

Tor Petter Lillebo Stormoen



Hvilke risikofaktorer er assosiert med stressfrakturer i tibia
hos løpere?

Manuellterapi teori: MANT 395, 2. semester – 2022
Masterprogram i helsefag -Klinisk masterstudium for
fysioterapeuter i manuellterapi. Institutt for global helse og
samfunnsmedisin, Universitetet i Bergen.

Antall ord: 10358

Sammendrag

Bakgrunn

For profesjonelle og rekreasjonsløpere er stressfraktur en av de vanligste belastningsskadene og står for 15-20 % av alle muskel- og skjelettskader i underekstremitetene. Omtrent 50 % av alle stressfrakturer er i tibia. Mye av forskningen på stressfrakturer er gjort på militærrekrutter i forsvaret ved tverrsnittstudier, og få studier er gjort på løpere på høyt nivå.

Hensikt

Formålet med denne systematiske litteraturstudien er å identifisere risikofaktorer for stressfraktur hos løpere.

Metode

Kohortstudier med minst ni måneder oppfølging bestående av deltakere i alderen 15-65 år som løp ≥ 30 km/uke ble inkludert.

Resultater

Søket ble gjennomført i PubMed 13. juli 2022. Søket ga 205 treff, der fem artikler tilfredstilte inklusjon- og eksklusjonskriteriene. Det var to studier som undersøkte biomekaniske faktorer og tre studier som undersøkte eksterne faktorer.

Konklusjon

Det konkluderes med at enkelte risikofaktorer som: lav beinmineraltetthet (1.075 (0.082). P-verdi <0.001); Body mass index (BMI) < 21 (2.428 (0.992 to 5.941)); redusert Straight Leg Raise (SLR) hos menn ($p<0.05$); og biomekaniske faktorer som peak hip adduction (HADD), free moment (FN) og peak rearfoot eversion (RFEV) (Odds ratio 1.29, 1.37 and 1.18) gir signifikant økt risiko for stressfraktur. Studien fikk ikke belyst sammenhengen mellom treningsdistanse og løpshastighet opp mot stressfrakturer. Det mangler gode målemetoder for å få kartlagt biomekaniske faktorer og treningsbelastning, noe som blir viktig i fremtiden.

Abstract

Background

For professional and recreational runners, stress fracture is one of the most common strain injuries and accounts for 15-20% of all musculoskeletal injuries in the lower extremities. Around 50% of all stress fractures are in the tibia. Most previous research on stress fractures has been done on military recruits using cross-sectional studies. Few studies have been done on high-level runners.

Aim

The aim of this systematic literature review to identify risk factors for stress fracture in runners. Cohort studies with at least nine months of follow-up and consisting of participants aged 15-65 who ran ≥ 30 km/week were included.

Results

The search was carried out in PubMed on July 13, 2022. The search yielded 205 hits, of which five articles satisfied the inclusion and exclusion criteria. There were two studies that investigated biomechanical risk factors and three studies that investigated external risk factors.

Conclusion

It is concluded that certain risk factors such as low bone mineral density (1.075 (0.082). P-value <0.001), body mass index (BMI) <21 (2.428 (0.992 to 5.941), reduced Straight leg raise (SLR) in men ($p < 0.05$) and biomechanical factors such as peak hip adduction (HADD), free moment (FN) and peak rearfoot eversion (RFEV) (Odds ratio 1.29, 1.37 and 1.18) give a significantly increased risk of stress fracture. The review did not elucidate the connection between training amount and speed up in relation to stress fractures There is a lack of good measurement methods to map biomechanical factors and training load, which will be important in the future.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	2
BAKGRUNN	2
HENSIKT	2
METODE	2
RESULTATER.....	2
KONKLUSJON	2
ABSTRACT	3
BACKGROUND	3
AIM.....	3
RESULTS.....	3
CONCLUSION.....	3
FORORD	5
INTRODUKSJON	6
FORMÅLET MED OPPGAVEN	7
TEORI	7
PATOFYSIOLOGI	7
BELASTNINGEN PÅ TIBIA	8
EKSTERNE VARIABLER.....	9
<i>Ernæring</i>	9
<i>Diagnostisering og klassifisering av en stressfraktur</i>	9
<i>Rehabilitering</i>	10
INTERNE VARIABLER.....	12
<i>Betydningen av kjønn for stressfraktur</i>	12
<i>Beinmineraltetthet og kroppsmasseindeks</i>	13
<i>Menstruasjon</i>	13
BIOMEKANISKE FAKTORER SOM PÅVIRKER BELASTNINGEN	13
INTERNE BIOMEKANISKE FAKTORER.....	14
<i>Akselerasjon og reaksjonskrefter fra underlaget</i>	14
<i>Biomekaniske malposisjoner</i>	14
<i>Stegfrekvens under løping</i>	15
EKSTERNE BIOMEKANISKE FAKTORER.....	16
<i>Treningsbelastning</i>	16
<i>Løpsdistanse og løpshastighet</i>	16
<i>Periodisering vs kontinuitet i treningsbelastningen</i>	17
<i>Betydningen av fysisk utholdenhet og styrke som risikofaktor</i>	17
<i>Treningshistorikk</i>	18
<i>Løping på ulike typer underlag</i>	18
<i>Betydningen av sko og såler for løpeskader</i>	19
<i>Sammenfatning av teoridelen</i>	19
METODE	20
FORSKNINGSDESIGN	20
METODISK KVALITETSURDERING AV INKLUDERTE STUDIER	20
<i>Prøvesøk</i>	21
<i>Søkeord</i>	21
STUDIESELEKTERING	22
<i>Inklusjon og eksklusjon</i>	22
<i>Kurs</i>	22
<i>Eksport av referanser</i>	23
<i>Kontakt av tidligere forfattere</i>	23

<i>Interessekonflikt, økonomisk vinning eller etiske betraktninger</i>	23
<i>Flytdiagram av litteratursøket</i>	24
RESULTATET	25
KVALITETSKONTROLL	25
DESKRIPTIV DATA	26
RESULTATER	26
.....	26
SAMMENDRAG AV INKLUDERTE ARTIKLER	27
DISKUSJON	29
INTERNE RISIKOFAKTORER	29
<i>Biomekanikk</i>	29
EKSTERNE FAKTORER	31
<i>Ernæring</i>	31
<i>Alder</i>	33
<i>Treningsbelastning og muskelstyrke</i>	33
METODE	34
<i>Manglende kvalitetssjekk fra eksterne personer</i>	34
<i>Studiedesignet</i>	35
<i>Målemetode</i>	35
<i>Utstyr</i>	36
<i>Eksklusjonskriterier</i>	36
<i>Publiseringsdato</i>	36
KLINISK IMPLIKASJONER OG ANBEFALINGER FOR VIDERE FORSKNING	37
KONKLUSJON	38
LITTERATURLISTE	39

Forord

Selv om universitetet i Bergen har hatt lite ressurser og en krevende oppgave med å finne nok veiledere er jeg takknemlig for det oppfølgingen jeg har fått. Takk til veileder Nic Eland for god hjelp. Dette er et tema jeg har stor faglig egeninteresse av og vil få god nytte av i klinikken.

Introduksjon

Helsedirektoratet viser til at omtrent 11 % av den norske befolkningen løper én eller flere ganger i uken (Helsedirektoratet, 2022). Løping som treningsform har mange veletablerte helsefremmende fordeler, men det er også en risiko for overbelastningsskader. For profesjonelle og rekreasjonsløpere er stressfraktur en av de vanligste belastningsskadene hos aktive løpere og står for ca. 15-20% av alle muskel- og skjelettskader i underekstremitetene (Idrettsfysioterapeuten 2020: s.271). For langdistanse- og stiløpere er det mellom 33-66 % som får stressfrakturer i løpet av karrieren (Song & Ko, 2019). Wright et al. (2015) sin oversiktsartikkel og metaanalyse angir at en stressfraktur oppstår på grunn av en treningsfeil der belastning overstiger *beinets evne til å reparere* eller *motstå skade*, men at både interne faktorer som biomekaniske variabler og eksterne faktorer som ernæring kan være av stor påvirkning. Oversiktsartikkelen viser at halvparten av stressfrakturer hos løpere skjer i tibia. Nattiv et al. (2013) og Dobrindt et al., (2012) viser at en høygradig fraktur tar ca. 23 uker før return to sport. En prospektiv studie gjennomført av Wright et al. (2015) viste videre at omtrent 1 av 10 fikk ny stressfraktur innen to år etter første skade.

Warden et al. (2014) angir at mye av forskningen på stressfrakturer er gjort på militærrekrutter i forsvaret ved tverrsnittstudier. Studier som inkluderer militærrekrutter, fører til at mange som røyker og er i svært dårlig fysisk form blir representert i slike studier. Mange av disse rekruttene løper under 16 km pr uke. Wright et al (2015) angir at det tar normalt 12 uker å adaptere kroppen til 64 km pr uke. Profesjonelle og rekreasjonsløpere løper imidlertid ofte 64 km eller mer per uke, og noen kan ha opp mot 160 km pr uke. Stressfrakturer i militæret skjer oftest de første 16 ukene etter oppstart av trening, mens det gjerne skjer etter ett år med løping blant rekreasjonsløpere (Wentz et al., 2011). Dette gjør at sammenligningsgrunnlaget for målgruppene er svært redusert. For at utøvere og aktive personer skal kunne løpe raskere -og lengre distanse er de avhengig av å holde seg skadefrie. Forebyggende trening og tiltak er derfor en avgjørende del av treningshverdagen. Det trengs derfor kunnskap om risikofaktorer for stressfrakturer i tibia blant løpere på høyt nivå fra observasjonsstudier. Denne kunnskapen vil gjøre det enklere for klinikere å identifisere, forebygge og behandle stressfrakturer i tibia.

Formålet med oppgaven

Formålet med denne oppgaven å undersøke risikofaktorer for stressfrakturer i tibia hos rekreasjons- og profesjonelle løpere. Metoden er et systematisk litteratursøk på risikofaktorer i form av kohortstudier.

Teori

Patofysiologi

I dette kapitlet vil jeg beskrive definisjonen, årsaksmekanismen, remodelleringen av beinvev og skadestedet i tibia.

Stressfraktur er en atraumatisk og ufullstendig fraktur som følge av økt repetitiv belastning på normalt beinvev eller som følge av normal belastning på unormalt beinvev (Johnston et al. 2021). Warden et al. (2014) angir i sin oversiktsartikkel og metaanalyse at bakgrunnen for en stressfraktur er økt kumulativ belastning som bidrar til beinutmattelse, som igjen presenterer seg som mikroskopiske skader i beinvevet. Dette er i utgangspunktet en normal reaksjon ved belastning uavhengig av atletisk evne. Fysiologisk utløser dette en målrettet ombygging der 1) beinresorberende osteoklaster fjerner det skadede området av bein, og 2) beindannende osteoblaster fyller tomrommet med nytt, uskadet bein.

Warden et al. (2014) redegjør videre for at remodelleringen (oppbygningen) av bein skjer som regel like raskt som det brytes ned, noe som gjør at endring i belastning som følge av økning i løpsmengde -og hastighet generelt tolereres bra. Remodelleringen er derimot tidsavhengig, noe som gjør at osteoklastaktivisering og resorpsjon i kortikale bein tar omtrent fire uker, og erstatningen av nytt bein tar fra 3-12 måneder før full mineralisering/gjenoppbygning. Resultatet er en lokal reduksjon i beinets energiabsorberende kapasitet, som gir potensial for ytterligere skadedannelse. Akkumulerende mikroskader er assosiert med periostalt ødem og/eller margødem som inkluderer stressreaksjoner, stressfrakturer og til slutt komplett fraktur. En stressfraktur kan derfor skyldes manglende tilhelingstid som følge av at resorpsjonen av skadet vev blir prioritert over produksjonen av nytt bein, som igjen reduserer lokal beinmasse.

Tibia er det vanligst stedet for stressfrakturer hos løpere og oppstår i tre ulike områder: Posteromediale korteks, anterolaterale korteks og tibiaplatået. Skader på posteromediale korteks er den vanligste, mens skader i det anterolaterale korteks og tibiaplatået er relativt uvanlig (Robertson, G & Wood, A. 2015). Stressfrakturer deles inn i høy- og lavrisikofrakturer basert på anatomisk lokalisasjon. Matheson et al. (1987) angir at skader på posteromediale korteks er en lavrisikoskade, mens skader på anterolaterale korteks er høyrisikoskade. Lavrisikofrakturer har god prognose når de behandles med reduksjon i løpsrelatert belastning, mens høyrisikofrakturer har større sjanse for forsinket tilheling eller manglende mulighet for tilheling.

Belastningen på tibia

I dette avsnittet vil jeg redegjøre for skader -og belastningsmekanismen i tibia under løping, herunder støtbelastning mot underlaget og det muskulære draget.

Warden et al. (2014) viser at kompresjons -spenningskravet i tibia under standfasen i løping er 417-2456 shear strains ($\mu\epsilon$) per steg. Shear strains sier noe om krefter som påvirker et beinvev fra ulike kanter. For å bryte eller gi en fraktur i kortikalt bein kreves det en shear strains på 7300, noe som er langt over kompresjons -spenningskravet på 417-2456 shear strains under standfasen i løping. Dette betyr at det totale stresset på tibia kommer fra en kombinasjon av kontaktkraften mot bakken (på engelsk: Ground reaction force [GRF] og bøyingskrefter fra muskeldrag. Ifølge Pauwels' Theorem vil ytre krefter bøye beinet i en retning, mens kraften fra muskulatur bøyer beinet i motsatt retning. Under løping vil summen av kreftene tendere til å bøye tibia i en konkav posteromedial retning. Dette gir kompresjon av korteks posteromedialt, og tensjon anterolateralt. Kompresjonskraften kommer på toppen av bøyingsstresset. Den øker kompresjonen på den komprimerte overflaten ytterligere, og reduserer tensjonsstresset på motsatt side. Kraftene som den distale delen av tibia utsettes for er 6-14 ganger kroppsvekt på grunn av muskeldrag fra leggmuskulaturen. Belastningen på tibia er relativt lav idet foten treffer bakken, men øker i standfasen av løpssteget (Rice et al. 2019). Oppsummert betyr det at summen av kreftene fra underlaget og fra muskeldraget er årsaken til den høye belastningen for tibia under løping.

Eksterne variabler

I dette avsnittet vil jeg redegjøre for eksterne variabler som ernæring, diagnostisering -og klassifisering av stressfrakturer, rehabilitering og aktiv -og passiv behandling.

Ernæring

I dette avsnittet vil jeg kun redegjøre for eksterne påvirkende faktorer for ernæring. Det vil senere bli redegjort mer for interne faktorer som beinmineraltetthet og menstruasjonsforstyrrelser som kan sees i sammenheng med ernæring.

I en oversiktsartikkel og metaanalyse fra Wright et al. (2015) henvises det til at faktorer som påvirker beinets evne til å motstå belastning kan være energitilgjengelighet, kalsium og vitamin D-status. Moran et al. (2013) som viser til at vitamin D og kalsium inntak for kvinner på mindre enn 800 mg pr dag ga seks ganger større sannsynlighet for stressfraktur enn de som tok 1500 mg, men ingen forskjell for menn.

Diagnostisering og klassifisering av en stressfraktur

Ved mistanke om stressfraktur gjennomføres det vanligvis en sykehistorie og en klinisk undersøkelse, og pasienten kan henvises videre til radiologiske undersøkelser. En studie viste at 9 av 21 løpere fikk påvist stressreaksjoner i tibia på MR-bilder uten at de utviklet symptomer (Warden et al., 2014). Derfor har sykehistorie og klinisk undersøkelse en stor betydning i diagnostiseringen. Typiske funn fra sykehistorien er: 1) Lokale smerte som ikke blir borte under «oppvarming», 2) gradvis økende lokal følsomhet, 3) smerter i hvile og etter hvert nattesmerter (Warden et al., 2021). Klinisk undersøkelse bør inneholde palpasjon av tibia, hæl, dropp, hinketester, Falcrum test og observasjoner etter hevelse, hudforandringer, strukturelle avvik og endring i muskelmasse. Det er også viktig å legge merke til tegn etter lav energitilgjengelig som underhudsfett, økt behåring, blek hud, lite glans i hud og hår, samt dårlig tannstatus (Olympiatoppen, 2021).

Graden av skade klassifiseres ved bildediagnostikk og deles inn i fire, der grad en og to er lavgradig utvikling, mens tre og fire er høygradig (Chen et al., 2013). Lavgradig og høygradig utvikling sier noe om varigheten på skaden. Det er imidlertid signifikant forskjell når det gjelder return to sport mellom skader i høyrisikoområder sammenlignet med lavrisikoområder

(Dobrindt et al., 2012). Retrospektive studier av Nattiv et al. (2013) og Dobrindt et al., (2012) viser at lavgradige stressfrakturer tar ca. 13 uker, mens høygradige tar ca. 23 uker før retur tilbake til idrett. Dette støttes av en større retrospektiv kohortstudie gjort av Miller et al. (2018) som omhandler 57 stressfrakturer over en treårsperiode blant friidrettsutøvere og langdistansesløpere.

Rehabilitering

Etter en påvist symptomatisk stressfraktur er det viktig å evaluere mulige risikofaktorer. Dette må skje i samspill med pasienten. Rett etter en skade har ofte pasienten bedre tid og mer motivert for evaluering og endringsnakk. Her er treningsdagbok et viktig redskap (Warden et al. 2021).

Det finnes flere forskjellige «opptrappingsprogrammer» etter stressfrakturer, men det er ingen tydelig spesifikk gullstandard (Warden et al 2021). Chen et al. (2013) angir at det er viktig at pasienten tar utgangspunkt i 10 %-regelen ved oppstart av treningen, ved at man maksimalt øker treningsbelastningen med 10 % pr uke. Her vil rapporter fra treningsdagboken kunne gi gode retningslinjer. Coyle et al. (1984) anbefaler å trene utholdenhet relativt tidlig i forløpet, da man kan få en reduksjon i kardiovaskulære egenskaper. I stedet for å løpe, kan man sykle, gå på ski, bedrive aquajogg eller andre aktiviteter med redusert belastning på skjelettet. Et viktig prinsipp ved treningen er at den er smertefri underveis og i etterkant av aktivitet, og belastningen må dermed justeres avhengig av respons. Hong Sond & Hoi Koo (2019) angir at pasienten kan begynne med litt løping først etter 10-14 symptomfrie dager, og at man i starten kun kan løpe annenhver dag og øker belastningen gradvis i 3-6 uker.

Aktiv behandling

I dette avsnittet vil jeg redegjøre mer for de ulike fasene som er forespeilet i studiene fra Warden et al. (2021) og Chen et al. (2013) ved aktiv behandling.

Det første hovedmålet er smertefri ADL, der pasienten kontrollerer aktiviteten basert på nulltoleranse for smerte. Dette fører til at pasienter som har smerte under normal gange skal avlastes med krykker til symptomene er borte.

I første fase omhandler dette trening i vann med svømming eller aquajogg, gjerne med aquabelte for å redusere vekten og belastningen mot underlaget. For å relativt raskt få godt utbytte av treningen er det viktig å trene litt alternativt i skadefrie perioder. Dette gjør at

bevegelsesmønsteret / bevegelsesformen er kjent for kroppen. Andre treningsformer kan være ergometersykkel, roing, staking etc. Dette må være trening med minimal vektbæring.

Ved smertefri funksjon kan gange med belastning fungere som kontroll av symptomer annenhver dag. Når pasienten kan gå som normalt uten smerter kan krykkene tas bort. Ved overgang til neste fase må pasienten ha minst fem dager smertefri gange.

I fase to øker belastning. Dette er oppstart av lavdosert trening for tibia der krefter mot underlaget og aktiviseringen av leggmuskulatur justeres. Dette kan være samme treningsform som nevnt tidligere, men ganghastigheten kan økes noe. Et alternativ kan være antigravitasjonsmølle som Warden, Davis & Fredericson (2014) forespeiler. Det er samme prinsippet som gjelder her: Det må foreligge fem symptomfrie dager før belastningen kan økes, og er det smerter må belastningen nedjusteres.

I fase tre skal pasienten ha vært smertefri gjennom den progredierende treningen i fase to. Det må foreligge smertefri palpasjon av aktuelt område før fasen kan initieres. I denne fasen introduseres mer idrettsspesifikk trening annenhver dag. Det må være helt smertefri funksjon både i hverdag og under trening. Korte perioder med full belastning innenfor løping tolereres. Det skal ikke startes med mer enn fem minutter løping totalt, deretter kan belastningen økes ved varighet. Det betyr at treningsmengden skal gradvis normaliseres før det blir mer spesifikk trening.

I den avsluttende fjerde fasen skal pasienten gå tilbake til ubegrenset idrettsaktivitet uten å kjenne smerte. Dette gjøres med progresjon slik at det kan være normal trening annenhver dag. Dette kan gradvis gå over i en periodisering. Noe som blir redegjort mer for i avsnittet om *periodisering ve kontinuitet i treningsbelastning*.

Passiv behandling

Det finnes flere passive tiltak ved rehabilitering av stressfrakturer. Et alternativ er lav-intensitet ultralyd (LIPUS). Schandelmaier et al. (2017) gjorde en systematisk oversiktsartikkel som konkluderer med noe effekt med LIPUS for ferske frakturer. Prosedyren omhandlet 20 minutter daglig behandling med pulserende ultralyd på under 0,1 W/cm². Derimot sees det ingen effekt på radiologiske beintilheling. Det påpekes at pasienter med operert fiksasjon ikke har noe effekt av denne behandlingen. Warden (2003) angir dessverre at det er noe uklarhet rundt effekten. En annen modalitet er trykkbølgebehandling på lav

intensitet. Studier har derimot vist manglende effekt på tilbakegang til tidligere aktivitetsnivå (Beck et al., 2008). Det har i tillegg vært prøvd bisfosfonater og parathyroideatilskudd for å øke hastigheten på beintilheling uten ønsket effekt (Chambers et al., 2011). Studie av Shakouri et al. (2010) viser at lav-intensitet laser kan ha en effekt på callusdannelse, men ikke på tilhelingtid.

Oppsummert fremstår det som at redusert inntak av vitaminer og tidligere historie med spiseforstyrrelser kan være eksterne risikofaktorer. Det er tydelig at både radiologisk og klinisk undersøkelse er viktig for å adressere symptomatiske stressfrakturer og alvorlighetsgraden. Selv om det er uklart rundt rehabiliteringsprotokollen er det tydelig at treningen må foregå smertefritt, men at aktive tiltak har bedre effekt enn passive modaliteter.

Interne variabler

I dette avsnittet vil jeg redegjøre for interne variabler som betydningen av kjønn, menstruasjon og beinmineraltetthet.

Betydningen av kjønn for stressfraktur

En systematisk oversiktsartikkel og metaanalyse fra Hollander et al. (2021) viser at kvinner har en tendens til å være mer utsatt for stressfrakturer, selv om det ikke er vist noen statistisk signifikante forskjeller mellom kjønnene. Den samme tendensen støttes av Tenforde et al., (2013) i sin prospektive studie der 5,4 % av kvinner og 4,0 % av menn fikk stressfraktur i tibia. En annen prospektiv studie av Yagi et al. (2016) viser at sannsynligheten for stressfraktur var 5 % for menn og 15 % for kvinner. Studien ble gjort på videregående elever der jenter har 2,5 ganger så stor risiko for stressfraktur sammenlignet med gutter på samme alder. Denne forskjellen blir litt mindre på universitetsnivå, der ratioen er 1.8 i favør av kvinner. Videre påpeker studien til Yagi et al (2016) at kvinner har økt skaderisiko ved løping under 10 km pr uke, mens menn er mer skadeutsatt på treningsmengder over 64 km pr uke. Derimot redegjør ikke studien noe noe om treningsstatus eller erfaring på deltagerne og årsaken til dette.

Oppsummert er det en tendens til at kvinner har høyere risiko, men at det ikke er noen statistisk signifikant forskjell mellom kjønnene.

Beinmineraltetthet og kroppsmasseindeks

I dette avsnittet vil jeg redegjøre for hvilke sammenheng beinmineraltetthet og kroppsmasseindeks (BMI) har for stressfrakturer.

Barrack et al. (2008) som viser til at 40 % av kvinnelige løpere som har tatt en DEXA-scan skårer under -1 på beinmineraltetthet. DEXA-scan er en røntgenundersøkelse for vurdering av beintetthet. En skår på $\geq -1,0$ indikerer normale verdier på beinvev, mens -1,0 til -2,5 defineres som osteopeni som er lav beinmineraltetthet. Tenforde et al (2013) fant signifikant sammenheng mellom BMI <19 og risiko for stressfraktur. BMI er en formel som viser balansen mellom høyde og vekt. Denne formelen viser at BMI under 18,4 klassifiseres som undervekt og gir økt sannsynlighet for andre helseplager (Folkehelseinstituttet, 2015).

Menstruasjon

I dette avsnittet sees det på sammenhengen mellom menstruasjonsproblemer og stressfraktur. Wentz et al. (2011) og Tenforde et al. (2013) angir at kvinner har større risiko for stressfraktur som følge av menstruasjonsdysfunksjon i form av *debutalder av menarke og manglende blødning/amenore*. Videre redegjør studien for at tidligere historie med anoreksi eller bulimi øker sannsynligheten signifikant for stressfrakturer. Derimot henvises det til at menstruasjonsdysfunksjon kommer sekundært som følge av relativt energiunderskudd i sport, bedre kjent som *Den kvinnelige triaden (RED-S)* (Idrettsfysioterapeuten, 2020; s.451). Den kvinnelige triaden består av lavt energiinntak (med eller uten spiseforstyrrelser), lav beinmineraltetthet og tap av menstruasjon. Dette støttes av Tenforde et al. (2013) som rapporterer at tidligere historie med diagnostisert anorexia nervosa eller bulimia nervosa viser signifikant sammenheng med økt risiko for stressfraktur.

Biomekaniske faktorer som påvirker belastningen

I dette avsnittet vil det bli belyst hvilke biomekaniske faktorer som kan påvirke belastningen. Belastningen som tilføres beinet under løping representerer summen av eksterne og interne faktorer. Interne biomekaniske komponenter kan være belastning, frekvens, distanse, intensitet/hastighet og bevegelsesmønster (Warden et al., 2014). Eksterne komponenter kan være treningsregime og treningsutstyr (Kahanov et al., 2015). Dette er faktorer som kan gi *unormal belastning på normalt vev*, men det kan i tillegg være faktorer som gir *normal kraft*

på *unormalt* vev (Robertson, G & Wood, A. 2015). Nedenfor vil jeg belyse ulike faktorer som påvirker belastningen til beinvevet.

Biomekaniske faktorer er læren om mekaniske prinsipper som påvirker muskel- og skjelettsystemet under løping (Store Norske leksikon, 2020). Biomekaniske avvik kan bidra til økt risiko for stressfrakturer og kan deles inn i de som er *relatert til unormale krefter* og de som er relatert til *unormale bevegelser*. Økte krefter på en normal underekstremitet kan resultere i unormal beinbelastning. Alternativt kan normale krefter som blir påført en malposisjonert underekstremitet-/feilstilling også belaste skjelettet unormalt. Summen av unormale krefter kombinert med en malposisjonert underekstremitet antas å forsterke risikoen for stressfraktur ytterligere (Warden et al., 2021).

Interne biomekaniske faktorer

I dette kapitlet vil jeg redegjøre for interne faktorer som akselerasjon og reaksjonskrefter fra underlaget, biomekaniske malposisjoner og stegfrekvens.

Akselerasjon og reaksjonskrefter fra underlaget

Det har vært prøvd ulike måter å kartlegge interne biomekaniske faktorer ved å registrere kraft (shock) ved hjelp av akselerometer og reaksjonskrefter fra underlaget, men begge metodene har begrensninger (Davis et al., 2004). Derimot viser samme forfatter i en retrospektiv studie at løpere med stressfraktur hadde høyere muskulær akselerasjon i frasparket og høyere vertikale reaksjonskrefter fra underlaget enn kontrollgruppen. Dette støttes av Milner et al. (2006) som viser at løpere med unormal høy reaksjonskrefter fra underlaget og akselerasjoner under den tidlige standfasen av løpesteget har økt risiko for stressfraktur.

Biomekaniske malposisjoner

I dette avsnittet vil biomekaniske malposisjoner i hofte, kne og ankel bli belyst opp mot risikofaktorer. Malposisjoner betyr feilstillinger eller asymmetriske disposisjoner som kan være asymptomatiske eller symptomatiske.

Williams et al. (2001) viser til faktorer som økt utadrotasjon i hoftelrådet, beinlengdeforskjell, flat fotbue og høy fotbue kan gi en økt risiko for stressfraktur. Individuer med tidligere historikk for stressfraktur har vist økt hofteadduksjon, innadrotasjon i kneet, økt eversjon i ankel og mindre knefleksjon (Milner et al. 2006; Milner et al. 2010; Pohl MB et al., 2008).

For langdistanseløpere som lander på bakfot/hæl i standfasen er det økt risiko for stressfraktur i tibia, fibula og femur hyppigst, mens sprintere som lander på forfot/tå har økt risiko for tilsvarende i tarsal- og metatarsalknokler (Warden et al., 2014). Larson et al. (2011) angir at løpsteknikken kan påvirkes for å redusere biomekaniske belastning ved forfot og bakforløping, noe som vil være hensiktsmessig ved smerter eller rehabilitering etter stressfrakturer. Ferber et al. (2009) sin oversiktsartikkel klarte derimot ikke å se en relasjon mellom «unormal» fotstilling/fotmekanismer og løpsskader.

Stegfrekvens under løping

Det er flere studier som anslår en hensiktsmessig stegfrekvens på ca. 180 steg pr minutt, der de fleste løperne ligger 5-7 slag under dette (Willy et al., 2016). Studier fra Hamill (1995) viser at en økning i stegfrekvens på 10 % fører til mindre belastning på beinvev og redusert sannsynlighet for skader. Studie gjennomført av Luedke et al. (2016) viser at terrengløpere som hadde under 175 steg pr minutt hadde 6,7 ganger mer sannsynlighet for leggskada. Ved gjentatte stressfrakturer kan løpsteknikk med variasjon i stegfrekvens og fotsett i form av forfotløping eller bakfot/hælløping redusere belastningen på det affiserte beinet og gi mindre sannsynlighet for nye stressfrakturer (Willy et al., 2016).

Oppsummert er det ingen signifikant enighet om betydningen av interne biomekaniske faktorer. Derimot gir det mistanke om økt risiko for stressfraktur ved økt fart mot underlaget, biomekaniske malposisjoner som økt utadrotasjon i hofte, beinlengdeforskjell, avvik i fotbue, økt hofteadduksjon, innadrotasjon i kneet, økt eversjon i ankel og redusert knefleksjon kan være av betydning. I tillegg kan økt stegfrekvens >175 steg pr minutt kan redusere risiko for stressfraktur i tibia.

Eksterne biomekaniske faktorer

I dette avsnittet vil jeg redegjøre for eksterne faktorer som total treningsbelastning, kontinuitet, periodisering, distanse, hastighet, utholdenhet, styrke, treningshistorikk, treningsunderlag og treningsutstyr.

Treningsbelastning

Treningsbelastning er definert som interaksjonen mellom repetisjoner og størrelse av belastning på beinvevet som fører til adaptasjon i funksjonalitet og reduserer risiko for skade eller reskade (Idrettsfysioterapeuten, 2020; s. 383) Treningsbelastning er kombinasjon av interne og eksterne faktorer som sammen avgjør trenings- eller konkurransebelastningen. Dette understrekes ved at treningsbelastningen kan være lik for en større treningsgruppe, men ha store individuelle forskjeller i hvem som utvikler skade og type skade (Bourdon et al., 2017. s.2).

Normalt friskt skjelett har stort potensial for å bedre styrken ved adaptasjon av den mekaniske belastningen beinvevet blir utsatt for (Warden et al., 2021). Eksempel er baseballspillere som nesten har dobbelt så stor styrke i humerus diaphysen (overarmsbeinet) i kastearmen sammenlignet med motsatt arm. Denne belastningsadaptasjonen fører til økt tåleevne og styrke for beinvevet, som videre gir mindre risiko for stressreaksjoner (Warden et al., 2021). For langdistanseløpere er dette litt annerledes. Siden løping består av monotone og repeterende bevegelser så får beinvevet «lav» belastningsstimuli for styrkeadaptasjon sammenlignet med mer eksplosive idretter. En epidemiologisk studie av Rizzone et al. (2017) viser at svømmere og syklister hadde dårlig beinhelse, men lite stressreaksjoner. Noe som indikerer viktigheten av balansen mellom påført treningsbelastning og generell beinhelse.

Løpsdistanse og løpshastighet

Warden et al., (2021) angir at det er en sterk korrelasjon mellom størrelse av belastning på beinvevet og antall sykluser før utmattelse av beinvevet med påfølgende stressfraktur.

Studie gjennomført av Edwards et al. (2010) viser at en reduksjon i hastighet fra 12 km/t til 9 km/t på lik løpsdistanse reduserer sannsynligheter for stressfraktur i tibia med 50 %.

Wright et al. (2015) rapporterer om at utrente som løper > 32 km pr uke doubler sannsynligheten for skade. Derimot er ikke løpsvolumet i seg selv en generell risikofaktor for

stressfrakturer for profesjonelle utøvere. Årsaken er store forskjeller i treningsregime som påvirker beinbelastningen.

Periodisering vs kontinuitet i treningsbelastningen.

Rizzone et al. (2017) viser til økt risiko for stressfraktur ved for lange perioder uten løping eller perioder med for mye trening på kort tid. Dette kan være oppstart av treningssesong/forsesong etter en «treningsfri» periode eller overgang til videregående skole med økning i antall kilometer pr uker. For løpere med relativt konstante mengder løping gjennom hele året er risikoen for stressfraktur størst under konkurranseperioder.

For langdistanseløpere med mye repetitiv belastning viser studier at beinceller blir «sløve» som gjør at remodelleringen av nytt bein blir dårligere. Bakgrunnen er at beincellene finner den monotone belastning uten retningsforandringer til å være kjedelig så de stopper responsen etter noen minutter (Burr et al., 2002). Roding et al. (2001) angir at 90 % av denne prosessen er tilbake etter 4-8 timer med hvile etter endt treningsøkt. Saxon et al. (2005) gjennomførte en randomisert kontrollert studie der de kartla forskjellen mellom 15 ukers vanlig trening vs. periodisering. Periodiseringen baserte seg på fem uker med standardisert løpetrening før fem uker alternativ trening som ikke omhandlet løping, før de avsluttet med fem nye uker med standardisert løpetrening. De som hadde et opphold med alternativ trening mellom de standardiserte løpeukene, hadde større bedring i beinadaptasjon som følge av at beincellene var mer operative og mindre «sløve» som følge av nye stimuli i den alternative treningsuken.

Betydningen av fysisk utholdenhet og styrke som risikofaktor

Biomekaniske data fra Matijevich et al (2019) tyder på at det meste av beinbelastning er muskelindusert. Det vil si drag fra muskulatur i leggen. Likevel viser prospektive studier at muskler har en beskyttende rolle for å unngå stressfraktur, der belastningen på beinet var direkte relatert til muskelstørrelse og styrke hos militærrekrutter (Warden et al., 2021).

Forbedret muskelstyrke vil derfor kunne spre krefter over beinvevet, redusere bøyemomentet og beskytte skjelettet ved tretthet og videre stressfrakturer.

Yoshikawa et al. (1994) viser en økning på 26-35 % belastning på anteriore del av tibia etter muskulær tretthetstest, noe som betyr økt risiko for stressfraktur ved tretthet i muskulatur under løping. Denne testen baserer seg på gange med 15% stigning og 5 km/t i 20 minutter med påfølgende test. Dette støttes av Willy et al. (2016) som angir endring av arbeidsøkonomi ved manglende muskulær absorpsjon og økt belastning på beinvevet ved tretthet. Nussbaum et al.

(2019) gjennomførte en studie som sammenlignet idrettsutøvere på videregående skole som gjorde styrkeøvelser i sesongen, med de som ikke gjorde dette. Resultatet viste at de som ikke gjorde styrketrening hadde økt risiko for stressfraktur i løpssesongen. Toresdahl et al. (2020) gjennomførte en RCT-studie for å se på forebyggende effekt av styrketrening i forkant av New York City Marathon. Dette var et 12 ukers program for debutanter med en gjennomsnittsalder på 34 år, der antall deltagere var 720. Styrkeprogrammet bestod av 10 min trening x 3 i uken med styrkeøvelser for fremside lår (quadriceps), utside hofte (hofteabduktorer) og mage/rygg (kjernemuskulatur). Både intervensjon og kontrollgruppen kunne trene styrke på egenhånd utenom. I løpet av studien fikk halvparten av deltagerne en mindre eller større skade, derav 8% alvorlig og 49% mindre alvorlig. Av alvorlige skader var 54 av 62 skader overbelastning og 20 av disse var stressfraktur. Resultatet viste ingen signifikant forskjell i skadeomfang eller prestasjon mellom gruppene.

Treningshistorikk

Det er bred enighet om at lengre tid med løping virker å være beskyttende for utvikling av stressfrakturer (Moran et al. 2013). Dette støttes av Warden et al. (2014) som angir mindre sannsynlighet for stressfraktur ved flere år med kontinuerlig løping. Wright et al. (2015) angir derimot at de profesjonelle løperne som løper flest kilometer pr uke har større sannsynlighet for stressfraktur enn de mer novice. Dette til tross for at de sannsynlig kjenner kroppen sin selv bedre og har mer erfaring rundt høye treningsmengder.

Derimot er sannsynligheten for en ny stressfraktur 2,9-6,3 høyere ved en tidligere stressfraktur til tross for mange år med løping (Warden et al, 2014).

Løping på ulike typer underlag

Warden et al. (2014) angir at store epidemiologiske studier ikke har klart å se en sammenheng mellom skader og trening på hardt eller mykt underlag. Bakgrunnen er angivelig at løpere justerer vinkelen i ankelleddet og muskelarbeidet i leggen under løping på hardt underlag så reaksjonskrefter fra underlaget er relativt lik. Er det derimot krevende underlag, som gjør det teknisk vanskelig å avstive ankelen, så øker reaksjonskreftene mot underlaget og belastningen. Det fremstår som den største risikofaktoren er plutselige endringer fra forskjellige typer underlag som fører til økt ekstern belastning. Dette kan være endringer som: 1) Fra Tredemølle til løping ute (Milgrom et al., 2003); (2) løping på sand som fører til økt energiforbruk som gir økt muskulær tretthet og videre belastning på bein (Pinnington et al.,

2005); 3) løping nedover som reduserer støtabsorpsjonen og øker belastningen (Gottschall & Kram, 2005); og (4) endring av terreng som kan gi økt belastning på strukturer som ikke belastes så mye (Kahanov et al., 2015). Det er fortsatt uvisst hvor stor effekt løping i motbakke har, men det er sannsynlig at kreftene mot underlaget reduseres, mens det muskulære arbeidskravet øker, som igjen kan føre til økt risiko for stressfrakturer (Vernillo et al. 2017).

Betydningen av sko og såler for løpeskader

Warden et al. (2014) angir at det er pågående debatt og utvikling angående skoens rolle for å unngå stressfrakturer. Siden skoen har en fot-underlag-påvirkning, kan dette teoretisk være av relevans for å redusere belastning. I tillegg kan mulig mekaniske komponenter endres som igjen påvirker den kinetiske kjeden og løpsøkonomien. Hos militærrekrutter vises det en økt risiko for stressfraktur ved mindre støtdempende såler i skoene, men om dette kan observeres hos løpere er usikkert (Lieberman et al., 2010).

Ridge et al. (2013) angir at bruk av lettvektsko øker sannsynligheten for stressfraktur i metatars (tær), noe som gjør at sko og innleggs såler kan være hensiktsmessig i en rehabiliteringsfase. Derimot sier ikke studiene noe om risikofaktor for stressfraktur i tibia.

Som en oppsummering kan eksterne biomekaniske faktorer være av betydning, uten at det er enstydige funn. Det fremstår som at raske endringer i underlag er en større risiko enn kontinuerlig løping på ulike typer underlag. Det samme gjelder med redusert muskelstyrke, redusert utholdenhet, redusert progresjon og økt hastighet som alle kan gi økt risiko for stressfraktur, uten at det kan sies med sikkerhet. Det er derimot krevende å si noe om hvilke rolle skotøy, treningshistorikk og treningsmengde har.

Sammenfatning av teoridelen

I teoridelen har litteratur som omhandler patofysiologi, risikofaktorer rundt belastning på beinvev og faktorer som reduserer beinvevet tåleevne blitt belyst. Det har blitt opplyst om ulike tiltak som kan redusere risikoen for stressfraktur. Dessverre mangler det fortsatt kunnskap om mekanismer, forløp og optimal belastning for å unngå stressfrakturer. Dette er kunnskap som først og fremst er viktig i klinikken for å kjenne igjen risikofaktorene. Derfor gjør jeg er litteraturstudie for å løfte kunnskapsnivået enda høyere.

Metode

Forskningsdesign

I denne oppgaven ble det gjort et systematisk litteratursøk for å oppsummere risikofaktorer for stressfraktur i tibia. En systematisk litteraturstudie er en oversiktlig måte å se forskningsresultater fra relevante studier som støtter eller avkrefter hypotesen (helsebiblioteket, 2016.). Til å guide meg i dette arbeidet ble det brukt «*the PRISMA 2020 statement*». Det er en sjekkliste med 27 punkter for å kvalitetssikre utformingen av systematiske oversiktsartikler, der hensikten er å gjengi valg av tema, hvordan arbeidet ble gjennomført og hvilke resultater som foreligger (Page et al., 2021). Det ble ikke gjennomført en metaanalyse fordi heterogeniteten blant de inkluderte studiene vanskeliggjør en slik tilnærming.

Forskningsspørsmål

For å lage et best mulig søk ble forskningsspørsmål laget ved hjelp av PICO-metoden, som er et verktøy som bidrar til å gjøre spørsmålet tydelig og presist. PICO er en forkortelse som står for populasjon/problem, intervensjon, sammenligning (comparison) og utfall (outcome), men siden det ikke er en intervensjon så blir det mer PCO. PCO er en forkortelse for populasjon, sammenligning og utfall. Dette er godt egnet for spørsmål som kan besvares med kvantitative forskningsdesign. PCO blir derfor brukt til å indentifisere populasjon (professional runners), sammenligning (runners) og utfall (stressfraktur i tibia).

Metodisk kvalitetsvurdering av inkluderte studier

Det ble gjennomført en vurdering av risiko for systematiske skjevheter (bias) i hver studie. Bias betyr at resultatet eller slutninger i en studie er skjeve eller feilaktige, ved at de avviker systematisk. Dette kan bestå av begrenset forståelse og utnytting av tidligere relevant forskning, manglende kilder, datatyper, ledende spørsmål, dårlig bruk av analysemetoder etc. (Dekkers et al., 2019). Dette er en kvalitetskontroll som har med mange av variablene til *Quality Assessment Tool for Quantitative Studies*, men noe mer tilpasset for studiene. Kvalitetsvurderingen inneholder en tabell med deskriptiv data der førsteforfatter, populasjon, utvalgsstørrelse, alder, BMI, oppfølgingstid, studiedesign, risikofaktorer, diagnostisering av stressfrakturen er inkludert. En annen tabell inneholder kvalitetskontroll med

inkludering/eksklusjon, seleksjon, eksponeringsvariabel, diagnose gitt av kliniker, håndtert konfundering, skadefri ved baseline, styrke på sammenheng og passende statistisk analyse. Hensikten med disse punktene er å vurdere kvaliteten til studiene ved å vurdere indre og ytre validitet.

Prøvesøk

Prosjektet startet med et enkelt søk på google scholar med søkeord som «professional runners», «risk factor» og «stress fracture» for å se hva som dukket opp av artikler og hvilket søkeord som ble brukt i andre artikler. Dette førte til at det dukket opp flere andre relevante søkeord og synonymer. Det blir brukt engelske søkeord for å få med flest mulige relevante treff og artikler med høyest kvalitet. Tidligere oversiktsartikler og annen litteratur blir brukt i teoridelen.

Det vil bli søkt på kohortstudier der forsøkspersonene følges over tid for å se hvem som utvikler stressfraktur i tibia og holder seg skadefri. I søket vil løpere være definert som stiløpere, friidrettsutøvere, triathleter og rekreasjonsløpere.

Det har blitt gjort et prøvesøk i flere databaser som Embase/ PubMed for å oppdage mest mulig relevant forskning på området. PubMed er den mest brukte databasen innen medisin og helsefag. CINAHL har mye litteratur om sykepleie og tilgrensende fag som fysioterapi, men universitetet har dessverre ikke tilgang til disse databasene. Det samme gjelder med SPORTDiscus.

Søkeord

Søket ble gjennomført august 2022. Det ble brukt PudMed som søkemotor. Her ble det brukt ulike Mesh terms for å få med flest synonymer.

```
tibia* AND (stress* OR "stress fracture*" OR "fatigue fracture*" OR "insufficiency fracture*" OR "march fracture*" OR "overuse*" OR "stress lesions" OR "stress injur*" OR "stress reaction" OR "tibial stress fracture" OR "bone stress" OR "bone strain" OR "repetitive stress injur*" OR "broken" OR "bone fracture" OR "micro fracture" OR "skeleton" OR "leg bones" OR "bones of lower extremity") AND (runn* OR "movement" OR "exercise" OR "jogging" OR "marathon" OR "sports" OR "human activities") AND (risk factor* OR "risk") AND ("cohort*" OR "longitudinal" OR "prospective" OR "retrospective" OR "case-control" OR "epidemiol*" OR "observational*")
```

Studieselektering

Inklusjon og eksklusjon

Forsøkspersonene må bestå av aktive løpere som i snitt løper minst 30 km pr uke. Dette baserer seg på tidligere studier (Zirchock et al. 2005) og for å sette en grense som indikerer at de løper en viss mengde kilometer per uke. Siden de fleste studiene er gjort på militærrekrutter vil disse bli ekskludert fra studien. Det samme gjelder forsøkspersoner som utøver andre idretter som fotball, håndball, basketball etc. Til tross for at de tilfredsstiller kravet om antall kilometer er det andre faktorer som kan påvirke resultatet.

Forsøkspersoner under 15 år /high school blir ekskludert grunnet større utbredelse av vekstsoneproblematikk (Warden et al. 2021). Det samme gjelder med pensjonsalder da disse får insuffisiens fraktur som er en patologisk fraktur grunnet dårlig beinhelse og ikke økt treningsmengde.

Det skal helst være en oppfølgingsperiode på minimum ni måneder under studiene, siden stressfrakturer som nevnt tidligere ofte kommer etter mange måneder og rehabiliteringsprosessen er sentral (Warden et al., 2021). Bakgrunnen til ni måneder baserer seg på tidligere studier, da få studier ser på varighet over tolv måneder. Stressfrakturen må være i tibia, men krever ikke nøyaktig et spesifikt sted i tibia. Stressreaksjoner, medial tibias stress syndrom, hevelse i beinet, andre løpsrelaterte skader eller traumer i tibia vil bli ekskludert. Identifisering av diagnose må foregå etter retningslinjene med bekreftende stressfraktur av beinvev ved klinisk undersøkelse og på MR-bildedagnostikk.

Det er viktig at kjønn, alder og treningsnivå er registrert, samt interne og eksterne variabler. Det må være kohortstudier som ser på årsaken til risikofaktorer over tid. Det er kun originalartikler som blir inkludert.

Oversiktsartikler, tverrsnittstudier, og kliniske kommentarartikler ble ikke inkludert, men referanselisten til tematisk relevante studier ble gjennomgått for å fange opp eventuelle studier som ikke ble fanget opp i søket.

Kurs

For å øke egen kunnskap og få en overordnet oversikt over litteraturen og miljøet som omhandler løpsrelaterte skader har jeg deltatt på to dagers løpskonferanse i regi av Norges Idrettsmedisinsk Institutt, deltatt på ulike webinarer om løpsanalyse, biomekaniske faktorer og opptrening fra løpsskader, samt lest fagbøker på emnet for å utelukke at annen relevant litteratur kunne vært aktuelt.

Eksport av referanser

EndNote ble benyttet for eksport av referanser fra PubMed og oppdatering av ufullstendige referanser. I EndNote vil prosessen med å ekskludere og inkludere artikler fra alle databasene, dette for å få bedre oversikt og systematikk til selekteringen. Her vil det bli laget undergrupper som *inkludert, ekskludert, ikke full tekst og usikker*.

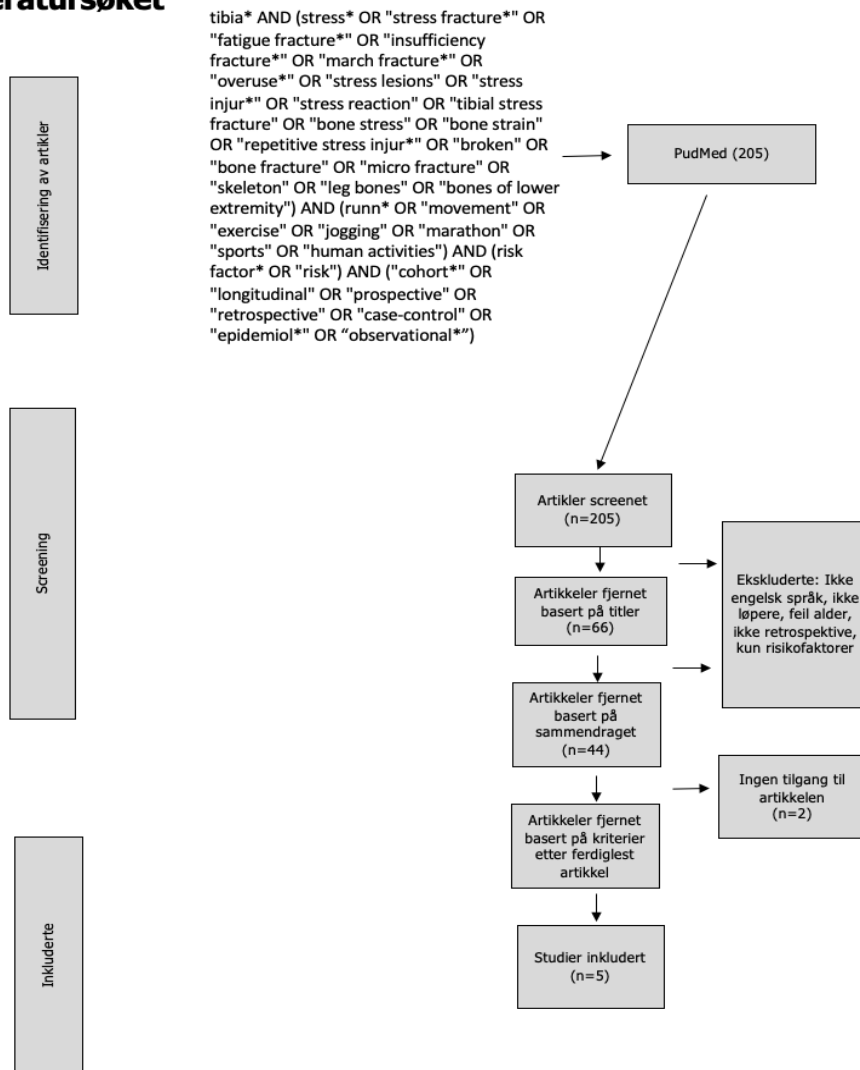
Kontakt av tidligere forfattere

Det har blitt gjort forsøk på å kontakte forfatter Wright et al. (2015) som gjorde en systematisk oversiktsartikkel og metaanalyse angående *Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners* for å undersøke om han har planer om å oppdatere oversiktsartikkelen eller skal lage en ny tilsvarende. Dessverre har det ikke foreligget noe svar på forespørselen til tross for purring.

Interessekonflikt, økonomisk vinning eller etiske betraktninger

Det foreligger ingen interessekonflikter, økonomiske vinnings eller etiske betraktninger under denne litteraturstudien. I denne systematiske oversiktsartikkelen baserer studiedesignet seg på noe som allerede er forsket på. Derfor har forskning allerede gått gjennom etiske vurderinger og «open access» sikrer at den gjøres fritt tilgjengelig for alle til gjennomlesning og nedlastning fra internett (UIB, 2021) Det foreligger heller ikke innhenting av persondata som gjør at man ikke trenger å ta hensyn til etiske spørsmål rundt personvern.

Flytdiagram av litteratursøket



Resultatet

Initialt var det 205 søkertreff i PubMed av studier som tilfredsstilte søkekriteriene. I første eksklusjonsrunde som omhandlet *tittel* var det 139 studier som ble tatt bort. Her var det 27 studier på medial tibial stress syndrom, 37 studier på generelle muskel- og skjelettskader, fire studier på stressfraktur på andre knokler, åtte studier på kirurgi, ni studier på barn, 15 studier på annen patologi og 34 studier med andre problemstillinger.

Ved eksklusjonsrunde to ble alle *sammendrag* lest for å få bedre oversikt over videre selektering. Her ble ytterligere 38 artikler fjernet. Dette var studier på militærpersonell, barn, andre stressfrakturer, ikke-relevante studiedesign, diagnostisering, treningsprotokoller, behandlingstiltak og generelle muskel- og skjelettlidelser.

Av de 22 resterende artiklene fra søket ble 20 lest i sin helhet. Det var totalt 11 artikler som krevde tilgang via innlogging eller betaling. Her bistod bibliotekar fra UIB og forsker fra NTNU med å innhente 9 av disse.

Avslutningsvis var det fem relevante artikler som ble tatt med i studien.

Kvalitetskontroll

Tabell 1 Kvalitetskontroll

Førsteforfatter (år)	Inkl./Eksl.	Seleksjon	Eksponeringsvariabel		Stressfraktur tibia		Håndtert konfundering	Skadefri ved baseline	Styrke på sammenheng	Passende statistisk analyse	Sum
			Måling beskrevet	Standardiserte målemetoder	Definert bildediagnostikk	Diagnose gitt av kliniker					
Bennel et. al (1996)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Pohl et al (2008)	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	7
Zifchock et al (2005)	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	6
Taunton et al (2002)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Yagi et al (2012)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10

Deskriptiv data

Tabell 2 Deskriptive data

Førsteforfatter (år)	Populasjon/ Setting	Utvalgsstørrelse, i (% kvinner)	Alder (snitt; SD)	BMI / Beinmineraltetthet (snitt, SD)	Opp- følgings- tid (mnd)	Studiedesign	Risikofaktorer	Definisjon stressfraktur	Resultat
Bennel et. al (1996)	Friddrets- utøvere, der 43% var blant Australiaa 50 beste utøvere.	N=111 (47% kvinner)	20.4 ± 2.1	-	12 mnd	Prospektiv	Lav beinmineraltetthet, 8,1% økt sannsynlighet	MR og CT, blindet	21% fikk stressfrakturer, 45% lokalisert i tibia.
Pohl et al (2008)	Aktive, løper 40±12 miles i uken	N= 60 (100% kvinner)	28±10 og 25±9	21,3 BMI	-	Retrospektiv	Enkelte variabler kan predikere tidligere stressfraktur	Medisinsk doktor.	peak hip adduction (HADD), peak rearfoot eversion (RFEV) og absolute free moment (FM) kan predikere en historie av TSF på 83% av tilfellene.
Zifchock et al (2005)	Frivillige kvinnelige bakfotløpere, minst 20 miles pr uke	N=49 (100% kvinner)	26.9 ±9.2	21,1 BMI	-	Retrospektiv	Ingen	RTG, MR og CT	Ingen signifikant for på asymmetrisk løpsteknikk med kvinner som har hatt stressfraktur sammenlignet med friske
Taunton et al (2002)	University of British Columbia, løper I snit 6,1øker I uken.	N=2002 (54% kvinner)	32,3	20,3 BMI	24 mnd	Retrospektiv	BMI < 21	RTG, MR, CT, sirkulasjonsteste	BMI < 21 ga signifikant større sannsynlighet for stressfraktur hos kvinner.
Yagi et al (2012)	High school utøvere i Japan på ulike team som løper minst 8 ganger pr uke	N=230 (41,4% kvinner)	Fra 15 til 18 år alderen	Menn: 18.8 ± 1.2 Kvinner: 20.7 ± 7.6 Totalt: BMI 20,06	36 mnd	Prospektiv	Redusert SLR	RTG og MR	Redusert SLR hos menn ga økt sannsynlighet for stressfraktur

Resultater

Tabell 3 Resultat

Risikofaktor	Førsteforfatter (år)	Definisjon risikofaktor	Estimat (95% konfidensintervall)
Lav beinmineraltetthet i tibia hos utøvere med stressfraktur	Bennel et. al (1996)	8,1% mindre BMD i tibia.	T-verdi: 1.075 (0.082). P<0.001
peak hip adduction (HADD), free moment (FN) og peak rearfoot eversion (RFEV)	Pohl et al (2008)	3,7 ganger så stor sannsynlighet for en historie med stressfraktur.	Odds ratio 1.29, 1.37 and 1.18
Asymmetri i løping er ingen risiko for for stressfraktur.	Zifchock et al (2005)	Peak braking og peak shock	Ingen signifikant forskjell. Peak braking 0.85 peak shock 0.70
BMI < 21 ga økt sannsynlighet for stressfraktur	Taunton et al (2002)	BMI < 21 for kvinner	2.428 (0.992 to 5.941)
Redusert SLR hos menn med stressfraktur	Yagi et al (2012)	SLR under 60 grader.	odds ratio, 1.38; 95 % confidence interval, 1.04–1.83). p<0.05

Sammendrag av inkluderte artikler

Zifchock et al. (2005) Kinetic asymmetry in female runners with and without retrospective tibial stress fractures. Det var tre hovedmål med denne studien, herunder: 1) redegjøre for naturlige nivåer av asymmetri for friske kvinnelige løpere uten tidligere skadehistorikk; 2) sammenligne asymmetrinivåer mellom de som har pådratt seg stressfraktur og de uten tidligere skadehistorikk, og 3) undersøke kinetikken mellom involverte og uinvolverte kroppsdeler til løpere som har pådratt seg stressfrakturer.

De biomekaniske kriterier var peak medial GRF, -lateral GRF, -braking GRF, vertikal bevegelse og vertikal belastning mot underlaget. Utvalget var 49 kvinner med alder 26.6 ± 9.2 og BMI 21,1 som løper minst 20 miles pr uke. Prestasjonsnivå er ikke beskrevet. Metoden baserte seg på at utvalget løp på en 25 meter lang plate med akselometer i 13,3 km/t, mens det ble gjort målinger av kinetiske variabler. Resultatet viser en stor variasjon i biomekanisk asymmetri hos asymptotiske løpere. Det foreligger ingen signifikant forskjell mellom de biomekaniske variablene hos de med stressfraktur og asymptotiske løperne.

Pohl et al. (2008) Biomechanical predictors of retrospective tibial stress fractures in runners. Hensikten med denne retrospektive studien var å se på hvilken kombinasjon av kinematiske og kinetiske faktorer som best kunne predikere økt risiko for stressfraktur hos kvinnelige distanseløpere. Studien ble gjennomført på 30 kvinnelige aktive løpere med tidligere stressfraktur med alder 28 ± 10 og et snitt på 40 ± 12 miles i uken. Disse ble sammenlignet med en identisk populasjon. Resultatene viser at kinematiske -og kinetiske variabler som peak hip adduction (HADD), peak rearfoot eversion (RFEV) og absolute free moment (FM) kan predikere en historie av TSF på 83 % av tilfellene (odds ratio 1.29, 1.37 and 1.18). Det er ikke beskrevet varigheten på studien eller hvor lang tid siden løperne hadde stressfraktur i leggen. Det konkluderes med at disse faktorene sammen ga 3,7 ganger større sannsynlighet for stressfraktur i tibia.

Bennell et al. (1996) Risk Factors for Stress Fractures in Track and Field Athletes.

Hensikten med studien var å gjennomføre en prospektiv studie for å adressere risikofaktorer for stressfraktur hos friidrettsutøvere. Utvalget bestod av 53 kvinner og 58 menn i alder 17-26 år over en 12 måneder periode. Ulike variabler som beinmineraltetthet (BMD), menstruasjonsegenskaper, nåværende matinntak og trening ble vurdert ved spørreskjema. En biomekanisk screening ble gjort av fysioterapeut som omhandlet hamstring, lumbal

fleksibilitet, passive bevegelser i rotasjoner av hofta, leggelengde, dorsalfleksjon og valgus/varus posisjon. Resultatet viser at 21 % fikk stressfrakturer der 45 % av disse var lokalisert i tibia. De som fikk stressfraktur hadde 8,1 % mindre BMD i tibia. En stor svakhet ved studien er at den ikke har rapporterer faktiske p-verdier/konfidensintervall på BMD i datainnsamlingen. Metoden beskriver ikke progresjonen i treningsmengden eller hvordan kontinuiteten var hos forsøkspersonene. Det foreligger en assosiasjon mellom redusert størrelse på leggmuskulatur og stressfraktur i leggen, noe som kan skyldes manglende styrke til å absorbere kraften mot underlaget. Ingen tydelig forskjell på menn, men kvinner hadde signifikant økt risiko ved redusert beinhelse, historie med mentrasjonsendringer og redusert beintykkelse -og beinlengde ($P < 0.001$).

Yagi et al. (2012) Incidence and risk factors for medial tibial stress syndrome and tibial stress fracture in high school runners. Hensikten med studien var å vurdere insidens og risikofaktor for stressfraktur (SF) i tibia og medial tibial stress syndrom (MTSS). Prospektiv studie som følger 230 high school elever i Japan (41% kvinner) over en treårs periode. Utøverne trener i ulike teams og løper minst 8 ganger i uken.

Det ble målt BMI, hofta- og ankelbevegelse, straight leg raise (SLR), Q-vinkel, naviculare drop, styrke i hoftaadduktorer og fysisk form. Det foreligger ingen forklaring på hvilket tidspunkt i treningsarbeidet skadene inntraff eller hvordan progresjon i treningsmengde gjennom studiet var. Totalt fikk 102 stykker MTSS (0.29) og 21 stykker SF (0.06). Økt innadrotasjon i hoften og redusert BMI ga signifikant økt risiko for MTSS (odds ratio, 0.91; 95 % confidence interval, 0.85–0.99). Det var signifikant likhet mellom redusert SLR og økt risiko for SF for menn (odds ratio, 1.38; 95 % confidence interval, 1.04–1.83, $p < 0.05$).

Taunton et al. (2002) A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries.

Hensikten er å tilby en omfattende og oppdatert database for spesifikke løperelaterte skader, på tvers av kjønn i en regi av idrettsmedisinsk anlegg i primærhelsetjenesten, og å vurdere den relative risikoen for individuelle skader basert på undersøkelse av utvalgte risikofaktorer. Utvalget består av 2002 deltagere der 54 % var kvinner. I snitt har de 6,1 økter i uken, der snittalder var 32,3 og BMI 20,3. Den retrospektive studien hadde en varighet på 24 mnd. Ulike variabler som høyde, vekt, SMI, alder, treningshistorikk, treningsplan, skadehistorikk og ferdighetsnivå.

Studien viser at de hyppigste skadene var patellofemoral smertesyndrom, løperkne, helsmerter, meniskskade og patellartendinopati. Datamaterialet klarer ikke å redegjøre for hvilken løping de som har fått en løpsskade har utøvd. Studien diskuterer også at de som løper mest har økt sannsynlighet for skader i legg (stress fraktur), til tross for at eliteløpere har mer erfaring og skal kunne kjenne kroppen bedre.

Alder under 34 år ga økt risiko for patellofemoral smertesyndrom, løperkne, patellartendinopati og MTSS. For stressfrakturer var det en signifikant likhet med BMI <21 og stressfraktur i tibia hos kvinnelige løpere.

Diskusjon

I denne diskusjonsdelen vil jeg drøfte både styrker og svakheter ved metoden.

Dette er interne variabler som biomekanikk faktorer og hvordan kliniske undersøkelser kan bli påvirket av utstyr og malalignments (normale «feilstillinger»). Studiene som ble inkludert i denne oversiktsstudien antyder at eksterne risikofaktorer som ernæring og treningsbelastning øker risikoen for stressfraktur i tibia. Det er derimot noe redusert datagrunnlag siden de inkluderte studiene ser på ulike variabler. Dette fører til at det er få studier som ser på utfallsvariabler. Videre er det andre negative faktorer som manglende kvalitetssjekk fra andre forskere underveis i søket og selekteringen. På de ulike studiene kan det ikke utelukkes manglende informasjonsinnhenting, ulike skjevheter, forskjell i målemetoder og manglende datagrunnlag som gir litt uklare risikofaktorer.

Interne risikofaktorer

Biomekanikk

Det er ingen tvetydig enighet rundt betydningen av biomekanisk forhold som disponerer for risikofaktor for stressfraktur i tibia. Resultatene fra denne oversiktsstudien viser en signifikant sammenheng mellom redusert straight leg raise og risiko for stressfraktur for menn (Yagi, 2008). Dette er funn som ikke er drøftet i andre oversiktsartikler. Det er kun en studie av Giladi et al (1991) gjort på militærrekrutter som ser at redusert fleksibilitet i straight leg raise kan gi økt risiko for stressfraktur. Det foreligger derfor lite data på området, noe som gjør at sammenligningsgrunnlaget er krevende. Det kreves derfor flere studier på området.

Andre resultater fra denne oversiktsstudien angir asymmetri hos kvinner med en beinlengdeforskjell på over 0,5 cm som en mulig risikofaktor for stressfraktur i tibia uten at det er signifikante forskjeller (Zifchock 2005 & Bennel et al., 1996). Det støttes av annen litteratur fra Williams et al (2001) som viser til at beinlengdeforskjell kan gi en økt risiko for stressfraktur. Det er derimot noe uklart når det gjelder hvilket bein som har økt risiko for stressfraktur i tibia, da det foreligger store individuelle forskjeller. Denne oversiktstudien samsvarer derfor med Ferber et al. (2009) sin oversiktsartikkel som ikke klarte å se signifikante forskjeller mellom «unormal» fotstilling/fotmekanismer og løpsskader.

Tas det utgangspunkt at biomekaniske variabler kan ansees som normalt, kan det ikke utelukkes at enkelte løpsteknikker kan gi økt risiko for stressfraktur.

Resultatene fra denne oversiktsstudien viser at tre variabler som peak hip adduction (HADD), peak rearfoot eversion (RFEV), absolute free moment (FM) predikerte en risiko for tibial stressfraktur på 83 % av tilfellene og ga 3,7 ganger mer sannsynlighet for skade (Pohl, 2008). Det foreligger ingen andre studier som ser på biomekaniske avvik som fører til stressfraktur i tibia. Derimot er det gjort en tverrsnittstudie av Milner et al. (2006 & 2010) som viser at individer med tidligere historikk av stressfrakturer i underekstremitetene hadde økt innadrotasjon i kneet, økt eversjon i ankel og mindre knefleksjon under løpingen enn kontrollgruppen. Dette betyr at det kan være forskjellige årsaksmekanismer når det kommer til risikofaktorer hos løpere med stressfrakturer i tibia sammenlignet stressfrakturer andre steder i beina. Derimot kan det ikke utelukkes at enkelte variabler kan ha en teoretisk overførbarhet mellom stressfrakturer i tibia og i andre bein med høy belastning under løping.

Nyere litteratur gjort av Yong et al. (2018) angir mindre risiko for stressfraktur i tibia ved endring av løpsteknikk. Som eksempelvis endring av fotsett (bakfot – forfot) og stegfrekvens. Noe som støttes av Luedke et al (2016) som angir 6,7 ganger økt sannsynlighet for skade med en stegfrekvens på under 175 steg pr minutt. Dette viser stor variasjon i variablene, noe som bekrefter hvor krevende det kan være å finne spesifikke biomekaniske variabler som disponerer for stressfraktur. Det er viktig å ha i bakhodet at forskjeller forekommer til individer og at det ikke må bli en slags sannhet i at løpsfrekvens må være 175 steg pr minutt, men at det er nyanser. I tillegg vil en stegfrekvens variere basert på hastighet og beinlengde.

Oppsummert er det to studier som angir at asymmetri, derav spesielt beinlengdeforskjell som mulig risikofaktor for stressfraktur i tibia, uten at dette korrelerer med annen litteratur. En annen studie angir at HADD, RFEV og FM kan predikere for skade uten at annen litteratur kan henviser til samme funn. Dette gir oss informasjon på at det kan være krevende å kartlegge løpsteknikk og biomekaniske aspekter ved forebyggende tiltak rundt stressfrakturer.

Det konkluderes med at det er få biomekaniske variabler som kan angi stor sannsynlighet for stressfraktur i tibia. Likevel viser andre studier som ser på risikofaktorer for stressfraktur i underekstrimene (Warden et al 2014; Wright et al 2015; Willy 2016) at flere variabler kan være av betydning. Noe som gjør det vanskelig å rettferdiggjøre mindre oppmerksomhet på biomekaniske variabler siden det kan være en teoretisk overførbarhet til tibia. Det kreves derfor flere studier som ser på dette.

Eksterne faktorer

Ernæring

Lav kroppsmasseindeks fremstår å være en risikofaktor for stressfrakturer i tibia. Resultatene fra denne oversiktsstudien viser at BMI <21 ga økt sannsynlig for stressfraktur (Tounton et al., 2002 & Yagi et al., 2012). Dette er riktignok en del høyere enn andre studier som viser til BMI <19 før økt risiko for stressfraktur (Tenforde et al. 2013). Resultatene fra denne oversiktsstudien viser derimot at menn uten stressfraktur hadde BMI på 20.7 ± 7.6 (Yagi et al., 2012). Basert på standardavviket gir det en indikasjon på at flere av mennene i studien var underernært uten å pådra seg stressfraktur. Som følge av at en stressfraktur kan utvikle seg over en 12 mnd periode med mye trening og lite tilgjengelig energi kan det ikke utelukkes at noen av disse utøverne fikk en stressfraktur etter at studien var ferdig.

Andre resultater fra denne oversiktsstudien viser til at de som fikk stressfraktur i tibia hadde 8,1 % lavere beinmineralitet og en DEXA-score på 1.075 (Bennel et al. 1996).

Barrack et al. (2008) viser derimot at 40 % av kvinneligere løpere hadde en DEXA-score på under -1 i beinmineralitet, som gir en indikasjon på osteoporotisk beinvev uten at det sees sammenheng med stressfraktur. Det fører til at andre årsaksmekanismer kan ligge til grunn. Et annet funn fra denne oversiktsstudien er at *forsinket første menstruasjonsblødning* fremstår å være en risikofaktor for stressfraktur. Dette korrelerer med annen litteratur fra Wentz et al.

(2011) og Tenforde et al. (2013) som henviser til at kvinner har større risiko for stressfraktur som følge av menstruasjon dysfunksjon i form av *debut alder av menarke og manglende blødning/amenore*. Dette kan være en mulig årsaksforklaring fra funnene i denne oversiktsstudien ved at kun kvinner med BMI <21 har økt risiko for stressfraktur, men ikke menn. Noe som bekreftes av annen litteraturen som angir at menstruasjon dysfunksjon kommer sekundært som følge av relativt energiunderskudd i sport og kalles Den kvinnelige triaden (RED-S). (Idrettsfysioterapeuten, 2020; s.271).

Nyere studier av Wright et al. (2015) viser derimot bedre beinmineraltetthet på løpere med høyere treningsvolum pr uke enn forsøkspersonene i denne oversiktsstudien (Bennell et al., 1996) & Tounton et al., 2002). Dette kan gi mistanke om at mer erfarne profesjonelle løpere har mer fokus og kunnskap restitusjonstiltak som omhandler ernæring, hvile, løpsøkonomi og tilpasset trening som gjør at de tåler mer trening og holder seg mer skadefri til tross for lav BMI og DEXA-score.

Det er ingen tydelig enighet om betydningen av kalsiuminntak. Resultatene fra denne oversiktsstudien viser at kvinner med stressfraktur hadde et høyere kalsiuminntak enn de som ikke utviklet stressfraktur. Fra denne oversiktsstudien fremstår det tilfredsstillende med et inntak på 800 mg kalsium daglig som fører til verdier over anbefalte nivå (Bennell et al., 1996). En annen studie fra Moran et al. (2013) viser derimot til at kalsiuminntak for kvinner på mindre enn 800 mg pr dag ga seks ganger økt sannsynlighet for stressfraktur enn de som tok 1500 mg, men ingen forskjell for menn. Dette gjør det vanskelig å vite om kvinnene fra denne studien (Bennell et al 1996) ville hatt økt risiko for stressfraktur hvis de ikke hadde gått på tilskuddet. Det sees heller ingen tydelig sammenheng med inntak av kalsium hos menn. Tenforde et al (2013) viser til at kvinnelige idrettsutøvere som brukte kalsiumtilskudd hadde 3 ganger høyere risiko for stressfraktur. Derimot er det vanskelig å si om resultatene fra denne oversiktsstudien skyldes økt risiko for stressfraktur som følge av lave verdier av kalsium eller en ernæringsproblematikk i seg selv.

Oppsummert angir alle inkluderte studier flere eksterne faktorer som er av betydning for å redusere risikofaktorene for stressfraktur. Det konkluderes med at et kalsiuminntak under 800 mg pr dag gir økt risiko for skader, men at tilskudd i seg selv ikke er nok for å unngå stressfraktur. Det fremstår som at et lavt energiinntak kan føre til lav beinmineraltetthet og menstruasjon dysfunksjon som videre kan gi økt risiko for stressfraktur. Likevel kan det være

andre konfunderende sammenhenger angående risikofaktorer for stressfraktur. Det kreves derfor mer kunnskap på temaet.

Alder

Det er vanskelig å si om alderen på forsøkspersonene har en betydning for resultatene. Funnene fra studien viser at det er en relativt lav alder på forsøkspersonene. En studie har et aldersnitt på 17,5, en annen studie med 20,4 og to studier på ca. 25 år i snitt. Forsøkspersonene som er ca. 20 år eller yngre betegnes fortsatt å være i en vekstfase der vekstskivene i kroppen ikke er ferdig utviklet (Warden et al. 2021), noe som kan gjøre at flere har blitt ekskludert som følge av skade i vekstskivene, men som kanskje i en eldre alder ville blitt diagnostisert med stressfraktur. En annen faktor kan være at forsøkspersonene fra denne oversiktsstudien sannsynlig har hatt en større økning i belastning med skole, pubertet, økning i trening etc., sammenlignet med eldre løpere som muligens har hatt en jevnere belastning de siste årene. Det er naturlig å anta at eldre forsøkspersoner har mer erfaring og flere år med løping bak seg som kan påvirke sannsynligheten for skade. Noe som støttes av Moran et al. (2013) som angir at lengre tid løping har en beskyttende effekt. Derimot sier ikke studiene noe om hvor mange år forsøkspersonene har løpt. Det kan bety at en forsøksperson på 18 år kan ha løpt flere år enn en på 26 år. Det er derfor vanskelig å si noe om hvordan forekomsten ville for andre aldersgrupper.

Treningsbelastning og muskelstyrke

Det er ingen enighet om betydningen for treningsbelastning og muskelstyrke for risikofaktorer for stressfrakturer. Funnene fra denne oversiktsstudien viser ingen korrelasjon mellom treningsbelastning og risikofaktor for stressfraktur. Dette er i strid med tidligere litteratur som angir at løping 64 km/pr uke øker risiko for stressfraktur i tibia (Komatsu et al. 2019). Basert på deskriptive data fra *tabell 2* gir dette en indikasjon på at forsøkspersonene i denne oversiktsstudien muligens hadde for lav mengde antall kilometer pr uke. De hadde kun mellom 30-50 km pr uke basert på 6-8 økter pr uke i snitt. Det kan derfor tenkes at disse tallene ikke er representativ for løpere på ett høyere løpevolum. En faktor kan være at flere av friidrettsutøverne i studien kan være «sprinterere». Det vil da være naturlig at de ikke har like mange kilometer pr uke som en langdistanseløper, selv om deres treningsbelastning kan være vell så høy, som igjen kan være en risikofaktor.

En studie angir at det foreligger en assosiasjon mellom redusert størrelse på leggmuskulatur og sannsynlighet for stressfraktur i tibia. Her spekuleres det i om manglende styrke fører til økte krefter mot underlaget som gir økt belastning på beinvevet (Bennell et al., 1996). Derimot kan det ikke utelukkes at de som får en stressfraktur kan få en atrofiert leggmuskulatur. Disse funnene stemmer med tidligere tverrsnitts- og cohortestudier gjort på militærpersonell (Bennell et al 1996).

Det som studiene ikke kan redegjøre for er intensitet og varighet som til sammen påvirker den totale belastningen, noe som er helt sentralt for den totale treningsbelastningen. Dette understreker Warden et al. (2021) i sin konklusjon at det finnes ingen gullstandard for optimal belastning på beinvev for å unngå stressfraktur.

Oppsummert er det lite dokumentasjon som sier noe om korrelasjonen med treningsbelastning og risiko for stressfraktur. Siden skademekanismen ofte er multifaktoriell så er det ingen «One size fits all» når det kommer til treningsregime. Det kreves derfor flere studier som ser på ulike målemetoder for eksterne biomekaniske variabler som treningsbelastning i samspill med interne biomekaniske variabler som eksempel løpsteknikk som videre kan gi mer kunnskap om risikofaktorer.

Metode

Manglende kvalitetssjekk fra eksterne personer

En svakhet med studien er at kun en person har screenet alle artiklene i søket. Ved individuelle oppgaver er det ingen som kvalitetssjekker arbeidet eller gir muligheter for å rådføre seg med en tredje person ved uenigheter. Dette kan føre til at noen studier ikke har blitt inkludert eller at metodiske feil kan ha blitt oversett.

I tillegg kunne andre søkemotorer som SPORTDiscus vært et alternativ, men UIB har dessverre ikke tilgang. Basert på omfanget av denne masteroppgaven var antall artikler fra søket (n=205) og som videre tilfredsstilte inklusjonskriteriene (n=5) fra PubMed tilstrekkelig. Derimot kan det ikke utelukkes at det kunne vært relevante artikler fra SPORTDiscus eller Ovid som ikke har blitt fanget opp i PubMed.

Studiedesignet

Basert på kvalitetskontrollen (tabell 1) skårer tre av fem studier over 9 av 11 poeng, de resterende to studiene skårer litt lavere med henholdsvis 6 og 7 poeng. Denne sjekklisten baserer seg på faktorer som omhandler årsakssammenheng. Dette gir en indikasjon på at vi kan stole på resultatene og forvalte resultatene fra denne systematiske litteraturstudien på kohortestudier i klinisk praksis. En faktor som bekrefter dette er at alle studiene skårer 9 av 10 poeng i forbindelse med diagnostiseringen av stressfrakturer, som er omhandler «definert bildediagnostikk» og «diagnose gitt av kliniker». Dette fører til sannsynligheten er stor for at stressfrakturer ble korrekt diagnostisert, noe som styrker inklusjonskriteriene. Noe vi vet fra tidligere litteraturen kan være svært krevende (Warden et al, 2014). Det er riktignok en mulig svakhet med kohortstudier at man imidlertid ikke har kontroll over hvilken informasjon som er samlet inn, informasjonsskjevheter og at viktige data kan mangle. Siden flere av studiene gjelder yngre forsøkspersoner så kan det føre til mindre nøyaktighet rundt registrering av data underveis sammenlignet med etablerte løpere / eldre forsøkspersoner som mulig har mer detaljoversikt over treningshverdagen. Eller det kan være vanskelig å etablere akkurat insidens grunnet forsøkspersonen sin vilje og tid til å besvare spørreskjemaet og hukommelse. Disse faktorene støttes av Dekkers et al (2019). Det er i tillegg vanskelig å få med et stort utvalg over lengre tid, noe som ofte gir stor variasjon i litteraturen grunnet varighet og utvalg. For profesjonelle utøvere er de ofte lite interessert i å bruke tid på slike studier, noe som gjør at det ofte er litt mindre etablerte løpere som deltar (Wright et al., 2015). Alt tatt i betraktning er kohortestudier krevende å gjøre, men den beste måten å få kunnskap om risikofaktorer. Det ble ikke gjennomført en meta-analyse på denne oversiktsstudien. Bakgrunnen er at de inkluderte studiene ser på forskjellige variabler som gir dårlig heterogenitet og videre gjør at de ikke kan sammenlignes i en metaanalyse.

Målemetode

En risk of bias kan være tilfeldigheten ved måling av statiske og dynamiske tester og manglende felles prosedyre i studiene. Det er ikke utenkelig at mer nøyaktige målenheter kan belyse forskjeller og likheter av biomekaniske variabler som risikofaktorer i fremtiden. Det er vanskelig å bedømme ulike typer løpstilssanalyse programmer, da det er store forskjeller i kvalitet. Dette kan være variasjoner i markører, mekaniske estimeringer etc. Dette gjør det krevende å sammenligne målemetodene i de ulike studiene jeg har sett på.

Utstyr

Tidligere studier har vist at skotøy kan påvirke biomekaniske variablene, noe som videre kan føre til økt risiko for skader i seg selv (Wright et al 2015). I en av to studiene som redegjør for biomekaniske variabler har de gitt en nøytral sko til forsøkspersonene. Her er det beskrevet en kvalitetssko av utstysleuvadøren Nike. Dette er hensiktsmessig for å standardisere skotøy, men denne må dessverre ikke passe alle deltagerne like bra. Det var ikke beskrevet en undersøkelse av foten som kunne gi noe informasjon om det var en nøytral eller en pronasjon såle som kunne vært mest hensiktsmessig. Warden et al. (2014) angir at skotøy har potensial til å påvirke bevegelsen til foten og ankelen som videre påvirker den kinetiske kjeden. Det betyr at ulike typer sko kan føre til forskjellige biomekaniske utfall ved testing.

I nyere tid har det vært veldig mye omtale om diverse karbonsko som både bedrer prestasjonen, men også kan redusere risikoen for skader. Dette kan i fremtiden være et veldig interessant tema å forske videre på. Likevel viser en ny studie av Relph et al. (2022), som i ble publisert i Cochrane august 2022 at det er liten eller ingen forskjell på skotøy. Derimot er det store begrensninger siden forsøkspersonene ofte kjente igjen de ulike skotypene.

Ekklusjonskriterier

Hovedgrunnen for ekskludering av studier med militærrekrutter er stor variasjon i fysisk kapasitet og lite progresjon i belastning, som korrelerer dårlig med aktive løpere.

Militærrekruttene har ofte dårligere helse – og livsvaner enn godt trente forsøkspersoner. I det første søket på artikler så fantes det mange tverrsnitt- over systematiske litteraturstudier på militærpersonell. Utgangspunktet for studier på militærpersonell er veldig bra, siden det blir en homogen gruppe der alle gjennomfører samme opplegg. Dette var gode studier som kartla faktorer som fottøy, løpsteknikk, underlag, treningsmengde, ernæring etc. Det var derfor interessant å se om resultatene fra aktive løpere korrelerte med tidligere studier gjort på militærrekrutter. Derimot konkluderer Wright et al (2015) at det er lite forskjell på resultatene fra løpere med minst 6 løpeøkter i uken og militærrekrutter i risikofaktor ved stressfrakturer.

Publiseringsdato

I denne oversiktsstudien var alle de inkluderte artiklene publisert på et tidspunkt rundt 2000 tallet (1996, 2002, 2005, 2008, 2012). Både Pohl et al (2008) og Zifchock et al (2005) har blitt brukt som referanse i den siste oversiktsartikkelen rundt stressfrakturer hos løpere gjort av Wright et al (2015).

Dette viser at studiene i seg selv har vært gode, til tross for eldre publiseringsdato. Det er tydelig at de siste publiserte oversiktsartiklene som vurderer risikofaktorer hos løpere med stressfraktur har litt andre funn enn det som er beskrevet fra denne oversiktsstudien. Dette kan eksempelvis være ulike biomekaniske faktorer, der forfot/bakfotløping i nyere tid omhandler mer stegfrekvens og vinkel på tibia enn peak hip adduction, free moment etc. En mulig årsak kan være bedre målemetoder, da teknologien har gjort store fremskritt de siste årene. Mer nøyaktige målemetoder kan også føre til litt andre variabler. Det har i det senere årene kommet ulike programmer som MotionMetrix som gjør en «løpsanalyse» enn spesifikke enkeltstående målinger av biomekaniske faktorer. En annen faktor kan være at det ikke finnes en oversiktsartikkel på cohortestudier med stressfraktur i tibia. De nyeste studiene ser ikke kun på tibia, men ser på forekomsten av stressfrakturer i flere ulike beinvev som tibia, femur, fotknokler etc. noe som gir en teoretisk overføringsverdi.

Klinisk implikasjoner og anbefalinger for videre forskning

Det var lite og tidvis motstridene evidens for både eksterne og interne faktorer for risikofaktorer hos løpere. Årsaken til dette kan være at det er få studier som ser på samme risikofaktor. Som *tabell 3* viser er det ingen studier som ser på samme risikofaktorene som gir lite data for sammenligning. Min systematiske oversiktsartikkel viser at ernæring og enkelte biomekaniske variabler i løpsteknikken kan være av betydning. Dette betyr at jeg som kliniker må gjøre en god kartlegging av muskel og skjellettapparatet og ernæringsstatus. Det var derimot lite data på treningsmengder, restitusjon og søvn som kan være av stor betydning. Det er heller ikke kartlagt om reskader stressfrakturer skyldes manglende rehabilitering/tilheling eller at andre avvik. Det kan være mer korrekt å adressere antall skader opp mot antall treningstimer, altså en observasjon av «slik ser det ut til».

Studien gjort av Tauton et al (2002) er en av de større studiene gjort med dette designet. I fremtiden burde kanskje ulike studier benytte seg av ulike treningsdataverktøy som Strava. Dette er en app som loggfører varighet, lengde, intensitet, incline og hyppighet. Noe som gjør datamaterialet veldig pålitelig. Ved hjelp av ulike datasett som Python så kan det hentes ut ytterligere informasjon som kan sammenlignes.

Konklusjon

Funnene i denne oversiktsstudien viser at enkelte risikofaktorer som lav beinmineraltetthet, lav BMI, redusert SLR hos menn og biomekaniske faktorer som peak hip adduction (HADD), free moment (FN) og peak rearfoot eversion (RFEV) (Odds ratio 1.29, 1.37 and 1.18) gir signifikant økt risiko for stressfraktur. Studien fikk ikke belyst sammenhengen mellom treningsdistanse og løpshastighet opp mot stressfrakturer. Det er ikke utenkelig at enda mer nøyaktige målemetoder kan kartlegge betydningen av interne og eksterne risikofaktorer, noe som blir viktig i fremtiden. Det er derimot for få studier som ser på samme risikofaktor, noe som gjør at datagrunnlaget samlet har noen mangler som gjør det vanskelig å komme med gode konklusjoner.

Litteraturliste

Barrack MT, Rauh MJ, Nichols JF. (2008). Prevalence of and traits associated with low BMD among female adolescent runners. *Med Sci Sports Exerc.* ;40(12):2015–21.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181822ea0>.

Beck BR, Matheson GO, Bergman G, et al. (2008). Do capacitively coupled electric fields accelerate tibial stress fracture healing? A randomized controlled trial. *Am J Sports Med.*;36:545-553. DOI: 10.1177/0363546507310076

Bennell, KL., Malcolm, SA., Thomas, SA., et al. (1996). The incidence and distribution of stress fractures in competitive track and field athletes. A twelve-month prospective study. *Am J Sports Med*;24:211–17. DOI: <https://doi.org/10.1177/036354659602400217>

Bourdon, PC., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, MC., et al. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform.*;12(Suppl 2):S2161– 70. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0208>

Burr, DB., Robling, AG., Turner, CH., (2002). Effects of biomechanical stress on bones in animals. *Bone.*;30(5):781–6. DOI: [https://doi.org/10.1016/s8756-3282\(02\)00707-x](https://doi.org/10.1016/s8756-3282(02)00707-x)

Chambers, SA., Clarke, A., Wolman, R. (2011). Treatment of lumbar pars interarticularis stress injuries in athletes with intravenous bisphosphonates: five case studies. *Clin J Sport Med.* ;21:141-143. DOI: <https://doi.org/10.1097/jsm.0b013e31820f8f62>

Chen, YT., Tenforde, AS., Fredericson, M. (2013). Update on stress fractures in female athletes: epidemiology, treatment, and prevention. *Curr Rev Musculoskelet Med.* ;6:173-181. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12178-013-9167-x>

Coyle, EF., Martin, WH., 3rd, Sinacore, DR., Joyner, MJ., Hagberg, JM., Holloszy, JO. (1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance

training. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* ;57:1857-1864. DOI:
<https://doi.org/10.1152/jappl.1984.57.6.1857>

Davis, IS., Milner, C., Hamill, J., (2004). Does increased loading during running lead to tibial stress fractures? A prospective study. *Med Sci Sports Exerc* ;36:S58. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1249/00005768-200405001-00271>

Dekkers OM, Vandenbroucke JP, Cevallos M, Renehan AG, Altman DG, Egger M (2019) COSMOS-E: Guidance on conducting systematic reviews and meta-analyses of observational studies of etiology. *PLoS Med* 16(2): e1002742.
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002742>

Dobrindt, O., Hoffmeyer, B., Ruf J, et al. (2012). Estimation of return-to-sports-time for athletes with stressfracture – an approach combining risk level of fracture site with severity based on imaging. *BMC Musculoskelet Disord.* 13:139. DOI:
<https://dx.doi.org/10.1186%2F1471-2474-13-139>

Edwards, WB., Taylor, D., Rudolphi, TJ., Gillette, JC., Derrick, TR. (2010) Effects of running speed on a probabilistic stress fracture model. *Clin Biomech.*;25(4):372–7.
DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2010.01.001

Ferber, R., et al. (2009). "Suspected mechanisms in the cause of overuse running injuries: a clinical review." *Sports Health* 1(3): 242-246. <http://dx.doi.org/10.1177/1941738109334272>

Folkehelseinstituttet, (2015, 01.03). Kroppsmasseindeks (KMI). *KMI og helse.*
<https://www.fhi.no/fp/overvekt/kroppsmasseindeks-kmi-og-helse/>

Giladi, Milgrom, Simkin & Danon (1991). Stress fractures. Identifiable risk factors. *Am J Sports Med* Nov-Dec;19(6):647-52. doi:10.1177/036354659101900617

Gottschall, JS., Kram, R. (2005). Ground reaction forces during downhill and uphill running. *J Biomech.* ;38:445-452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.04.023>

Helsedirektoratet (2022) Fysisk inaktive voksne I Norge -Hvem er inaktive – og hva motiverer til økt fysisk aktivitet? Hentet ut 17.08.22 fra https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/fysisk-aktivitet-kartleggingsrapporter/Fysisk%20inaktive%20voksne%20i%20Norge%20-%20hvem%20er%20inaktive%20og%20hva%20motiverer%20til%20økt%20fysisk%20aktivitet.pdf/_attachment/inline/9fae5f6e-8db5-444c-b6f1-50afeb5a36b4:034dd11aad0fd5de82ff64fc7d47475f76f88450/Fysisk%20inaktive%20voksne%20i%20Norge%20-%20hvem%20er%20inaktive%20og%20hva%20motiverer%20til%20økt%20fysisk%20aktivitet.pdf

Hollander, K., Rahlf, A. L., Wilke, J., Edler, C., Steib, S., Junge, A., & Zech, A. (2021). Sex-Specific Differences in Running Injuries: A Systematic Review with Meta-Analysis and Meta-Regression. *Sports Med*, 51(5), 1011-1039. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01412-7>

Ingrid Red. Eitzen (Red.) (2020). *Idrettsfysioterapeuten (2020) Breddeidrett - toppidrett – aktivitetsmedisin*. Cappelen Damm akademisk

Johnston, T. E., Jakavick, A. E., Mancuso, C. A., McGee, K. C., Wei, L., Wright, M. L., Close, J., Shimada, A., & Leiby, B. E. (2021). Risk Factors for Stress Fractures in Female Runners: Results of a Survey. *Int J Sports Phys Ther*, 16(1), 72-86. DOI: <https://doi.org/10.26603/001c.18806>

Kahanov, L., Eberman, L. E., Games, K. E., & Wasik, M. (2015). Diagnosis, treatment, and rehabilitation of stress fractures in the lower extremity in runners. *Open Access J Sports Med*, 6, 87-95. <https://doi.org/10.2147/oajsm.S39512>

Komatsu, J., Mogami, A., Iwase, H., Obayashi, O., & Kaneko, K. (2019). A complete posterior tibial stress fracture that occurred during a middle-distance running race: a case report. *Arch Orthop Trauma Surg*, 139(1), 25-33. <https://doi.org/10.1007/s00402-018-3035-5>

Kunnskapsbasertpraksis.no. [internett]. Oslo: Folkehelseinstituttet; [siteret 23.10.2021].

Tilgjengelig fra: <http://www.helsebiblioteket.no/kunnskapsbasert-praksis>.

Helsebiblioteket.no (03.06.2016) Systematisk oversikt. Oversikt:

<https://www.helsebiblioteket.no/kunnskapsbasert-praksis/kritisk-vurdering/systematisk-oversikt>

Lieberman, DE., Venkadesan, M., Werbel, WA, et al. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*. 2010;463:531-535.

<http://dx.doi.org/10.1038/nature08723>

Luedke, LE., Heiderscheit, BC., Williams, DS., Rauh, MJ. (2016). Influence of step rate on shin injury and anterior knee pain in high school runners. *Med Sci Sports Exerc*. 48(7):1244–50. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000890>

Larson, P., Higgins, E., Kaminski, J, et al. (2011). Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *J Sports Sci*. ;29:1665-1673. DOI:

<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610347>

Nussbaum, ED., Bjornaraa, J., Gatt, CJ Jr. (2019). Identifying factors that contribute to adolescent bony stress injury in secondary school athletes: a comparative analysis with a healthy athletic control group. *Sports Health*.;11(4):375–9. DOI:

<https://doi.org/10.1177/1941738118824293>

Matheson, GO., Clement, DB., McKenzie, DC., Taunton, JE., Lloyd-Smith, DR., MacIntyre, JG. (1987). Stress fractures in athletes. A study of 320 cases. *Am J Sports Med*.;15(1):46–58.

<https://doi.org/10.1177%2F036354658701500107>

Milgrom, C., Finestone, A., Segev, S., Olin, C., Arndt T, Ekenman I. 2003. Are overground or treadmill runners more likely to sustain tibial stress fracture? *Br J Sports Med*.;37:160-163.

DOI: <https://doi.org/10.1136/bjism.37.2.160>

Matijevich, ES., Branscombe, LM., Scott, LR., Zelik, KE. (2019). Ground re- action force metrics are not strongly correlated with tibial bone load when running across speeds and slopes: implications for science, sport and wearable tech. *PLoS One*. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210000>

Miller, T. L., Jamieson, M., Everson, S., & Siegel, C. (2018). Expected Time to Return to Athletic Participation After Stress Fracture in Division I Collegiate Athletes. *Sports Health*, 10(4), 340-344. <https://doi.org/10.1177/1941738117747868>

Milner, CE., Ferber, R., Pollard, CD., Hamill, J., Davis, IS. (2006). Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. *Med Sci Sports Exerc.*;38:323-328. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000183477.75808.92>

Milner, CE., Hamill, J., Davis, IS. (2010). Distinct hip and rearfoot kinematics in female runners with a history of tibial stress fracture. *J Orthop Sports Phys Ther.*;40:59-66. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3024>

Moran, DS., Evans, R., Arbel, Y., Luria, O., Hadid, A., Yanovich, R., et al. (2013). Physical and psychological stressors linked with stress fractures in recruit training. *Scand J Med Sci Sports.*;23(4):443–50. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01420.x>

Nattiv, A., Kennedy, G., Barrack, MT., et al. (2013). Correlation of MRI grading of bone stress injuries with clinical risk factors and return to play: a 5-year prospective study in collegiate track and field athletes. *Am J Sports Med.* ;41:1930-1941. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546513490645>

Olympiatoppen (2021, 16.12). Stressreaksjoner i tibia. Olympiatoppen.no Hentet 01.10.22. <https://olympiatoppen.no/fagomrader/idrettspernaering/fagstoff/stressreaksjoner-i-tibia/>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D.,

- Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pohl, MB., Mullineaux, DR., Milner, CE., Hamill, J., Davis, IS. (2008). Biomechanical predictors of retro- spective tibial stress fractures in runners. *J Biomech.* 41:1160-1165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.02.001>
- Pinnington, HC., Lloyd, DG., Besier, TF., Dawson, B. (2005). Kinematic and electromyography analysis of submaximal differences running on a firm surface compared with soft, dry sand. *Eur J Appl Physiol.* DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1323-6>
- Relph, Greaves, Armstrong, Prior, Spencer, Griffiths, Dey & Langley (2022) Running shoes for preventing lower limb running injuries in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews 2022, Issue 8. Art. No.:* CD013368. DOI: 10.1002/14651858.CD013368.pub2.
- Rice, H. W., G; Trudeau, MB; et al. (2019). Estimating tibial stress throughout the duration of a treadmill run. *Sci Sports Exerc* Doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002039>
- Ridge, ST., Johnson, AW., Mitchell, UH., et al. (2013) Foot bone marrow edema after a 10-wk transition to minimalist running shoes. *Med Sci Sports Exerc.*;45:1363-1368. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182874769>
- Robertson, G. A. & Wood, A. M. (2015). Return to sports after stress fractures of the tibial diaphysis: a systematic review. *British medical bulletin 114*, 95-111, doi:10.1093/bmb/ldv006
- Rizzone, KH., Ackerman, KE., Roos, KG., Dompier, TP., Kerr, ZY. (2017) The epidemiology of stress fractures in collegiate student-athletes, 2004-2005 through 2013-2014 academic years. *J Athl Train.* 52(10):966–75. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.8.01>.
- Saxon, LK., Robling, AG., Alam, I., Turner, CH. (2005). Mechanosensitivity of the rat skeleton decreases after a long period of loading, but is improved with time off. *Bone.* 2005;36(3):454–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.12.001>

Shakouri, S., Soleimanpous, J., Salekzamani, Y. And Reza, M. (2010) Effect of low-level laser therapy on the fracture healing process. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-009-0670-7>

Schandelmaier, S., Kausdal, A., Lytvn, L., Siemieniuk, R., Agoritas, T., Guyatt, G., Couban, R., Mollon, B. & Busse, J. (2017). Low intensity pulsed ultrasound for bone healing: systematic review of randomized controlled trials. *Bmj* 356, j656, doi:10.1136/bmj.j656

Song, S. H., & Koo, J. H. (2019). Bone Stress Injuries in Runners: a Review for Raising Interest in Stress Fractures in Korea. *J Korean Med Sci*, 35(8), e38. <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e38>

Taunton, J., Ryan, M., Clement, D., McKenzie, D., Lloyd-Smith, D. & Zumbo (2002) Aretrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002;36:95 101. DOI : <https://doi.org/10.1136/bjism.36.2.95>

Tenforde, AS., Sayres LC, McCurdy ML, et al. (2013). Identifying sex-specific risk factors for stress fractures in adolescent runners. *Med Sci Sports Exerc* ;45:1843–51. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182963d75>

Toresdahl, B. G., McElheny, K., Metzl, J., Ammerman, B., Chang, B., & Kinderknecht, J. (2020). A Randomized Study of a Strength Training Program to Prevent Injuries in Runners of the New York City Marathon. *Sports Health*, 12(1), 74-79. <https://doi.org/10.1177/1941738119877180>

Vernillo, G., Giandolini, M., Edwards, WB., Morin, J-B., Samozino, P., Horvais, N, et al. (2017) Biomechanics and physiology of uphill and down- hill running. *Sports Med*. DOI: 10.1007/s40279-016-0605-y

Wentz, L., Liu, P.Y., Haymes, E., Ilich, J.Z. (2011) Females have a greater incidence of stress fractures than males in both military and athletic populations: a systemic review. *Mil Med.* ;176:420-430.

Warden, S. J., Davis, I. S., & Fredericson, M. (2014). Management and prevention of bone stress injuries in long-distance runners. *J Orthop Sports Phys Ther*, 44(10), 749-765.

<https://doi.org/10.2519/jospt.2014.5334>

Warden, S. J., Edwards, W. B., & Willy, R. W. (2021). Preventing Bone Stress Injuries in Runners with Optimal Workload. *Curr Osteoporos Rep.* <https://doi.org/10.1007/s11914-021-00666-y>

Warden SJ. 2003. A new direction for ultrasound therapy in sports medicine. *Sports Med.* ;33:95-107. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200333020-00002>

Williams, DS., 3rd, McClay, IS., Hamill, J. (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech* (Bristol, Avon). ;16:341-347. DOI: 10.1016/s0268-0033(01)00005-5

Willy, R., Halsey, L., Hayek, A., Johnson, H., Willson, J. (2016). Patellofemoral Joint and Achilles Tendon Loads During Overground and Treadmill Running

<https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6494>

Wright, A. A., Taylor, J. B., Ford, K. R., Siska, L., & Smoliga, J. M. (2015). Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*, 49(23), 1517-1523. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094828>

Yagi, S., Muneta, T., Sekiya, I. (2012). Incidence and risk factors for medial tibial stress syndrome and tibial stress fracture in high school runners. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* ;21:556-63.

Yong, J. R., Silder, A., Montgomery, K. L., Fredericson, M., & Delp, S. L. (2018). Acute changes in foot strike pattern and cadence affect running parameters associated with tibial stress fractures. *J Biomech*, 76, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.05.017>

Yoshikawa, T., Mori, S., Santiesteban, AJ., Sun, TC., Hafstad, E., Chen, J., et al. (1994). The effects of muscle fatigue on bone strain. *J Exp Biol*. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.188.1.217>