



**Sambandet mellan kritisk effekt på  
cykelergometer och kritisk  
skridskohastighet för bandyspelare**

Joakim Carlsson

GYMNASTIK- OCH IDROTTSHÖGSKOLAN

Självständigt arbete avancerad nivå 29:2022

Masterprogrammet 2020-2022

Handledare: Lasse ten Siethoff & Henrik Petré

Examinator: Magnus Lindwall

## **Förord**

*Starten av detta projekt innehöll en hel del grubblande, krångel och bekymmer. Därför känns det otroligt glädjande att jag till slut lyckades komma i mål med arbetet.*

*Det finns några personer jag specifikt vill rikta ett **stort tack** till och ni är:*

***Studiens deltagare**, utan er hade det inte varit möjligt att genomföra mitt uppsatsarbete över huvud taget.*

***Niklas Westblad** som hjälpte till med många praktiska delar. Allt från istider till att vara ett bollplank inför skrivandet.*

*Mina handledare **Lasse ten Siethoff** & **Henrik Petré** för all pedagogisk hjälp, idéer, rättning, hur lättillgängliga ni varit och allt vad det innebär med att vara handledare.*

*Mina vänner, i synnerhet **Mathias Moberg** och **Linnea Eriksson** som har behövt stå ut med lite (läs mycket) gnäll och suckande från mig när saker och ting har strulat men främst för tips, korrekturläsning, peppning och stöd genom hela arbetet.*

***Min familj** som har varit stöttepelare både vid med- och motgångar, även om ni kanske inte förstått ämnet alla gånger.*

## Sammanfattning

Begreppen critical power, watt prime, critical speed och distance prime har noggrant blivit undersökta för distans- och uthållighetsidrotter men mindre studerade för intermittenta idrotter. Mycket pekar på att denna fysiologiska information är av stor vikt för intermittenta idrotter då förmågan att kunna genomföra repeterade maximala sprinter har en avgörande betydelse inom lagidrotter. Critical speed har inte tidigare blivit studerat för skridskoåkning.

**Syfte:** Syftet med studien var att genomföra 3 minuters maxtest för kritisk skridskohastighet och undersöka hur starkt samband resultatet har med ett standardiserat test för kritisk effekt utförd på en cykelergometer.

**Frågeställningar:** - Finns det ett samband mellan critical power och critical speed? - Finns det ett samband mellan watt prime och distance prime? **Metod:** Frågeställningarna besvarades genom att analysera sambandet mellan bandyspelares critical power och watt prime från ett 3 minuter maxtest på cykelergometer mot deras critical speed och distance prime från ett 3 minuter maxtest på skridskor via GPS-mätning. Forskningspersonerna (n=12) var alla aktiva bandyspelare tillhörande ett bandygymnasium och sambanden undersöktes med Pearsons Korrelation-test. **Resultat:** Critical power och critical speed hade en signifikant stark korrelation ( $r=.629, p=.029$ ) både på rådata och när hastigheten justerades mot den vind som var under testdagen ( $r=.603, p=.038$ ). Watt prime och distance prime hade en svag icke signifikant korrelation ( $r=-.136, p=.674$ ). Detsamma gäller watt prime mot den vindjusterade distance prime ( $r=.244, p=.445$ ). **Slutsats:** Resultaten pekar på att uthållighetsförmågan på cykelergometer samvarierar med uthållighetsförmågan vid skridskoåkning. Det visar på möjligheten att använda 3 minuters maxtest för sporter som innehåller skridskoåkning så som bandy och ishockey för att utvärdera atletens aeroba- och anaeroba kapacitet.

## Abstract

The concept of critical power, watt prime, critical speed and distance prime has been carefully studied for distance and endurance exercise but less studied in intermittent exercise. There are many indications for this physiological information would be of great importance for intermittent exercise as the physical performance of intermittent sports depends on four components: the intensity and duration of the work interval, the intensity and duration of the recovery interval. Information about critical power and watt prime could also be vital for testing the athlete's physical status and to be able to adapt the training in a specific and individualized way. **Aim:** The aim of the study was to perform a 3-minute all out-test for critical speed on skates and analyze how strongly the result is related to a standardized test for critical power performed on a cycle ergometer. **Research questions:** - Is there a correlation between critical power and critical speed? - Is there a correlation between watt prime and distance prime? **Method:** The research questions were answered by analyzing the relationship between bandy players' critical power and watt prime from a 3-minute all out-test on a cycle ergometer against their critical speed and distance prime from a 3-minute all out-test on skates via GPS measurement. The participants ( $n = 12$ ) were all bandy players playing for a bandy high school team. The relationships were examined with Pearson's Correlation test. **Result:** Critical power and critical speed had a significant high correlation ( $r = .629$ ,  $p = .029$ ). The same levels applies when the speed was adjusted to the wind ( $r = .603$ ,  $p = .038$ ). Watt prime and distance prime had a weak and non-significant correlation ( $r = -.136$ ,  $p = .674$ ). The same applies to watt prime against the wind-adjusted distance prime ( $r = .244$ ,  $p = .445$ ). **Conclusion:** The results indicate that the endurance ability on a cycle ergometer covaries with the endurance ability of ice skating. The results show the possibility for using a 3-minute all out-test for sports that include skating such as bandy and ice hockey.

## Innehållsförteckning

1. Introduktion och forskningsbakgrund .....	1
1.1 Sprintförmåga .....	2
1.2 Uthållighet .....	3
1.3 Tester .....	4
1.4 Critical speed och critical power .....	5
1.5 Problemformulering .....	7
2 Syfte och frågeställning .....	7
3 Metod och material .....	8
3.1 Urval och forskningspersoner .....	8
3.2 Etiska aspekter .....	8
3.3 Critical speed-test .....	9
3.4 Mätpunkter med formel för CS och D' .....	10
3.5 Critical power-test .....	10
3.6 Mätpunkter med formel för CP och W' .....	11
3.7 Justerande mot vind .....	11
3.8 Reliabilitet och validitet .....	12
3.9 Statistisk analys .....	13
4 Resultat .....	13
5 Diskussion .....	14
5.1 Resultatdiskussion .....	14
5.2 Andra mätmetoder .....	15
5.3 Metoddiskussion .....	16
5.4 Praktisk applicerbarhet .....	18

Referenslista

# 1. Introduktion och forskningsbakgrund

Bandy är en lagidrott som till störst del utövas i norra Europa och Ryssland (Timpka et al., 2002). Reglerna inom bandy påminner på många sätt om fotboll när det kommer till speltid, storlek på planen och antalet spelare. Matcherna spelas under två halvlek som är 45 minuter vardera. När det kommer till det fysiska utövandet av bandy sker det högintensiv skridskoåkning, riktningförändringar, glidmoment och inte minst själva skridskoåkningen vilket är situationer som även ishockeyspelare ställs inför. Därför är det rimligt att tro att samma kvalitéer som är fundamentala inom ishockey också är det inom bandy (Persson et al., 2021). Ytterligare likheter mellan ishockey och bandy är att de båda räknas som intermittenta idrotter (Jones & Vanhatalo, 2017; Häkkinen & Sinnemäki, 1990, 1991; Di Salvo et al., 2007). Exakt vilka fysiologiska krav som ställs på en bandyspelare är i nuläget inte fastställt, däremot pekar det mesta på att uthållighet är en viktig faktor (Blomqvist et al., 2018). De fysiologiska kraven för ishockey är mer undersökt och det är en sport som kräver att utövarna har väl utvecklade fysiologiska egenskaper (Heller et al., 2019). En ishockeymatch har totalt 60 minuter aktiv speltid som delas upp i tre perioder varav varje period är 20 minuter lång med 18 minuter paus mellan perioderna. Ett byte i ishockey varar oftast mellan 30 till 85 sekunder och vilotiden mellan varje byte är i regel två till fem minuter (Stanula et al., 2014). Ett byte innehåller vanligtvis fem till sju sprinter som i snitt är mellan två och tre sekunder långa (Brocherie et al., 2018). Energi för denna typ av högintensivt arbete produceras till största del via den anaeroba metabolismen (Stanula et al., 2014).

I Persson et al. (2021) har de via GPS-mätningar undersökt bandyspelares tid i olika hastighetszoner under matcher. Deras resultat visar på att de offensiva spelarna tillbringade signifikant mycket mer tid i höga hastigheter (25–30 km/h eller snabbare) medan försvararna tillbringade signifikant mycket mer tid i den låga hastighetszonen (4–15 km/h). Försvarsspelarna täckte en signifikant längre sträcka (23,2 km) i förhållande till de offensiva spelarna (21,1 km) något författarna tror skulle kunna vara ett resultat av att försvarsspelarna har en signifikant högre speltid (90,4 min) per match jämfört med de offensiva spelarna (71,3 min). Att försvarsspelarna åker en längre distans än de offensiva spelarna stämmer överens mot ishockeyns förhållanden i åkdistanser mellan positioner (McGuinness et al., 2019). Inom fotboll har det motsatta förhållandet påvisats, att offensiva spelare springer längre distanser än försvararna (Ingebrigtsen et al., 2015; Mallo et al., 2015). Blomqvist et al. (2018) undersökte arbetsbelastning under matcher genom att mäta hjärtfrekvens hos 10 bandyspelare på elitnivå.

Deras resultat visar att försvarsspelarna tillbringade längre tid i högre puls zoner än övriga positioner och att liberos hade den lägsta arbetsbelastningen.

Prestation vid skridskoåkning kan delas upp i två olika delar; (1) förmågor som till störst del påverkas av neuromuskulära och biomekaniska aspekter, till exempel förmågan att generera kraft, hastighet, power samt skridskoteknik. (2) Förmågor som till störst del påverkas av individens uthållighet, något som kan beskrivas som att över tid kunna bibehålla hög åk hastighet genom anaeroba- och aeroba processer.

I denna text kommer tester eller träning som är utförda på is benämnas som *on-ice* och tester eller träning som inte är utförda på is (till exempel styrketester i gym) benämnas som *off-ice*.

### **1.1 Sprintförmåga**

Att kunna producera hög power vid hopp och accelerationer bedöms som att vara en av de viktigaste fysiska egenskaperna inom de flesta idrotterna (Morin & Samozino, 2016). Denna förmåga är beroende av atletens neuromuskulära system och biomekanik genom att på ett effektivt sätt kunna överföra den skapade kraften till ett objekt eller en yta, i detta fall isen. Vid sprintlöpning måste atleten även kunna generera denna kraft genom en hög muskelkontraktionshastighet (Morin & Samozino, 2016). Då power är produkten av kraft multiplicerat med hastighet är dessa två egenskaper grundläggande för att kunna skapa en hög power. Bracko och George (2001) rapporterar att counter movement jump (CMJ) och 35-meters sprintlöpning är två tydliga fysiologiska prediktorer *off-ice* för att kunna prestera *on-ice*. Samma studie visade också på ett samband mellan CMJ och anaerob kapacitet *on-ice*. Detta samband skulle enligt Bracko och George (2001) kunna bero på att snabba accelerationer och skridskoåkning över lag kräver en god power-utveckling på samma sätt som CMJ och kortare sprinter gör. Persson et al. (2021) menar att den effektiva speltiden hos en idrottare har en stor påverkan på förmågan att kunna generera power vid upprepade tillfällen. Att ha en längre vilotid kommer bidra till att spelaren kan utveckla högre power vid sprinter, vilket leder till högre hastigheter.

Relationen mellan kraft och hastighet beskrivs av en hyperbolisk funktion (Hill, 1938). Det innebär att maximal kraft skapas vid den lägsta hastigheten och lägst kraft skapas vid den högsta hastigheten. I början av en sprint är således kraften hög och hastigheten låg medan det senare i sprinten är högre hastighet och lägre kraft. Genom att analysera dessa kraftkurvor kan man på ett tydligt sätt studera om en individ är bra på att generera hög kraft, hög hastighet,

eller båda delarna (Morin & Samozino, 2016). En atlets förmåga att kunna skapa horisontell kraft kan därför visa på värdefull information om personens fysiska och tekniska faktorer som påverkar sprintprestationen (Morin et al., 2012; Morin et al., 2011).

## **1.2 Uthållighet**

Heller et al. (2019) påvisar att sporten ishockey har gått från att ställa höga krav på spelarens aeroba kapacitet till att kräva mer styrka och power. Enligt Burr et al. (2019) anses ishockey vara 69% anaerob metabolism och 31% aerob metabolism. För att spelaren ska kunna bibehålla en hög intensitet utan att bli utmattad är samspelet mellan det aeroba energisystemet och det anaeroba energisystemet vitalt. Med tanke på hur stor del av sporten som bedöms vara anaerob så bör en ishockeyspelare kunna generera en hög power men också ha förmågan att kunna upprätthålla en hög power under en längre tid (Boucher et al., 2020). Detsamma gäller för bandyspelare menar Persson et al. (2021). För att kunna åka skridskor i de höga hastigheterna under korta tidsperioder anses den anaeroba kapaciteten vara en nyckelfaktor och det aeroba systemet blir viktigt för att kunna återhämta sig mellan sprinterna under glidfaser eller byten. En ishockeyspelare som har en god skridskoteknik och som kan producera en hög power kommer att kunna accelerera snabbare och uppnå en högre åk hastighet i förhållande till en spelare som har likvärdig skridskoteknik men som inte kan generera lika hög power (Bracko & George, 2001). Styrka och power är nödvändiga för acceleration och det fysiska spelet (Boland et al., 2019).

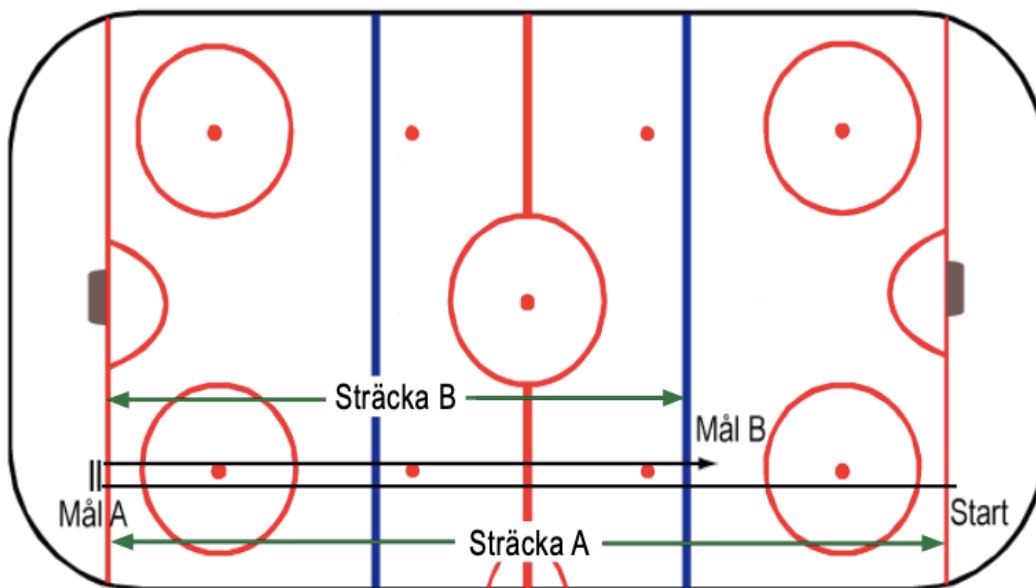
För att kunna producera energi till det högintensiva arbetet som krävs är det via den anaeroba metabolismen som den största delen av adenosintrifosfat (ATP) skapas. Det innebär en reducerad fosfokreatin (PCr)-nivå, ackumulering av laktat och vätejoner samt ett lägre pH-värde. Dessa fysiologiska reaktioner är alla kopplade till utmattning och ett avtagande i power-output (Stanula et al., 2014; Sahlin, 2014). Som tidigare nämnt så är samspelet mellan det aeroba och det anaeroba energisystemet viktigt och ett flertal studier har pekat på att det är det aeroba systemet som kan vara mest betydelsefullt för att påskynda återhämtningsprocessen (Czuba et al., 2009; Zajac et al., 2010). Hamilton et al. (1991) fann i sin studie att deltagarna med en högre  $VO_2\max$  påvisade en signifikant lägre procentuell minskning i power-utveckling under 10 sprinter. Återställning av PCr-depåerna är en syreberoende process och att då ha en ökad syretillförsel kan påskynda denna process (Harris et al., 1976). Då de båda energisystemen samarbetar för att bidra till en hög fysisk prestation



så visar det på vikten av att ha ett väl utvecklat aerobt och anaerobt energisystem för både bandy- och ishockeyspelare.

### 1.3 Tester

Ett frekvent använt test för att utvärdera en ishockeyspelares anaeroba produktion är Wingate som bland annat genomförs inför NHL-draften (Heller et al., 2019). Boucher et al. (2020) nämner att det i tidigare studier har påvisats ett samband mellan resultatet i Wingate-tester och anaeroba tester utförda *on-ice*. Samtidigt som Wingate är ett vanligt test som genomförs så har validiteten för att bedöma en ishockeyspelares anaeroba power genom ett Wingate-test blivit ifrågasatt (Bouchard et al., 1991). Att med hjälp av reliabla och validerade tester kunna utvärdera spelares fysiska kapacitet *on-ice* skulle kunna ge både bandy- och ishockeyklubbar en fördel, då det är på isen som spelaren ska prestera. Reed repeat sprint skate (RSS) är ett istest som har genomförts i tidigare studier av exempelvis Reed et al. (1979) och Bracko (2001). RSS innebär att spelaren genomför sex intervaller med start var 30e sekund, banans utformning visualiseras i Figur 1. Reed et al. (1979) menar att RSS är ett utmärkt verktyg för att utvärdera spelarens anaeroba kapacitet då de såg en korrelation mellan prestationen i RSS och anaeroba *off-ice*-tester. Stanula et al. (2014) genomförde också en studie innehållandes RSS där de påvisar en korrelation mellan RSS-prestationen och deltagarnas  $VO_{2max}$ . De två olika fynden av Stanula et al. (2014) och Reed et al. (1979) skulle kunna tyda på att RSS är ett *on-ice*-test som det inte går att utläsa vilket typ av energisystem som till största del är aktivt eller mest fördelaktigt att ha bäst utvecklat.



Figur 1. Illustration för Reed repeat sprint skate.

Ett uppenbart problem med RSS är att det enbart ger ett resultat på hur lång tid i sekunder det tar att genomföra testet. Då resultatet beror samspelet mellan spelarens alla olika aktiva fysiologiska system så kan inte det testet svara på om spelaren behöver utveckla sin styrka, snabbhet, aeroba eller anaeroba kapacitet. Detta gör att RSS-testet ger mindre användbar information i förhållande till ett test som skulle kunna särskilja på dessa fysiologiska förmågor, information som är nödvändig för att kunna individualisera ett träningsupplägg.

Att utvärdera en idrottares prestation via ett test som enbart har tid som mätpunkt skulle kunna bli osäkert, då det inte med tydlighet uppvisar atletens styrkor eller svagheter. Med dessa mått av osäkerhet kring att utvärdera en spelares energisystem så menar Pettitt et al. (2012) att det finns en stor fördel med att kunna mäta en försökspersons placering i relation till tid, då med hjälp av GPS. Den data som skapas via GPS-mätning kommer att visa en detaljerad information om spelarens förändringar i hastighet under testet något som kan ge information om spelarens fysiologiska egenskaper, något en åkning mätt med enbart tid över en given sträcka inte kan visa.

#### **1.4 Critical speed och critical power**

Huruvida det är anaeroba eller aeroba energisystemet som genererar energi hos spelaren har mindre betydelse, det som har betydelse är vilken effekt som kan utvecklas samt hur den givna effekten utvecklas över tid. Den effekt som kan genereras över olika tidsintervaller benämns som Power-Duration Relationship (PDR) och visas i Figur 2 (Poole et al., 2016). PDR följer också en hyperbol funktion vilket innebär att den maximala tid som en given effekt kan upprätthållas blir kortare ju högre den givna effekten är och vice versa. Som Figur 2 visar så planar den branta kurvan ut till vad som benämns som critical power (CP). En effektnivå omkring alternativt under CP innebär stabila nivåer för PCr, laktat och pH. Passerar idrottaren sin CP så kommer dessa värden att öka tills att utmattning uppstår (Jones & Vanhatalo, 2017). Allt arbete som kan genomföras ovanför CP kallas watt prime ( $W'$ ). Termerna CP och  $W'$  används vid till exempel cykling eller andra situationer där effekten kan mätas på ett reliabelt sätt. Vid idrotter där distansen eller hastigheten är viktig används termen critical speed (CS) och det arbetet som kan genomföras ovanför CS benämns som distance prime ( $D'$ ). CS visar ett mått på hastighet och  $D'$  visar på distans, något som används när effekten är mindre viktig eller svår att mäta, som till exempel vid löpning (Poole et al., 2016). Om ett arbete genomförs på avsevärt högre nivåer än CP så kommer  $W'$  att ha en brantare

linjär lutning och belastningstiden blir kortare jämfört med ett arbete som utförs i nivåer omkring CP där  $W'$  kan upprätthållas under en längre tid.  $W'$  som i Figur 2 visualiseras av de blå boxarna som visar på att arean under kurvan vid arbeten över CP alltid är konstant oavsett tidsdomän. Samma funktion gäller vid CS och  $D'$ . Det är viktigt att poängtera, som Poole et al. (2016) understryker, att PDR inte förklarar intensitettoleransen utan endast beskriver den. Därför kan det ge oss kunskap och förståelse kring den fysiologiska processen som sker vid utmattning.

### **På grund av upphovsrättsliga skäl saknas bilden i den elektroniska utgåvan.**

*Figur 2. Power-Duration Relationship som planar ut vid CP/CS (Poole et al., 2016).*

Tidigare har  $W'$  blivit benämnt som den anaeroba arbetskapaciteten då det har påvisats samband mellan  $W'$  och prestation i Wingate-tester (Miura et al., 2000). Även om det skulle vara enkelt att anse  $D'$  och  $W'$  endast som den anaeroba kapaciteten menar Jones och Vanhatalo (2017) att det skulle vara ett förenklat sätt att definiera det. I stället menar de att det är viktigt att förstå att effekten baseras både på CP/CS och  $W'/D'$ . Däremot tillhandahåller CP parametrar som påvisar mått på individens aeroba och anaeroba metabolism, information som är viktig för till exempel individualisera ett träningsupplägg (Bergstrom et al., 2012).

Den traditionella metoden för att fastställa CP och  $W'$  har varit att cykla till utmattning vid flera olika effekter (Pettitt et al., 2012) något som blir en tidskrävande process. Då testen är till utmattning kräver det en återhämtningsprocess, något som gör att testerna måste utföras på olika dagar (Vanhatalo et al., 2007). Pettitt et al. (2012) skapade därför ett tre minuters maxtest (3MT) där deltagarna löpte så snabbt de kunde under tre minuter och deras löpprestation loggades med GPS-sändare. I det testet fick de data på den högsta konstanta mängd arbete som en person klarar av att producera utan att uppnå utmattning vilket då blir löparens CS (Vanhatalo et al., 2007). Data från testet visar också tydligt när intensiteten ligger vid en nivå där det aeroba energisystemet inte längre kan bistå med en tillräcklig mängd ATP som det givna arbetet kräver och där det anaeroba energisystemet måste bistå med ATP för att kunna upprätthålla intensiteten i arbetet (Burnley och Jones, 2007; Pettitt et al., 2012). Pettitt et al. (2012) beräknade att deltagarna skulle ha förbrukat  $D'$ -bufferten efter omkring 2,5 minuter in i testet och mellan 2,5 och 3,0 minuter planar hastigheten därför ut på CS. Genom detta 3MT kunde Pettitt et al. (2012) fastställa deltagarnas CS och  $D'$  på ett väldigt

tidseffektivt sätt i förhållande mot den traditionella metoden för att fastställa de parametrarna.

## 1.5 Problemformulering

Med antagandet om att  $W'$  utnyttjas vid arbeten ovanför CP och återhämtas vid arbeten under CP skulle det kunna visa på den maximala effekten eller hastigheten en intermittent idrottare kan utveckla är beroende av fyra komponenter: intensiteten och durationen på arbetet samt intensiteten och durationen på återhämtningen. Med detta i åtanke menar författarna på att fastställandet av CS och  $D'$  hos ishockeyspelare är en användbar information (Jones & Vanhatalo, 2017) och då bandy också anses vara en intermittent idrott är det rimligt att tro att denna information också är användbar för bandyspelare. Då glidfasen är en viktig faktor i bandy där spelaren kan vila (van Ingen Schenau, 1982) är det rimligt att tro att det blir ett tillfälle för återhämtning av  $D'$ . Trots denna information så verkar det idag som att CS och  $D'$  inte tidigare har blivit undersökt via skridskotester på is. För att genomföra ett reliabelt CS-test krävs GPS som har en hög noggrannhet, ett system som oftast kostar mycket pengar. Att i stället kunna utvärdera en spelares CP genom ett cykeltest innebär en stor praktisk fördel då det går att mäta under lagets försäsong men också en ekonomisk fördel då det är en billigare mätmetod.

CP och CS har blivit noga undersökta för distans- och uthållighetsidrotter men mindre studerade för intermittenta idrotter. Mycket pekar på att denna fysiologiska information är av stor vikt för intermittenta idrotter då förmågan att kunna genomföra repeterade maximala sprinter har en avgörande betydelse inom lagidrotter. Fram till dagens datum finns det inga publicerade studier som har undersökt CS och  $D'$  vid skridskoåkning, något som denna studie syftar på att undersöka. Resultaten kan också ge information om individen är aerob- eller anaerob-dominant vilket underlättar för individualisering av träning.

## 2 Syfte och frågeställning

Syftet med studien var att undersöka om det finns ett samband mellan 3 minuters maxtest för kritisk skridskohastighet och ett standardiserat test för kritisk effekt utförd på en cykelergometer.

### Frågeställningar:

- Finns det ett samband mellan bandyspelares critical power och critical speed på skridskor?

- Finns det ett samband mellan bandyspelares watt prime och distance prime på skridskor?

### **3 Metod och material**

För att besvara studiens frågeställningar genomfördes en tvärsnittsstudie där data för den kritiska skridskohastigheten från ett 3-minuters maxtest på is jämfördes mot data för den kritiska effekten på en cykelergometer från ett 3-minuters maxtest.

#### **3.1 Urval och forskningspersoner**

I studien deltog 12 manliga forskningspersoner som alla tillhör ett bandygymnasium. Deras medelålder ( $\pm$ SD) var  $17,3 \pm 1$  år och medelkroppsvikt var  $72,2 \pm 6,8$  kg. Alla deltagare blev muntligt och skriftligt informerade om studiens fördelar och syfte samt risker. Vid informationstillfället erhöles deras skriftliga samtycke att delta i studien. Då deras säsong fortfarande var aktiv så fick de inga föreskrifter om hur de skulle förhålla sig till fysisk aktivitet eller kost dygnet innan is- eller cykeltestet.

#### **3.2 Etiska aspekter**

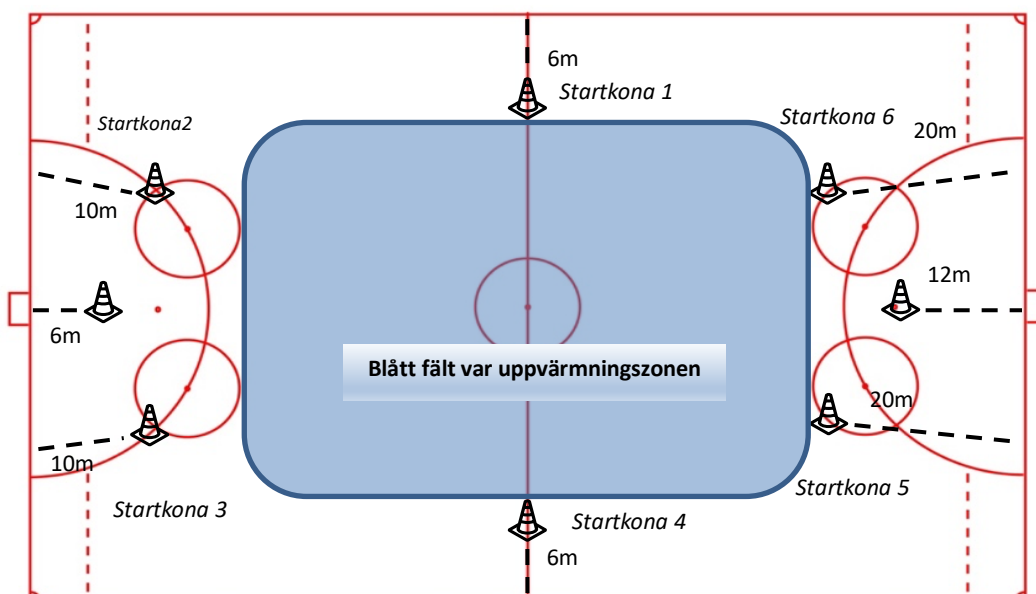
I enlighet för lagen om etikprövning (2003:460) ska all forskning som avser människor eller biologiskt material från människor etikprövas. Detta gäller dock inte högskoleutbildningar på avancerad nivå. Däremot ska § 16 följas, vilket innebär att forskningspersonen måste informeras om: (1) den övergripande planen för forskningen, (2) syftet med forskningen, (3) de metoder som kommer att användas, (4) de följder och risker som forskningen kan medföra, (5) vem som är forskningshuvudman, (6) att deltagande i forskningen är frivilligt och (7) forskningspersonens rätt att när som helst avbryta sin medverkan.

Även §17 bör efterföljas vilket innebär att: forskning får utföras bara om forskningspersonen har samtyckt till den forskning som avser henne eller honom. Ett samtycke gäller bara om forskningspersonen dessförinnan har fått information om forskningen enligt 16 §. Samtycket skall vara frivilligt, uttryckligt och preciserat till viss forskning. Samtycket skall dokumenteras. För att efterfölja § 16 och § 17 så blev deltagarna informerade både skriftligt och muntligt om dessa punkter samt att skriftligt samtycke gavs.

Då alla deltagare i studien spelar bandy på den högsta möjliga nivå för deras ålderskull så fanns det ingen anledning att maxtestet skulle vara någon utmaning för dem att ta sig igenom. Ingen data om deltagarna eller annan personlig information presenterades i studien. Den informationen fanns endast tillgänglig på min personliga dator och går endast att nå med fingeravtrycksläsare eller lösenord. Ålder, namn och vikt på samtliga i gruppen samlades in och sparades. Dessa uppgifter kopplades till personliga koder, så inga namn eller personnummer presenterades i uppsatsen. Medelvärden och standardavvikelse på gruppen presenterades däremot. Varje deltagares prestation som visas i grafer eller tabeller kan inte kopplas till individen.

### 3.3 Critical speed-test

För att mäta CS och D' genomförde varje deltagare ett maxtest på is under tre minuter iförda full bandyutrustning inklusive klubba. Alla deltagare tilldelades varsin GPS-sändare (Catapult, X7, Catapult Sports, Australien) samt pulsklocka (Polar, M400) med tillhörande pulsband (Polar, H7). Innan testet startade utförde de en 8 minuter lång uppvärmning on-ice. Uppvärmningen bestod av åkning framåt, bakåt, start och stopp samt sprinter. Under uppvärmningen informerades de om att ha en puls på omkring 150 slag per minut. Deltagarna var uppdelade i tre olika startgrupper för att minska antalet personer på banan samtidigt, detta gällde både under uppvärmning och test. De fick välja varsin startkona varifrån de startade, figur 3 illustrerar



Figur 3. Illustration av isbanan, utplacering av koner samt konernas distans från sidlinjerna.

också måtten på banans utformning som hade en distans på cirka 255 meter. Åkningen genomfördes i vänstervarv på utsidan av konerna.

Deltagarna var instruerade att från en stillastående position åka så snabbt som möjligt och att behålla sin maximala hastighet genom hela testet. Spelarna blev inte informerade om hur lång tid det var kvar på testet för att undvika att de anpassade sin fart mot hur lång tid som kvarstod, likt tidigare metod från Pettitt et al. (2012). Verbal peppning från tränare och övriga deltagare skedde genom hela testet.

För att uppskatta om deltagarna genomförde istestet med maximal insats jämfördes pulsen från testet mot deltagarnas estimerade maxpuls. Formeln  $208 - (0.7 \times \text{ålder})$  har Tanaka et al. (2001) fastställt i sin studie bör användas för estimering av maxpuls hos friska vuxna. Under testet hade gruppen en genomsnittlig maxpuls på 191 slag per minut och enligt formeln estimeras deras maxpuls till 196 slag per minut.

### **3.4 Mätpunkter med formel för CS och D'**

För att beräkna CS var det sträckan som åktes mellan sekund 150 och 180 dividerat på 30. Critical speed gav då ett mått på hastighet i meter per sekund. I denna uppsats presenteras hastigheten i kilometer per timme då det är mer applicerbart för skridskoåkning.

För att beräkna  $D'$  användes formeln  $D' = t(S_{150\text{ s}} - CS)$ .  $D'$  gav då den totallängd som spelaren åkte under testets första 150 sekunder. ( $t$ ) innebär 150 sekunder,  $S_{150\text{ s}}$  (m/s) innebär medelhastigheten under de första 150 sekunderna,  $CS$  (m/s) innebär medelhastigheten mellan 150 sekunder och 180 sekunder.

### **3.5 Critical power-test**

För att mäta deltagarnas CP och  $W'$  genomfördes ett tre minuters maxtest på en cykelergometer (Monark, 894, Monark, Vansbro, Sverige). Uppvärmningen bestod av 5 minuter cykling (Monark, 828) med ett motstånd av 1kp trampandes på en hastighet mellan 50 och 70 RPM med två 5 sekunders sprinter på minut 4 och 4.30. Efter uppvärmningen vägdes forskningspersonen och motståndet på testcykeln (Monark, 894) placerades på 4,5% av kroppsvikten (Bergstrom et al., 2012). Testet startade med stillastående trampor på signal

av testledare. Deltagarna trampade i maximal insats under tre minuter. Verbal peppning gavs av både testledare och övriga forskningspersoner.

### **3.6 Mätpunkter med formel för CP och $W'$**

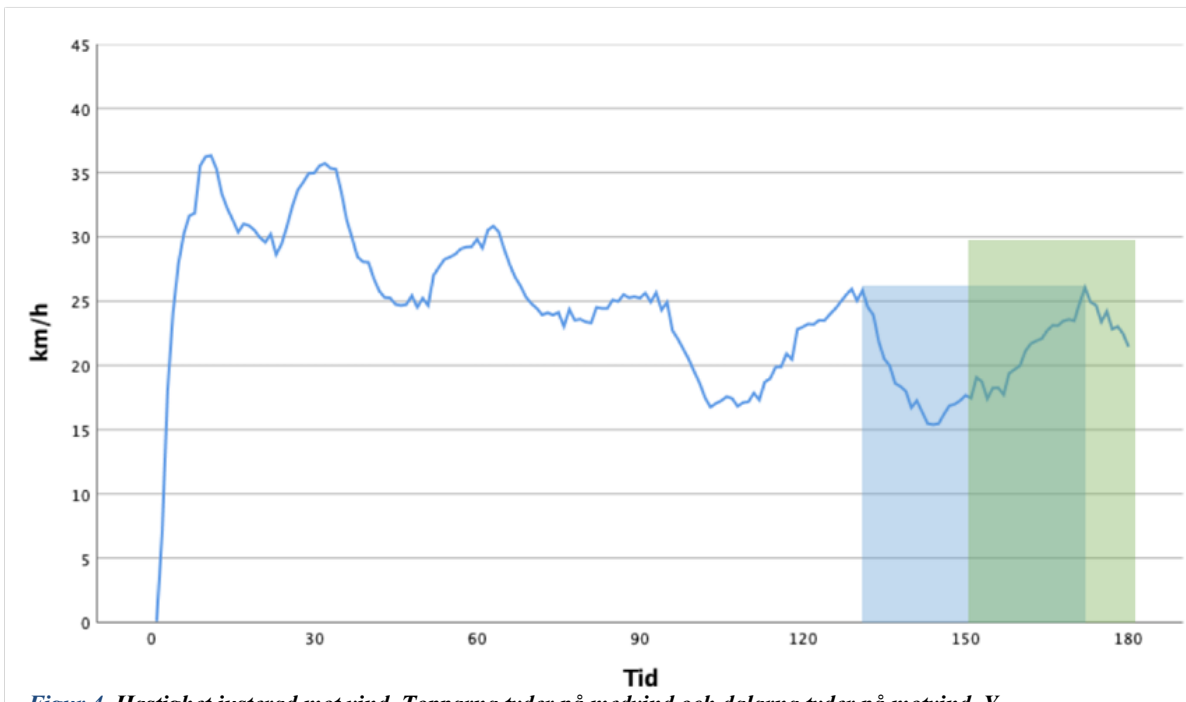
För att beräkna CP tas medelvärdet av genererad watt under de sista 30 sekunderna av cykeltestet. Måttet för  $W'$  beräknades genom att ta medelvärdet på genererad watt för 180 sekunders cykling minus värdet för CP. Den summan multipliceras med 150s, vilket ger ett mått på joule för arbetet under testets första 150 sekunder, summan av joul omvandlades därefter till kilojoule.

### **3.7 Justerande mot vind**

Dagen för skridskotestet var blåsig med byvindar på upp till 15 m/s enligt SMHI's mobilapplikation. För att reglera hur vinden kan ha påverkat deltagarnas mått för CS och  $D'$  justerades de två sista topparna för hastigheten. Hur detta anpassades kan ses i figur 4. Det gröna fältet visar spelarens faktiska CS och det blå fältet illustrerar den vindjusterade CS. Det innebär att varje deltagares justerade CS är inom olika tidperioder beroende på hur det blåste och var på varvet de fick med- och motvind. Som exempel i Figur 4 så är den justerade CS mellan sekund 130 och 170. Denna justering påverkade också formeln ( $D' = t(S_{150s} - CS)$ ) för uträkning av  $D'$ . Vid justeringen byttes  $S_{150s}$  mot den nya tiden som i detta exempel från Figur 4 blir 130 vilket då gör att formeln ändras till ( $D' = t(S_{130s} - CS)$ ). Hur detta har påverkat de faktiska siffrorna visas i Tabell 1.



### Skridskotest



Figur 4. Hastighet justerad mot vind. Topparna tyder på medvind och dalarna tyder på motvind. Y-axlen=hastighet i kilometer per timme. X-axeln=tid i sekunder

### 3.8 Reliabilitet och validitet

All testning genomfördes av samma testledare, med samma utrustning och samma isbana under samma dag. För att bibehålla en god standardisering fick alla forskningspersoner samma instruktioner om testet.

I Scott med et al. (2016) undersöktes GPS reliabilitet och validitet. De fann att system som använder sig av 10 hertz (Hz) verkar ha den högsta noggrannheten för att mäta distanser och hastigheter inom idrott. I förhållande till GPS som mäter med 1Hz eller 5Hz så är ett system som mäter med 10Hz den mest valida och reliabla metod att tillgå. Att öka till 15Hz verkar inte vara till någon fördel. Catapult X7 som användes i denna studie sänder med 10 hertz vilket innebär att mätresultaten bör vara tillförlitliga.

I studien av Bergstrom et al. (2012) fastställer de att ett motstånd på 4,5% av kroppsvikt är ett reliabelt motstånd för att mäta CP och W'. Detta fastställde de genom att testa CP med fyra olika motstånd (3.5, 4.5, 5.0, och 6.0%) De menar också att det räcker att genomföra cykeltestet en gång för att fastställa dessa parametrar.

### 3.9 Statistisk analys

Enligt villkoren för normalfördelning via Shapiro Wilk-test bedömdes all data att vara normalfördelad. Normalfördelningen fastställdes också via skewness och kurtosis. Korrelationerna analyserades med Pearson Correlation i SPSS version 28 (IBM Corp., Armonk, NY). Deskriptiv statistik användes för att fastställa medelvärde och standardavvikelse. Styrkan för korrelationsvärdena baserades på Cohens riktlinjer (Cohen, 1988). Det innebär att  $r$ -värde mellan 0.10 - 0.29 visar på en svag korrelation,  $r$ -värde mellan 0.30 - 0.49 visar på en medel korrelation och  $r$ -värde mellan 0.50 - 1.0 visar på en stark korrelation. Alfanivån  $p < 0.05$  valdes för alla dataanalyser.

## 4 Resultat

I Tabell 1 redovisas deltagarnas deskriptiva värden som uppmättes vid istestet och cykeltestet.

*Tabell 1. Varje deltagares faktiska värden samt gruppens medel och SD. CS=critical speed. J-CS=vindjusterad critical speed. D'=distance prime. J-D'=vindjusterad distance prime CP=critical power. W'=watt prime. Måttenhet står inom parentes.*

Deltagare	CS (km/h)	J-CS (km/h)	D' (m)	J-D'	CP (W)	W' (kJ)
FP1	21,53	19,9	117	244,97	235,45	10,30
FP2	22,48	22,48	171	173,24	292	8,08
FP3	23,21	23,03	138	157,62	251,37	4,17
FP4	24,78	24,19	28,5	121,6	314,59	7,42
FP5	24,51	24,19	67,5	125,84	302,14	5,67
FP6	23,47	23,3	105	180,6	263,74	6,27
FP7	21,22	20,53	46,5	143,82	269,6	8,35
FP8	23,42	22,29	87	202,07	297,8	12,25
FP9	22,52	22,54	12	119,2	270,8	6,69
FP10	23,37	23,5	130	150,06	274,59	6,12
FP11	21,04	20,76	70	110,94	277,22	11,91
FP12	21,5	21,5	55	119,89	253,88	9,43
Medel ± SD	22,75±1,25	22,35±1,41	85,62±47,75	154,15±40,30	275,26±23,07	8,05±2,51

Tabell 2 redovisar de olika värdena på korrelation tillsammans med respektive signifikansnivå och  $R^2$ -värde. CP mot CS samt CP mot vindjusterad CS visar på signifikansvärden  $< 0.05$  med, enligt Cohens riktlinjer, starka korrelationsvärden.

Tabell 2. Korrelation, signifikans och  $R^2$ -värde för de olika parametrarna. \* = Signifikant korrelation på 0.05-nivå.  
 \*\* = Signifikant korrelation på 0.01-nivå. CS = Critical speed.

Jämförande parametrar	$r$ -värde	$p$ -värde	$R^2$ -värde
Critical power mot critical speed	.629*	.029	0,395
Critical speed mot justerad CS	.929**	<.001	0,863
Critical power mot justerad CS	.603*	.038	0,364
Watt prime mot distance prime	-.136	.674	0,180
Distance prime mot Justerad distance prime	.573	.051	0,328
Watt prime mot justerad distance prime	.244	.445	0,060

## 5 Diskussion

### 5.1 Resultatdiskussion

Syftet med studien var att undersöka sambandet mellan CP och  $W'$  mot CS och  $D'$ . De primära fynden från resultaten är att CP och CS har en signifikant stark korrelation ( $r=.629$ ,  $p=.029$ ,  $R^2=0,395$ ). Det pekar på att 3MT på cykelergometer skulle kunna vara ett relevant test för att undersöka en bandyspelares CS.  $R^2$ -värdet visar däremot på att cirka 40% av variationen i CP kan förklara variationen i CS, något som kan vara resultatet av en mängd olika yttre faktorer som till exempel vind och individuella skillnader i skridskoteknik, kost, träningsmängd innan test eller en ovana att genomföra ett maxtest.

Denna information är av stor vikt då ett cykeltest är praktiskt enklare att genomföra än ett istest. Genomförandet av cykeltestet kräver endast en cykelergometer som kan mäta producerade watt-nivåer i förhållande till istestet som måste mätas av GPS med hög noggrannhet. Sådana system är ofta dyra, samt att det kräver tillgång till en isyta något som sällan finns året runt i bandy- eller ishockeyhallar. Det signifikanta sambandet mellan CP och CS kan innebära att cykeltestet är något som skulle kunna användas i ett testbatteri under en försäongsperiod för att utvärdera spelarens fysiska status inför stundande säsong.

Resultaten visar inte på något samband mellan  $D'$  och  $W'$ , något som kan ha påverkats av deltagarnas glykogenlagring beroende på hur deras träning och levnadsvanor inför testerna såg ut. Det kan vara en känslig och sårbar parameter på grund av de dagliga variationerna i

glykogenlagringen.  $D'$  och  $W'$  är beroende av personens glykogennivåer något Miura et al. (2000) visar i sin studie. Där de fann att deltagarna fick en signifikant lägre  $W'$  efter en glykogentömning i förhållande till när deltagarna hade normala glykogenvärden. Även om det var glykogentömningen som sannolikt hade den största negativa påverkan på  $W'$  så menar Miura et al. (2000) att intracellulära nivåer av till exempel vätska och elektrolyter kan också ha en inverkan på tränings toleransen. För att undvika att det skulle haft någon påverkan på resultaten i denna studie borde ordinerad vila och standardiserad kost rekommenderats inför testerna, något som inte bedömdes som möjligt då deltagarnas bandysäsong var aktiv i form av träningar och matcher. Däremot är det viktigt att ha i åtanke att spelarna mest troligt inte hade tömda glykogenlager vid testet men att deras träning och kost under dagarna fram till testet kan ha påverkat.

Resultatet visar på en stark men icke signifikant korrelation mellan  $D'$  och vindjusterad  $D'$  något som kan bero på en hög variation och hög standardavvikelse. Den vindjusterade  $D'$  visar ett svagt samband mot  $W'$  något som kan ha påverkats dels av deltagarnas glykogennivåer men än mer av den relativa skillnaden som justeringen innebar. Som Tabell 1 redovisar så ökade  $D'$  från ett medelvärde av 85,62m till justerad  $D'$ -värde på 154,15m. Denna relativt sett stora ökningen av medelvärdet för  $D'$  skulle kunna vara resultatet av att formeln för uträkning av  $D'$  är anpassad till testets första 150 sekunder och vid justering mot vinden kunde det på vissa deltagare räknas på testets första 130 sekunder (Se Figur 4.)

För att få ett korrekt mått på CP/CS och  $W'/D'$  krävs det att deltagarna genomför testet med sin maximala arbetsinsats genom hela testet. Huruvida forskningspersonerna genomförde skridskotestet med sin maximala insats går endast att uppskatta via den pulsmätningen som gjordes i förhållande till estimering av deras maxpuls enligt Tanaka et al. (2001) formel. Under testet uppnådde stickprovsgruppen en snittmaxpuls på 191 slag per minut och enligt formeln som baseras på deras ålder estimeras stickprovsgruppens maxpuls till 196 slag per minut. Det innebär att deras snittmaxpuls överskrider 90% av deras estimerade maxpuls, något som är i linje med en av Castagna et al. (2019) kriterier för att räknas som ett godkänt  $VO_2$ max-test. Det kan ses som en indikation på att deltagarna ansträngde sig till max under istestet.

## **5.2 Andra mätmetoder**

En av de vanligaste metoderna för att bedöma uthållighetsprestanda och anpassning av träningsupplägg är via mätning av laktattröskeln hos en atlet (Valenzuela et al., 2021).

Laktattröskeln definieras som den högsta arbetsbelastningen som ger en kraftig ökning av mängden laktat i blodet, det är ett resultat av en obalans mellan kroppens produktion av laktat och kroppens förmåga att ta hand om laktatet vilket resulterar i en ökning av  $H^+$  i blodet (Binder et al., 2008). Jones et al. (2019) jämförde CP och maximal lactate steady state (MLSS) där de visar att CP inträffar på mellan 1% och 16% högre effektnivåer än MLSS. Det innebär att MLSS underestimerar den fysiologiska gränsen. Författarna redovisar också att reliabiliteten på laktatmätare kan mäta fel på mellan 11% och 52%. Resultatet av deras undersökning är att mätning av CP är det mest lämpliga när målet är att utvärdera maximala metaboliska steady state. Att kunna mäta CP i stället för att mäta laktatmarkörer i blodet är också av stor praktisk fördel dels då mätningen av CP endast tar 3 minuter, dels för att tränaren eller forskaren slipper hantera blodprover.

Som det tidigare nämnts är GPS som mäter med hög noggrannhet en dyr investering som inte alla idrottsföreningar har råd med. Komplement till dessa system skulle kunna vara pulsklockor med inbyggd GPS som Pettitt et al. (2012) använde. Nackdelen med att använda pulsklockor med GPS är deras noggrannhet, exempelvis så hade det system Pettitt et al. (2012) använde en noggrannhet på  $\sim 3$ m. En mätmetod som missar tre meter för varje mätpunkt kan i slutändan ge missvisande resultat. Att videofilma 3MT istest och räkna ut hastigheten är ett annat alternativ, däremot är datahantering för denna metod något som kommer ta avsevärt mycket längre tid än att använda GPS. Detta ger än mer tyngd för att 3MT på cykelergometer är ett relevant och praktiskt fördelaktigt test att använda, förutsatt att det finns tillgång till en cykelergometer med tillhörande mjukvara för att exportera data.

För att beräkna medelhastigheter över 3MT skulle ett flertal utplacerade fotoceller över banan fungera som alternativ i stället för GPS. Detta kräver dock en del arbete för beräkning av de olika hastigheterna mellan varje fotocell något som kan bli tidskrävande.

### **5.3 Metoddiskussion**

Både istest och cykeltest genomfördes under bandysäsongens sista veckor. Det innebär att spelarna kan ha varit fysiskt trötta efter att ha spelat en hel säsong som innebär många matcher och träningar. Den negativa effekt som en tävlingssäsong innebär på den neuromuskulära förmågan har Gannon et al. (2021) undersökt på ishockeyspelare. De påvisade en signifikant försämring i hopphöjd där den största differensen syntes i slutet av säsongen. Författarna tror att det är resultatet av en upprepad belastning i form av träning och

matcher. Det är rimligt att tro att samma negativa effekt har drabbat deltagarna något som kan ha påverkat deras resultat i både istest och cykeltest.

Eftersom det idag inte har publicerats några studier som undersökt CS och  $D'$  på is går det inte att ställa resultaten från istestet i relation mot annan forskning. Det hade kunnat vara givande för att jämföra om det finns några skillnader mellan ishockeyspelares och bandyspelares olika hastigheter. Främst då det är tydliga skillnader i de två sporternas skridskor och i synnerhet åkytan på skenorna. I ishockey är den slipade åkytan kortare för att lättare kunna manövrera vid små ytor och för att kunna göra tigare kurvor. Bandyskridskor är slipade med en längre åkyta för att kunna hjälpa till att nå högre åkhastigheter men också för att ge längre glid över de större ytorna som finns på en bandyplan. Sett ur ett fysiologiskt perspektiv är det rimligt att tro att dessa skillnader i materialet kan påverka resultatet över en så pass lång sträcka som spelaren hinner åka under 3MT.

Att ha genomfört istesterna inomhus för att undvika vind hade varit fördelaktigt för att uppnå perfekta förhållanden. Även om CS och justerad CS ( $r=.603$ ,  $p=.038$ ,  $R^2=0,364$ ) har en stark signifikant korrelation så finns det en risk att vinden har haft en inverkan på resultaten. Hur det har påverkat går det inte att säga något specifikt om däremot kan Figur 4 illustrera hur hastigheten har ökat vid medvind och sänkts vid motvind. En vanlig slutsats av hur vindar påverkar löphastigheter är att den negativa inverkan som motvind har är större än den positiva inverkan som medvind har. Haugen T & Buchheit (2016) skriver att medvind på 2.0 m/s under ett 100 meterslopp har visat ge 0.10-0.14 sekunder snabbare löpning och att motvind på 2.0 m/s har visat ge 0.12-0.17 sekunder långsammare löpning. Däremot är det viktigt att känna till att individuella skillnader kan finnas i allt från tekniska aspekter till kroppssammansättning (Haugen T & Buchheit, 2016). Det skulle kunna innebära att metoden för vindjusteringen i denna studie inte är ett korrekt sätt att jämföra ut vindpeakarna. Det gör att det inte går att dra någon slutsats via resultatet från den vindjusterade CS. För framtida skridskotester utomhus skulle det vara rimligt att använda IAAF's tävlingsregler där gränsen för vind är  $>2.0$  m/s alternativt göra testerna inomhus. Det största problemet för att kunna genomföra inomhustester på is är signalen från GPS-sändaren. Det Catapult-system (X7) som användes i denna studie har inte möjlighet att kopplas upp mot satelliter när Catapult-systemet är inomhus. För inomhusmätning krävs ett local positioning system (LPS) som måste monteras och kalibreras i den lokal som systemet ska användas. LPS fanns inte tillgängligt i någon hall och att låna ett sådant system var inte praktiskt möjligt för denna studie.

En stor del av dagens bandy spelas utomhus vilket innebär att vinden inte går att utesluta ur idrotten. Det skulle kunna innebära att 3MT med GPS utomhus fortfarande är det mest sportspecifika sättet att genomföra det på, även om det inte går att reglera naturens inverkan på idrotten eller testet.

På samma sätt som hjärtfrekvensen registrerades under istestet bör hjärtfrekvensen ha loggats under cykeltestet. Nu går det endast att anta att deltagarna genomförde cyklingen med maximal insats, något som kan försvaga resultaten och data från cyklingen.

#### **5.4 Praktisk applicerbarhet**

Pettitt et al. (2012) visade att löpare med högre  $D'$ , i jämförelse mot löpare med lägre  $D'$ , kunde springa med högre hastighet i relation mot deras CS. De med högre  $D'$  kunde också springa i högre hastigheter ovanför deras CS innan utmattning uppstår. Det är troligt att de resultaten är överförbara till skridskoåkning och då Persson et al. (2021) har visat hur mycket tid olika spelarpositioner tillbringar i olika hastighetszoner blir  $D'$  en vital faktor för höghastighetsåkning. I denna studie är medelvärdet för CS  $\sim 22$  km/h vilket innebär att hastigheter snabbare än så är på  $D'$ -nivåer. Med utgångspunkt från Persson et al. (2021) tillbringar försvarsspelare omkring 19 minuter i hastigheter ovanför  $\sim 22$  km/h och offensiva spelare tillbringar omkring 29 minuter i hastigheter ovanför  $\sim 22$  km/h. Det visar på vikten av att ha en hög  $D'$  som bandyspelare och att mellan varje höghastighetsåkning kunna återhämta  $D'$ . Det är något en tränare skulle kunna utnyttja genom att byta ut den spelaren som har gjort många höghastighetsåkningar och byta in en ny spelare, för att maximera återhämtningen och alltid kunna ha fysiskt pigga spelare på planen. Det skulle kunna ge laget en stor taktisk fördel genom att anpassa spelet efter spelarens fysiska förmågor (Jones & Vanhatalo, 2017).

När mått för  $CP/W'$  eller  $CS/D'$  är fastställt hos en idrottare kan individualiseringen av ett träningsupplägg vara specifikt för just den personen. Eftersom  $CP/W'$  eller  $CS/D'$  är beroende av fyra komponenter: intensiteten och durationen på arbetet samt intensiteten och durationen på återhämtningen, så går det att anpassa dessa på ett väldigt noggrant sätt för att träna och för att utveckla det specifika energisystemet idrottaren behöver förbättra. För att den modellen ska vara valid är det viktigt att arbetsbelastningen är ovanför  $CP/CS$ , att återhämtningsperioden är lägre än  $CP/CS$  samt att medelarbetsbelastningen för träningspasset ligger ovanför  $CP/CS$  (Jones & Vanhatalo, 2017). Detta styrks av Chidnok et al. (2012) som

har visat att när belastningen under intermittent träning sänks till nivåer under CP så ökar träningstoleransen. Med vetskapen om var idrottarens nivåer för dessa fysiologiska begrepp ligger går det med relativt hög noggrannhet att anpassa träningen för att kunna maximera utfallet.

För en idrottsklubb som har förutsättningarna att genomföra 3MT på is med GPS som mätmetod skulle det vara det optimala sättet för att få ett mått på spelarens CS och  $D'$ . Det ger klubben tydliga mått på individens fysiska kapacitet och det är sportspecifikt test. Genom att göra mätningarna på is i stället för på cykel inkluderas ytterligare en viktig neuromuskulär parameter, skridskotekniken. Då en spelare med god skridskoteknik kan producera högre power och uppnå högre hastigheter (Bracko & George, 2001) så går resultaten från cykling och skridskoåkning att ställa i relation till varandra. Om spelaren producerar höga effektnivåer på cykeln men inte uppnår samma relativa mått på isen skulle det kunna vara en sviktande skridskoteknik som är anledningen. Det kan ge information huruvida spelaren behöver fokusera på neuromuskulära och biomekaniska aspekter för att förbättra sin skridskoprestation vilket kan vara viktig information men det skulle också kunna störa de absoluta måtten för spelarens fysiska kapacitet. De neuromuskulära och biomekaniska aspekterna är något som inte påverkar resultaten från cykeltestet i samma utsträckning.

En ytterligare praktisk fördel med 3MT är hur tidseffektivt det är, med hjälp av 3MT går det att testa omkring 20 spelare på under en timme.



## 6. Slutsats

Resultaten pekar på att uthållighetsförmågan på cykelergometer samvarierar med uthållighetsförmågan vid skridskoåkning. Det visar på möjligheten att använda 3 minuters maxtest för sporter som innehåller skridskoåkning så som bandy och ishockey. Eftersom tidigare forskning menar att det finns många likheter mellan ishockey och bandy pekar resultaten på att ett 3MT också skulle kunna vara ett relevant test för en ishockeyklubb att använda för utvärdering av sina spelare. Att genomföra 3MT innebär också att det går att analysera spelarens maxhastighet, något som är en vital egenskap i lagidrotter.

Denna studie visar på, för första gången någonsin, att ett CS-test är genomförbart för lagidrott på is men också att CP-test är relevant att genomföra för intermittenta lagidrotter som spelas på is. Vidare krävs en tydligare standardisering av yttre omständigheter som vind, vila, träning och kost inför de olika testerna för att kunna undersöka sambandet mellan  $W'$  och  $D'$  på ett mer tillförlitligt sätt.

## Referenslista

Bergstrom, H. C., Housh, T. J., Zuniga, J. M., Camic, C. L., Traylor, D. A., Schmidt, R. J., & Johnson, G. O. (2012). A new single work bout test to estimate critical power and anaerobic work capacity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 656-663.

Binder, R. K., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner, H., & Schmid, J. P. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Preventive Cardiology*, 15(6), 726-734.

Blomqvist, S., Ervasti, P. E., & Elcadi, G. H. (2018). Evaluating physical workload by position during match in elite bandy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(9), 2616-2622.

Boland, M., Delude, K., & Miele, E. M. (2019). Relationship between physiological off-ice testing, on-ice skating, and game performance in division I female ice hockey players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(6), 1619-1628.

Bouchard, C, Taylor, AW, and Simoneau, JA. (1991) Testing anaerobic power and capacity. *In: Physiological Testing of the High Performance Athlete*. JD MacDougall, HA Wenger and HJ Green, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 1991.

- Boucher, V. G., Parent, A. A., Miron, F. S. J., Leone, M., & Comtois, A. S. (2020). Comparison between power off-ice test and performance on-ice anaerobic testing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(12), 3498-3505.
- Burnley, M., & Jones, A. M. (2007). Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science*, 7(2), 63-79.
- Bracko, M. R. (2001). On-ice performance characteristics of elite and non-elite women's ice hockey players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 42-47.
- Bracko, MR and George, JD. (2001) Prediction of ice skating performance with office testing in women's ice hockey players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 116-122.
- Brocherie, F., Girard, O., & Millet, G. P. (2018). Updated analysis of changes in locomotor activities across periods in an international ice hockey game. *Biology of Sport*, 35(3), 261.
- Burr, J. F., Jamnik, R. K., Baker, J., Macpherson, A., Gledhill, N., & McGuire, E. J. (2008). Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1535-1543.
- Castagna, C., Bizzini, M., Póvoas, S. C. A., Schenk, K., Büsser, G., & D'Ottavio, S. (2019). Aerobic fitness in top-class soccer referees. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(11), 3098-3104.
- Cohen, J., Statistical power analysis for the behavioral sciences, (1988), 2 ed., Elsevier Ltd.
- Chidnok, W., Dimenna, F. J., Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Morton, R. H., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2012). Exercise tolerance in intermittent cycling: application of the critical power concept. *Med Sci Sports Exerc*, 44(5), 966-976.
- Czuba, M., Zając, A., Cholewa, J., Poprzącki, S., Waśkiewicz, Z., & Mikołajec, K. (2009). Lactate threshold (D-max method) and maximal lactate steady state in cyclists. *Journal of Human Kinetics*, 21(1), 49-56.

- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. C., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*, 28(03), 222-227.
- Gannon, E. A., Higham, D. G., Gardner, B. W., Nan, N., Zhao, J., & Bisson, L. J. (2021). Changes in Neuromuscular Status Across a Season of Professional Men's Ice Hockey. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(5), 1338-1344.
- Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint running performance monitoring: methodological and practical considerations. *Sports Medicine*, 46(5), 641-656.
- Hamilton, A. L., Nevill, M. E., Brooks, S., & Williams, C. (1991). Physiological responses to maximal intermittent exercise: Differences between endurance-trained runners and games players. *Journal of sports sciences*, 9(4), 371-382.
- Harris, R. C., Edwards, R. H. T., Hultman, E., Nordesjö, L. O., Nylind, B., & Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflügers Archiv*, 367(2), 137-142.
- 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.
- Heller, J., Vodicka, P., & Janek, M. (2019) Anaerobic performance in 30s Wingate test as one of the possible criteria for selection Czech hockey players into National Hockey League. *Physical Activity Review*, 7, 57–62
- Häkkinen, K., & Sinnemäki, P. (1990). Maximum oxygen uptake, anaerobic power and neuromuscular performance characteristics in bandy players of two different competitive levels. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(1), 67–73.
- Häkkinen, K., & Sinnemäki, P. (1991). Changes in physical fitness profile during competitive season in elite bandy players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(1), 37–43.

Ingebrigtsen, J., Dalen, T., Hjelde, G. H., Drust, B., & Wisløff, U. (2015). Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *European journal of sport science*, 15(2), 101-110.

Jones, A. M., Burnley, M., Black, M. I., Poole, D. C., & Vanhatalo, A. (2019). The maximal metabolic steady state: redefining the 'gold standard'. *Physiological reports*, 7(10), e14098.

Jones, A. M., & Vanhatalo, A. (2017). The 'critical power' concept: applications to sports performance with a focus on intermittent high-intensity exercise. *Sports Medicine*, 47(1), 65-78.

Mallo, J., Mena, E., Nevado, F., & Paredes, V. (2015). Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to a playing position using global positioning system technology. *Journal of human kinetics*, 47, 179.

McGuinness, A., Malone, S., Hughes, B., Collins, K., & Passmore, D. (2019). Physical activity and physiological profiles of elite international female field hockey players across the quarters of competitive match play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2513-2522.

Miura, A., Sato, H., Sato, H., Hipp, B. J., & Fukuba, Y. (2000). The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. *Ergonomics*, 43(1), 133-141.

Morin, J. B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3921-3930.

Morin, J. B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1680-1688.

- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International journal of sports physiology and performance*, 11(2), 267-272.
- Persson, E., Andersson, M., & Blomqvist, S. (2021). Differences in physical demands among offensive and defensive players in elite men bandy. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 92(4), 805-812.
- Pettitt, R. W., Jammick, N., & Clark, I. E. (2012). 3-min all-out exercise test for running. *International journal of sports medicine*, 33(06), 426-431
- Poole, D. C., Burnley, M., Vanhatalo, A., Rossiter, H. B., & Jones, A. M. (2016). Critical power: an important fatigue threshold in exercise physiology. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(11), 2320.
- Reed, A., Hansen, H., Cotton, C., Gauthier, R., Jette, M., Thoden, J., & Wenger, H. (1979). Development and validation of an on-ice hockey fitness test. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 4(4), 245.
- Sahlin, K. (2014). Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports medicine*, 44(2), 167-173.
- Scott, M. T., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1470-1490
- Stanula, A., Roczniok, R., Maszczyk, A., Pietraszewski, P., & Zając, A. (2014). The role of aerobic capacity in high-intensity intermittent efforts in ice-hockey. *Biology of Sport*, 31(3), 193.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156.

Timpka, T., Risto, O., & Lindqvist, K. (2002). Injuries in competitive youth bandy: an epidemiological study of a league season. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(6), 993-997.

Vanhatalo, A., Doust, J. H., & Burnley, M. (2007). Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(3), 548-555.

van Ingen Schenau, G. J. (1982). The influence of air friction in speed skating. *Journal of Biomechanics*, 15(6), 449-458.

Zajâc, A., Czuba, M., Poprzecki, S., Waśkiewicz, Z., Cholewa, J., Pilch, J., & Chycki, J. (2010). Effects of growth hormone therapy and physical exercise on anaerobic and aerobic power, body composition, lipoprotein profile in middle aged men. *Journal of Human Kinetics*, 25(2010), 67-76