (2009). Physiology of alpine skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *19*(2), 146–155. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00901.x

Vrijlkotte, S., Meeusen, R., Vandervaeren, C., Buyse, L., Cutsem, J. van, Pattyn, N., & Roelands, B. (2018). Mental Fatigue and Physical and Cognitive Performance During a 2-Bout Exercise Test. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *13*(4), 510–516. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0797>

White, G. E., & Wells, G. D. (2015). The Effect of On-Hill Active Recovery Performed between Runs on Blood Lactate Concentration and Fatigue in Alpine Ski Racers. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(3), 800–806.

<https://proxy01.gih.se:2079/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=101369244&site=ehost-live>

## Bilaga 1

### Litteratursökning

**Syfte och frågeställningar:** Syftet med denna studie är att identifiera och observera trötthet inom alpin skidåkning och hur den utvecklas under en träningsperiod. Vidare kommer det undersökas om det primärt är perifer eller central trötthet som bidrar till en möjligt sänkt prestationsförmåga i skidbacken samt om åkarna själva upplever denna trötthet.

**Frågeställning 1:** Påverkas alpina elitskidåkare av trötthet och hinner de återhämta sig mellan passen under en träningsperiod på snö?

**Frågeställning 2:** Påverkar trötthet prestationen i backen?

**Frågeställning 3:** Finns det någon korrelation mellan upplevd och uppmätt trötthet?

### Vilka sökord har du använt?

Muscle, fatigue, alpine, skiing, elite, athletes, review, sceletal, demands, ski\*, nutrition, recovery, mental, peripheral, central

### Var har du sökt?

SPORTDiscus, Google Scholar, Discovery

### Sökningar som gav relevant resultat

SportDiscus, Google Scholar & Discovery: muscle fatigue alpine skiing  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: Elite athletes muscle fatigue review  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: skeletal muscle fatigue review  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: demands alpine ski\*  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: Recovery alpine ski\*  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: nutrition alpine ski\* elite athlete\*  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: skeletal muscle fatigue recovery elite athlete\*  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: mental fatigue sport\*  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: mental fatigue development  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: mental fatigue recovery  
SportDiscus, Google Scholar & Discovery: peripheral and central fatigue sport\*

### Kommentarer

*Det fanns inte överflödigt med litteratur kopplat till alpin skidåkning och trötthet på elitnivå. Detta gjorde att en genomsökning av alpin skidåkning och dess krav fick ställas mot tidigare forskning om muskelfysiologi och trötthet samt mental trötthet. Den litteratur som använts har främst hittats med hjälp av sökorden ovan. Flera studier har även hittats via litteraturlistor i befintliga studier och genom sökningar av författare som gjort studier inom området.*

## Bilaga 2 – Samtyckesblankett



### Trötthet inom alpin skidåkning på elitnivå

”- Monitorering över en intensifierad träningsperiod”

- Jag är har blivit informerad och förstått studiens syfte samt den metoden som kommer tillämpas i studien.
- Jag är informerad och har förstått att mitt deltagande i studien är frivillig och att jag när som helst kan välja att avsluta mitt deltagande.
- Jag har blivit informerad om att studien inte kommer utsätta mig för några risker och om jag känner mig illatillmodts under interventionen kan jag välja att avstå från ett moment.
- Jag är informerad och har förstått att det material som insamlas kommer att behandlas konfidentiellt och resultaten kommer inte kunna kopplas till mig som individ.
  - Jag har blivit informerad att jag har rätt till att få mina individuella resultat sammanställda och sända till mig efter att studien har publicerats då de kan hjälpa mig i min alpina satsning.

Kontaktperson vid frågor:

Mathias Moberg

072-701 38 55

mathias.moberg@student.gih.se

---

Namn på deltagare

---

Datum

---

Underskrift

---

Mathias Moberg

---

Datum

---

Underskrift