

Sandra K. Viksjø

Benmineraltetthet hos norske manutøvere

Deskriptiv tverrsnittundersøkelse

Masteroppgave i
Seksjon for idrettsmedisinske fag
Norges idrettshøgskole, 2021

Forord

Denne oppgaven er en del av min mastergrad i idrettsfysioterapi. Jeg har hatt to lærerike år på Norges Idrettshøgskolen. Etter et år med undervisning i ulike fag, praksisperiode i idrettsfysioterapi, samt dette masterprosjektet har gjort meg til en bedre fysioterapeut. Jeg har lært veldig mye i løpet av perioden med masterprosjektet. Dette er et tema som er veldig relevant for fysioterapeuter, og som meg kommer til å ha god nytte av i praksis. Samtidig har jeg fått et godt innblikk på hvordan det er å forske, da jeg har tatt del i mange aspekter ved det større forskningsprosjektet på NIH om norske manutøvere.

Det siste året har vært spesielt på mange måter. Til tider har det vært veldig utfordrende og ensomt. Det har ikke alltid vært like lett å sitte hjemme alene med oppgaven, men støtte fra veiledere, familie og venner har hjulpet!

Jeg vil starte med å takke hele forskerteamet rundt dette prosjektet. Takk til Trine Stensrud, som har hjulpet til med alt fra oppstart av prosjektet til gjennomlesing av oppgaven. Jeg vil også takke veileder Julie Sørbø Stang, som virkelig var til god hjelp i starten og satte meg i gang med dette masterprosjektet etter at det opprinnelig masterprosjektet mitt ble avlyst på grunn av Covid-19. Ikke minst vil jeg rette en stor takk til veileder Oddbjørn Klomsten Andersen for god hjelp med oppgaven og oppmuntring underveis. Takk til venner og familie for støtten og forståelsen jeg har fått i denne prosessen.

Helt til slutt; takk til alle deltakere i prosjektet som ville stille opp for forskningen.

Sammendrag

Bakgrunn: Det er godt dokumentert at fysisk aktivitet (FA) øker benmineraltettheten. Den mekaniske belastning under FA fører til positive effekter på benhelsen. Selv om det er dokumentert at trening fører til økt benmineraltetthet (BMT), er det også evidens for at høyt treningsvolum kan ha en skadelig effekt på benhelsen. I tillegg er det demonstrert at ikke-vekbærende aktiviteter er assosiert med lav BMT. Det er fortsatt lite evidens for status på BMT hos triatleter, som er en idrett som både involverer løping, sykling og svømming, og således har vist et høyt treningsvolum. Ingen har så langt undersøkt status på BMT hos triatleter som konkurrer i den lengste distansen.

Formål: Primærformålet med denne studien var å undersøke forekomsten av lav BMT hos norske manutøvere. Sekundærformålet var å undersøke mulige risikofaktorer assosiert med lav BMT.

Metode: tjueen norske manutøvere, 6 kvinner og 15 menn ble inkludert i denne tverrsnittstudien. Det ble gjennomført DXA-målinger av de lumbale virvlene L1-L4, bilateralt proximale femur og total kropp. Videre ble det sendt ut et spørreskjema om treningskarakteristikk; treningsvolum, treningsvolum på løping, sykling og svømming, idrettshistorikk og antall år konkurrert i triatlon.

Resultat: Fire av 21 (19%) deltakere hadde lav BMT. To av deltakerne hadde lav BMT i L1-L4 i henhold til ACSM sine kriterier (Z -verdi ≤ -1.0). Videre var det to av deltakerne som hadde lav BMT i L1-L4 og proximale femur i henhold til WHO sine kriterier (T -verdi ≤ -1.0). Ingen av treningsvariablene eller de antropometriske parametrene var assosiert med lav BMT.

Konklusjon: Det mest utsatte område for lav BMT blant deltakerne var i L1-L4 og som kan tyde på et område med risiko for å utvikle osteoporose. Treningsvariablene og antropometriske parametre var ikke assosiert med lav BMT i denne studien. Videre forskning på et større utvalg bør gjennomføres for å få et klarere bilde på forekomsten av lav BMT hos norske manutøvere.

Forkortelser

American College of Sport Medicine	ACSM
Benmineraltetthet	BMT
Dual-energy X-ray absorptiometry	DXA
Energertilgjengelighet	EA
International Society of Clinical Densitometry	ISCD
Fysisk aktivitet	FA
Kroppsmasseindeks	KMI
Lav energertilgjengelighet	LEA
Low Energy Availability in Females Questionnaire	LEAF-Q
Low Energy Availabililty in Male Questionnaire	LEAM-Q
Microstrains	MS
Norges idrettshøgskole	NIH
Norseman Extreme Triathlon	NXTRI
International Olympic Committee	IOC
peripheral Quantitative computed tomography	pQCT
Quantitative computed tomography	QCT
Quantitative ultrasound	QUS
Relative Energy Deficiency in Sport	RED-S
The rapid assessment method	RAM
World Health Organization	WHO

Innhold

Forord	3
Sammendrag.....	4
Forkortelser.....	5
Innhold	6
1.0. Introduksjon	8
2.0. Formål med studien.....	9
2.2. <i>Problemstilling</i>	9
2.2. <i>Hypotese</i>	9
3.0. Teori.....	10
3.1. <i>Benanatomi</i>	10
3.2. <i>Benstyrke og BMT</i>	10
3.2.1. <i>Klassifisering av lav BMT og osteoporose</i>	11
3.3. <i>Modellering og remodellering av ben</i>	11
3.4. <i>Aktiviteten til osteoblaster og osteoklaster</i>	12
3.5. <i>Skjelettets adaptasjon til mekanisk belastning</i>	13
3.6. <i>Mekanotransduksjon</i>	15
3.7. <i>Faktorer som påvirker BMT hos idrettsutøvere</i>	16
3.7.1 <i>Ikke modifiserbare faktorer</i>	16
3.7.2. <i>Modifiserbare faktorer</i>	16
3.8. <i>Relativ Energy Deficiency in Sport</i>	21
3.8.1. <i>Måling av RED-S</i>	22
3.8. <i>Definisjon av lav BMT hos idrettsutøvere</i>	22
3.9. <i>Målemetoder for BMT</i>	23
3.9.1 <i>QUS</i>	23
3.9.2. <i>QCT/pQCT</i>	23
3.9.3. <i>DXA</i>	23
<i>Forekomst av lav BMT hos triatleter, løpere, syklister og svømmere 3.10.</i>	25
Triatleter 3.10.1.	25
Løpere 3.10.2.	25
Syklister 3.10.3.....	25
Svømmere 3.10.4.....	25
4.0. Metode	30
4.1. <i>Design</i>	30
4.2. <i>Utvalg</i>	30
4.3. <i>Testprosedyrer</i>	31
4.3.1. <i>Testdagen</i>	31
4.3.2. <i>Måling av treningskarakteristika</i>	32
4.3.3. <i>Måling av kroppssammensetning og BMT</i>	32

4.4. Statistikk	33
4.5. Etikk	33
4.6. Smittevern	34
5.0. Resultater	35
5.1. Antropometriske data av deltakerne	35
5.2. Deltakerkarakteristika på idrett og treningsvolum	36
5.3. Deltakerkarakteristika på idrettshistorikk og treningsvolum på løping, sykling og svømming	37
5.3. DXA-målinger	39
5.4. Assosiasjoner med lav BMT	40
6.0. Diskusjon	42
6.1. Forekomsten av lav BMT blant triatleter	42
6.2. Områdespesifikt lav BMT	42
6.2.1. BMT L1-L4	42
6.2.2. BMT proximale femur	43
6.3. Antropometriske parametre og lav BMT	45
6.5. Treningskarakteristika og BMT	45
6.6. Idrettshistorikk og BMT	46
6.7. Styrketrening	47
6.8. RED-S	47
6.9. Hormonelle forstyrrelser	48
6.10. Kalsium og D-vitamin	49
6.11. Metodiske styrker og svakheter	49
6.11.1. Utvalg	50
6.11.2 DXA-måling	51
6.11.3. Spørreskjema	51
6.11.4. Mulige konfunderende faktorer	52
4.11.5. Statistiske utfordringer	53
6.12. Praktisk betydning og forslag til videre forskning	54
7.0. Konklusjon	55
8.0. Kildehenvisning	56
Vedlegg	67

1.0. Introduksjon

Det er godt dokumentert at FA øker benmineraltettheten (Avila, Avila, Gonçalves, & Guerra Junior, 2019; McClanahan, Ward, et al., 2002). Den mekaniske belastningen som blir påført det belastede området på kroppen under FA fører til økt BMT og gir en positiv effekt på benhelsen (Avila et al., 2019). Selv om det er dokumentert at trening fører til sterkere skjelett, er det også evidens for at høyt treningsvolum kan ha en skadelig effekt på BMT (McClanahan, Ward, et al., 2002).

Triatlon er en av de mest tidskrevende utholdenhetsidrettene. Norseman Extreme Triathlon (NXTRI) regnes som en av de mest ekstreme triatlonkonkurransene, og er den lengste distansen av triatlon (Ironman-distanse). Idretten krever derfor mye mengdetrening i form av sykkel, løping og svømming. Triatlonutøvere er avhengig av en høy energitilførsel. I tillegg gjennomføres majoriteten av treningen og konkurransene som ikke-vektbærende trening (Andersen, Clarsen, Johansen, & Engebretsen, 2013). Tidligere forskning har rapportert at ikke-vektbærende idretter, som svømming og sykling er assosiert med lav BMT (Nagle & Brooks, 2011; Scofield & Hecht, 2012).

Triatlon er kategorisert som en vektsensitiv idrett, hvor lav vekt blir ansett som en prestasjonsfremmende faktor, og idrettsutøvere i vektsensitive idretter har en økt risiko for å utvikle lav BMT (Mountjoy et al., 2018). Når lav BMT har blitt undersøkt i sammenheng med lav energitilgjengelighet (LEA) og andre symptomer i forbindelse med «relative energy deficiency in sport» (RED-S), har det blitt rapportert en sterk sammenheng mellom energiunderskudd, hormonelle forandringer og lav BMT blant utholdenhetsutøvere (Melin et al., 2015; Nattiv et al., 2007; Tenforde, Fredericson, Sayres, Cutti, & Sainani, 2015).

Kombinasjonen av ikke-vektbærende trening og en høyt treningsvolum øker risikoen for suboptimal energibalanse, hormonelle forandringer og lav BMT blant utholdenhetsutøvere (Melin et al., 2015; Platen et al., 2001). De siste årene har den lengste triatlondistansen (Ironman) økt i popularitet, men det er fortsatt lite forskning på BMT blant triatleter, og ingen studier har så langt undersøkt forekomsten av lav BMT hos ironmanutøvere. Hensikten med denne studien er derfor å undersøke status på BMT blant norske utøvere.

2.0. Formål med studien

Primærformålet med denne studien er å undersøke forekomsten av lav BMT i de lumbale virvlene L1-L4, bilateralt proximale femur og total kropp blant deltakere i NXTRI. Lav BMT er klassifisert som en Z-verdi eller T-verdi ≤ -1 (Glaser & Kaplan, 1997; Nattiv et al., 2007). Sekundærformålet med studien er å undersøke om ulike treningskarakteristika og antropometriske variabler er assosiert med BMT.

2.2. Problemstilling

Er forekomsten av lav BMT høy blant norske manutøvere og eventuelt hvilke faktorer er med på å påvirke lav BMT blant disse utøverne?

2.2. Hypotese

H0: Forekomsten av lav BMT er lav blant norske manutøvere

H1: Forekomsten av lav BMT er høy blant norske manutøvere

3.0. Teori

3.1. Benanatomi

Det menneskelige skjelettet sørger for stabil støtte for kroppen under FA. Skjelettet består av 80% kortikale ben og 20% trabekulære ben (Datta, Ng, Walker, Tuck, & Varanasi, 2008). Kortikale ben er tette, solide og høyt organisert, ved at de er bygget opp som sirkler rundt kanaler. Disse kanalene er kalt for Havers' kanaler, som er blodåreførende kanaler. Havers' kanaler, strekker seg parallelt med benets lengderetning. Den strukturelle oppbygningen til kortikale ben fører til styrke under kompresjonskrefter (Datta et al., 2008). Trabekulære ben er mer svampeaktige og består av et nettverk av trabekulære plater som finnes innimellom benmargsrommet. På grunn av denne oppbygging har trabekulære ben god evne til motstå strekkrefter (Clarke, 2008; Lopes, Martins-Cruz, Oliveira, & Mano, 2018; Seeman & Delmas, 2006). Ben har både kortikale og trabekulære komponenter, og forskjellige ben på kroppen har ulik ratio mellom kortikale og trabekulære ben. Det finnes for eksempel større mengder av trabekulære ben enn kortikale ben i ryggvirvlene med en ratio på 75:25, mens i for eksempel femur er det større mengder av kortikale ben med en ratio på 50:50 (Clarke, 2008; Lopes et al., 2018).

Generelt er ben bygget opp av et ytre lag med kortikale ben som ligger over trabekulære ben. Kortikale ben har en ytre membran som blir kalt for periost, og et indre lag som blir kalt for endosteum (Datta et al., 2008). Kortikale ben er bygget opp av osteoner, som igjen består av kollagenfibre og kalsium, og utgjør en sterk og fast struktur. Mellom osteonene ligger det benceller som blir kalt for osteocytter (Lopes et al., 2018).

3.2. Benstyrke og BMT

Det er fire fysiske faktorer som er med på å bestemme benets styrke. Disse inkluderer: 1. benets materialeegenskap, hvor genetikk spiller en stor rolle, 2. mengden av ben, eller benmasse, 3. benstørrelse og form, samt benets fordeling av kompaktet og porøshet, og 4. mengden av mikroskader på benet. Benmassen (eller BMT) er den viktigste faktoren og utgjør 50-70% av benstyrken (Clarke, 2008). BMT blir regnet som den største prediktoren for osteoporotiske frakturer og kan ha en stor betydning for idrettsutøvers helse og skaderisiko (Herbert et al., 2019). BMT blir definert som forholdet mellom

masse og areal eller volum av benet, også kjent som areal (g/cm^2) eller volumetrisk (g/cm^3) BMT, avhengig av målemetoden som brukes (Herbert et al., 2019).

Hos både kvinner og menn øker BMT fra tidlig barndom og gjennom ungdomsårene og når en topp vanligvis i det tredje tiåret (Herbert et al., 2019). Maksimal benmasse er en funksjon av benstørrelse og volumetrisk BMT og representerer mengden av benvev som er til stede etter modning av skjelettet, noe som kan ha en betydning for risiko for osteoporose og osteopeni videre i livet (Herbert et al., 2019). Etter at maksimal benmasse er nådd, følges en langsom reduksjon i BMT med alderen. Hos kvinner forsterkes denne reduksjonen etter overgangsalderen (Herbert et al., 2019; Stewart & Hannan, 2000). Hvor stor reduksjonen i BMT er, spiller en viktig rolle for benhelsen og utvikling av ulike tilstander, som osteoporose. Reduksjon i BMT varierer mellom individer og mellom anatomiske områder på kroppen. Det er mulig å bremse reduksjon i BMT med forebyggende tiltak, som et relativt høyt fysisk aktivitetsnivå (Herbert et al., 2019).

3.2.1. Klassifisering av lav BMT og osteoporose

Osteoporose er en tilstand i skjelettet som er karakterisert med nedsatt BMT som reduserer den mekaniske styrken i ben og fører til en økt risiko for fraktur (Glaser & Kaplan, 1997). World Health Organization (WHO) har etablert diagnostiske kriterier for osteoporose som er basert på måling av BMT ved hjelp av dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) (Glaser & Kaplan, 1997). WHO klassifiserer osteoporose hvis en T-verdi av BMT er $\leq -2,5$ standardavvik fra gjennomsnittlig maksimal benmasse for unge normale mennesker (Singer, 2006). Osteopeni definerer BMT som ikke er normal, men heller ikke lav nok for å bli klassifisert som osteoporose. WHO definerer osteopeni med en T-verdi ≤ -1 til $-2,5$. Uttrykket «lav BMT» kan bli brukt istedenfor osteopeni (Karaguzel & Holick, 2010).

3.3. Modellering og remodelering av ben

Hvert ben i kroppen gjennomgår modellering og remodelering i løpet av livet. Benmodellering definerer først og fremst skjelettutvikling og vekst (Clarke, 2008; Langdahl, Ferrari, & Dempster, 2016). Ved benmodellering er benformasjon større enn benresorpsjon, noe som er tilfellet frem til maksimal benmasse er nådd. Benmodellering er prosessen der ben endrer sin generelle form og størrelse, noe som fører til en gradvis tilpassing av skjelettet til kreftene som det blir utsatt for (Clarke, 2008).

Benremodellering varer livet ut (Langdahl et al., 2016), og er prosessen der ben fornyes for å opprettholde benstyrken. Det er i de trabekulære ben hvor remodellering i hovedsak skjer (Datta et al., 2008). Ben kan endres i tetthet eller tykkelse under påvirkning av hormoner og belastning som blir påført benet. Belastning på benet påvirker aktiviteten til osteoblaster og osteoklaster, benceller som er tett sammenkoblet i benremodelleringsprosessen (Clarke, 2008). Homeostasen i benet avhenger av balanse mellom resorpsjon av ben av osteoklaster og dannelse av ben av osteoblaster (Chen et al., 2018). Remodellering av ben oppstår ved kontinuerlig fjerning av gammelt ben, som erstattes med nysyntetisert proteinholdig benmatrise og påfølgende mineralisering av matrisen for å danne nytt ben. Benmatrisen er bygget opp av kollagen og mineralisering av matrisen fører til mekanisk stivhet og styrke av benet under vektbæring. Remodelleringsprosessen innebærer altså å resorbere gammelt ben og danne nytt ben for å forhindre opphopning av mikroskadet ben (Clarke, 2008). En ubalanse mellom osteoblaster og osteoklaster kan føre til tap eller økning av benmasse (Herbert et al., 2019).

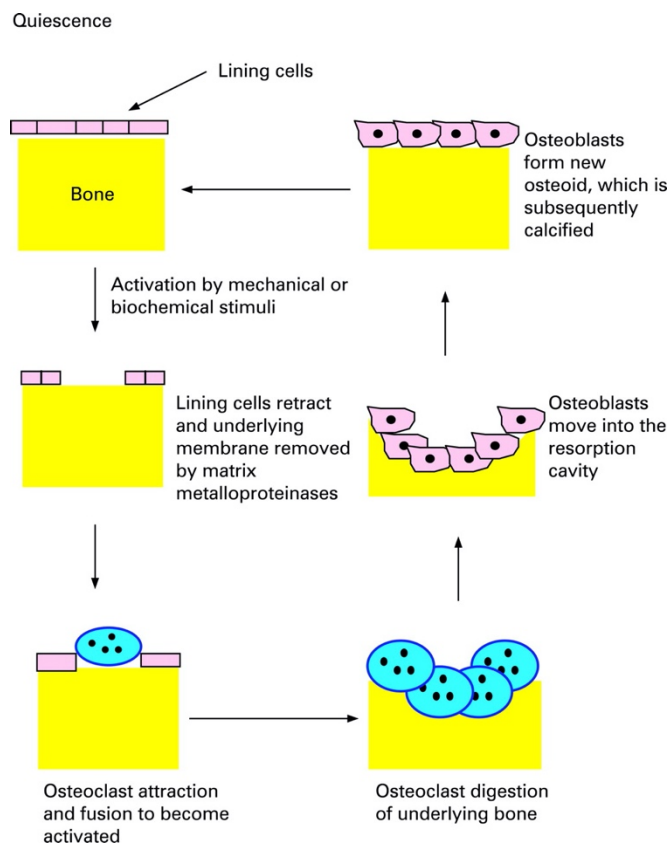
3.4. Aktiviteten til osteoblaster og osteoklaster

Stamceller i benet gir opphav til og vedlikeholder osteoblaster som syntetiserer ny benmatrise på bendannende overflater. Innenfor osteoblastene finnes det en subpopulasjon av celler som responderer forskjellig på varierende hormonelle og mekaniske signaler. Disse osteoblastene utskiller type 1 kollagen og andre matriseproteiner mot benformasjonsoverflaten (Clarke, 2008).

Osteoklaster er de eneste cellene som er i stand til å resorbere ben (Clarke, 2008). De stammer fra hematopoietiske stamceller og deler forløpere med makrofager (Matsuo & Irie, 2008). RANKL og makrofager er to cytokiner, hvor RANKL er kritiske for dannelse av osteoklaster. Makrofagene er nødvendig for spredning, overlevelse og differensiering av osteoklastforløpere, så vel som omorganisering av cytoskjelettet som kreves for resorpsjon av ben (Clarke, 2008).

Osteoklaster og osteoblaster kan kommunisere på tre forskjellige måter. 1) De kan ha direkte kontakt, 2) de kan danne en forbindelse mellom hverandre som tillater passering

av små vannløselige molekyler, eller 3) så kan kommunikasjonen skje gjennom diffusjon (Matsuo & Irie, 2008). Syklusen av remodelleringen går gjennom fire faser (figur 1): 1) Aktiveringsfasen, hvor rekruttering av osteoklaster oppstår; 2) resorpsjonsfasen som inneholder osteoklastdannelse og benresorpsjon som tar omtrent 2-4 uker; 3) reverseringsfasen, hvor osteoblaster blir rekruttert og reversering av ben oppstår. Monocytter og osteocytter blir frigjort fra matrisen og osteoblaster blir rekruttert for å starte ny bendannelse; 4) formasjonsfasen, hvor bendannelses begynner. Denne fasen tar omtrent 4-6 måneder å fullføre og skjer ved aktiviteten til osteoblaster som syntetiserer ny matrise og regulerer mineraliseringen av matrisen (Clarke, 2008; Datta et al., 2008; Langdahl et al., 2016).



Figur 1: Aktiviteten til osteoblaster og osteoklaster under remodelleringsprosessen. Fra *Journal of Clinical Pathology*, av H. K. Datta et al., 2008, (<http://doi.org/10.1136/jcp.2007.048868>). Copyright 2008 ved BMJ Publishing Group Ltd og the Association of Clinical Pathologists.

3.5. Skjelettets adaptasjon til mekanisk belastning

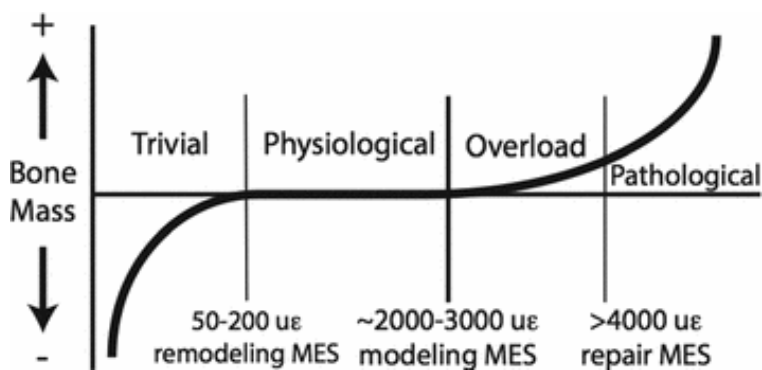
På 1800 tallet ble det foreslått av Julius Wolff at ben tilpasses og styrkes som en respons på mekanisk belastning, og enda viktigere at formen av benet er relatert til mekanisk belastning av et matematisk forhold (Ahn & Grodzinsky, 2009; Forwood &

Turner, 1995). Wolff's teori «The Law of Transformation of Bone» har blitt allment akseptert som grunnfundamentet for funksjonell adaptasjon av ben (Duda, Haas, & Bergmann, 2010). Midlertid er Wolff's teori om form og funksjon utarbeidet ut ifra et statistisk matematisk forhold mellom trabekulær arkitektur og stressbaner (Forwood & Turner, 1995). For eksempel mente han at den proksimale delen av femur adapterer til strekkrefter fra en horisontal linje og kompresjonskrefter fra vertikal linje som krysser. Wolff la vekt på at disse «linjene» måtte krysse i rett vinkel, siden det var et krav til det statiske forholdet (Hammer, 2015). Wolff mente ikke at det var et dynamisk samspill mellom benform og mekanisk stimuli, men at statiske belastninger skal bæres av en struktur. Wolff mente også at benvekst utelukkende skjedde ved interstitiell vekst, og avviste forestillingen om resorpsjon av ben (Forwood & Turner, 1995). Nyere teorier har forsøkt å beskrive det dynamiske forholdet mellom benformen og dens mekaniske omgivelser. Frosts mekanostatteori er unik blant disse på grunn av skille mellom prosessene modellering og remodelering av ben (Forwood & Turner, 1995).

I følge mekanostatteorien oppstår endringer i benmassen og benformen når balansen mellom deformasjon og benstyrken bli utfordret. Den nødvendige mekaniske styrken til et ben bestemmer masse og form, og ikke omvendt (Rauch & Schoenau, 2001). Osteocytter blir aktivert ved belastning av ben og stimulerer eller hemmer benremodellering ved lokale osteoblaster og osteoklaster (Ferretti, Cointy, Capozza, & Frost, 2003). Når belastning på benet overstiger en viss akseptabel grenseverdi fører det til tilpasninger i benmasse og form. Disse tilpasningene øker benstyrken, og den mekaniske belastningen går tilbake til akseptabelt nivå i forhold til benets styrke (Rauch & Schoenau, 2001).

Innenfor fire mekaniske belastningsterskler tilpasser ben seg ved forskjellige biologiske prosesser. Disse tersklene er bygget opp av grenseverdier for aktivering og de biologiske prosessene som ligger til grunn for endringene i benmassen. Grenseverdier er beskrevet som microstrains (MS), og all mekanisk belastning under terskel vil føre til bentap, mens når mekanisk belastning overstiger en spesifikk terskel fører det til remodelering (Figur 2). Belastning på 50-200 MS definerer den trivielle sonen og fører til tap av benmasse. Remodellering av ben oppnås når belastningen overstiger 200 MS og frem til 2000 MS. Denne sonen kalles for den fysiologiske sonen og opprettholder benstyrken (Forwood & Turner, 1995). Et eksempel på denne belastningssonen er

gåing, som har vist en belastning på tibia mellom 237 og 1250 MS (Al Nazer, Lanovaz, Kawalilak, Johnston, & Kontulainen, 2012). Løping har i studier blitt vist å både havne i den fysiologiske sonen og i neste sone som kalles for overbelastningssonen. Avhengig av intensiteten på løpingen kan belastningen på tibia variere mellom 417-2456 MS (Al Nazer et al., 2012). Ved belastninger fra 2000 – 4000 MS oppnås overbelastningssonen, og benet styrkes (Forwood & Turner, 1995). Denne sonen oppnås for eksempel under landing etter et hopp (Al Nazer et al., 2012). En belastning på over 4000 MS kan imidlertid føre til en ubalanse mellom skade og reparasjon ved at mikroskader på benet skjer hyppigere enn reparasjonsfasen og øker risikoen for stressfrakturer. Denne sonen kalles for den patologiske sonen (Forwood & Turner, 1995), og oppnås for eksempel også ved hopping (Al Nazer et al., 2012).



Figur 2: Mekanisk belastning i de forskjellige sonene definert av Frost's mekanostatteori. Fra Bone, av M.R. Forwood og C.H. Turner, 1995, Elsevier, ([http://doi.org/10.1016/8756-3282\(95\)00292-L](http://doi.org/10.1016/8756-3282(95)00292-L)). Copyright 1995 ved Elsevier Science Inc.

3.6. Mekanotransduksjon

Hvordan bencellene responderer på mekanisk belastning blir kalt for mekanotransduksjon. Mekanotransduksjonen fullføres gjennom fire steg; mekanisk kobling, biokjemisk kobling, signaloverføring og cellerespons. Mekanisk kobling oppstår når benet blir belastet og forårsaker stress på benet. Det blir antatt at osteocytter fungerer som sensorer lokalt på det belastede området. Osteocytterne deformeres i samme grad som benvevet og ekstracellulær væske strømmer over osteocytterne. Den biokjemiske koblingen referer til de mulige signalveiene og molekylene som er ansvarlig for å overføre mekanisk belastning til biokjemiske signaler. Signaloverføringen skjer i osteoblaster hvor osteocytter og benceller er sammenkoblet med hverandre og responderer på mekanisk belastningsstimuli. Disse cellene fungerer som sensorer av mekanisk stimulering, men siden ingen av disse cellene kan aktivt

danne eller resorbere ben, må det videre signaliseres til effektorceller før endringer i benstrukturen kan bli satt i gang. Effektor cellerespons er det siste steget hvor osteoblaster og osteoklaster responderer og remodellering kan starte (Turner & Pavalko, 1998).

3.7. Faktorer som påvirker BMT hos idrettsutøvere

Flere faktorer påvirker benhelsen, og inkluderer både modifiserbare og ikke modifiserbare faktorer.

3.7.1 Ikke modifiserbare faktorer

Etnisitet, alder og kjønn er faktorer som har betydning for BMT (Tudor-Locke & McColl, 2000), men som ikke er påvirkbare. Forskjellene i BMT i henhold til etnisitet kan bli forklart av ulik oppnåelse av maksimal benmasse og ulikheter i bengeometri (Klibanski et al., 2001). Både kvinner og menn opplever aldersbetinget reduksjon i BMT. Kvinner opplever raskere tap av benmasse etter overgangsalderen på grunn av nedsatt østrogennivå (Klibanski et al., 2001).

3.7.2. Modifiserbare faktorer

Miljømessige og atferdsmessige faktorer kan påvirke benhelsen. Det er derfor viktig for idrettsutøvere å ta hensyn til disse faktorene for at benstyrken skal opprettholdes. De atferdsmessige og miljømessige faktorene hos en idrettsutøvere som påvirker benhelsen inkluderer forskjellige belastningstyper under trening, næring, endokrine faktorer og menstruelle faktorer hos kvinner (Mountjoy et al., 2018; Tenforde, Barrack, Nattiv, & Fredericson, 2016)

3.7.2.1. Trening

Både type trening og idrett, samt tidligere idrettshistorikk spiller en rolle for BMT hos idrettsutøvere. I henhold til tidligere idrettshistorikk; oppnås den maksimale benmassen hos et mennesket gjerne i det tredje tiår, og er en viktig faktor for utvikling av osteoporose senere i livet (Kohrt, Bloomfield, Little, Nelson, & Yingling, 2004). Det har blitt demonstrert at FA i ungdomsårene (8-15 år) før maksimal benmasse er nådd fører til positiv effekt på skjelettet videre til ung voksen (23-30 år) (Baxter-Jones, Kontulainen, Faulkner, & Bailey, 2008).

Ulike former for trening fører til forskjellige mekaniske effekter. De største belastningene på ben kommer av de store muskelgruppene som kan jobbe mot flere ganger kroppsvekt (Stewart & Hannan, 2000). Idrettsutøvere har en tendens til å ha høyere BMT enn individer som ikke driver med idrett (Chilibeck, Sale, & Webber, 1995; Herbert et al., 2019). Det er uansett stor variasjon i den mekaniske belastningen mellom idretter, og BMT'en til idrettsutøvere kan variere på grunn av at ulike idretter krever ulik mekanisk belastning (Herbert et al., 2019). For eksempel så kan tennisspillere ha opptil 20% forskjell i BMT mellom dominant og ikke dominant arm (Calbet, Moysi, Dorado, & Rodríguez, 1998; McClanahan, Harmon-Clayton, et al., 2002). Utholdehetsløpere har en tendens til å ha lavere BMT sammenlignet med utøver innen idretter hvor kreftene som blir påført bena er mer varierende i størrelse og retning, men høyere BMT enn utøvere av ikke-vektbærende utholdenhetsidretter som svømming og sykling (Scofield & Hecht, 2012).

I tillegg til den mekaniske belastningen, er det viktig for en utøver å trene styrke. Forskning indikerer at tap av muskelmasse er assosiert med tap av benmasse og voksne som ikke gjennomfører styrketrening kan oppleve 1% til 3% reduksjon i BMT hvert år (Westcott, 2012). Det er har blitt rapportert at styrketrening ukentlig er positivt assosiert med BMT hos syklister (Mathis & Caputo, 2018). Det samme har blitt demonstrert hos mannlige løpere (Duplanty et al., 2018).

3.7.2.2. KMI og mager masse

En viktig faktor som har en sammenheng med BMT er kroppsmasseindeks (KMI), og lav KMI er en risikofaktor for osteoporotiske frakturer og lav BMT (Johansson et al., 2014; Tenforde et al., 2015). En metaanalyse som inkluderte 60 000 menn og kvinner viste at en KMI < 20 kg/m² førte til en høyere risiko for hoftefrakturer enn en KMI > 25 kg/m². De viste at en nedgang i KMI fra 25 kg/m² til 20 kg/m² medførte dobbel risiko for hoftefrakturer hos både kvinner og menn (RR=1,95;95%CI, 1,71-2,22) (De Laet et al., 2005). Høyere KMI fører til større mekanisk belastning på det belastede område på kroppen, og idrettsutøvere med høyere KMI har en høyere BMT (Platen et al., 2001). Videre er forholdet mellom mager masse og BMT tydelig og indikerer at BMT er

positivt assosiert med mager masse. Sammenhengen mellom fettmasse og BMT er derimot ikke helt klart (Platen et al., 2001; Specker, Wey, & Smith, 2010).

3.7.2.3. Kalsium og D-vitamin

Kosthold spiller en rolle for skjeletthelsen gjennom hele livet (Sale & Elliott-Sale, 2019). Regelmessig, intens fysisk trening kan øke idrettsutøvernes behov for vitaminer og mineraler over standardanbefalingene på grunn av en rekke faktorer. Disse faktorene er blant annet økt svettetap, tap av urin og avføring, og økt behov knyttet til vedlikehold og reparasjon av vev (Kunstel, 2005).

Blant annet er D-vitamin viktig for skjelettvekst, BMT og remodellering (Goolsby & Boniquit, 2017). Det er anbefalt et inntak på 400-600 IU (10-15 mikrogram (μg)) daglig for voksne kvinner og menn (Ogan & Pritchett, 2013). For en idrettsutøver som er i underskudd på D-vitamin kan det være en økt risiko for stressfraktur og andre muskelskader. Kilder til D-vitamin kommer gjennom fisk, melkeprodukter og egg, men inntaket av D-vitamin gjennom kosten utgjør bare en liten del av hva en idrettsutøver trenger av total D-vitamin. Den største kilden til D-vitamin kommer gjennom UV-strålinger til huden, og opptaket av D-vitamin er påvirket av alder, sesong, geografisk lokasjon og hudpigmenter (Goolsby & Boniquit, 2017). Rollen til D-vitamin i kroppen oppstår gjennom to veier; endokrine og autokrine mekanismer (de la Puente Yagüe, Collado Yurrita, Ciudad Cabañas, & Cuadrado Cenzual, 2020). Den endokrine mekanismen er den mest undersøkte og denne mekanismen fungerer ved å øke absorpsjon av kalsium og aktivitet av osteoklaster. Ved lave nivåer av vitamin-D øker parathyoideahormon (PTH) benresorpsjonen for å møte kroppens behov for kalsium. Dette fører til en økning av benmetabolismen og dermed en økt risiko for stressfrakturer (de la Puente Yagüe et al., 2020).

En forstyrrelse av homeostasen av kalsium under trening kan potensielt føre til bentap (Barry et al., 2011). Langvarig og hyppig svetting under trening kan føre til tap av kalsium, og fordi svette er avledet fra plasma kan svettetap under trening utløse en nedgang i serumionisert kalsium og dermed medføre en økning i PTH, som er en stimulator til benresorpsjon (Barry et al., 2011). Når konsentrasjonene av kalsium i plasma faller, stimulerer PTH til benresorpsjon og frigjør kalsium ut i blodet (Clarkson & Haymes, 1995). Rundt 99% av kalsiumet i kroppen finnes i skjelettsystemet

(Williams, 2005) og den største kilden til kalsium er via matinntaket (Kunstel, 2005). En voksen med normalt variert kosthold opprettholder som regel likevekten av kalsium i kroppen (Lanham-New, 2008). For voksne mellom 19 år og 50 år anbefales et daglig inntak av kalsium på omtrent 800 mg (Institute of Medicine, 2011). For idrettsutøvere er det anbefalt et inntak på 1000 mg daglig og for utøvere som lider av menstruasjonsforstyrrelser er det anbefalt å legge til 500 mg om dagen (Deldicque & Francaux, 2015).

3.7.2.3.1. Måling av kalsium og D-vitamin

Måling av kalsium i blodet er vanskelig siden konsentrasjonen av kalsium i serum normalt holdes innenfor smale grenser (Goltzman, 2000). På grunn av dette er et spørreskjema den beste metoden for å måle status på kalsium. For å måle inntak av kalsium hos idrettsutøvere, har det ofte blitt brukt spørreskjemaet «The rapid assessment method» (RAM). RAM er en sjekklister for de store matkildene som inneholder kalsium (Ward et al., 2004). Dog mangler RAM målinger på supplerende energibarer og lignende som en idrettsutøver typisk får i seg i løpet av en dag (Henry & Almstedt, 2009). Det er derfor blitt anbefalt å bruke en modifisert versjon av RAM, som inkludere spørsmål om supplerende energiinntak i løpet av en dag (Henry & Almstedt, 2009). Det modifiserte RAM spørreskjemaet har blitt validert hos idrettsutøvere med en intraklasse-korrelasjon koeffisient (ICC) mellom 0.63 og 0.77 (Henry & Almstedt, 2009). Måling på status av D-vitamin blir gjort ved å måle 25-hydroxvitamin D (25(OH)D) i blodet (Holick, 2009). På grunn av at den største kilden til D-vitamin er via solen, er et spørreskjema om mat- og næringsinntak dårlige prediktorer for status på D-vitamin.

3.7.2.4. Lav energitilgjengelighet

En uoverensstemmelse mellom næringsinntak og energiforbruk under trening kan føre til utilstrekkelig energi til å støtte funksjoner som kreves for å vedlikeholde helse og prestasjon hos en idrettsutøver. Dette konseptet blir kalt for «low energy availability» (LEA) eller «lav energitilgjengelighet» på norsk. Lav BMT og LEA er et kjent problem innenfor utholdenhetsidretter (Cosca & Navazio, 2007; Mountjoy et al., 2018), og det er dokumentert at LEA bidrar til nedsatt benhelse hos idrettsutøvere (Mountjoy et al., 2018). Melin et al. (2015) rapporterte at 45% (n=18) av deltakerne (n=40) i studien deres hadde nedsatt benhelse. Deltakerne besto av kvinner innenfor

utholdenhetsidretter. Disse funnene kan samsvare med at det også ble rapportert at 17 av deltakerne hadde redusert energitilgjengelighet og 8 av deltakerne hadde LEA (Melin et al., 2015).

3.7.2.5. Hormonelle forstyrrelser

Effekten av LEA hos kvinnelige idrettsutøvere har blitt godt dokumentert (Nattiv et al., 2007). Det kan føre til menstruasjonsforstyrrelser eller fravær av menstruasjon, som blir kalt for amenorrhea. Det er demonstrert at kvinnelig idrettsutøvere med amenorrhea har lavere BMT enn kvinnelige idrettsutøvere med normal menstruasjon (Mountjoy et al., 2018).

Som et resultat av LEA kan endokrine funksjoner hos kvinner og menn bli påvirket. Østrogen finnes hos begge kjønn, men det er en høyere konsentrasjon hos kvinner. Mangel på østrogen kan føre til økt tap av kalsium i urin og nedsatt absorpsjon av kalsium. Begge disse prosessene nedsetter tilgjengeligheten av kalsium i blodet under benformasjon (Voss, Fadale, & Hulstyn, 1998). Hos kvinnelige idrettsutøvere kan LEA også føre til endringer i skjoldbruskkjertelen hvor produksjon av PTH foregår (Mountjoy et al., 2018). PTH regulerer kalsiumnivået i blodet. Det er demonstrert at det skjer en økning i PTH etter 3 uker med intensiv trening hos kvinnelig idrettsutøvere, noe som kan føre til negativ effekt på BMT (Takada, Washino, Hanai, & Iwata, 1998).

Det er fortsatt betydelig mer kunnskap om hormonelle forstyrrelser hos kvinnelig idrettsutøvere enn hos mannlige idrettsutøvere, men nedsatt testosteron og andre hormoner relatert til idrettsdeltakelse kan føre til lavere BMT hos menn (Mountjoy et al., 2018). Langvarig testosteronmangel hos menn er assosiert med redusert benmasse (Voss et al., 1998). Mannlige utholdenhetsutøvere har vist en reduksjon i testosteronnivå (Mountjoy et al., 2018; Tenforde et al., 2016), noe som kan føre til nedsatt BMT. Dette kan sammenlignes med kvinnelig menstruell dysfunksjon som kan føre til prematur osteoporose (Voss et al., 1998).

Produksjonen av testosteron er regulert av hypotalamus som involverer forskjellige hormoner og testosteronproduksjonen kan bli påvirket av LEA på kort og lang sikt (Hackney, 2020). En annen årsak til lavt testosteronnivå hos mannlige idrettsutøvere kan være forstyrrelse i testosteronproduksjonen på grunn av hemmende faktorer som

påvirkes av trening (Hackney, 2020). For eksempel er det blitt demonstrert en korttidseffekt av treningsindusert økning av kortisol (Urhausen & Kindermann, 1987), og en akutt økning i kortisol er assosiert med redusert nivå av testosteron (Hackney, 2020). Testosteron reduserer nedbrytningen av skjelettmuskulaturen under utholdenhetstrening, men i perioder med langvarig aktivitet undertrykkes utskillelsen av testosteron. Testosteronnivået kan synke med 25% innen 48 timer etter anstrengende trening, men vil gå tilbake til normalt etter en periode med hvile. Utholdenhetstrening kan også hemme reproduksjonen hos menn, men effekten er mindre åpenbar enn hos kvinner (Voss et al., 1998).

3.8. Relativ Energy Deficiency in Sport

I 2005 under International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement ble den kvinnelige utøvertriaden definert som kombinasjonen av forstyrret spiseatferd og uregelmessig menstruasjon som etter hvert fører til reduksjon i østrogen og andre hormoner, noe som kan resulterer til nedsatt BMT (Mountjoy et al., 2014). I 2007 redefinerte American College of Sport Medicine (ACSM) «triaden» som en klinisk enhet, som refererer til forholdet mellom tre komponenter; energitilgjengelighet (EA), menstruasjonsfunksjon og benhelse. Dette konseptet strekker seg fra den sunne idrettsutøver med optimal EA, vanlig menstruasjon og sunne ben til en motsatt enden av spekteret preget av amenorrhea, LEA og osteoporose (Mountjoy et al., 2014). Siden 2007 har forskning og klinisk erfaring vist at det som ligger til grunn for triaden er energimangel relatert til balansen mellom næringsinntak og energiforbruk. Det har også blitt tydeliggjort at dette fenomenet ikke er en triade av tre enheter, men heller et syndrom. Dette syndromet kommer av relativ energimangel som påvirker aspekter av fysiologisk funksjon (Mountjoy et al., 2018). Relativ Energy Deficiency in Sport (RED-S) er en videreutvikling av den kvinnelige utøvertriaden, som også inkluderer menn (Mountjoy et al., 2018). Oppdagelse av LEA hos menn spilte en rolle i utviklingen av konseptet RED-S (Burke et al., 2018).

LEA kan være forårsaket bevisst på grunn av slanking og/eller forstyrret spiseatferd, eller så kan det komme av mangel på kunnskap om mengde og type næring som trengs for å støtte treningen hos en utøveren (Tenforde et al., 2016). Nok næring er en

nøkkelfaktor i idretten for å fremme benhelse og forebygging av skader (Tenforde, Parziale, Popp, & Ackerman, 2018).

3.8.1. Måling av RED-S

Tidlig oppdagelse av en utøver som er i risiko for å utvikle LEA er viktig for å unngå langvarige helsekonsekvenser (Mountjoy et al., 2018). Det har blitt utviklet spørreskjemaer for å fange opp idrettsutøvere, men disse har ikke blitt validert i følge kriterier for å oppnå spiseforstyrrelser eller forstyrret spiseatferd (Mountjoy et al., 2018). Det har blitt vist at et klinisk intervju i tillegg til et spørreskjema er den beste måten å fange opp spiseforstyrrelser eller forstyrret spiseatferd hos idrettsutøvere (Martinsen & Sundgot-Borgen, 2013).

Forekomsten av LEA har blitt rapportert å være høy hos utøvere innen enkelte idretter, selv uten tilstedeværelse av spiseforstyrrelse eller forstyrret spiseatferd (Mountjoy et al., 2018). Dermed har det blitt utviklet og validert et spørreskjema (LEAF-Q) for kvinner under 39 år, som inneholder spørsmål angående fysiologiske symptomer koblet til energiunderskudd hos idrettsutøvere (Melin et al., 2014). Dette spørreskjemaet muliggjør tidlig oppdagelse hos aktive kvinner som er i risiko for LEA ved å evaluere tilstedeværelse av symptomer som er assosiert med LEA (Logue et al., 2020). LEA hos mannlige syklistene har blitt undersøkt ved bruk av ikke validerte verktøy, som idrettsspesifikke spørreskjemaer og klinisk intervju. Et spørreskjema for mannlige utøvere som er likt LEAF-Q er nødvendig, og er for tiden under utvikling (LEAM-Q) (Logue et al., 2020).

3.8. Definisjon av lav BMT hos idrettsutøvere

Idrettsutøvere i vektbærende idretter har vanligvis 5-15% høyere BMT enn vanlige individer, dermed er det viktig å finne en passende definisjon av lav BMT blant idrettsutøvere (Nattiv et al., 2007). Det har blitt foreslått av The International Society of Clinical Densitometry (ISCD) å basere klassifisering av BMT på Z-verdier for å sammenligne alder- og kjønnsforskjeller. En Z-verdi står for antall standardavvik fra gjennomsnittet av pasientens alder, kjønn og etnisitet (Afzelius, Garding, & Molsted, 2017). ISCD definerer lav BMT med en Z-verdi ≤ -2 (Tenforde et al., 2016). ACSM definerer lav BMT som historikk på næringsmangel, hypoøstrogenisme, tidligere

tretthetsbrudd, og/eller andre sekundære risikofaktorer for brudd, sammen med en BMT Z-verdi ≤ -1.0 (Nattiv et al., 2007; Scofield & Hecht, 2012). Videre blir osteoporose definert som sekundær klinisk risikofaktor for fraktur med en BMT Z-verdi ≤ -2 (Nattiv et al., 2007).

3.9. Målemetoder for BMT

Det finnes ulike kvantitative verktøy for å kartlegge BMT, som inkluderer blant annet Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), quantitative ultrasound (QUS) og peripheral quantitative computed tomography (pQCT) / quantitative computed tomography (QCT) (Njeh, Fuerst, Hans, Blake, & Genant, 1999).

3.9.1 QUS

QUS har blitt vurdert til å være et valid, trygt, lett å bruke, flyttbart og kostnadseffektivt verktøy for å måle BMT (Torres-Costoso et al., 2018). QUS er billigere enn DXA og gir ingen stråling. I motsetning til DXA gir QUS verdifull informasjon om strukturelle egenskaper av vevet på det målte områdene (Torres-Costoso et al., 2018). QUS er imidlertid ikke validert for å diagnostisere osteoporose og blir i hovedsak brukt til perifere steder på kroppen istedenfor ryggraden og den proximale delen av femur som er som er de mest verdifulle stedene for diagnostisering av osteoporose (Pisani et al., 2013).

3.9.2. QCT/pQCT

QCT og pQCT er i stand til å evaluere tredimensjonal volumetrisk BMT av trabekulære og kortikale ben i ryggraden og det perifere skjelettet (Di Iorgi, Maruca, Patti, & Mora, 2018). Validiteten av QCT for målinger av ryggraden er allment akseptert. På grunn av at de fleste målingene med QCT blir utført med CT skannere, blir testpersoner utsatt for en høy dose av stråling mot skjelettet (Di Iorgi et al., 2018).

pQCT har lav strålingsdose, men er bare i stand til å måle perifere ben i kroppen. Videre mangler det referansedata ved bruk av denne metoden (Di Iorgi et al., 2018).

3.9.3. DXA

DXA er «gullstandarden», og er et validert verktøy for måling av BMT, diagnostisering av osteoporose, samt overvåking av endringer i BMT over tid (Morgan & Prater, 2017;

Qutbi et al., 2020). Dette er på grunn av dens reproduserbarhet, store mengder normative data, ikke-invasive metode, kort prosedyretid og minimal eksponering av stråling (Afzelius et al., 2017). DXA har vist høy intrarater-reliabilitet (ICC:0.98) og interrater-reliabilitet (ICC:0.97) (Bakkum et al., 2014). På grunn av lav dose av strålinger gjør det DXA anvendbar i praksis (Afzelius et al., 2017). DXA er et tilgjengelig instrument rundt om i verden, og de fleste studiene som rapporterer sammenheng mellom risiko for frakturer og BMT bruker DXA (Qutbi et al., 2020). Selv om DXA finnes over hele verden er det et utstyr som er begrenset til bruk i laboratorier, da de ikke er bærbare. Dermed er utstyret mindre tilgjengelig enn QUS og QCT for den generelle befolkningen (Qutbi et al., 2020).

Det er viktig å være klar over de tekniske begrensningene som foreligger ved bruk DXA (Krugh & Langaker, 2021). Målefeil med DXA kan oppstå ved posisjonering av person, dataanalyse, gjenstander med metall på kroppen og strukturelle endringer i kroppen. Artrose i for eksempel korsrygg eller hofter kan gi en økning av BMT på grunn av forkalkning. Feil posisjonering av personen som skal måles kan ha konsekvenser for de målte områdene på kroppen, som for eksempel for mye intern eller ekstern rotasjon i hoftelrådet. Gjenstander som smykker, BH-spille, kirurgiske gjenstander og protese kan føre til en overestimert av BMT hvis gjenstandene ligger i det område av kroppen som blir målt (Krugh & Langaker, 2021).

Ved en DXA måling kommer det frem både T-verdier, Z-verdier og absolutte verdier uttrykt som g/cm^2 . Ut i fra T- og Z-verdiene defineres BMT, som strekker seg fra høy BMT til osteoporose (Afzelius et al., 2017). DXA har blant annet blitt brukt i studier som undersøker BMT hos utøvere fra forskjellige idretter (Bellver, Del Rio, Jovell, Drobnic, & Trilla, 2019; McCormack, Shoepe, LaBrie, & Almstedt, 2019).

Forekomst av lav BMT hos triatleter, løpere, syklister og svømmere 3.10.

Triatleter 3.10.1.

Tidligere forskning på BMT hos 15 kvinnelige triatleter rapporterte en normal BMT i L2-L4 og totale venstre hofte. Imidlertid ble det rapportert at 60% av deltakerne var i energiunderskudd og 40% hadde amenorrhea (Hoch, Stavrakos, & Schimke, 2007). Det er rapportert i en studie at triatleter hadde lavere BMT i L2-L4 og proximale femur enn idrettsutøvere fra ballsport eller kampsport (Platen et al., 2001).

Løpere 3.10.2.

To studier har rapportert at løpere styrket eller oppretthold BMT'en i proximale femur, L2-L4 eller total kropp over flere år med oppfølging (Alonso et al., 2019; Hind, Zanker, & Truscott, 2011). Det har blitt rapportert i 3 andre studier en høy forekomst av lav BMT i L1-L4 hos kvinnelige og mannlige løpere. I proximale femur eller hoften ble det imidlertid rapportert lav eller ingen forekomst av lav BMT (Fredericson et al., 2007; Hind, Truscott, & Evans, 2006; Pollock et al., 2010).

Syklister 3.10.3.

I to systematiske oversiktsartikler har det blitt rapportert at syklister er i risiko for lav BMT (Abrahin et al., 2016; Nagle & Brooks, 2011). Det er vist en høy forekomst av lav BMT i L1-4 og proximale femur hos syklister (Klomsten Andersen, Clarsen, Garthe, Mørland, & Stensrud, 2018; Viner, Harris, Berning, & Meyer, 2015). Det har samtidig blitt demonstrert signifikant lavere BMT hos syklister enn løpere (Klomsten Andersen et al., 2018; R. S. Rector, Rogers, Ruebel, & Hinton, 2008; Stewart & Hannan, 2000). En prospektiv studie har demonstrert en økning av forekomsten av lav BMT etter 7 år hos syklister (Nichols & Rauh, 2011).

Svømmere 3.10.4.

Blant svømmere har det blitt rapportert en høy forekomst av lav BMT, også sammenlignet med andre idretter og utholdenhetsidretter (Abrahin et al., 2016; Carbuhn, Fernandez, Bragg, Green, & Crouse, 2010; Dias Quiterio, Carnero, Baptista, & Sardinha, 2011)

Tabell 1: Oversikt over tidligere studier som har undersøkt forekomst av lav BMT hos triatleter, løpere, syklister og svømmere

Studie	Utvalg	Metode	Resultat
Platen et al. (2001)	Mannlige løpere, syklister, triatleter, kampsportutøvere, Ballsportutøvere og utrente kontroller (n=173)	DXA BMT målt i L2-L4 og proximale femur oppgitt i absolutte verdier (g/cm ²)	L2-L4: Signifikant lavere BMT hos triatleter, løpere og syklister enn de andre idrettsutøverne Proximale femur: Signifikant lavere BMT hos triatleter og syklister enn de andre idrettsutøvere fra kampsport og ballsport
Hoch et al. (2007)	Kvinnelige triatleter (n=15)	Tverrsnittstudie DXA BMT målt i L2-L4 og totale venstre hofte oppgitt i Z-verdi og T-verdi	L2-L4: Z-verdi på 0.8 og T-verdi på 0.7 Hofte: Z-verdi på 0.8 og T-verdi på 0.7
Hind et al. (2011)	Kvinnelige distanseløpere på elitenivå (n=23)	Oppfølgingsstudie (5 år) DXA BMT målt i L2-L4, proximale femur og total kropp oppgitt i Z-verdi	L2-L4: baseline, Z-verdi: -1.1 ± 0.9 ; follow-up, Z-verdi: -0.7 ± 0.7 ; P = 0.04 Proximale femur: Ingen endring Total kropp: baseline, Z-verdi: $1.14 + 0.06$; follow-up, Z-verdi: $1.17 + 0.06$; P < 0.05

Alonso et al. 2(019)	Eldre langdistanse løpere (n=11)	Oppfølgingsstudie (6 år) DXA BMT målt i total kropp i absolutte verdier (g/cm ²)	Ingen endring i BMT etter 6 år oppfølging
Hind et al. (2006)	Utholdenhetsløpere kvinner (n=65) Menn (n=44)	Tverrsnittstudie DXA BMT målt i L2-L4 og totale hoften og proximale femur oppgitt i T-verdi	L2-L4: 16 menn og 27 kvinner hadde lav BMT (T-verdi: <-1.0) Hofte: 3 menn og 2 kvinner hadde lav BMT (T-verdi: <- 1.0)
Pollock et al. (2010)	Kvinnelige utholdenhetsløpere på elitenivå (n=44)	Tverrsnittstudie DXA BMT målt i L2-L4, proximale femur og total oppgitt i Z-verdi	L2-L4: Z-verdi: <-1: 34,2% (n=14) Z-verdi <-2: (n=3) Proximale femur: Z-verdi: <-1: 13,8% (n=4) Total: Z-verdi: <-1: 4,9% (n=2)
Fredericson et al. (2007)	Mannlige løpere (n=15) fotballspillere (n=15) kontrollgruppe (n=15)	Tverrsnittstudie DEXA BMT målt i L1-L4, total høyre hofte og høyre legg oppgitt i T- verdi	L1-L4: T-verdi for fotballspillere 0.69 (1.08), løpere -0.87 (0.85) (P<0.05) 40% av løperne hadde lav BMT Hofte og legg: Normal BMT i hofte og legg for begge idretter

Abrahin et al. (2016)	Syklister: 10 studier Svømmere: 19 studier	Systematisk oversiktsartikkel	Sykling: Assosiasjon mellom profesjonell sykling og verdier av lav BMT. Svømming: Studiene viste at svømming ikke har en positiv effekt på BMT
Nagle og Brooks (2011)	Syklister fra 11 tverrsnittstudier og 2 prospektive studier	Systematisk oversiktsartikkel DXA BMT målt i de lumbale virvlene, proximale femur eller totale hoften oppgitt i T-verdi / Z-verdi	Prospektive studiene: Verdier av BMT i hoften og lumbale de virvlene ble lavere etter 12-18 måneder oppfølging Tverrsnittstudiene: Assosiasjon mellom sykklister og lav BMT
Nichols og Rauh (2011)	Mannlige sykklister (n=27) (alder: 40-60 år) på konkurransenivå, 24 mannlige aktive kontrollere	Oppfølgingsstudie 7 år DXA BMT målt i L1-L4, proksimale på femur og total kropp oppgitt i T-verdi	Baseline: Flere sykklister enn kontrollere med osteoporose eller lav BMT (84,2% vs. 50,0%, p=0.026) Follow-up: (89,5% vs. 61,1%, p=0.034)
(Klomsten Andersen et al., 2018) Klomsten Andersen et al. (2018)	Løpere (n=21) og sykklister (n=19)	Tverrsnittstudie DXA BMT målt i L2-L4, proximale femur og total kropp oppgitt i Z-verdi	Syklistene hadde lavere BMT på alle målte områder (p=<0.05). 53% av syklistene hadde lav BMT
Stewart og Hannan (2000)	Mannlige løpere (n=12), sykklister (n=14), sykklister og løpere (n=13) og ikke aktive kontrollere (n=23)	Tverrsnittstudie DXA BMT målt i L1-L4 og total kropp	L1-L4 og total kropp: Sykklister hadde lavere BMT enn løpere og de som både drev med løping og sykling (p<0.001)

Viner et al. (2015)	Kvinnelige (n=4) og mannlige (n=6) syklister på konkurransenivå	Oppfølgingsstudie 10 måneder DXA BMT målt i de lumbale virvlene, proximale femur og total kropp oppgitt i Z-verdi	Lumbale virvlene: 40% hadde lav BMT Proximale femur: 10% hadde lav BMT Ingen signifikante endringer i BMT på de målte områdene gjennom sesongen.
Rector et al. (2008)	Mannlige syklister (n=42), løpere (n=10) og utøvere av styrketrening (n=13), alder (19-45 år)	Tverrsnittstudie DXA BMT i de lumbale virvlene, totale hoften, proximale femur, arm, legg og total oppgitt i T-verdi	Styrketrenerne hadde signifikant høyere BMT på de målte områdene enn syklisterne og løperne. Syklistene hadde signifikant lavere BMT i lumbal columna enn løperne.
Dias Quiterio, Carnero, Baptista og Sardinha (2011)	Unge mannlige idrettsutøvere delt i to grupper; høy kraft sport (n=34) og lav kraft sport, svømmere (n=20)	Tverrsnittstudie DXA BMT målt i lumbale virvlene, pelvis, nedre og øvre kroppsdel og totale kroppen	Idrettsutøverne fra høy kraft gruppen viste en signifikant høyere BMT i nedre kroppsdel, lumbale virvlene og total enn svømmerne. Ingen forskjell ble vist mellom kontrollgruppen og svømmerne.
Carbuhn et al. (2010)	Kvinnelige idrettsutøvere fra fem idretter: softball (n=17), basketball (n=10), volleyball (n=7), svømming (n=16), sprint og høydehopp (n=17)	DXA BMT målt i arm, legg, pelvis og ryggrad	Svømmerne hadde signifikant lavere BMT på alle målte områder sammenlignet med de andre idrettsutøverne.

4.0. Metode

Denne masteroppgaven er en del av et større forskningsprosjekt på Norges idrettshøgskole (NIH); «Helseproblemer, treningsbelastning og fysiske karakteristika hos Norseman Xtreme Triatlon deltakere – en prospektiv kohorte studie». Prosjektet hadde oppstart høsten 2020 og skal vare frem til 2 uker etter Norseman 2021 (August). Alle som skal delta i Norseman 2021 fikk tilbud om å bli med.

Prosjektet består av tre deler;

Del 1: Kartlegge helseproblemer og treningsbelastning hos NXTRI deltakere gjennom 10 måneder som er forberedelser til NXTRI 2021.

Del 2: Kartlegge aktivitet i det autonome nervesystemet, kroppssammensetning, beinmineraltetthet, kardiorespiratorisk form ved maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) og lungefunksjon inkludert ekspirert nitrogenoksid (FE_{NO}), hos NXTRI deltakere ved 4 måletidspunkter, baseline, 6 måneder og 14 dager før og 14 dager etter NXTRI 2021.

Del 3: Undersøke endring i lungefunksjon, FE_{NO} , blodtrykk, hjerterefrekvens og arteriell oksygenmetning fra før til etter målgang i NXTRI 2021.

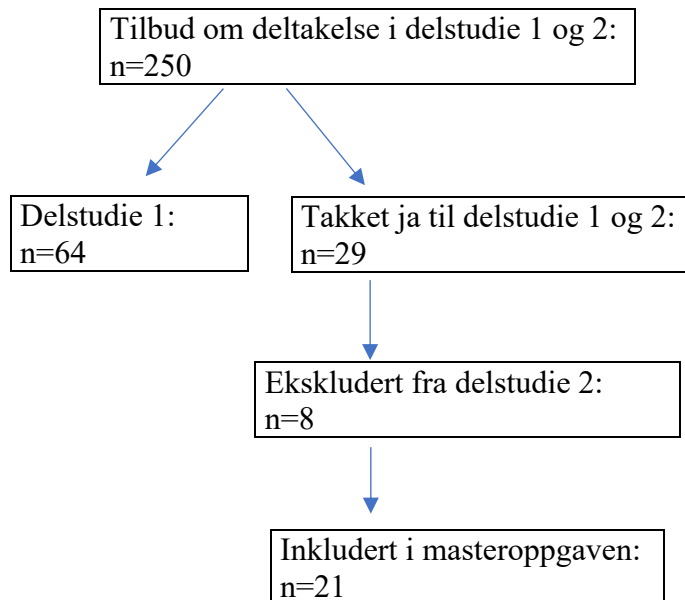
4.1. Design

Masteroppgaven er en del av delstudie 1 og 2 og designet som en deskriptiv tverrsnittstudie, hvor det har blitt brukt spørreskjemasvar fra delstudie 1 og DXA-måling fra delstudie 2. Deltakerne som ble inkludert i denne studien var kun de som hadde mulighet til å komme til NIH for testing. I forbindelse med masteroppgaven ble det samlet inn data på BMT og kroppssammensetning ved DXA-skanning på NIH. Spørreskjemaet ble sendt ut via applikasjonen Briteback og inkluderte spørsmål som omhandlet ulike treningskarakteristika og antropometriske variabler. Briteback er en godkjent digital plattform som sender en SMS til deltakerne med en link til spørreskjemaet. Deltakerne fikk tilsendt spørreskjemaet etter at de fysiske testene var gjennomført på NIH.

4.2. Utvalg

Deltakerne i studien besto av kvinner og menn i alderen 20-75 år, og ble rekruttert fra de 250 utøverne som skulle deltatt i NXTRI 2020, men som ble avlyst på grunn av Covid-19. De samme deltakerne fikk tilbud av arrangøren om å delta i NXTRI i august

2021. Deltakerne mottok invitasjon fra arrangøren (Hardangervidda triatlonklubb) med forespørsel om de ville delta i prosjektet. Invitasjonen inneholdt kontaktinformasjon til prosjektleder og informasjon om studien. Før inklusjon i prosjektet krysset deltakerne av for hvilke delstudier de hadde anledning til å delta i, og signerte informert samtykke som ble sendt tilbake til prosjektleder. Inklusjonskriteriene for å være med i studien var deltakelse i NXTRI 2021, og kvinner og menn i alderen mellom 18-75 år. Mange av utøverne som skulle delta i NXTRI bor i utlandet. De fikk ikke mulighet til å delta i delstudie 2 på grunn av reiserestriksjoner under Covid-19 perioden. De som bor i utlandet og takket ja til delstudie 2, ble dermed ekskludert fra denne masteroppgaven.



Figur 3: Flytdiagram over rekrutteringsprosessen av deltakere i denne studien

4.3. Testprosedyrer

4.3.1. Testdagen

Alle deltakerne fikk tilsendt tidspunkt for når de skulle møte opp på NIH med et informasjonsskriv (vedlegg 1) om forberedelser. Deltakerne måtte bekrefte om tidspunktet de fikk tilsendt passet og hvis det ikke passet fikk de en ny tid til testing på NIH. På testdagene ble en og en deltaker møtt i resepsjonen på NIH og fulgt ned til DXA-rommet hvor de fikk gjennomført en DXA-skanning. Dette tok omtrent 20 minutter.

4.3.2. Måling av treningskarakteristika

Etter at deltakerne hadde gjennomført DXA-skanningen, fikk deltakerne tilsendt et spørreskjema (vedlegg 2) på SMS fra den digitale plattformen Briteback.

Spørreskjemaet inkluderte spørsmål om totalt treningsvolum, treningsvolum fordelt på sykling, svømming og løping, idrettshistorikk, antall år av triatlondeltakelse, vekt, høyde, alder og kjønn. På spørsmålet angående treningsvolum fordelt på løping, sykling og svømming fikk deltakerne tre svaralternativer. For eksempel på sykling svarte de enten; «mindre enn 3 timer», «3-6 timer» eller «mer enn 6 timer» per uke. Spørsmålene fra dette spørreskjema er hentet fra introduksjonsdelene til de andre spørreskjemaene som har blitt brukt i den større studien. Dette spørreskjemaet ble laget av forskergruppen før oppstart av studien og er ikke validert.

4.3.3. Måling av kroppssammensetning og BMT

Dual-energy x-rayabsorptiometry (DXA) ble brukt for å måle kroppssammensetning og BMT. DXA gir mål på fettmasse, fettfri masse, muskelmasse og BMT (Smith-Ryan et al., 2017). DXA anses som gullstandard for måling av BMT (Morgan & Prater, 2017) og fungerer som et alternativ til gullstandarden ved måling av kroppssammensetning: «underwater weighing» eller «air displacement plethysmography».

Høyde og vekt ble målt med et fastmontert Seca-stadiometer før DXA-skanningen.

Målingene ble skrevet ned manuelt før DXA-målingen startet. Skanningen forgikk ved at deltakeren lå på ryggen på en benk og ble skannet via svake røntgenstråler.

Skanningen tok 6-13 minutter. For å sikre mest mulig presise målinger ble maskinen kalibrert på hver testdag. BMT ble målt i de lumbale virvlene L1-L4 og bilateralt proximale femur, som er de foretrukne områdene på kroppen for å diagnostisere osteoporose (Singer, 2006). I tillegg ble total BMT målt. Måling av kroppssammensetningen kan bli påvirket av næring og drikke, dette gjelder midlertid bare fettfri masse og ikke måling av benvev (Bazzocchi, Ponti, Albisinni, Battista, & Guglielmi, 2016). Deltakerne fikk beskjed i infoskrivet om og ikke spise et stort måltid de siste to timene før testingen. Det ble ikke gjort noen øvrige standardiseringer på næringsinntak og drikke før DXA-målingen. Deltakerne fikk beskjed om å fjerne alt de hadde av metall på kroppen, for å unngå unøyaktige målinger (Bazzocchi et al., 2016).

Siden populasjonen i dette prosjektet besto av mosjonister ble kriteriene fra ACSM brukt for å definere lav BMT hos mannlige deltakere under 50 år og premenopausale kvinner (Nattiv et al., 2007). WHO sine kriterier ble brukt hos postmenopausale kvinner og menn over 50 år (Glaser & Kaplan, 1997)

4.4. Statistikk

Utfallsmålet i denne studien er forekomst av lav BMT klassifisert som enten Z-verdi eller T-verdi på ≤ -1 hos norske mannlige deltakere. T-verdi har blitt brukt på menn over 50 år og postmenopausale kvinner, ellers har det blitt brukt Z-verdi (Afzelius et al., 2017).

Korrelasjonsanalyser har blitt gjort for å undersøke sammenheng mellom BMT og variablene; antall treningstimer, tidligere idrettsdeltakelse, lengde på triatlondeltakelse, antall timer fordelt på sykling svømming og løping, samt de antropometriske parametre.

Dataene fra spørreskjemaene ble direkte lastet ned i Excel fra Briteback og videre overført til Statistical Package of Social Science (SPSS) versjon 20.0 (Inc, Chicago, Illinois, USA) for analyser. De statistiske analysene ble utført i SPSS. Deskriptive data er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD) der dataene var normalfordelt. Der dataene var skjevfordelt er deskriptive data presentert som median og kvartilbredde. Normalfordelingen ble undersøkt med Shapiro-Wilk-test og visuell analyse av histogrammet. Forekomsten av lav BMT er presentert i antall og prosent. Lav BMT ble gjort om til en dikotom variabel (ja/nei), kodet 1 og 2. Dette ble gjort på grunn av at det både ble brukt T- og Z verdi som mål på BMT avhengig av deltakernes alder. Logistisk regresjonsanalyser ble brukt for å undersøke om de uavhengige variablene kunne predikere lav BMT. Resultatet fra regresjonsanalysen er presentert som odds ratio (OR) og 95% konfidensintervall (KI). Alfaverdien ble satt til ≤ 0.05 for å beskrive signifikansnivået på målingene.

4.5. Etikk

Studien har blitt godkjent av den regionale etiske komite (REK) med referansenummer 173347 (vedlegg 3) og norsk senter for datasikkerhet (NSD) med referansenummer 719214 (vedlegg 4). Alle deltakerne var forsikret gjennom NIH's forsøkspersonforsikring. Deltakelse i prosjektet var frivillig. Før oppstart av prosjektet mottok deltakerne et informasjonsskriv som inneholdt informasjon om studien, formålet

med studien, detaljert beskrivelse av testdagen, kontaktinformasjon til prosjektleder og fordeler og ulemper ved deltakelse i prosjektet. De fikk også informasjon om at de kunne trekke seg fra prosjektet når som helst uten å oppgi grunn. Alle deltakerne leverte informert samtykke før selve prosjektet startet. Prosjektet har fulgt de etiske prinsippene for medisinsk forskning i tråd med helsinkideklarasjonen.

All data ble behandlet konfidensielt. Deltakerne ble aidentifisert under datainnsamlingen ved at de fikk hvert sitt ID-nummer før oppstart. Dette ID-nummeret ble brukt under innsamling og analyse av data. Listen over navn og ID-nummer har blitt oppbevart adskilt fra andre opplysninger og oppbevart på et sikkert sted. Prosjektleder har ansvar for å slette informasjon om deltakerne fem år etter at prosjektet er avsluttet.

4.6. Smittevern

I henhold til smittevernregler under Covid-19 perioden har det blitt brukt munnbind og engangshansker av personalet under testingen. Testutstyret og alle overflater i testrommene som deltakerne var i kontakt med ble vasket grundig mellom hver testperson. Deltakerne fikk beskjed om å møte opp med munnbind og vaske hendene før de startet med testingen. De fikk beskjed om at de skulle holde seg hjemme hvis de kjente noen symptomer eller hadde vært i kontakt med noen som hadde blitt smittet av Covid-19 de siste 14 dagene.

5.0. Resultater

Av de 250 som fikk tilbud om å være med i studien, var det 29 deltakere som takket ja til å delta i delstudie 2. På grunn av reiserestriksjoner som følge av Covid-19 endte det opp med totalt 21 deltakere som ble inkludert i denne studien. Samtlige av de inkluderte deltakerne gjennomførte DXA-skanningen. Det var en deltaker som ikke svarte på spørreskjemaet, og ble derfor ekskludert i fremstilling og analyse av spørreskjemaet. Til sammen var det 21 deltakere (15 menn og 6 kvinner) som gjennomførte DXA og 20 deltakere (14 menn og 6 kvinner) som svarte på spørreskjemaet.

5.1. Antropometriske data av deltakerne

Tabell 2: Deltakernes karakteristika med antropometriske parametre presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD).

Målinger	Kvinner (n=6)	Menn (n=15)	Total (n=21)
Alder (år)	40,2 (13,5)	43,5 (10,2)	42,5 (10,9)
Høyde (cm)	171,2 (3,6)	181,7 (4,4)	178,6 (6,3)
Vekt (kg)	64,8 (2)	78,8 (8,2)	74,8 (9,5)
KMI (kg/m ²)	22,1 (1,1)	23,9 (2,6)	23,4 (2,4)
Fettprosent (%)	20,2 (3,9)	19,2 (6,1)	19,5 (5,5)
Mager masse (%)	77,3 (4,2)	78,2 (5,9)	77,9 (5,4)

- KMI=kroppsmasseindeks, n=antall

Variablene i tabell 2 er normalfordelt, bortsett fra vekt og KMI blant de mannlige deltakerne (median 76,8, interkvartil bredde (IQR) 16,4 og median 23,6, IQR 4,03). Variasjonsbredde for hele gruppen var som følge; alder (år) (26-63), KMI (kg/m²) (20,3-29,6), vekt (kg) (62,8-92,8), fettprosent (%) (7,3-28,8) og mager masse (%) (69-90).

5.2. Deltakerkarakteristika på idrett og treningsvolum

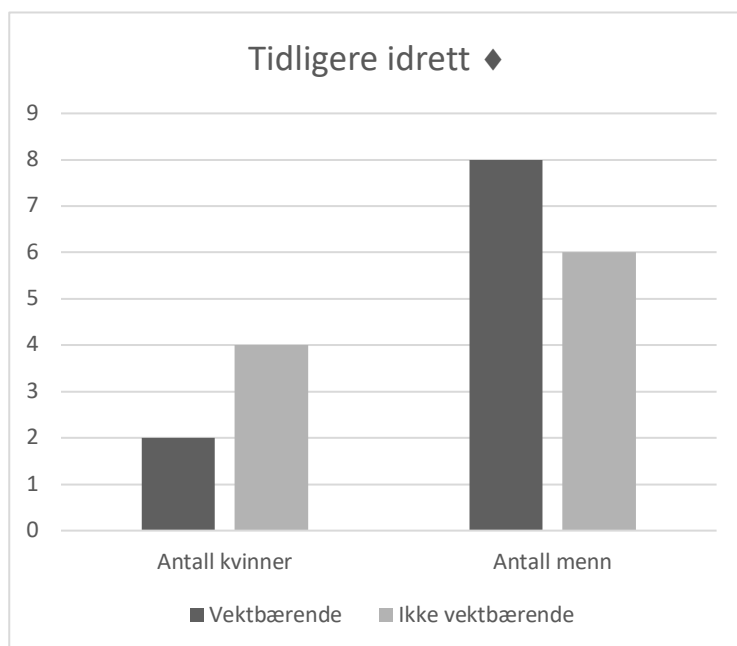
Tabell 3: Deltakernes karakteristika på triatlondeltakelse og treningsvolum, oppgitt i gjennomsnitt og SD.

Spørreskjema	Kvinner (n=6)	Menn (n=14)	Total (n=20)
Triatlondeltakelse (år)	3,83 (2,93)	5,86 (3,37) ♦	5,25 (3,31)
Treningstimer i uken (t)	14,25 (3,49)	9,45 (2,64) ♦	10,88 (3,62)

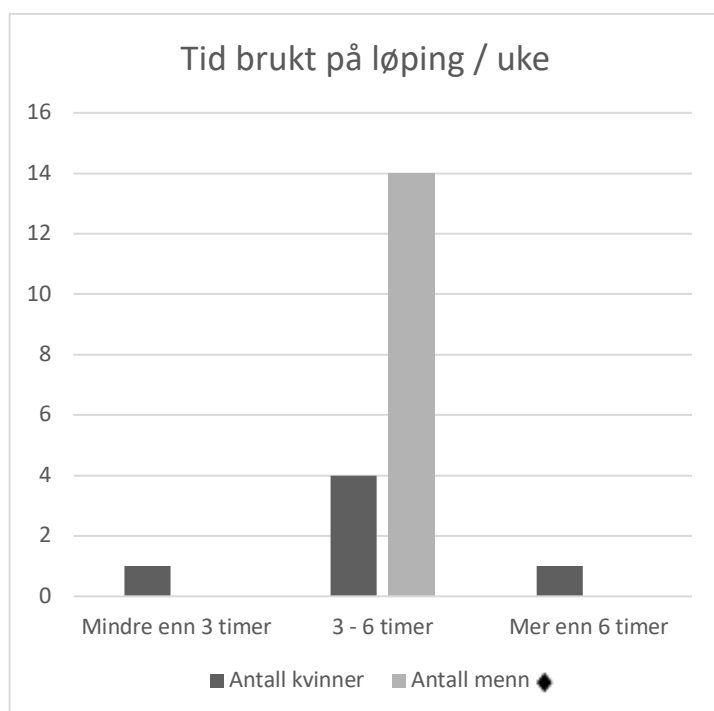
♦ = mangler data fra en deltaker

En mannlig deltaker svarte ikke på spørreskjemaet, og ble ekskludert fra analysen og tabellen. Triatlondeltakelse for hele gruppen var ikke normalfordelt, (median 4,5, IQR 6). Lengste triatlondeltakelse var på 11 år (to menn) og korteste triatlondeltakelse var på et år (en kvinne).

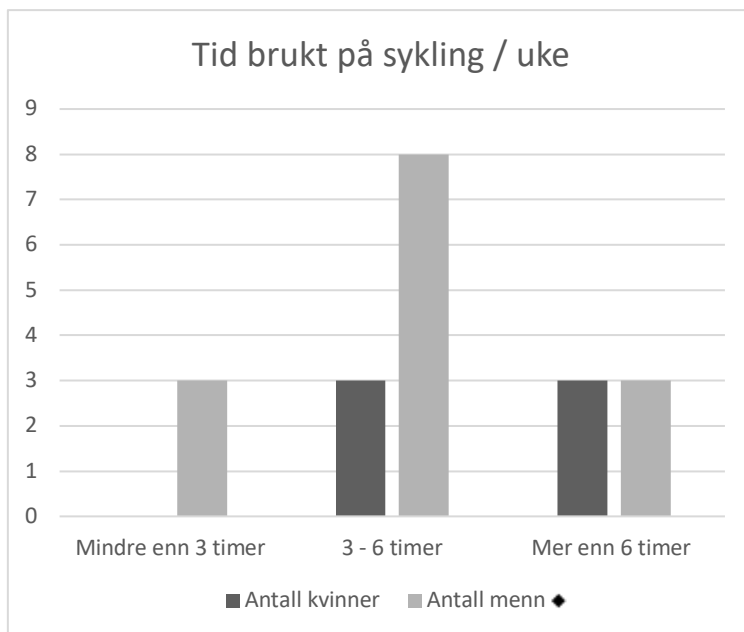
5.3. Deltakerkarakteristika på idrettshistorikk og treningsvolum på løping, sykling og svømming



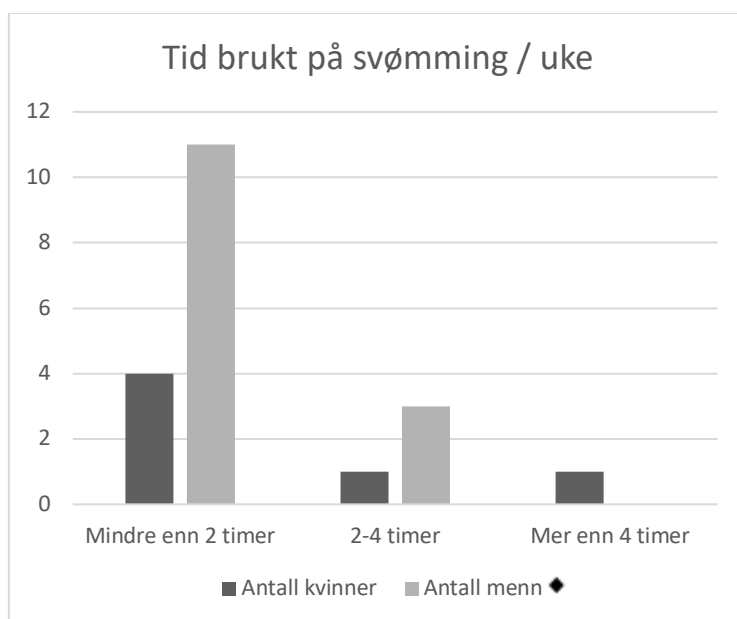
Figur 4.1: Idrettshistorikk, delt opp i vektbærende og ikke vektbærende idrett fordelt på kjønn ♦Mangler data fra en deltaker



Figur 4.2: Tid brukt på løping per uke fordelt på kjønn ♦Mangler data fra en deltaker



Figur 4.3: Tid brukt på sykling per uke fordelt på kjønn ♦Mangler data fra en deltaker



Figur 4.4: Tid brukt på svømming per uke fordelt på kjønn ♦Mangler data fra en deltaker

Figurene ovenfor viser deltakernes idrettshistorikk og treningsvolum i disiplinene løping, sykling og svømming. Idrettshistorikk er delt opp i dikotom variabel; vektbærende idrett og ikke-vektbærende idrett. Data er stratifisert på kjønn.

En mannlige deltaker svarte ikke på spørreskjemaet, og ble ekskludert i figurene over.

5.3. DXA-målinger

Tabell 4: Målinger av BMT (g/cm^2) fra Dual Energy X-Ray Absorptiometry fordelt på kjønn. Dataene er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD).

Målinger	Kvinner (n=6)	Menn (n=15)
L1-L4 (g/cm^2)	1,175 (0,151)	1,294 (0,134)
Proximale femur (g/cm^2)	1,036 (0,153)	1,138 (0,152)
Total BMT (g/cm^2)	1,265 (0,143)	1,379 (0,108)
Antall deltakere med Z-verdi eller T-verdi ≤ -1	2	2

BMT=benmineraltetthet

Tabell 5: Forekomst av lav BMT presentert som antall (n) og prosent (%)

	Kvinner (n=6)	Menn (n=15)	Total (n=21)
Lav BMT (Z-verdi / T-verdi $\leq - 1.0$)	2 (33%)	2 (13%)	4 (19%)
Normal BMT	4 (67%)	13 (87%)	17 (81%)
Total	6 (100%)	15 (100%)	21 (100%)

Basert på ACSM og WHO sine kriterier for lav BMT var det fire av deltakerne (19%) som hadde lav BMT i L1-L4. De samme deltakerne som viste lav BMT i proximale femur viste også lav BMT i L1-L4 (T-verdi $\leq - 1.0$). De to andre deltakerne var under 50 år og kvinnen var premenopausal, med en Z-verdi $\leq - 1.0$ i L1-L4.

5.4. Assosiasjoner med lav BMT

Tabell 6: Analyse med logistisk regresjon på faktorer som er blitt sett i sammenheng med lav BMT.

Faktor	OR	95% KI. for EXP (B)	p
Alder (år)	0.928	(0.829 – 1.038)	0.191
Høyde (cm)	1.039	(0.869 – 1.241)	0.676
Vekt (kg)	1.088	(0.928 – 1.276)	0.297
KMI (kg/m ²)	1.472	(0.688 – 3.152)	0.319
Fettmasse (%)	1.018	(0.824 – 1.257)	0.870
Mager masse (%)	0.969	(0.782 – 1.201)	0.775
Triatlondeltakelse (år)♦	0.943	(0.674 - 1.318)	0.730
Treningstimer i uken ♦	0.522	(0.275 – 1.060)	0.072
Antall timer sykkel i uken ♦	0.229	(0.045 – 1.173)	0.077
Antall timer løping i uken ♦	0.631	(0.088 – 4.537)	0.647
Antall timer svømming i uken ♦	1.671	(0.486 – 5.751)	0.415
Vektbærende/ikke vektbærende ♦	3.857	(0.326 – 45.570)	0.284

Deltakere med lav BMT sammenlignet med deltakere med normal BMT.

* = signifikant $p < 0.05$, ♦ = mangler data fra en deltaker. KMI=kroppsmasseindeks,

OR= odds ratio, KI= konfidensintervall.

Ingen av variablene; «treningsvolum», «treningsvolum på de forskjellige disiplinene», «triatlondeltakelse», «idrettshistorikk» eller antropometriske parametre i tabell 6 var assosiert med lav BMT. Alle deltakerne i studien gjennomførte DXA-skanningen. Deltakeren som ikke svarte på spørreskjema ble ekskludert fra regresjonsanalysen for følgende variabler; triatlondeltakelse, treningstimer i uken, antall timer sykkel i uken, antall timer svømming i uken, antall timer løping i uken og vektbærende/ikke vektbærende idrett. Deltakeren som ikke svarte på spørreskjemaet hadde en normal BMT på alle målte områder. Samtlige av deltakerne som hadde lav BMT hadde tidligere ikke drevet med vektbærende trening. Av de 4 personene med lav BMT var tre personer (to kvinner og en mann) som brukte mer enn 6 timer på sykkel.

6.0. Diskusjon

Hovedfunnene i vår studie var at 19% (n=4) av deltakerne hadde lav BMT i L1-L4, klassifisert som Z-verdi $\leq - 1.0$ eller T-verdi $\leq - 1.0$. Av de fire deltakerne som hadde lav BMT i L1-L4 var det to deltakere som også hadde lav BMT i proximale femur klassifisert som T-verdi $\leq - 1.0$. Ingen av deltakerne var osteoporotiske, klassifisert som Z-verdi $\leq - 2.0$ eller T-verdi $\leq - 2.5$. Ingen av variablene; «treningsvolum», «treningsvolum på de forskjellige disiplinene», «triatlondeltakelse», «tidligere idrett» eller antropometriske parametre var assosiert med lav BMT. Funnene kan tyde på at L1-L4 er et utsatt område for lav BMT og kan dermed være et område med risiko for å utvikle osteoporose og stressfraktur blant norske manøvere.

6.1. Forekomsten av lav BMT blant triatleter

Det er usikkert om en forekomst av lav BMT på fire av 21 norske manøvere er høy eller lav, da det er begrenset evidens på forekomsten av lav BMT hos triatleter (Hoch et al., 2007; McClanahan, Ward, et al., 2002). Studien til McClanahan et al. (2002) rapporterte ingen endring i BMT i armen eller leggen hos triatletene (n=21) som ble undersøkt. På grunn av områdene det ble målt på i McClanahan et al. (2002), kan ikke resultatene sammenlignes med resultatene i vår studie. Videre undersøkte McClanahan et al. (2002) kun endringer i BMT, og det er ikke rapportert om noen av deltakerne hadde lav BMT definert med Z- eller T-verdi (McClanahan, Ward, et al., 2002). Hoch et al. (2007) rapporterte at ingen av de 15 kvinnelige triatletene som ble undersøkt hadde lav BMT i L2-L4 eller hofte (Hoch et al., 2007). Imidlertid er ikke studien sammenlignbar med vår studie i henhold til utvalg, da utvalget i studien til Hoch et al. (2007) besto av premenopausale kvinnelige triatleter. I tillegg ble det brukt ISCD sine kriterier for å definere lav BMT, hvor det i denne studien har blitt brukt ACSM sine kriterier. ISCD definerer lav BMT med en Z-verdi $\leq - 2$. Hvis Hock et al. (2007) hadde benyttet ACSM sine kriterier, er det mulig de hadde oppdaget deltakere med lav BMT i sitt utvalg.

6.2. Områdespesifikt lav BMT

6.2.1. BMT L1-L4

Blant deltakerne med lav BMT i vår studie hadde alle lav BMT i L1-L4. Det er tidligere demonstrert at L1-L4 er et spesielt utsatt område for lav BMT hos syklister (Klomsten Andersen et al., 2018). Vår studie fant ikke en assosiasjon mellom BMT og variabelen

«tid brukt på sykkel». Imidlertid, blant de fire deltakerne som hadde lav BMT i L1-L4 brukte tre av dem «mer enn 6 timer» på sykling i uken, som var det høyeste timeantallet det var mulig å rapportere. En sammenheng kunne muligens blitt observert med flere deltakere inkludert.

En mulig forklaring på hvorfor det var en høyere forekomst av lav BMT i L1-L4 enn i proximale femur kan være at triatlontrening ikke fører til nok mekanisk belastning i L1-L4 for å oppnå remodellering. Ryggraden består hovedsakelig av trabekulære ben, som har en høyere benmetabolisme enn i kortikale ben (Langdahl et al., 2016). Trabekulære ben responderer derfor raskere på mekanisk belastning eller fravær av mekanisk belastning, og det kan dermed oppstå en raskere ubalanse mellom resorpsjon og tilføring av nytt ben (Bala, Zebaze, & Seeman, 2015). Remodellering av ben under trening er avhengig av hvor på kroppen den mekaniske belastningen er. Selv om løping er en vekt bærende idrett og gir osteogenisk effekt, kan det tyde på at løping primært fører til belastning i underekstremiteten, men ikke nok mekanisk belastning i de lumbale virvlene for å oppnå remodellering.

Hvis den vekt bærende komponenten blir eliminert fra idretten fører dette til en vesentlig reduksjon i remodelleringen av benvevet (Al Nazer et al., 2012). Det er vist at det ikke noen forskjell på BMT i de lumbale virvlene mellom syklister, svømmere og triatleter. Løpere hadde derimot en høyere BMT i de lumbale virvlene enn triatleter (Duncan et al., 2002). Siden triatleter bruker mye tid på ikke-vekt bærende trening kan det tenkes at løping som er den vekt bærende komponenten i idretten ikke fører til nok mekanisk stimuli i de lumbale virvlene. Videre er det sannsynlig at løpere trener mye mer løping enn hva triatleter gjør. Det har blitt demonstrert at løping fører til opprettholdelse eller styrking av benvevet i underekstremiteten (Al Nazer et al., 2012), det ble midlertidig ikke rapportert hvilken intensitet på løping som kreves for å oppnå osteogenisk effekt. Det kan være at intensiteten Norsemanutøvere har under løping ikke er høy nok for å oppnå remodellering i L1-L4.

6.2.2. BMT proximale femur

I vår studie ble det rapportert at 2 av 21 deltakere (9%) hadde lav BMT i proximale femur. I motsetning til våre resultater rapporterte Hoch et al. (2007) normal BMT i hoften blant kvinnelige premenopausale triatleter. Begge deltakerne med lav BMT i

proximale femur i vår studie var 62 år, og eldre enn deltakerne i studien til Hoch et al. (2007). De var også eldre enn deltakerne som kun viste lav BMT i L1-L4 i vår studie. Alder kan være en forklarende faktor på hvorfor enkelte av deltakerne i vår studie hadde lav BMT i proximale femur. Etter maksimal benmasse er nådd, følges det en langsom reduksjon av BMT med årene, og dermed kan det tenkes at eldre utøvere har en lavere BMT enn yngre utøvere, noe som er demonstrert hos eldre mannlige syklistere (Nichols, Palmer, & Levy, 2003). For å opprettholde BMT etter at maksimal benmasse er nådd, er det avgjørende med aktiviteter som involverer vektbæring. Hvis eldre utøvere driver med mye ikke-vektbærende trening er det mulig at reduksjonen i BMT forsterkes (Nichols et al., 2003). Videre er det demonstrert en reduksjon i BMT fra yngre menn (30-39 år) til eldre menn (75-79 år) på -0.003 g/cm^2 i total hofte og -0.004 g/cm^2 i proximale femur hvert år (Emaus et al., 2009). I tillegg er Norge på verdenstoppen i hoftebrudd og vi kan derfor ikke utelukke at lav BMT i proximale femur skyldes alderdom i vår studie.

Den kvinnelige deltakeren i vår studie hadde en T-verdi ≤ -1.0 i proximale femur og L1-L4, men hadde en Z-verdi på 0.7 i proximale femur og 0.4 i L1-L4. Det kan derfor tenkes at den kvinnelige deltakeren kun har aldersbetinget lav BMT, og at det er en del av den naturlige aldringsprosessen. Siden T-verdi gir en verdi basert på unge normale referanser, er det naturlig for eldre å bli kategorisert med lav BMT. Den mannlige deltakeren som hadde T-verdi ≤ -1.0 hadde også en Z-verdi ≤ -1.0 i proximale femur og L1-L4. Dette kan muligens være med på å bekrefte en mer treningsindusert lav BMT i proximale femur. På grunn av at en Z-verdi er aldersjustert, er det mulig at den mannlige deltakeren har lavere BMT i forhold til andre menn i hans alder som ikke konkurrerer i Norseman.

En annen mulig forklaring på den lavere forekomsten av lav BMT i proximale femur i vår studie, er at både sykling og løping fører til aktivering av muskulaturen i hoften. Glutealmuskulaturen fester seg rundt hofteleddet og når muskulaturen blir aktivert fører det til belastning på proximale femur. Aktivering av hoftemuskulaturen under sykling og løping kan føre til at BMT i hofte blir opprettholdt, som er i tråd med teorien om at muskelkontraksjon spiller en viktig rolle når det kommer til remodellering av ben (Burr, 1997). I tillegg til muskelkontraksjonene som oppstår rundt hoften under triatlontrening, er den mekaniske belastningen i hoften under løping en viktig faktor for

benremodellering. Tidligere studier har rapportert en lav forekomst av BMT i hoftelddet hos løpere (Hind et al., 2011; Pollock et al., 2010). Det kan tyde på at løping fører til en osteogenisk effekt på spesifikke vekt bærende områder i underekstremiteten, som samsvarer også med Frost's mekanostatteori (Forwood & Turner, 1995).

6.3. Antropometriske parametre og lav BMT

Fettprosent, KMI og mager masse var ikke assosiert med lav BMT i denne studien. Selv om det har blitt funnet en positiv sammenheng mellom KMI og BMT (De Laet et al., 2005; Platen et al., 2001), er det blitt tydeligere de senere årene at mager masse har større betydning enn fettmasse for å oppnå en osteogenisk effekt (Specker et al., 2010). Høyere kroppsvekt fører til høyere mekaniske krefter mot vekt bærende ledd, men muskelkontraksjon fører til sterkere krefter på benet enn kreftene som er et resultat av vekt bæring. Det er derfor forventet at muskelstyrke og muskelmasse er positiv assosiert med BMT, uavhengig av høyde og vekt (Burr, 1997)

En forklaring på hvorfor det ikke ble funnet en assosiasjon mellom de antropometriske parametrene og BMT i denne studien, kan komme av at muskelkontraksjon i kombinasjon med mekanisk belastning er viktigere enn kun vekt for å oppnå positiv osteogenisk effekt. En tidligere studie som undersøkte antropometriske parametre i sammenheng med BMT hos løpere og syklister, rapporterte at syklistene hadde høyere fettfri masse enn løperne, men de hadde lavere BMT enn løperne (Klomsten Andersen et al., 2018). Dette kan imidlertid tyde på at type idrett er en viktigere prediktor for BMT enn mager masse.

6.5. Treningskarakteristika og BMT

Variablene treningsvolum, triatlondeltakelse og treningsvolum på svømming, sykling og løping var ikke assosiert med lav BMT i vår studie. Tidligere studier har rapportert at sykling og svømming ikke fører til positiv effekt på BMT (Abrahin et al., 2016). Samt har det blitt observert en negativ assosiasjon mellom treningsvolum og BMT i utholdenhetsidretter (Hind et al., 2006). En forklaring på hvorfor det ikke var en assosiasjon mellom treningsvolum og BMT kan komme av at selv om triatleter bruker mye tid på ikke-vekt bærende trening, kan den varierende formen for trening som

inkluderer både vektbæring og ikke-vektbæring være sunnere for skjelettet enn å bare drive med en ikke-vektbærende disiplin (Schofield & Hecht, 2012).

Det er vist at 21 triatleter gjennom en konkurransesesong ikke fikk reduksjon i BMT (McClanahan, Ward, et al., 2002). Deltakerne gjennomførte DXA-skanning på baseline og igjen etter 6 måneder. Siden bendannelse tar omtrent 4-6 måneder (Datta et al., 2008), kan det tenkes 6 måneder ikke nok tid for å registrere endringer i BMT hos triatleter. På grunn av kort oppfølgingstid i studien og lite utvalg er det fortsatt ikke klart om svømming og sykling ikke fører til negativ effekt på benhelse hos triatleter. Videre så rapporterte imidlertid ikke McClanahan et al. (200) hvilken triatlondistanse som ble inkludert. Vanlige konkurransedistanser inkluderer alt fra sprint; 750 m svømming, 20 km sykling og 5 km løping til full ironman; 3800 m svømming, 180 km sykling og 42 km løping (Andersen et al., 2013). På grunn av stor forskjell på distansene er det sannsynligvis også stor forskjell på treningsvolum blant triatleter.

6.6. Idrettshistorikk og BMT

I vår studie hadde 50% (n=10) av deltakerne tidligere drevet med ikke-vektbærende idrett og 50% (n=10) hadde tidligere drevet med vektbærende idrett. Variabelen «Tidligere idrett» var ikke assosiert med lav BMT. Selv om resultatene i denne studien ikke var signifikante så rapporterte samtlige av deltakerne med lav BMT (n=4) at de enten hadde konkurrert i ikke-vektbærende idrett, eller ingen idrettsdeltakelse som ung. Det har blitt rapportert at FA definert som idrettsleker eller dans i ungdomsårene påvirker skjelettets styrke som ung voksen (20-30 år) (Baxter-Jones et al., 2008), og vektbærende trening i ungdommen har en positiv effekt på benhelsen (MacKelvie, Khan, & McKay, 2002). Siden maksimal benmasse oppnås i slutten av det tredje tiår, kan de siste ti årene spille en stor rolle for skjelettets styrke (Kohrt et al., 2004). Det kan tenkes at triatleter som tidligere har drevet med idretter som inkluderer støt og høy kraft kan ha oppnådd en høyere maksimal benmasse enn de som tidligere har drevet med sykling, svømming eller ingen trening. Hadde studien inkludert et større utvalg er det mulig det hadde blitt observert en tydeligere sammenheng.

6.7. Styrketrening

Hvorvidt deltakerne i vår studie trente styrke, ble ikke undersøkt. Ut ifra hva tidligere forskning har demonstrert (Duplanty et al., 2018; R Scott Rector, Rogers, Ruebel, Widzer, & Hinton, 2009) ville det vært gunstig å inkludere rapportering av styrketrening i studien. Styrketrening har vist en positiv effekt på BMT hos både yngre og eldre. Effekten av styrketrening på BMT er områdespesifikt til de musklene som aktiveres og hvor på skjelettet musklene fester seg (Layne & Nelson, 1999). Siden det er minimalt med stimulering i korsryggen under sykling (R. S. Rector et al., 2008), er det mulig at de lumbale virvlene er et utsatt område for minimal osteogenisk effekt hos triatleter også. Styrketrening har blitt rapportert å være assosiert med høyere BMT i de lumbale virvlene og andre områder på kroppen hos utholdenhetsutøvere (Duplanty et al., 2018; Hind et al., 2006; Mathis & Caputo, 2018).

6.8. RED-S

Forekomsten av RED-S blant deltakerne mangler i vår studie. Data på RED-S symptomer hos deltakerne i denne studien kunne ha fanget opp deltakere som eventuelt hadde vært i risiko for lav BMT. Det er så langt bare en studie som har undersøkt energistatus, menstruasjonsforstyrrelser og BMT hos triatleter. Her ble det rapportert at 60% av triatletene var i energiuunderskudd. Det ble samtidig rapportert at 40% av deltakerne hadde historie med amenorrhea (Hoch et al., 2007). Siden det er vist en høy forekomst av RED-S blant utholdenhetsutøvere (Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004), og LEA under perioder med høyt energiforbruk bidrar til nedsatt benhelse hos idrettsutøvere (Mountjoy et al., 2018), kunne informasjon om symptomer på RED-S hos deltakerne i vår studie vært verdifullt. Det har i tillegg blitt vist en høyere forekomst av forstyrret spiseatferd hos idrettsutøvere som driver med en idrett hvor lav vekt regnes som en faktor for å prestere godt (Tenforde et al., 2016). Triatlon er en vekt-sensitiv idrett, hvor lav vekt kan bli ansett som prestasjonsfremmende. Det er mulig at enkelte deltakere i denne studien deler samme oppfatning. En tidligere studie har rapportert en assosiasjon mellom lav BMT og utøvers tro på at lav vekt er prestasjonsfremmende blant mannlige utholdenhetsløpere (Tenforde et al., 2015). Deltakerne i studien til Tenford et al. (2015) svarte på spørsmålet: «do you feel that being thinner helps you run faster?». Mange av de som svarte ja på dette spørsmålet hadde lavere BMT enn de som svarte nei.

6.9. Hormonelle forstyrrelser

LEA har en sammenheng med en rekke hormonelle forstyrrelser (Mountjoy et al., 2018) og kan ha en negativ effekt på benmetabolismen. Det hadde derfor vært relevant å undersøke hormonelle forstyrrelser hos deltakerne i denne studien og sammenlignet resultatene med referanseverdier. Videre undersøke assosiasjonen mellom hormonelle forstyrrelse og lav BMT.

Hormonelle forandringer hos kvinnelig idrettsutøvere er assosiert med lav BMT. Mangel på østrogen kan føre til økt tap av kalsium i urin og nedsatt absorpsjon av kalsium. Begge disse prosessene nedsetter tilgjengeligheten av kalsium i blodet under benformasjon (Voss et al., 1998). Videre har det blitt demonstrert en økning av PTH som regulerer kalsiumnivået i blodet, og dermed kan føre til negativ effekt på BMT (Takada et al., 1998). Hos menn er det demonstrert at de med lav BMT også har lave nivåer av testosteron og forhøyet kortisol (Elliott-Sale, Tenforde, Parziale, Holtzman, & Ackerman, 2018).

Tidligere forskning har demonstrert at både kvinner og menn etter et ultraløp hadde nedsatt testosteronnivå etter konkurransen sammenlignet med før løpet (Berg et al., 2008). Dette løpet besto av løping, klatring, kajakk, sykling og trekking, og deltakerne konkurrerte sammen i lag på en distanse på 800 km (Berg et al., 2008). Dette kan muligens også oppstå hos norske mannlige utøvere, da denne konkurransen også foregår over mange kilometer og varer lenge. En annen studie av triatleter observerte at kortisollnivået til deltakerne falt omtrent 4,5 ganger fra før til etter en konkurranse bestående av 1 km svømming, 40 km sykling og 10 km løping. Dagen etter hadde kortisollnivået returnert til normalen (Urhausen & Kindermann, 1987).

Testosteronnivået var derimot uforandret ved målgang etter løpet, men dagene etterpå var det en kontinuerlig reduksjon av testosteron, og den laveste konsentrasjonen av testosteron var 48 timer etter løpet. Etter 48 timer begynte testosteronnivået å øke igjen (Urhausen & Kindermann, 1987). Begge disse studiene brukte baselinemålingene av testosteronnivået som et mål på «normalverdier» til utøverne, men om baselinemålingene allerede var redusert i forhold til referanseverdier er uklart.

6.10. Kalsium og D-vitamin

En annen faktor som ikke ble målt i vår studie var status på innhold av kalsium og D-vitamin i kroppen. Dette er to vitaminer som kan påvirke skjeletthelsen (Goolsby & Boniquit, 2017).

På grunn av at solen er den største kilden til D-vitamin (Goolsby & Boniquit, 2017) kan det være større risiko for at idrettsutøvere fra Norge har mangel på D-vitamin enn andre idrettsutøvere fra mer solfylte geografiske områder (de la Puente Yagüe et al., 2020). Videre er det økende evidens på at mangel på D-vitamin kan øke risikoen for stressfraktur og lav BMT (Ogan & Pritchett, 2013). Ved lave nivåer av D-vitamin øker PTH benresorpsjonen for å møte kroppens behov for kalsium. Dette fører til en økning av benmetabolismen og dermed en økt risiko for stressfrakturer (de la Puente Yagüe et al., 2020). Derfor hadde det vært verdifullt å undersøke status på D-vitamin hos deltakerne i denne studien.

Det er anbefalt for både kvinner og menn et inntak på 800mg kalsium daglig (Institute of Medicine, 2011). Utholdenhetsutøvere kan ha et større behov for kalsium på grunn av økt svettetap. Det er vist en akutt effekt av forstyrret homeostase av kalsium etter 2 timer på sykkel med moderat intensitet (Barry & Kohrt, 2007). Treningsindusert ubalanse av kalsium i kroppen er en potensiell formidler til lav BMT hos utholdenhetsutøvere (Barry & Kohrt, 2007). En mulig forklaring på det er at svette er avledet av plasma og dermed kan svettetap under trening utløse en reduksjon i serumionisert kalsium. En reduksjon i kalsium vil føre til en økning av PTH som er en stimulator for benresorpsjon (Barry & Kohrt, 2007). Data på kalsiumstatus hos deltakerne kunne derfor vært nyttig.

6.11. Metodiske styrker og svakheter

Denne studien er en tverrsnittstudie og det er det mest egnede designet for å undersøke forekomsten av en «hendelse» (Thomas, Nelson, & Silverman, 2015). Med en tverrsnittstudie blir både de uavhengige variablene og utfallet (BMT) undersøkt på samme tidspunkt, og dermed er det ikke mulig å konkludere med kausalitet (Thomas et al., 2015). Siden deltakerne ikke ble fulgt opp prospektivt, er det umulige å vite om de uavhengige variablene (treningskarakteristika og idrettshisotikk) var årsaken til lav

BMT blant de fire deltakerne. Med et prospektivt design kunne vi ha observert eventuelle endringer i BMT og sammenlignet med uavhengige variabler over tid, og vi ville fått mål på de uavhengige variablene før siste måling av BMT. Dermed kunne vi fått en god forståelse av flere effekter på deltakernes BMT og mulig konkludert med kausalitet.

6.11.1. Utvalg

Siden status på BMT blant ironmanutøvere ikke er godt dokumentert enda, er populasjonen som denne studien har forsket på en styrke. Vår studie har gitt ny og verdifull informasjon om ikke-profesjonelle utøvere som konkurrerer i Norseman, og indikerer at det er behov for mer forskning på denne populasjonen. Studien bar preg et lite utvalg, noe som har gjort det umulig å kontrollere for konfunderende faktorer. En konfunderende faktor er en variabel som kan skjule det sanne forholdet mellom eksponering og utfall (Thomas et al., 2015). For eksempel kan alder ha vært en konfunderende faktor i denne oppgaven og kan mulig ha forklart den lav BMT`en i proximale femur hos deltakerne. Hvis utvalget i denne studien hadde vært større hadde subgruppeanalyser vært mulig, som for eksempel å sammenligne ulike aldersgrupper. Videre kan det lave antallet deltakere ha vært med på å svekke oppgavens representativitet for denne populasjonen. Med et større utvalg og en mer jevn fordeling mellom kvinner og menn ville forekomsten av lav BMT blitt belyst bedre blant Norsemanutøvere.

NXTRI har 250 plasser, hvor noen av plassene blir tildelt eliteutøvere og de resterende plassene deles ut ved en loddtrekning. Det at de fleste plassene blir delt ut ved loddtrekning, fører det til en heterogen deltakergruppe i konkurransen, noe som har gjenspeilt seg i denne oppgaven. Det var store forskjeller i henhold til alder, fysisk form, treningskarakteristika og i de antropometriske variablene. Ingen av deltakerne i vår studie var profesjonelle triatleter, noe som gjør at resultatene ikke er representative for profesjonelle triatleter. Det er også mulig at de som takket ja til dette prosjektet skilte seg ut fra de som takket nei, noe som kan ha ført til seleksjonsbias. Seleksjonsbias kan oppstå hvis deltakergruppen består av frivillige deltakere som dermed bare er representative for dem selv og ikke selve populasjonen som skal bli representert (Thomas et al., 2015).

En annen svakhet i studien er at det ikke ble inkludert en kontrollgruppe. En kontrollgruppe i denne studien kunne ha bestått av idrettsutøvere fra en mer kraftfull idrett. Dette kunne medført tydeligere svar på om forekomsten av lav BMT hos Norsemanutøvere er høy eller ikke, samt gitt verdifull informasjon om triatlontrening kan føre til en høyere risiko for å utvikle lav BMT i forhold til trening som involverer mer kraft og mekanisk belastning. Imidlertid hadde det vært utfordrende å finne en kontrollgruppe som matchet på alder og kjønn, da vår deltakergruppe var såpass heterogen.

Både seleksjonsbias, lite utvalg og konfunderende faktorer kan ha ført til at vi ikke har statistisk styrke til å forkaste nullhypotesen. En type 2-feil kan ha forekommet i denne studien. I henhold til regresjonsanalysen ville en studie med flere deltakere mulig belyst en sammenheng mellom lav BMT og de uavhengige variablene bedre.

6.11.2 DXA-måling

En styrke i denne studien er målemetodikken av BMT. DXA anses som gullstandarden for å undersøke BMT og er en valid målemetode (Morgan & Prater, 2017; Qutbi et al., 2020). DXA-målinger kan variere betydelig avhengig av om det blir gjort målinger på ulike DXA-skannere, posisjonering av testperson, dataanalyse og om det er gjenstander av metall på kroppen (Krug & Langaker, 2021). Det er derfor viktig å standardisere målingene. Testprosedyrene til DXA-målingene i denne studien var på forhånd standardisert for deltakerne og testlederen. BMT ble målt med samme DXA-skanner og samme testleder utførte alle DXA-målingene. Testlederen hadde vært gjennom sertifisering og gjennomført flere pilotmålinger før studien startet, noe som styrker intra-rater-reliabiliteten til målingene. Vi kan derfor anta at resultatene fra DXA-målingene er valide og reliable.

6.11.3. Spørreskjema

Bruk av spørreskjema er en tidseffektiv måte for å hente inn mye informasjon på en gang (Thomas et al., 2015). Det er både styrker og svakheter ved innsamling av selvrapportert data. En styrke var at spørreskjemaet var lett å svare på via en SMS fra Briteback. Det tok ikke lang tid å besvare, noe som kan ha ført til en høy svarprosent. Bruk av selvrapportert spørreskjema kan ha ført til recall bias i vår studie på grunn av

mulig feilrapportering av deltakerne. Et spørreskjema krever at deltakerne husker treningshistorikk det siste året. Siden dette ikke er en prospektiv oppfølging, har det ikke vært mulig å kontrollere for svarene i spørreskjemaet. Det hadde vært enda bedre å ha en prospektiv oppfølging av treningsvolum hvor deltakerne svarte på spørsmål om treningsvolum fortløpende. Det kunne ført til mer presise svar og kontrollert for recall bias.

Videre var det en av 21 deltakere som ikke responderte på spørreskjemaet, noe som kan ha ført til begrensninger i analysen, siden utvalg var så lavt. På spørsmålet angående treningsvolum på løping, sykling og svømming fikk deltakerne tre svaralternativer. Å gå fra kontinuerlig til kategoriske data er det en risiko for å miste verdifull informasjon. Noen deltakere kan ha ligget helt i nederste eller øverste sjikte i en av de tre forskjellige svaralternativene, noe som kan ha ført til misvisende tall. Det ville sannsynligvis vært bedre om deltakerne rapporterte antall timer, så vi hadde fått kontinuerlig data. Det kunne ha ført til mer presise svar på hvor mye tid hver av dem brukte på de forskjellige disiplinene og muligens gitt andre resultater i regresjonsanalysen. Siden gruppen var såpass heterogen, kunne vi også sett enda større forskjeller på treningsvolum på løping, sykling og svømming med kontinuerlig data.

6.11.4. Mulige konfunderende faktorer

Det kan være flere konfunderende faktorer som kan være assosiert med BMT som ikke ble undersøkt i denne studien.

Personer som har drevet med utholdenhetstrening over lengre tid og har et høyt treningsvolum ukentlig kan være risiko for LEA og hormonelle forandringer (Elliott-Sale et al., 2018; Schofield, Thorpe, & Sims, 2020), og dermed ha en større risiko for lav BMT. Det er derfor en svakhet at vi ikke fikk samlet inn data på næringssatus og andre RED-S symptomer blant deltakerne. Det hadde vært nyttig å gjennomføre målinger av LEA og hormonelle forandringer hos deltakerne, samt undersøkt LEA i sammenheng med treningsvolum og lav BMT, da dette er faktorer som kan ha påvirket BMT`en hos deltakerne (Mountjoy et al., 2018).

Siden deltakergruppen i denne studien var heterogen, spesielt i henhold til alder, ville det vært bedre å undersøke EA hos deltakerne med en diettlogg istedenfor LEAF-Q. En

diettlogg kan fange opp deltakere i energiunderskudd, ved å undersøke om de lider av $EA \leq 30$ kcal/kg FEM/dag, som har vist seg å være en terskel for LEA (Mountjoy et al., 2018). Selv om en utøver ikke har lav BMT kunne REDS-symptomer belyst om enkelte av utøverne i denne studien var i risiko for å utvikle lav BMT. Det ville derfor vært verdifullt å fange opp eventuelle REDS-symptomer hos dem for å fange opp risikofaktorer relatert til lav BMT.

Kalsium og D-vitamin kan påvirke skjeletthelsen og er faktorer som kunne gitt verdifull informasjon om utvalget i studien. Siden status på D-vitamin avhenger av mengde UV-strålinger fra solen, kan norsemanutøvere fra Norge potensielt være i risiko for lave verdier av D-vitamin i kroppen. Studien kunne inkludert spørreskjemaet RAM, som er et valid verktøy for å måle kalsiuminntaket til idrettsutøvere (Ward et al., 2004). Kalsiuminntaket kunne ha blitt sett i sammenheng med BMT, men også i sammenheng med LEA. Idrettsutøvere som har LEA kan også ha underskudd av kalsium og andre vitaminer (Kunstel, 2005). Måling av underskudd av D-vitamin hadde vært mer omfattende, da det måles ved å måle 25(OH)D i blodet (Holick, 2009). Underskudd av D-vitamin og kalsium kunne mulig ha vært med på å forklare den lave BMT'en hos de fire deltakerne.

En annen konfunderende faktor som kan ha forekommet i denne studien er mangel på rapportering av styrketrening. Siden styrketrening har vist seg å ha en positiv effekt på BMT blant utholdenhetsutøvere (Hind et al., 2006), kunne det ha vært en forklarende årsak til deltakernes normale BMT. Vi kan ikke konkludere med at triatlontrening ikke fører til negativ osteogenisk effekt, uten å ha kontrollert for andre type treninger som inneholder mer kraft og vektbæring. For å undersøke om deltakerne trente styrke og hvor mye de trente styrke, kunne spørsmål angående styrketrening blitt inkludert i spørreskjemaet de fikk.

4.11.5. Statistiske utfordringer

På grunn av heterogen gruppe og spesielt stor variasjon i alderen, ble det både anvendt Z-verdi og T-verdi for å definere lav BMT. En T-verdi representerer SD fra gjennomsnittlig BMT fra unge friske referanser, og siden BMT gradvis reduseres med alder så vil T-verdien gradvis bli lavere jo eldre man blir. Av den grunn valgte vi å bruke T-verdi for å definere lav BMT hos de eldre deltakerne i studien. En Z-verdi er

aldersjustert og en Z-verdi brukt hos eldre til å definere lav BMT kan medføre normal BMT i forhold til aldersgruppen. Dette kan føre til misvisende tall, da eldre naturlig vil ha lav BMT på grunn av aldringsprosessen. Vi valgte derfor gjøre om verdiene vi fikk ut ifra Z- og T-verdiene til en dikotom variabel. I andre studier som har undersøkt forekomsten av BMT er det blitt oppgitt enten Z-verdi eller T-verdi og gjennomsnitt av verdiene til deltakerne. Det gjorde det vanskelig å sammenligne resultatene på BMT-verdiene i vår studie opp i mot andre studier. Spørsmålet er også om resultatene i en regresjonsanalysen ville sett annerledes ut hvis vi kunne brukt kontinuerlig data.

6.12. Praktisk betydning og forslag til videre forskning

Funnene i denne studien er av betydning, da det fortsatt er lite forskning på BMT blant ironmanutøvere, og vår studie frembringer ny kunnskap om en understudert populasjon. Resultatene fra denne studien tyder på at L1-L4 er det mest utsatte område for lav BMT blant norske manutøvere. I tillegg så er det vist at det er et utsatt område for lav BMT hos svømmere, syklistene og løpere. På bakgrunn av det kan det tyde på at det er behov for mer forskning på BMT på et større utvalg blant norske manutøvere.

Siden denne studien er den første som undersøker status på BMT hos norske manutøvere, samt at ironman-distansen stadig blir mer populær for både profesjonelle og amatører, er det viktig med mer kunnskap om disse utøverne. I vår studie var det ingen assosiasjon mellom treningskarakteristika, antropometriske variabler og BMT. I tillegg ble ikke status på kalsium, D-vitamin, RED-S eller styrketrening undersøkt i denne studien, noe som har vist seg å være assosiert med lav BMT hos andre utholdenhetsutøvere (Goolsby & Boniquit, 2017; Mountjoy et al., 2018). Videre forskning bør derfor undersøke sammenhenger mellom lav BMT og faktorer som styrketrening, næringsinntak, vitaminstatus og hormonelle forandringer på et større utvalg norske manutøvere. Det vil være hensiktsmessig å følge opp utøverne over en lengre periode for å få et tydeligere innblikk i mulige årsaksmekanismer. Det bør også være klare inklusjons- og eksklusjonskriterier, slik at deltakergruppen blir så homogen som mulig. Forskning på et større utvalg som undersøker forekomsten av lav BMT, samt undersøker ulike årsaksmekanismer over tid kan gi verdifull informasjon om norske manutøvere. Det kan være av stor betydning i praksis for utøveren, men også for

helsepersonell som skal råde, behandle og forebygge lav BMT og osteoporose hos
norsemanutøvere .

7.0. Konklusjon

Forekomsten av lav BMT var på 19% (n=4) hos norsemanutøvere klassifisert som Z-verdi $\leq - 1.0$ eller T-verdi $\leq - 1.0$. L1-L4 var det mest utsatte område for lav BMT og et område med risiko for osteoporose. Treningskarakteristika og antropometriske parametere er ikke assosiert med lav BMT i denne studien. Et lite utvalg og heterogen gruppe gjøre det vanskelig å konkludere om forekomsten av lav BMT er høy blant norsemanutøvere. Videre forskning bør inkludere et større utvalg for å få et klarere bilde på forekomsten av lav BMT hos norsemanutøvere.

8.0. Kildehenvisning

- Abrahin, O., Rodrigues, R. P., Marçal, A. C., Alves, E. A., Figueiredo, R. C., & de Sousa, E. C. (2016). Swimming and cycling do not cause positive effects on bone mineral density: a systematic review. *Rev Bras Reumatol Engl Ed*, 56(4), 345-351. doi:10.1016/j.rbre.2016.02.013
- Afzelius, P., Garding, M. M., & Molsted, S. (2017). Dual-energy X-ray Absorptiometry of Both Hips Helps Appropriate Diagnosis of Low Bone Mineral Density and Osteoporosis. *Diagnostics (Basel)*, 7(3). doi:10.3390/diagnostics7030041
- Ahn, A. C., & Grodzinsky, A. J. (2009). Relevance of collagen piezoelectricity to "Wolff's Law": a critical review. *Med Eng Phys*, 31(7), 733-741. doi:10.1016/j.medengphy.2009.02.006
- Al Nazer, R., Lanovaz, J., Kawalilak, C., Johnston, J. D., & Kontulainen, S. (2012). Direct in vivo strain measurements in human bone—a systematic literature review. *J Biomech*, 45(1), 27-40. doi:10.1016/j.jbiomech.2011.08.004
- Alonso, A. C., Ernandes, R. C., Pereira, R. H. M., Becker, R. A., Machado-Lima, A., Silva-Santos, P. R., . . . Garcez-Leme, L. E. (2019). BONE MINERAL DENSITY AND BODY COMPOSITION IN ELDERLY RUNNERS: SIX-YEAR FOLLOW-UP. *Acta Ortop Bras*, 27(2), 92-94. doi:10.1590/1413-785220192702214897
- Andersen, C. A., Clarsen, B., Johansen, T. V., & Engebretsen, L. (2013). High prevalence of overuse injury among iron-distance triathletes. *Br J Sports Med*, 47(13), 857-861. doi:10.1136/bjsports-2013-092397
- Avila, J. A., Avila, R. A., Gonçalves, E. M., & Guerra Junior, G. (2019). Influence of physical training on bone mineral density in healthy young adults: a systematic review. *Rev Assoc Med Bras (1992)*, 65(8), 1102-1106. doi:10.1590/1806-9282.65.8.1102
- Bakkum, A. J., Janssen, T. W., Rolf, M. P., Roos, J. C., Burcksen, J., Knol, D. L., & de Groot, S. (2014). A reliable method for measuring proximal tibia and distal femur bone mineral density using dual-energy X-ray absorptiometry. *Med Eng Phys*, 36(3), 387-390. doi:10.1016/j.medengphy.2013.08.010
- Bala, Y., Zebaze, R., & Seeman, E. (2015). Role of cortical bone in bone fragility. *Current Opinion in Rheumatology*, 27(4), 406-413. doi:10.1097/bor.0000000000000183
- Barry, D. W., Hansen, K. C., van Pelt, R. E., Witten, M., Wolfe, P., & Kohrt, W. M. (2011). Acute calcium ingestion attenuates exercise-induced disruption of calcium homeostasis. *Med Sci Sports Exerc*, 43(4), 617-623. doi:10.1249/MSS.0b013e3181f79fa8

- Barry, D. W., & Kohrt, W. M. (2007). Acute effects of 2 hours of moderate-intensity cycling on serum parathyroid hormone and calcium. *Calcif Tissue Int*, *80*(6), 359-365. doi:10.1007/s00223-007-9028-y
- Baxter-Jones, A. D., Kontulainen, S. A., Faulkner, R. A., & Bailey, D. A. (2008). A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*, *43*(6), 1101-1107. doi:10.1016/j.bone.2008.07.245
- Bazzocchi, A., Ponti, F., Albisinni, U., Battista, G., & Guglielmi, G. (2016). DXA: Technical aspects and application. *Eur J Radiol*, *85*(8), 1481-1492. doi:10.1016/j.ejrad.2016.04.004
- Bellver, M., Del Rio, L., Jovell, E., Drobnic, F., & Trilla, A. (2019). Bone mineral density and bone mineral content among female elite athletes. *Bone*, *127*, 393-400. doi:10.1016/j.bone.2019.06.030
- Berg, U., Enqvist, J. K., Mattsson, C. M., Carlsson-Skwirut, C., Sundberg, C. J., Ekblom, B., & Bang, P. (2008). Lack of sex differences in the IGF-IGFBP response to ultra endurance exercise. *Scand J Med Sci Sports*, *18*(6), 706-714. doi:10.1111/j.1600-0838.2007.00758.x
- Burke, L. M., Close, G. L., Lundy, B., Mooses, M., Morton, J. P., & Tenforde, A. S. (2018). Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, *28*(4), 364-374. doi:10.1123/ijsnem.2018-0182
- Burr, D. B. (1997). Muscle strength, bone mass, and age-related bone loss. *J Bone Miner Res*, *12*(10), 1547-1551. doi:10.1359/jbmr.1997.12.10.1547
- Calbet, J. A., Moysi, J. S., Dorado, C., & Rodríguez, L. P. (1998). Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcif Tissue Int*, *62*(6), 491-496. doi:10.1007/s002239900467
- Carbuhn, A. F., Fernandez, T. E., Bragg, A. F., Green, J. S., & Crouse, S. F. (2010). Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. *J Strength Cond Res*, *24*(7), 1710-1717. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d09eb3
- Chen, X., Wang, Z., Duan, N., Zhu, G., Schwarz, E. M., & Xie, C. (2018). Osteoblast-osteoclast interactions. *Connect Tissue Res*, *59*(2), 99-107. doi:10.1080/03008207.2017.1290085
- Chilibeck, P. D., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1995). Exercise and bone mineral density. *Sports Med*, *19*(2), 103-122. doi:10.2165/00007256-199519020-00003

- Clarke, B. (2008). Normal bone anatomy and physiology. *Clin J Am Soc Nephrol*, 3 Suppl 3(Suppl 3), S131-139. doi:10.2215/cjn.04151206
- Clarkson, P. M., & Haymes, E. M. (1995). Exercise and mineral status of athletes: calcium, magnesium, phosphorus, and iron. *Med Sci Sports Exerc*, 27(6), 831-843.
- Cosca, D. D., & Navazio, F. (2007). Common problems in endurance athletes. *Am Fam Physician*, 76(2), 237-244.
- Datta, H. K., Ng, W. F., Walker, J. A., Tuck, S. P., & Varanasi, S. S. (2008). The cell biology of bone metabolism. *J Clin Pathol*, 61(5), 577-587. doi:10.1136/jcp.2007.048868
- de la Puente Yagüe, M., Collado Yurrita, L., Ciudad Cabañas, M. J., & Cuadrado Cenual, M. A. (2020). Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. *Nutrients*, 12(2). doi:10.3390/nu12020579
- De Laet, C., Kanis, J. A., Odén, A., Johanson, H., Johnell, O., Delmas, P., . . . Tenenhouse, A. (2005). Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporos Int*, 16(11), 1330-1338. doi:10.1007/s00198-005-1863-y
- Deldicque, L., & Francaux, M. (2015). Recommendations for Healthy Nutrition in Female Endurance Runners: An Update. *Front Nutr*, 2, 17. doi:10.3389/fnut.2015.00017
- Di Iorgi, N., Maruca, K., Patti, G., & Mora, S. (2018). Update on bone density measurements and their interpretation in children and adolescents. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, 32(4), 477-498. doi:10.1016/j.beem.2018.06.002
- Dias Quiterio, A. L., Carnero, E. A., Baptista, F. M., & Sardinha, L. B. (2011). Skeletal mass in adolescent male athletes and nonathletes: relationships with high-impact sports. *J Strength Cond Res*, 25(12), 3439-3447. doi:10.1519/JSC.0b013e318216003b
- Duda, G. N., Haas, N. P., & Bergmann, G. (2010). Founding of the julius wolff institut charité - universitätsmedizin berlin: editorial comment. *Clin Orthop Relat Res*, 468(4), 1050-1051. doi:10.1007/s11999-010-1238-3
- Duncan, C. S., Blimkie, C. J., Cowell, C. T., Burke, S. T., Briody, J. N., & Howman-Giles, R. (2002). Bone mineral density in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 286-294. doi:10.1097/00005768-200202000-00017
- Duplanty, A. A., Levitt, D. E., Hill, D. W., McFarlin, B. K., DiMarco, N. M., & Vingren, J. L. (2018). Resistance Training Is Associated With Higher Bone Mineral Density Among Young Adult Male Distance Runners Independent of Physiological

Factors. *J Strength Cond Res*, 32(6), 1594-1600.
doi:10.1519/jsc.0000000000002504

Elliott-Sale, K. J., Tenforde, A. S., Parziale, A. L., Holtzman, B., & Ackerman, K. E. (2018). Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 28(4), 335-349. doi:10.1123/ijsnem.2018-0127

Emaus, N., Omsland, T. K., Ahmed, L. A., Grimnes, G., Sneve, M., & Berntsen, G. K. (2009). Bone mineral density at the hip in Norwegian women and men--prevalence of osteoporosis depends on chosen references: the Tromsø Study. *Eur J Epidemiol*, 24(6), 321-328. doi:10.1007/s10654-009-9333-z

Ferretti, J. L., Cointry, G. R., Capozza, R. F., & Frost, H. M. (2003). Bone mass, bone strength, muscle-bone interactions, osteopenias and osteoporoses. *Mech Ageing Dev*, 124(3), 269-279. doi:10.1016/s0047-6374(02)00194-x

Forwood, M. R., & Turner, C. H. (1995). Skeletal adaptations to mechanical usage: results from tibial loading studies in rats. *Bone*, 17(4 Suppl), 197s-205s. doi:10.1016/8756-3282(95)00292-l

Fredericson, M., Chew, K., Ngo, J., Cleek, T., Kiratli, J., & Cobb, K. (2007). Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *Br J Sports Med*, 41(10), 664-668; discussion 668. doi:10.1136/bjism.2006.030783

Glaser, D. L., & Kaplan, F. S. (1997). Osteoporosis. Definition and clinical presentation. *Spine (Phila Pa 1976)*, 22(24 Suppl), 12s-16s. doi:10.1097/00007632-199712151-00003

Goltzman, D. (2000). Approach to Hypercalcemia. In K. R. Feingold, B. Anawalt, A. Boyce, G. Chrousos, W. W. de Herder, K. Dhatariya, K. Dungan, A. Grossman, J. M. Hershman, J. Hofland, S. Kalra, G. Kaltsas, C. Koch, P. Kopp, M. Korbonits, C. S. Kovacs, W. Kuohung, B. Laferrère, E. A. McGee, R. McLachlan, J. E. Morley, M. New, J. Purnell, R. Sahay, F. Singer, C. A. Stratakis, D. L. Trencé, & D. P. Wilson (Eds.), *Endotext*. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.

Copyright © 2000-2021, MDText.com, Inc.

Goolsby, M. A., & Boniquit, N. (2017). Bone Health in Athletes. *Sports Health*, 9(2), 108-117. doi:10.1177/1941738116677732

Hackney, A. C. (2020). Hypogonadism in Exercising Males: Dysfunction or Adaptive-Regulatory Adjustment? *Front Endocrinol (Lausanne)*, 11, 11. doi:10.3389/fendo.2020.00011

Hammer, A. (2015). The paradox of Wolff's theories. *Ir J Med Sci*, 184(1), 13-22. doi:10.1007/s11845-014-1070-y

- Henry, M. B., & Almstedt, H. C. (2009). Validity of a dietary calcium questionnaire modified to include supplement use in athletes. *J Sports Sci Med*, *8*(2), 225-229.
- Herbert, A. J., Williams, A. G., Hennis, P. J., Erskine, R. M., Sale, C., Day, S. H., & Stebbings, G. K. (2019). The interactions of physical activity, exercise and genetics and their associations with bone mineral density: implications for injury risk in elite athletes. *Eur J Appl Physiol*, *119*(1), 29-47.
doi:10.1007/s00421-018-4007-8
- Hind, K., Truscott, J. G., & Evans, J. A. (2006). Low lumbar spine bone mineral density in both male and female endurance runners. *Bone*, *39*(4), 880-885.
doi:10.1016/j.bone.2006.03.012
- Hind, K., Zanker, C., & Truscott, J. (2011). Five-Year Follow-up Investigation of Bone Mineral Density by Age in Premenopausal Elite-Level Long-Distance Runners. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *21*(6), 521-529.
doi:10.1097/JSM.0b013e3182377257
- Hoch, A. Z., Stavrakos, J. E., & Schimke, J. E. (2007). Prevalence of female athlete triad characteristics in a club triathlon team. *Arch Phys Med Rehabil*, *88*(5), 681-682.
doi:10.1016/j.apmr.2007.02.035
- Holick, M. F. (2009). Vitamin D status: measurement, interpretation, and clinical application. *Ann Epidemiol*, *19*(2), 73-78. doi:10.1016/j.annepidem.2007.12.001
- Institute of Medicine. (2011). *Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D*: The National Academies Press.
- Johansson, H., Kanis, J. A., Odén, A., McCloskey, E., Chapurlat, R. D., Christiansen, C., . . . Zillikens, M. C. (2014). A meta-analysis of the association of fracture risk and body mass index in women. *J Bone Miner Res*, *29*(1), 223-233.
doi:10.1002/jbmr.2017
- Karaguzel, G., & Holick, M. F. (2010). Diagnosis and treatment of osteopenia. *Rev Endocr Metab Disord*, *11*(4), 237-251. doi:10.1007/s11154-010-9154-0
- Klibanski, A., Adams-Campbell, L., Blair, S. N., Boden, S. D., Dickersin, K., Gifford, D. R., . . . Russell, W. E. (2001). Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. *Jama*, *285*(6), 785-795. doi:10.1001/jama.285.6.785
- Klomsten Andersen, O., Clarsen, B., Garthe, I., Mørland, M., & Stensrud, T. (2018). Bone health in elite Norwegian endurance cyclists and runners: a cross-sectional study. *BMJ Open Sport Exerc Med*, *4*(1), e000449.
doi:10.1136/bmjsem-2018-000449
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone

health. *Med Sci Sports Exerc*, 36(11), 1985-1996.
doi:10.1249/01.mss.0000142662.21767.58

Krugh, M., & Langaker, M. D. (2021). Dual Energy X-ray Absorptiometry. In *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing
Copyright © 2021, StatPearls Publishing LLC.

Kunstel, K. (2005). Calcium requirements for the athlete. *Curr Sports Med Rep*, 4(4), 203-206. doi:10.1097/01.csmr.0000306208.56939.01

Langdahl, B., Ferrari, S., & Dempster, D. W. (2016). Bone modeling and remodeling: potential as therapeutic targets for the treatment of osteoporosis. *Ther Adv Musculoskelet Dis*, 8(6), 225-235. doi:10.1177/1759720x16670154

Lanham-New, S. A. (2008). Importance of calcium, vitamin D and vitamin K for osteoporosis prevention and treatment. *Proc Nutr Soc*, 67(2), 163-176. doi:10.1017/s0029665108007003

Layne, J. E., & Nelson, M. E. (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc*, 31(1), 25-30. doi:10.1097/00005768-199901000-00006

Logue, D. M., Madigan, S. M., Melin, A., Delahunt, E., Heinen, M., Donnell, S. M., & Corish, C. A. (2020). Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance. *Nutrients*, 12(3). doi:10.3390/nu12030835

Lopes, D., Martins-Cruz, C., Oliveira, M. B., & Mano, J. F. (2018). Bone physiology as inspiration for tissue regenerative therapies. *Biomaterials*, 185, 240-275. doi:10.1016/j.biomaterials.2018.09.028

MacKelvie, K. J., Khan, K. M., & McKay, H. A. (2002). Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *Br J Sports Med*, 36(4), 250-257; discussion 257. doi:10.1136/bjism.36.4.250

Martinsen, M., & Sundgot-Borgen, J. (2013). Higher prevalence of eating disorders among adolescent elite athletes than controls. *Med Sci Sports Exerc*, 45(6), 1188-1197. doi:10.1249/MSS.0b013e318281a939

Mathis, S. L., & Caputo, J. L. (2018). Resistance Training Is Associated With Higher Lumbar Spine and Hip Bone Mineral Density in Competitive Male Cyclists. *J Strength Cond Res*, 32(1), 274-279. doi:10.1519/jsc.0000000000002209

Matsuo, K., & Irie, N. (2008). Osteoclast-osteoblast communication. *Arch Biochem Biophys*, 473(2), 201-209. doi:10.1016/j.abb.2008.03.027

- McClanahan, B. S., Harmon-Clayton, K., Ward, K. D., Klesges, R. C., Vukadinovich, C. M., & Cantler, E. D. (2002). Side-to-side comparisons of bone mineral density in upper and lower limbs of collegiate athletes. *J Strength Cond Res*, *16*(4), 586-590.
- McClanahan, B. S., Ward, K. D., Vukadinovich, C., Klesges, R. C., Chitwood, L., Kinzey, S. J., . . . Frate, D. (2002). Bone mineral density in triathletes over a competitive season. *J Sports Sci*, *20*(6), 463-469. doi:10.1080/02640410252925134
- McCormack, W. P., Shoepe, T. C., LaBrie, J., & Almstedt, H. C. (2019). Bone mineral density, energy availability, and dietary restraint in collegiate cross-country runners and non-running controls. *Eur J Appl Physiol*, *119*(8), 1747-1756. doi:10.1007/s00421-019-04164-z
- Melin, A., Tornberg, A. B., Skouby, S., Faber, J., Ritz, C., Sjödin, A., & Sundgot-Borgen, J. (2014). The LEAF questionnaire: a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *Br J Sports Med*, *48*(7), 540-545. doi:10.1136/bjsports-2013-093240
- Melin, A., Tornberg, A. B., Skouby, S., Moller, S. S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., . . . Sjödin, A. (2015). Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports*, *25*(5), 610-622. doi:10.1111/sms.12261
- Morgan, S. L., & Prater, G. L. (2017). Quality in dual-energy X-ray absorptiometry scans. *Bone*, *104*, 13-28. doi:10.1016/j.bone.2017.01.033
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., . . . Ljungqvist, A. (2014). The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med*, *48*(7), 491-497. doi:10.1136/bjsports-2014-093502
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J. K., Burke, L. M., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., . . . Budgett, R. (2018). IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *Br J Sports Med*, *52*(11), 687-697. doi:10.1136/bjsports-2018-099193
- Nagle, K. B., & Brooks, M. A. (2011). A Systematic Review of Bone Health in Cyclists. *Sports Health*, *3*(3), 235-243. doi:10.1177/1941738111398857
- Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., & Warren, M. P. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(10), 1867-1882. doi:10.1249/mss.0b013e318149f111

- Nichols, J. F., Palmer, J. E., & Levy, S. S. (2003). Low bone mineral density in highly trained male master cyclists. *Osteoporos Int*, *14*(8), 644-649. doi:10.1007/s00198-003-1418-z
- Nichols, J. F., & Rauh, M. J. (2011). Longitudinal changes in bone mineral density in male master cyclists and nonathletes. *J Strength Cond Res*, *25*(3), 727-734. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c6a116
- Njeh, C. F., Fuerst, T., Hans, D., Blake, G. M., & Genant, H. K. (1999). Radiation exposure in bone mineral density assessment. *Appl Radiat Isot*, *50*(1), 215-236. doi:10.1016/s0969-8043(98)00026-8
- Ogan, D., & Pritchett, K. (2013). Vitamin D and the athlete: risks, recommendations, and benefits. *Nutrients*, *5*(6), 1856-1868. doi:10.3390/nu5061856
- Pisani, P., Renna, M. D., Conversano, F., Casciaro, E., Muratore, M., Quarta, E., . . . Casciaro, S. (2013). Screening and early diagnosis of osteoporosis through X-ray and ultrasound based techniques. *World J Radiol*, *5*(11), 398-410. doi:10.4329/wjr.v5.i11.398
- Platen, P., Chae, E.-h., Antz, R., Lehmann, R., Kühlmorgen, J., & Allolio, B. (2001). Bone mineral density in top level male athletes of different sports. *European Journal of Sport Science*, *1*(5), 1-15. doi:10.1080/17461390100071501
- Pollock, N., Grogan, C., Perry, M., Pedlar, C., Cooke, K., Morrissey, D., & Dimitriou, L. (2010). Bone-mineral density and other features of the female athlete triad in elite endurance runners: a longitudinal and cross-sectional observational study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, *20*(5), 418-426. doi:10.1123/ijsnem.20.5.418
- Qutbi, M., Soltanshahi, M., Shiravand, Y., Gorzi, S. K., Shafiei, B., & Asli, I. N. (2020). Technical and patient-related sources of error and artifacts in bone mineral densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry: A pictorial review. *Indian J Radiol Imaging*, *30*(3), 362-371. doi:10.4103/ijri.IJRI_495_19
- Rauch, F., & Schoenau, E. (2001). The developing bone: slave or master of its cells and molecules? *Pediatr Res*, *50*(3), 309-314. doi:10.1203/00006450-200109000-00003
- Rector, R. S., Rogers, R., Ruebel, M., & Hinton, P. S. (2008). Participation in road cycling vs running is associated with lower bone mineral density in men. *Metabolism*, *57*(2), 226-232. doi:10.1016/j.metabol.2007.09.005
- Rector, R. S., Rogers, R., Ruebel, M., Widzer, M. O., & Hinton, P. S. (2009). Lean Body Mass and Weight-Bearing Activity in the Prediction of Bone Mineral Density in Physically Active Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(2), 427-435. doi:10.1519/JSC.0b013e31819420e1

- Sale, C., & Elliott-Sale, K. J. (2019). Nutrition and Athlete Bone Health. *Sports Med*, 49(Suppl 2), 139-151. doi:10.1007/s40279-019-01161-2
- Schofield, K. L., Thorpe, H., & Sims, S. T. (2020). Where are all the men? Low energy availability in male cyclists: A review. *Eur J Sport Sci*, 1-12. doi:10.1080/17461391.2020.1842510
- Schofield, K. L., & Hecht, S. (2012). Bone health in endurance athletes: runners, cyclists, and swimmers. *Curr Sports Med Rep*, 11(6), 328-334. doi:10.1249/JSR.0b013e3182779193
- Seeman, E., & Delmas, P. D. (2006). Bone quality--the material and structural basis of bone strength and fragility. *N Engl J Med*, 354(21), 2250-2261. doi:10.1056/NEJMra053077
- Singer, A. (2006). Osteoporosis diagnosis and screening. *Clinical Cornerstone*, 8(1), 9-18. doi:[https://doi.org/10.1016/S1098-3597\(06\)80061-X](https://doi.org/10.1016/S1098-3597(06)80061-X)
- Smith-Ryan, A. E., Mock, M. G., Ryan, E. D., Gerstner, G. R., Trexler, E. T., & Hirsch, K. R. (2017). Validity and reliability of a 4-compartment body composition model using dual energy x-ray absorptiometry-derived body volume. *Clin Nutr*, 36(3), 825-830. doi:10.1016/j.clnu.2016.05.006
- Specker, B. L., Wey, H. E., & Smith, E. P. (2010). Rates of bone loss in young adult males. *Int J Clin Rheumatol*, 5(2), 215-228. doi:10.2217/ijr.10.7
- Stewart, A. D., & Hannan, J. (2000). Total and regional bone density in male runners, cyclists, and controls. *Med Sci Sports Exerc*, 32(8), 1373-1377. doi:10.1097/00005768-200008000-00003
- Sundgot-Borgen, J., & Torstveit, M. K. (2004). Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clin J Sport Med*, 14(1), 25-32. doi:10.1097/00042752-200401000-00005
- Takada, H., Washino, K., Hanai, T., & Iwata, H. (1998). Response of parathyroid hormone to exercise and bone mineral density in adolescent female athletes. *Environ Health Prev Med*, 2(4), 161-166. doi:10.1007/bf02931695
- Tenforde, A. S., Barrack, M. T., Nattiv, A., & Fredericson, M. (2016). Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes. *Sports Med*, 46(2), 171-182. doi:10.1007/s40279-015-0411-y
- Tenforde, A. S., Fredericson, M., Sayres, L. C., Cutti, P., & Sainani, K. L. (2015). Identifying sex-specific risk factors for low bone mineral density in adolescent runners. *Am J Sports Med*, 43(6), 1494-1504. doi:10.1177/0363546515572142

- Tenforde, A. S., Parziale, A. L., Popp, K. L., & Ackerman, K. E. (2018). Low Bone Mineral Density in Male Athletes Is Associated With Bone Stress Injuries at Anatomic Sites With Greater Trabecular Composition. *Am J Sports Med*, *46*(1), 30-36. doi:10.1177/0363546517730584
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2015). *Research Method in Physical Activity* (7 ed.): Human Kinetics.
- Torres-Costoso, A., Vlachopoulos, D., Ubago-Guisado, E., Ferri-Morales, A., Cavero-Redondo, I., Martínez-Vizcaino, V., & Gracia-Marco, L. (2018). Agreement Between Dual-Energy X-Ray Absorptiometry and Quantitative Ultrasound to Evaluate Bone Health in Adolescents: The PRO-BONE Study. *Pediatr Exerc Sci*, *30*(4), 466-473. doi:10.1123/pes.2017-0217
- Tudor-Locke, C., & McColl, R. S. (2000). Factors related to variation in premenopausal bone mineral status: a health promotion approach. *Osteoporos Int*, *11*(1), 1-24. doi:10.1007/s001980050001
- Turner, C. H., & Pavalko, F. M. (1998). Mechanotransduction and functional response of the skeleton to physical stress: the mechanisms and mechanics of bone adaptation. *J Orthop Sci*, *3*(6), 346-355. doi:10.1007/s007760050064
- Urhausen, A., & Kindermann, W. (1987). Behaviour of testosterone, sex hormone binding globulin (SHBG), and cortisol before and after a triathlon competition. *Int J Sports Med*, *8*(5), 305-308. doi:10.1055/s-2008-1025674
- Viner, R. T., Harris, M., Berning, J. R., & Meyer, N. L. (2015). Energy Availability and Dietary Patterns of Adult Male and Female Competitive Cyclists With Lower Than Expected Bone Mineral Density. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, *25*(6), 594-602. doi:10.1123/ijsnem.2015-0073
- Voss, L. A., Fadale, P. D., & Hulstyn, M. J. (1998). Exercise-induced loss of bone density in athletes. *J Am Acad Orthop Surg*, *6*(6), 349-357. doi:10.5435/00124635-199811000-00003
- Ward, K. D., Hunt, K. M., Berg, M. B., Slawson, D. A., Vukadinovich, C. M., McClanahan, B. S., & Clemens, L. H. (2004). Reliability and validity of a brief questionnaire to assess calcium intake in female collegiate athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, *14*(2), 209-221. doi:10.1123/ijsnem.14.2.209
- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep*, *11*(4), 209-216. doi:10.1249/JSR.0b013e31825dabb8
- Williams, M. H. (2005). Dietary supplements and sports performance: minerals. *J Int Soc Sports Nutr*, *2*(1), 43-49. doi:10.1186/1550-2783-2-1-43

Vedlegg

Vedlegg 1: infoskriv og samtykke Norseman



FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I ET FORSKNINGSPROSJEKT

Treningsbelastning, fysiske form og helseproblemer hos Norseman Xtreme Triathlon deltakere – en prospektiv kohort studie

Dette er en forespørsel til deg som skulle deltatt i Norseman Xtreme Triathlon (NXTRI) 2020 og har takket ja til å overføre din startplass til NXTRI, 2021. Vi vet fra tidligere at mange blir skadet i treningsperioden frem mot Norseman. I dette prosjektet ønsker vi å kartlegge fysisk form ved ulike tester, treningsbelastning og forekomst av skader og sykdom i treningsperioden frem mot Norseman, for på sikt å kunne bidra til å redusere forekomsten av helseproblemer i denne perioden. I tillegg ønsker vi å undersøke lungefunksjon, oksygenmetning og blodtrykk før og etter målgang i NXTRI 2021.

Norges idrettshøyskole, ved institutt for idrettsmedisinske fag, står ansvarlig for prosjektet.

BAKGRUNN OG HENSIKT

Det finnes lite forskning på helseproblemer (skader og sykdom), treningsbelastning og fysisk form hos langdistanse triatlonutøvere. Tidligere studier har vist en akutt reduksjon i lungefunksjon og immunforsvar hos utøverne som har gjennomført en ekstremkonkurranse som ultraløp eller ekstremtriathlon. Det er imidlertid uvisst hvor lenge denne negative effekten varer. Hensikten med dette prosjektet er å bidra med ny kunnskap om sammenhengen mellom treningsbelastning, fysisk form og helseproblemer. I tillegg ønsker vi å studere hvordan dette eventuelt henger sammen prestasjonen i Norseman 2021. På bakgrunn av dette, ønsker vi deg som deltaker i dette forskningsprosjektet.

HVA INNEBÆRER PROSJEKTET?

Prosjektet er tredelt og du kan delta i enkelte av delstudiene eller alle etter hva du har anledning til.

Del 1: I denne studien skal du svare på et kort spørreskjema hver andre uke angående skader, sykdom og treningsbelastning (type, varighet og intensitet). Spørreskjemaet sendes ut via en lenke til applikasjonen Briteback på SMS. Norges idrettshøyskole har opprettet en databehandleravtale med Briteback og har godkjent applikasjonen som en sikker plattform for datainnsamling. Det er kun prosjektleder som har tilgang til data i Briteback.

For å få en nøyaktig registrering av treningsbelastning må du registrere type trening, varighet og intensitet i et eget Excelark hver dag som overføres til den ukentlige registreringen i Briteback. I tillegg skal du, ved oppstart og ved avslutning av prosjektet, svare på et spørreskjema som omhandler pusteproblemer i hvile og under trening, et spørreskjema som omhandler tidligere og

nåværende helseproblemer samt tidligere treningshistorikk og et kort spørreskjema om motivasjon for å delta i idrett.

Del 2: I denne studien skal du gjennomføre noen fysiske tester ved 4 måletidspunkt, ved oppstart, 6 måneder før og 14 dager før deltakelse i Norseman og 7-14 dager etter deltakelse i Norseman. De fysiske testene omfatter, måling av aktivitet i det autonome (ikke viljestyrte) nervesystemet, kroppssammensetning og beinmineralitet, lungeundersøkelser og maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) ved løp på tredemølle. Testingen vil foregå i laboratoriene ved Norges idrettshøgskole. De fysiske testene tar ca 1-1,5 timer og tidspunktet tilpasser vi etter hva som passer for deg.

Aktivitet i det autonome nervesystemet (ikke viljestyrte)

Aktiviteten i det autonome nervesystemet skal måles på to ulike måter, med et pupillometer (et lite håndholdt apparat) som holdes inntil øyet ditt og gir et kraftig lysglimt mot øyet, som et «blitzlys». Vi måler hvor raskt og hvor mye pupillen din trekker seg sammen og dette gir et mål på aktiviteten i det autonome nervesystemet. Denne målingen utføres i et ganske mørkt rom og vi måler 2 ganger på hvert øye for å få mest mulig sikkert resultat. Den andre målemetoden er en 4 sekunders sykkeltest hvor du fra hvile skal trække så fort du kan i 4 sekunder. Vi måler endring i hjerterefrekvensen din med en pulsmåler. Disse testene tar ca 20 minutter til sammen.

Kroppssammensetning og beinmineralitet

Kroppssammensetning for beregning av muskelmasse, fettmasse og beinmasse vil bli målt ved en dexascan (DXA) undersøkelse (minner om en vanlig røntgenundersøkelse) ved at du ligger på ryggen på en benk og blir scannet fra hodet til føttene. Dexascan tar 15 minutter.

Lungeundersøkelsene

Undersøkelse av lungene dine vil bli målt ved 4 ulike metoder. Alle undersøkelsene foregår i hvile ved at du sitter eller står og puster på ulike måter gjennom et munnstykke. Du vil få god instruksjon av testleder i forkant. Lungeundersøkelsene gir oss et mål på størrelsen på lungene dine, hvor åpne luftveiene dine er, hvor mye oksygen som fraktes fra lungene og over i blodet samt hvor mye av gassen nitrogenoksid (en betennelsesmarkør) som produseres i luftveiene dine. Lungeundersøkelsene tar ca. 20 min.

Maksimalt oksygenopptak (kondisjonen)

Det maksimale oksygenopptaket (kondisjonen) vil bli målt mens du løper på en tredemølle. Hastigheten økes gradvis til du ikke orker mer. Hastigheten økes med 1 km/min. og du vil hele tiden ha kontakt med testleder. Du bestemmer i samråd med testleder når du vil avslutte testen. Under testen har du på en maske som er tilknyttet en slange som igjen er festet til en analysator slik at all luften du puster ut blir analysert og slik kan vi måle oksygenopptaket. På denne testen vil du på slutten merke at du begynner å puste ganske tungt og du vil være helt utmattet når testen avsluttes. Testen tar ca. 20 minutter, men det er kun på slutten at du blir veldig sliten. Under testen vil vi måle hjerterefrekvensen (puls) din hvert minutt og blodtrykket ditt vil bli målt i hvile før testen starter.

Del 3: Denne studien innebærer måling av lungefunksjon, ekspirert nitrogenoksid, oksygenmetning og blodtrykk før og etter gjennomført NXTRI 2021. Disse testene tar ca 10 minutter å gjennomføre.

Alle de fysiske testene er standardiserte og enkle å gjennomføre
Alle data vil bli behandlet aidentifisert. Dataopplysninger vil bli lagret på en sikker
forskningsserver på Norges idrettshøyskole og lagret i 5 år etter prosjektslutt av kontrollhensyn.

MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Dersom vi skulle avdekke helseproblemer som bør utredes videre og eventuelt behandles i forbindelse med de fysiske testene i forberedelsesfasen til NXTRI 2021 eller akutt under løpet, vil du få umiddelbar informasjon om dette og få råd om å kontakte fastlegen og/eller henvisning for videre utredning og oppfølging fra ansvarlig lege. I forbindelse med konkurransen har arrangøren et omfattende medisinsk sikkerhetsopplegg og trent helsepersonell vil ta seg av akutte helseproblemer under løpet. Ulempen dette prosjektet vil ha for deg er at det vil ta noe tid å fylle ut spørreskjemaet hver uke, samt tiden det tar å gjennomføre de fysiske testene.

Deltakelse i studien vil gi deg innblikk i ulike fysiske og fysiologiske testmetoder og hvordan forskning utføres. Resultater fra de fysiske testene kan du få umiddelbart etter at du er ferdig. Testene er velkjente og er mye brukt i forskningsprosjekter og benyttes regelmessig på sykehus. Det er liten risiko forbundet med målingene som skal gjennomføres. Det kan imidlertid føles ubehagelig å løpe til total utmattelse under en kondisjonstest og det vil alltid være en liten risiko for akutt skade ved løping på tredemølle.

Under de fysiske testene i laboratoriet på Norges idrettshøyskole vil du være forsikret gjennom Norges idrettshøgskoles særskilte forsikring.

HVA SKJER MED INFORMASJONEN VI SAMLER INN?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle testresultatene samt personlige opplysninger vil bli aidentifisert under forsøksperioden, og anonymisert når studien er avsluttet 30.des. 2026. Alle data som er samlet inn skal ifølge regelverket oppbevares i 5 år etter prosjektslutt av kontrollhensyn. Ved forsøksstart vil du få utdelt et ID-nummer som skal anvendes under studien. Dette nummeret vil være direkte knyttet til dine data. Listen som viser hvilket ID-nummer du har vil bli oppbevart av prosjektleder på et sikkert sted under studien, og slettet når studien er ferdig. Det vil derfor ikke være mulig å knytte dine data til din person, og du vil ikke kunne bli identifisert i resultatene fra studien når disse senere publiseres. Opplysninger som registreres om deg er fødselsår, kjønn, høyde, vekt samt resultatene fra de ulike fysiologiske målingene og resultater fra spørreskjemaene.

DELTAKELSE – DINE RETTIGHETER

Dette prosjektet har rettslig grunnlag i EUs personvernforordning artikkel 6a og 9a. Du har rett til å klage på behandlingen av dine opplysninger til Datatilsynet. Du kan som deltaker til enhver tid, før og under studiet, trekke deg uten å oppgi grunn. Det vil ikke få noen konsekvenser for din fremtidige

forbindelse til NIH. Dersom du trekker deg fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Norges idrettshøgskole ved prosjektleder professor Trine Stensrud, e-post: trine.stensrud@nih.no, tlf. 41 22 39 79
- Personvernombud ved NIH: Rolf Haavik, e-post: rolf.haavik@habberstad.no, tlf. 90 73 37 60
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på e-post (personvernombudet@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Om du har lest og forstått informasjonsskrivet og ønsker deltakelse i prosjektet, kan du signere "samtykke om deltakelse" på siste side og sende på e-post til prosjektleder evt. ta bilde av samtykket og sende på SMS.

- Prosjektleder: Professor Trine Stensrud:
Telefon: 41 22 39 79
E-post: trine.stensrud@nih.no
- Prosjektmedarbeidere: Forsker Julie Stang
E-post: julies@nih.no

Masterstudent Stine Pedersen
E-post: st.pedersen@hotmail.com

Masterstudent Sandra Viksjø
E-post: sandra@hovikklinikken.no

Doktorgradsstipendiat Jørgen Melau
E-post: jorgen@melau.no

Professor Jonny Hisdal
E-post: jonny.hisdal@medisin.uio.no

Medisinsk ansvarlig, lege og PhD stud. Christoffer Nyborg
E-post: nyborgchristoffer@gmail.com

SAMTYKKE OM DELTAKELSE

Samtykke for deltakere:

Jeg har lest informasjonsskrivet og gir med dette mitt samtykke til å delta i studien. Kryss av for hvilke studier du har anledning/ønsker å delta i.

- Hele prosjektet
- Delstudie 1: Registrering av sykdom/skader og treningsbelastning
- Delstudie 2: Fysiske og fysiologiske tester ved 4 måletidspunkt
- Delstudie 3: Fysiske tester før og etter deltakelse i NXTRI 2021

Navn på deltaker

E-post adresse, tlf.nummer

(Signert av prosjektdeltaker, sted/dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert av testansvarlig, sted/dato)

Vedlegg 2: Spørreskjema

Baseline Questionnaire Norseman

Country:

Age (years):

Date of birth (Day Month Year):

Gender:

- 1 = male, 2 = female

Weight (kg):

Hight (cm):

Have you previously participated in other types of sports on a competitive level?

- 1 = Yes, 2 = No
- **What kind of sport?**

How many years have you been competing in triathlon?

How many hours a week do you exercise?

Every training session usually lasts:

- 1 = Less than 2 hours, 2 = 2-3 hours, 3 = More than 3 hours

Hours spend on the bike every week:

- 1 = Less than 3 hours, 2 = 3-6 hours, 3 = More than 6 hours

Hours spend running in a week

- 1 = Less than 3 hours, 2 = 3-6 hours, 3 = More than 6 hours

Hours spend swimming in a week

- 1 = Less than 2 hours, 2 = 2-4 hours, 3 = More than 4 hours

Vedlegg 3: Vedtak REK



Region: Sakbehandler: Telefon: Vår dato: Vår referanse:
REK sør-øst A Hanne Johansen Pekovic 22845501 05.10.2020 173347
Deres referanse:

Trine Stensrud

173347 Treningsbelastning, fysisk form og helseproblemer hos Norseman Xtreme Triathlon deltakere – en prospektiv kohort studie

Forskningsansvarlig: Norges idrettshøgskole

Søker: Trine Stensrud

Søkers beskrivelse av formål:

Formålet med prosjektet er tredelt:

Del 1: Kartlegge helseproblemer og treningsbelastning prospektivt hos Norseman Ekstrem Triathlonutøvere i 10 måneder før Norseman Xtreme Triathlon (NXTRI) 2021.

Del 2: Undersøke kroppssammensetning, beinmineraltetthet, kardiorespiratorisk form ved maksimalt oksygenopptak (VO2maks), lungefunksjon inkludert ekspirert nitrogenoksid samt aktivitet i det autonome nervesystemet, hos NXTRI utøvere ved 4 måletidspunkt, baseline, 6 måneder før, 14 dager før og 7-14 dager etter NXTRI 2021.

Del 3: Undersøke akutte endringer i lungefunksjon, ekspirert nitrogenoksid (FENO), blodtrykk, hjertefrekvens og arteriell oksygenmetning hos NXTRI utøvere fra før til etter målgang i NXTRI 2021.

Deltakere i studien, kvinner og menn i alderen 20-75 år, vil bli rekruttert fra de 250 utøverne som skulle deltatt i årets NXTRI 2020, som måtte avlyses pga. Covid 19. De samme deltakerne har imidlertid fått tilbud av arrangøren om å delta i neste års NXTRI i august 2021. Alle de 250 deltakerne vil få en e-post fra arrangøren med forespørsel om de vil delta i prosjektet med kontaktinfo til prosjektleder samt skriftlig informasjon om studien. Siden mange av deltakerne er utenlandske statsborgere og ikke har mulighet til å komme til Oslo for å gjennomføre de fysiske testene i delstudie 2, vil disse fortsatt få mulighet til å være med på delstudie 1 og 3.

Designet og metodene som er valgt er de mest pålitelige og praktisk gjennomførbare for å besvare våre forskningsspørsmål. Spørreskjemaene er validerte og mye referert til i forskningslitteraturen. Spørreskjemaene er elektroniske og sendes ut og besvares via en lenke til applikasjonen Briteback på SMS. Norges idrettshøgskole har godkjent denne plattformen som sikker og skrevet en databehandleravtale med Briteback. De fysiske og fysiologiske testmetodene, DXA-scan, lungefunksjon, maksimalt oksygenopptak og hjertefrekvensvariasjon er standardiserte og nøyaktige målemetoder som vi har lang erfaring med og vi har tidligere publisert artikler med bruk av disse testmetodene.

Det er lite forskning på langdistanse triathlonutøvere generelt, og det er behov for mer forskning og spesielt prospektive studier av treningsbelastning og helseproblemer. Tidligere studier har vist en akutt reduksjon i hjerte-lunge funksjon samt redusert immunforsvar. Det er imidlertid uklart hvor lang tid det tar før de fysiologiske prosessene er normalisert og hva langtidseffekten er av å bryte ned kroppen flere ganger årlig i år etter år.

I dette prosjektet har vi mulighet til å følge en gruppe Norseman deltakere over tid da årets konkurranse ble avlyst pga Covid 19 og alle de 250 deltakerne fikk tilbud om plass i neste års konkurranse i august 2021.

REK sør-øst A

Besøksadresse: Gullhaugveien 1-3, 0484 Oslo

Telefon: 22 84 55 11 | E-post: rek-sormst@medisin.uio.no

Web: <https://eksperten.no>

Alle deltakerne vil kunne ha umiddelbar og individuell nytte av å kjenne til resultatene fra de fysiske testene, enten disse er normale eller avvikende. Ved avvikende funn vil vi etter ønske og behov henvise til videre oppfølging og/eller utredning hos fastlege. Deltakelse i studien vil gi deltakeren innblikk i ulike fysiske og fysiologiske testmetoder og hvordan forskning utføres. Resultater fra de fysiske testene kan deltakeren få umiddelbart etter at han/hun er ferdig med testen.

Resultater fra delstudie 1 og 3 vil være nyttig for alle som deltar i langdistanse triatlon og ultraløp samt for arrangører og medisinsk støttepersonell i disse konkurransene. Siden triatlon og andre langløp har økt i popularitet de siste årene vil det være nyttig med mer kunnskap om helseeffektene i forberedelsesfasen til, og i forbindelse med gjennomføringen av konkurransene.

REKs vurdering

Vi viser til søknad om forhåndsgodkjenning av ovennevnte forskningsprosjekt. Søknaden ble behandlet av Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK sør-øst A) i møtet 15.09.2020. Vurderingen er gjort med hjemmel i helseforskningslovens § 10.

Vurdering

Formålet med prosjektet, slik komiteen forstår søknad og protokoll, er å undersøke treningsbelastning og helseproblemer hos langdistanse triatlonutøvere i forbindelse med deltagelse i Norseman Xtreme Triathlon (NXTRI) 2021.

Tidligere studier har vist en akutt reduksjon i hjerte-lunge funksjon samt redusert immunforsvar hos langdistanse triatlonutøvere. Det er imidlertid uklart hvor lang tid det tar før de fysiologiske prosessene er normalisert og hva langtidseffekten av å bryte ned kroppen gjentatte ganger over lang tid er. Siden triatlon og andre langløp har økt i popularitet de siste årene vil det være nyttig med mer kunnskap om helseeffektene i forberedelsesfasen til, og gjennomføringen av, konkurransene. Det primære utfallsmålet i prosjektet er forekomst av helseproblemer hos NXTRI deltakere.

Utvalget vil bestå av 125 menn og kvinner i alderen 20 – 75 år som skal gjennomføre NXTRI 2021. Deltakerne skal inviteres ved at arrangør sender ut epost med forespørsel til de 250 deltakere som er påmeldt NXTRI 2021.

Prosjektet består av tre delstudier, og deltakerne kan velge om de vil delta i en, to eller tre av delstudiene.

Del 1:

Formålet med delstudie 1 er å kartlegge helseproblemer og treningsbelastning hos deltakerne i 10 måneder før NXTRI 2021. Data skal samles inn ved treningsdagbok og spørreskjema.

Treningsaktivitet skal registreres ukentlig i excel-skjema.

Følgende spørreskjema skal besvares ved baseline og ved avslutning: Asthma and Allergy (Land, alder, kjønn, vekt, høyde, type sport, mengde trening, om allergi (medisiner og symptomer), respirasjonsfunksjon og forstyrrelser, røyk/snusbruk), The 3x2 achievement goal questionnaire for sport (likert-skala for mål og motivasjon i sport).

Følgende spørreskjema skal fylles ut hver 14.dag i hele perioden: OSTRC - Helseproblemer (Om skader og påvirkning på trening) og spørreskjema om energitilgjengelighet (Leaf - for kvinner/Leam for menn).

Spørreskjemaene skal sendes ut via SMS og besvares i en lenke til applikasjonen Briteback.

Del 2:

Formålet med delstudie 2 er å undersøke kroppssammensetning, beinmineralitet, kardiorespiratorisk form ved maksimalt oksygenopptak (VO₂maks), lungefunksjon inkludert ekspirert nitrogenoksid samt aktivitet i det autonome nervesystemet. Undersøkelsene skal gjennomføres ved oppstart, 6 måneder og 14 dager før deltakelse, og 7-14 dager etter deltakelse.

Helseerklæring om aktuelle sykdommer skal fylles ut før fysiske undersøkelser.

Del 3:

Formålet med delstudie 3 er å undersøke akutte endringer i lungefunksjon, ekspirert nitrogenoksid (FENO), blodtrykk, hjertefrekvens og arteriell oksygenmetning hos NXTRI utøvere før og etter målgang i NXTRI. Målingene skal gjennomføres 1-2 dager før, og rett etter, målgang av NXTRI.

Komiteens vurdering er at dette er et nyttig prosjekt som vil kunne gi ny kunnskap om treningsbelastning, fysisk form og helseproblemer under ekstrem belastning.

Det bemerkes at det ikke er beskrevet noen beredskapsplan i hverken søknad eller protokoll selv om deltakerne skal observeres når de gjennomgår ekstrem treningsbelastning og konkurranseløp med forventet negativ effekt på kroppen. Det må derfor utformes en beredskapsplan som sørger for at deltakerne henvises til videre utredning ved eventuelle patologiske utslag på de inkluderte undersøkelsene og testene. Informasjon om dette må legges til i informasjonskrivet.

Det må også legges til informasjon om at datamateriale skal lagres i fem år etter prosjektslutt av kontrollhensyn.

Komiteen godkjenner prosjektet med vilkår om at det utvikles en beredskapsplan for deltakerene, og at informasjonsskrivet redigeres i henhold til ovenfor nevnte merknader.

Det reviderte skrevet bes innsendes REK som svar på oppgave som prosjektleder finner under fanen «OPPGAVER» etter innlogging i REK-portalen: <https://rekportalen.no>.

Vedtak

Godkjent med vilkår

REK har gjort en helhetlig forskningsetisk vurdering av alle prosjektets sider. Prosjektet godkjennes med hjemmel i helseforskningsloven § 10, under forutsetning av at ovennevnte vilkår er oppfylt.

Vi gjør samtidig oppmerksom på at etter ny personopplysningslov må det også foreligge et behandlingsgrunnlag etter personvernforordningen. Det må forankres i egen institusjon.

I tillegg til vilkår som fremgår av dette vedtaket, er godkjenningen gitt under forutsetning av at prosjektet gjennomføres slik det er beskrevet i søknad og protokoll, og de bestemmelser som følger av helseforskningsloven med forskrifter.

Godkjenningen gjelder til 30.12.2026.

Komiteens avgjørelse var enstemmig.

Av dokumentasjonshensyn skal opplysningene oppbevares i 5 år etter prosjektslutt.

Opplysningene skal oppbevares aidentifisert, dvs. atskilt i en nøkkel- og en datafil. Opplysningene skal deretter slettes eller anonymiseres.

Prosjektet skal sende sluttmelding på eget skjema, jf. helseforskningsloven § 12, senest et halvt år etter prosjektslutt.

Vennlig hilsen

Knut Engedal
Professor dr. med.
Leder REK sør-øst A

Hanne Johansen Pekovic
Rådgiver
REK sør-øst

Kopi til forskningsansvarlig institusjon(er) og medbruger(e)

Sluttmelding

Søker skal sende sluttmelding til REK sør-øst A på eget skjema senest seks måneder etter

godkjenningssperioden er utløpt, jf. hfl. § 12. Dersom prosjektet ikke igangsettes eller gjennomføres skal prosjektleder også sende melding om dette via sluttmeldingsskjemaet.

Søknad om å foreta vesentlige endringer

Dersom man ønsker å foreta vesentlige endringer i forhold til formål, metode, tidsløp eller organisering, skal søknad sendes til den regionale komiteen for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk som har gitt forhåndsgodkjenning. Søknaden skal beskrive hvilke endringer som ønskes foretatt og begrunnelsen for disse, jf. hfl. § 11.

Klageadgang

Du kan klage på komiteens vedtak, jf. forvaltningsloven § 28 flg. Klagen sendes til REK sør-øst A. Klagefristen er tre uker fra du mottar dette brevet. Dersom vedtaket opprettholdes av REK sør-øst A, sendes klagen videre til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag (NEM) for endelig vurdering.

Vedlegg 4: NSD vedtak



NSD sin vurdering

Prosjekttittel

Treningsbelastning, fysisk form og helseproblemer hos Norseman Xtreme Triatlon (NXTRI) deltakere – en prospektiv kohort studie

Referansenummer

719214

Registrert

12.08.2020 av Trine Stensrud - trines@nih.no

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges idrettshøgskole / Institutt for idrettsmedisinske fag

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Trine Stensrud, trine.stensrud@nih.no, tlf: 23262346

Type prosjekt

Forskerprosjekt

Prosjektperiode

05.10.2020 - 30.12.2026

Status

27.10.2020 - Vurdert

Vurdering (1)

27.10.2020 - Vurdert

BAKGRUNN Prosjektet er vurdert og godkjent etter helseforskningsloven § 10 av REK sør-øst, deres referanse 173347. Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet den med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte. MELD VESENTLIGE ENDRINGER Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde:

https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/meld_endringer.html Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres. TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle særlige kategorier av personopplysninger om helseforhold og alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 30.12.2026. LOVLIG GRUNNLAG Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 nr. 11 og art. 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse, som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes uttrykkelige samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a, jf. art. 9 nr. 2 bokstav a, jf. personopplysningsloven § 10, jf. § 9 (2). PERSONVERNPRINSIPPER

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om: - lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen - formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål - dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet - lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet DE REGISTRERTES RETTIGHETER Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19) og dataportabilitet (art. 20). NSD vurderer at informasjonen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13. I utgangspunktet har alle som registreres i forskningsprosjektet rett til å få slettet opplysninger som er registrert om dem. Etter helseforskningsloven § 16 tredje ledd vil imidlertid adgangen til å kreve sletting av sine helseopplysninger ikke gjelde dersom materialet eller opplysningene er anonymisert, dersom materialet etter bearbeidelse inngår i et annet biologisk produkt, eller dersom opplysningene allerede er inngått i utførte analyser. Regelen henviser til at sletting i slike situasjoner vil være svært vanskelig og/eller ødeleggende for forskningen, og dermed forhindre at formålet med forskningen oppnås. Etter personvernforordningen art 17 nr. 3 d kan man unnta fra retten til sletting dersom behandlingen er nødvendig for formål knyttet til vitenskapelig eller historisk forskning eller for statistiske formål i samsvar med artikkel 89 nr. 1 i den grad sletting sannsynligvis vil gjøre det umulig eller i alvorlig grad vil hindre at målene med nevnte behandling nås. NSD vurderer dermed at det kan gjøres unntak fra retten til sletting av helseopplysninger etter helseforskningslovens § 16 tredje ledd og personvernforordningen art 17 nr. 3 d, når materialet er bearbeidet slik at det inngår i et annet biologisk produkt, eller dersom opplysningene allerede er inngått i utførte analyser. Vi presiserer at helseopplysninger inngår i utførte analyser dersom de er sammenstilt eller koblet med andre opplysninger eller prøvesvar. Vi gjør oppmerksom på at øvrige opplysninger må slettes og det kan ikke innhentes ytterligere opplysninger fra deltakeren. Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned. FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32). OPPFØLGING AV PROSJEKTET NSD vil følge opp underveis (hvert annet år) og

ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet/pågår i tråd med den behandlingen som er dokumentert. Lykke til med prosjektet! Kontaktperson hos NSD: Ina Nepstad Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Vedlegg 5: Rettigheter for bruk av figur 1

27.6.2021

RightsLink Printable License

BMJ PUBLISHING GROUP LTD. LICENSE TERMS AND CONDITIONS

Jun 24, 2021

This Agreement between sandra viksjø ("You") and BMJ Publishing Group Ltd. ("BMJ Publishing Group Ltd.") consists of your license details and the terms and conditions provided by BMJ Publishing Group Ltd. and Copyright Clearance Center.

License Number	5085360845470
License date	Jun 10, 2021
Licensed Content Publisher	BMJ Publishing Group Ltd.
Licensed Content Publication	Journal of Clinical Pathology
Licensed Content Title	The cell biology of bone metabolism
Licensed Content Author	H K Datta,W F Ng,J A Walker,S P Tuck,S S Varanasi
Licensed Content Date	May 1, 2008
Licensed Content Volume	61
Licensed Content Issue	5
Type of Use	Dissertation/Thesis
Requestor type	Individual
Format	Print and electronic
Portion	Figure/table/extract
Number of figure/table/extracts	2

<https://s100.copyright.com/CustomAdmin/PLF.jsp?ref=df790c81-1ff0-4881-9898-9a6082315e58>

1/5

Description of figure/table/extracts	Figure 2
Will you be translating?	No
Circulation/distribution	1
Title	bone mineral density in Norseman atheles
Institution name	Norges idrettshøgskole
Expected presentation date	Aug 2021
Portions	Figure 2
Requestor Location	sandra viksjø Grevlingåsen 1 C Hosle, 1362 Norway Attn: Norges idrettshøgskole
Publisher Tax ID	GB674738491
Total	0.00 EUR

Terms and Conditions

BMJ Terms and Conditions for Permissions

When you submit your order you are subject to the terms and conditions set out below. You will also have agreed to the Copyright Clearance Center's ("CCC") terms and conditions regarding billing and payment <https://s100.copyright.com/App/PaymentTermsAndConditions.jsp>. CCC are acting as BMJ Publishing Group Limited's ("BMJs") agent.

Subject to the terms set out herein, BMJ hereby grants to you (the Licensee) a non-exclusive, non-transferable licence to re-use material as detailed in your request for this/those purpose(s) only and in accordance with the following conditions:

1) **Scope of Licence:** Use of the Licensed Material(s) is restricted to the ways specified by you during the order process and any additional use(s) outside of those specified in that request, require a further grant of permission.

2) **Acknowledgement:** In all cases, due acknowledgement to the original publication with permission from BMJ should be stated adjacent to the reproduced Licensed Material. The format of such acknowledgement should read as follows:

"Reproduced from [publication title, author(s), volume number, page numbers, copyright notice year] with permission from BMJ Publishing Group Ltd."

3) **Third Party Material:** BMJ acknowledges to the best of its knowledge, it has the rights to licence your reuse of the Licensed Material, subject always to the caveat that images/diagrams, tables and other illustrative material included within, which have a separate copyright notice, are presumed as excluded from the licence. Therefore, you should ensure that the Licensed Material you are requesting is original to BMJ and does not carry the copyright of another entity (as credited in the published version). If the credit line on any part of the material you have requested in any way indicates that it was reprinted or adapted by BMJ with permission from another source, then you should seek permission from that source directly to re-use the Licensed Material, as this is outside of the licence granted herein.

4) **Altering/Modifying Material:** The text of any material for which a licence is granted may not be altered in any way without the prior express permission of BMJ. If adaptation of the material has been approved via bmj.permissions@bmj.com you must include the disclaimer: "Adapted by permission from BMJ Publishing Group Limited. [publication title, author, volume number, page numbers, copyright notice year]"

5) **Reservation of Rights:** BMJ reserves all rights not specifically granted in the combination of (i) the licence details provided by you and accepted in the course of this licensing transaction, (ii) these terms and conditions and (iii) CCC's Billing and Payment Terms and Conditions.

6) **Timing of Use:** First use of the Licensed Material must take place within 12 months of the grant of permission.

7) **Creation of Contract and Termination:** Once you have submitted an order via RightsLink and this is received by CCC, and subject to you completing accurate details of your proposed use, this is when a binding contract is in effect and our acceptance occurs. As you are ordering rights from a periodical, to the fullest extent permitted by law, you will have no right to cancel the contract from this point other than for BMJ's material breach or fraudulent misrepresentation or as otherwise permitted under a statutory right. Payment must be made in accordance with CCC's Billing and Payment Terms and conditions. In the event that you breach any material condition of these terms and condition or any of CCC's Billing and Payment Terms and Conditions, the license is automatically terminated upon written notice from BMJ or CCC or as otherwise provided for in CCC's Billing and Payment Terms and Conditions, where these apply. Continued use of materials where a licence has been terminated, as well as any use of the Licensed Materials beyond the scope of an unrevoked licence, may constitute intellectual property rights infringement and BMJ reserves the right to take any and all action to protect its intellectual property rights in the Licensed Materials.

8) **Warranties:** BMJ makes no express or implied representations or warranties with respect to the Licensed Material and to the fullest extent permitted by law this is provided on an "as is" basis. For the avoidance of doubt BMJ does not warrant that the Licensed Material is accurate or fit for any particular purpose.

9) **Limitation of Liability:** To the fullest extent permitted by law, BMJ disclaims all liability for any indirect, consequential or incidental damages (including without limitation, damages for loss of profits, information or interruption) arising out of the use or inability to use the Licensed Material or the inability to obtain additional rights to use the Licensed Material. To the fullest extent permitted by law, the maximum aggregate liability of BMJ for any claims, costs, proceedings and demands for direct losses caused by BMJ's breaches of its obligations herein shall be limited to twice the amount paid by you to CCC for the licence granted herein.

10) **Indemnity:** You hereby indemnify and hold harmless BMJ and their respective officers, directors, employees and agents, from and against any and all claims, costs, proceeding or demands arising out of your unauthorised use of the Licensed Material.

11) **No Transfer of License:** This licence is personal to you, and may not be assigned or transferred by you without prior written consent from BMJ or its authorised agent(s). BMJ may assign or transfer any of its rights and obligations under this Agreement, upon written notice to you.

12) **No Amendment Except in Writing:** This licence may not be amended except in a writing signed by both parties (or, in the case of BMJ, by CCC on BMJ's behalf).

13) **Objection to Contrary terms:** BMJ hereby objects to any terms contained in any purchase order, acknowledgment, check endorsement or other writing prepared by you, which terms are inconsistent with these terms and conditions or CCC's Billing and Payment Terms and Conditions. These terms and conditions, together with CCC's Billing and Payment Terms and Conditions (which to the extent they are consistent are incorporated herein), comprise the entire agreement between you and BMJ (and CCC) and the Licensee concerning this licensing transaction. In the event of any conflict between your obligations established by these terms and conditions and those established by CCC's Billing and Payment Terms and Conditions, these terms and conditions shall control.

14) **Revocation:** BMJ or CCC may, within 30 days of issuance of this licence, deny the permissions described in this licence at their sole discretion, for any reason or no reason, with a full refund payable to you should you have not been able to exercise your rights in full. Notice of such denial will be made using the contact information provided by you. Failure to receive such notice from BMJ or CCC will not, to the fullest extent permitted by law alter or invalidate the denial. For the fullest extent permitted by law in no event will BMJ or CCC be responsible or liable for any costs, expenses or damage incurred by you as a result of a denial of your permission request, other than a refund of the amount(s) paid by you to BMJ and/or CCC for denied permissions.

15) **Restrictions to the license:**

15.1) **Promotion:** BMJ will not give permission to reproduce in full or in part any Licensed Material for use in the promotion of the following:

- a) non-medical products that are harmful or potentially harmful to health
- b) medical products that do not have a product license granted by the Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA) or its international equivalents. Marketing of the product may start only after data sheets have been released to members of the medical profession and must conform to the marketing authorization contained in the product license.

16) **Translation:** This permission is granted for non-exclusive world English language rights only unless explicitly stated in your licence. If translation rights are granted, a professional translator should be employed and it must be a true reproduction, accurately conveying the original meaning and of the same quality.

17) **STM Permissions Guidelines:** For content reuse in journals that qualify for permission under the STM Permissions Guidelines (which may be updated from time to time) the terms and conditions of the Guidelines supersede those in this licence. <https://www.stm-assoc.org/intellectual-property/permissions/permissions-guidelines/>

18) **General:** Neither party shall be liable for failure, default or delay in performing its obligations under this Licence, caused by a Force Majeure event which shall include any act of God, war, or threatened war, act or threatened act of terrorism, riot, strike, lockout, individual action, fire, flood, drought, tempest or other event beyond the reasonable control of either party.

18.1) In the event that any provision of this Agreement is held to be invalid, the remainder of the provisions shall continue in full force and effect.

18.2) There shall be no right whatsoever for any third party to enforce the terms and conditions of this Agreement. The Parties hereby expressly wish to exclude the operation of the Contracts (Rights of Third Parties) Act 1999 and any other legislation which has this effect and is binding on this agreement.

18.3) To the fullest extent permitted by law, this Licence will be governed by the laws of England and shall be governed and construed in accordance with the laws of England. Any action arising out of or relating to this agreement shall be brought in courts situated in England save where it is necessary for BMJ for enforcement to bring proceedings to bring an action in an alternative jurisdiction.

VI.1

Vedlegg 6: Rettigheter for bruk av figur 2

27.6.2021

RightsLink Printable License

ELSEVIER LICENSE TERMS AND CONDITIONS

Jun 24, 2021

This Agreement between sandra viksjø ("You") and Elsevier ("Elsevier") consists of your license details and the terms and conditions provided by Elsevier and Copyright Clearance Center.

License Number	5085351463186
License date	Jun 10, 2021
Licensed Content Publisher	Elsevier
Licensed Content Publication	Bone
Licensed Content Title	Skeletal adaptations to mechanical usage: results from tibial loading studies in rats
Licensed Content Author	M.R. Forwood,C.H. Turner
Licensed Content Date	Oct 1, 1995
Licensed Content Volume	17
Licensed Content Issue	4
Licensed Content Pages	9
Start Page	S197
End Page	S205
Type of Use	reuse in a thesis/dissertation
Portion	figures/tables/illustrations

<https://s100.copyright.com/CustomAdmin/PLF.jsp?ref=2ab265f6-a441-4fbf-ad16-823f1222570f>

1/7

Number of figures/tables/illustrations	1
Format	both print and electronic
Are you the author of this Elsevier article?	No
Will you be translating?	No
Title	bone mineral density in Norseman atheles
Institution name	Norges idrettshøgskole
Expected presentation date	Aug 2021
Portions	Figure 1.
Requestor Location	sandra viksjø Grevlingåsen 1 C Hosle, 1362 Norway Attn: Norges idrettshøgskole
Publisher Tax ID	GB 494 6272 12
Total	0.00 EUR

Terms and Conditions

INTRODUCTION

1. The publisher for this copyrighted material is Elsevier. By clicking "accept" in connection with completing this licensing transaction, you agree that the following terms and conditions apply to this transaction (along with the Billing and Payment terms and conditions established by Copyright Clearance Center, Inc. ("CCC"), at the time that you opened your Rightslink account and that are available at any time at <http://myaccount.copyright.com>).

GENERAL TERMS

2. Elsevier hereby grants you permission to reproduce the aforementioned material subject to the terms and conditions indicated.

3. Acknowledgement: If any part of the material to be used (for example, figures) has appeared in our publication with credit or acknowledgement to another source, permission must also be sought from that source. If such permission is not obtained then that material may not be included in your publication/copies. Suitable acknowledgement to the source must be made, either as a footnote or in a reference list at the end of your publication, as follows:

"Reprinted from Publication title, Vol /edition number, Author(s), Title of article / title of chapter, Pages No., Copyright (Year), with permission from Elsevier [OR APPLICABLE SOCIETY COPYRIGHT OWNER]." Also Lancet special credit - "Reprinted from The Lancet, Vol. number, Author(s), Title of article, Pages No., Copyright (Year), with permission from Elsevier."

4. Reproduction of this material is confined to the purpose and/or media for which permission is hereby given.

5. Altering/Modifying Material: Not Permitted. However figures and illustrations may be altered/adapted minimally to serve your work. Any other abbreviations, additions, deletions and/or any other alterations shall be made only with prior written authorization of Elsevier Ltd. (Please contact Elsevier's permissions helpdesk [here](#)). No modifications can be made to any Lancet figures/tables and they must be reproduced in full.

6. If the permission fee for the requested use of our material is waived in this instance, please be advised that your future requests for Elsevier materials may attract a fee.

7. Reservation of Rights: Publisher reserves all rights not specifically granted in the combination of (i) the license details provided by you and accepted in the course of this licensing transaction, (ii) these terms and conditions and (iii) CCC's Billing and Payment terms and conditions.

8. License Contingent Upon Payment: While you may exercise the rights licensed immediately upon issuance of the license at the end of the licensing process for the transaction, provided that you have disclosed complete and accurate details of your proposed use, no license is finally effective unless and until full payment is received from you (either by publisher or by CCC) as provided in CCC's Billing and Payment terms and conditions. If full payment is not received on a timely basis, then any license preliminarily granted shall be deemed automatically revoked and shall be void as if never granted. Further, in the event that you breach any of these terms and conditions or any of CCC's Billing and Payment terms and conditions, the license is automatically revoked and shall be void as if never granted. Use of materials as described in a revoked license, as well as any use of the materials beyond the scope of an unrevoked license, may constitute copyright infringement and publisher reserves the right to take any and all action to protect its copyright in the materials.

9. Warranties: Publisher makes no representations or warranties with respect to the licensed material.

10. Indemnity: You hereby indemnify and agree to hold harmless publisher and CCC, and their respective officers, directors, employees and agents, from and against any and all claims arising out of your use of the licensed material other than as specifically authorized pursuant to this license.

11. No Transfer of License: This license is personal to you and may not be sublicensed, assigned, or transferred by you to any other person without publisher's written permission.

12. No Amendment Except in Writing: This license may not be amended except in a writing signed by both parties (or, in the case of publisher, by CCC on publisher's behalf).

13. **Objection to Contrary Terms:** Publisher hereby objects to any terms contained in any purchase order, acknowledgment, check endorsement or other writing prepared by you, which terms are inconsistent with these terms and conditions or CCC's Billing and Payment terms and conditions. These terms and conditions, together with CCC's Billing and Payment terms and conditions (which are incorporated herein), comprise the entire agreement between you and publisher (and CCC) concerning this licensing transaction. In the event of any conflict between your obligations established by these terms and conditions and those established by CCC's Billing and Payment terms and conditions, these terms and conditions shall control.

14. **Revocation:** Elsevier or Copyright Clearance Center may deny the permissions described in this License at their sole discretion, for any reason or no reason, with a full refund payable to you. Notice of such denial will be made using the contact information provided by you. Failure to receive such notice will not alter or invalidate the denial. In no event will Elsevier or Copyright Clearance Center be responsible or liable for any costs, expenses or damage incurred by you as a result of a denial of your permission request, other than a refund of the amount(s) paid by you to Elsevier and/or Copyright Clearance Center for denied permissions.

LIMITED LICENSE

The following terms and conditions apply only to specific license types:

15. **Translation:** This permission is granted for non-exclusive world **English** rights only unless your license was granted for translation rights. If you licensed translation rights you may only translate this content into the languages you requested. A professional translator must perform all translations and reproduce the content word for word preserving the integrity of the article.

16. **Posting licensed content on any Website:** The following terms and conditions apply as follows: Licensing material from an Elsevier journal: All content posted to the web site must maintain the copyright information line on the bottom of each image; A hyper-text must be included to the Homepage of the journal from which you are licensing at <http://www.sciencedirect.com/science/journal/xxxxx> or the Elsevier homepage for books at <http://www.elsevier.com>; Central Storage: This license does not include permission for a scanned version of the material to be stored in a central repository such as that provided by Heron/XanEdu.

Licensing material from an Elsevier book: A hyper-text link must be included to the Elsevier homepage at <http://www.elsevier.com>. All content posted to the web site must maintain the copyright information line on the bottom of each image.

Posting licensed content on Electronic reserve: In addition to the above the following clauses are applicable: The web site must be password-protected and made available only to bona fide students registered on a relevant course. This permission is granted for 1 year only. You may obtain a new license for future website posting.

17. **For journal authors:** the following clauses are applicable in addition to the above:

Preprints:

A preprint is an author's own write-up of research results and analysis, it has not been peer-reviewed, nor has it had any other value added to it by a publisher (such as formatting, copyright, technical enhancement etc.).

Authors can share their preprints anywhere at any time. Preprints should not be added to or enhanced in any way in order to appear more like, or to substitute for, the final versions of

articles however authors can update their preprints on arXiv or RePEc with their Accepted Author Manuscript (see below).

If accepted for publication, we encourage authors to link from the preprint to their formal publication via its DOI. Millions of researchers have access to the formal publications on ScienceDirect, and so links will help users to find, access, cite and use the best available version. Please note that Cell Press, The Lancet and some society-owned have different preprint policies. Information on these policies is available on the journal homepage.

Accepted Author Manuscripts: An accepted author manuscript is the manuscript of an article that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and editor-author communications.

Authors can share their accepted author manuscript:

- immediately
 - via their non-commercial person homepage or blog
 - by updating a preprint in arXiv or RePEc with the accepted manuscript
 - via their research institute or institutional repository for internal institutional uses or as part of an invitation-only research collaboration work-group
 - directly by providing copies to their students or to research collaborators for their personal use
 - for private scholarly sharing as part of an invitation-only work group on commercial sites with which Elsevier has an agreement
- After the embargo period
 - via non-commercial hosting platforms such as their institutional repository
 - via commercial sites with which Elsevier has an agreement

In all cases accepted manuscripts should:

- link to the formal publication via its DOI
- bear a CC-BY-NC-ND license - this is easy to do
- if aggregated with other manuscripts, for example in a repository or other site, be shared in alignment with our hosting policy not be added to or enhanced in any way to appear more like, or to substitute for, the published journal article.

Published journal article (JPA): A published journal article (JPA) is the definitive final record of published research that appears or will appear in the journal and embodies all value-adding publishing activities including peer review co-ordination, copy-editing, formatting, (if relevant) pagination and online enrichment.

Policies for sharing publishing journal articles differ for subscription and gold open access articles:

Subscription Articles: If you are an author, please share a link to your article rather than the full-text. Millions of researchers have access to the formal publications on ScienceDirect, and so links will help your users to find, access, cite, and use the best available version.

Theses and dissertations which contain embedded JPAs as part of the formal submission can be posted publicly by the awarding institution with DOI links back to the formal publications on ScienceDirect.

If you are affiliated with a library that subscribes to ScienceDirect you have additional private sharing rights for others' research accessed under that agreement. This includes use for classroom teaching and internal training at the institution (including use in course packs and courseware programs), and inclusion of the article for grant funding purposes.

Gold Open Access Articles: May be shared according to the author-selected end-user license and should contain a [CrossMark logo](#), the end user license, and a DOI link to the formal publication on ScienceDirect.

Please refer to Elsevier's [posting policy](#) for further information.

18. For book authors the following clauses are applicable in addition to the above: Authors are permitted to place a brief summary of their work online only. You are not allowed to download and post the published electronic version of your chapter, nor may you scan the printed edition to create an electronic version. **Posting to a repository:** Authors are permitted to post a summary of their chapter only in their institution's repository.

19. Thesis/Dissertation: If your license is for use in a thesis/dissertation your thesis may be submitted to your institution in either print or electronic form. Should your thesis be published commercially, please reapply for permission. These requirements include permission for the Library and Archives of Canada to supply single copies, on demand, of the complete thesis and include permission for Proquest/UMI to supply single copies, on demand, of the complete thesis. Should your thesis be published commercially, please reapply for permission. Theses and dissertations which contain embedded PJAs as part of the formal submission can be posted publicly by the awarding institution with DOI links back to the formal publications on ScienceDirect.

Elsevier Open Access Terms and Conditions

You can publish open access with Elsevier in hundreds of open access journals or in nearly 2000 established subscription journals that support open access publishing. Permitted third party re-use of these open access articles is defined by the author's choice of Creative Commons user license. See our [open access license policy](#) for more information.

Terms & Conditions applicable to all Open Access articles published with Elsevier:

Any reuse of the article must not represent the author as endorsing the adaptation of the article nor should the article be modified in such a way as to damage the author's honour or reputation. If any changes have been made, such changes must be clearly indicated.

The author(s) must be appropriately credited and we ask that you include the end user license and a DOI link to the formal publication on ScienceDirect.

If any part of the material to be used (for example, figures) has appeared in our publication with credit or acknowledgement to another source it is the responsibility of the user to ensure their reuse complies with the terms and conditions determined by the rights holder.

Additional Terms & Conditions applicable to each Creative Commons user license:

CC BY: The CC-BY license allows users to copy, to create extracts, abstracts and new works from the Article, to alter and revise the Article and to make commercial use of the Article (including reuse and/or resale of the Article by commercial entities), provided the user gives appropriate credit (with a link to the formal publication through the relevant DOI), provides a link to the license, indicates if changes were made and the licensor is not represented as endorsing the use made of the work. The full details of the license are available at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

CC BY NC SA: The CC BY-NC-SA license allows users to copy, to create extracts, abstracts and new works from the Article, to alter and revise the Article, provided this is not done for commercial purposes, and that the user gives appropriate credit (with a link to the formal publication through the relevant DOI), provides a link to the license, indicates if changes were made and the licensor is not represented as endorsing the use made of the

work. Further, any new works must be made available on the same conditions. The full details of the license are available at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>.

CC BY NC ND: The CC BY-NC-ND license allows users to copy and distribute the Article, provided this is not done for commercial purposes and further does not permit distribution of the Article if it is changed or edited in any way, and provided the user gives appropriate credit (with a link to the formal publication through the relevant DOI), provides a link to the license, and that the licensor is not represented as endorsing the use made of the work. The full details of the license are available at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>. Any commercial reuse of Open Access articles published with a CC BY NC SA or CC BY NC ND license requires permission from Elsevier and will be subject to a fee.

Commercial reuse includes:

- Associating advertising with the full text of the Article
- Charging fees for document delivery or access
- Article aggregation
- Systematic distribution via e-mail lists or share buttons

Posting or linking by commercial companies for use by customers of those companies.

20. Other Conditions:

v1.10

Questions? customercare@copyright.com or +1-855-239-3415 (toll free in the US) or +1-978-646-2777.