

Viktigheten av søvn og utfordringer med stress hos idrettsutøvere



Maria Hrozanova

Stipendiat

Institutt for
nevromedisin og
bevegelsesvitenskap,
NTNU

Olympiatoppen Midt-Norge

Optimal utvikling av idrettsutøvere forutsetter en sterk indre motivasjon og lidenskap for arbeidet som skal til, mange tusen timer med fokusert og relevant trening, fungerende relasjoner til viktige støttepersoner, en sterk motivasjon for arbeidet, og ikke minst en hensiktsmessig og god restitusjon. Søvn er en helt avgjørende faktor for å oppnå optimal restitusjon [1]. Søvn spiller en viktig rolle i forhold til utvikling av prestasjoner og fysisk utvikling [2], muskelvekst og gjenoppbygging av kroppens celler [3], så vel som kognitive [4], emosjonelle [5], og immune funksjoner [6]. For at søvn skal oppfylle sin funksjon innen restitusjon er utøvere avhengige av både riktig mengde- og god kvalitet på søvnen over tid [7]. Kontinuerlig god søvn skal gi en effektiv restitusjon og gjøre utøverne bedre i stand til å tilpasse seg både de fysiske- og mentale belastningene de er utsatt for. Søvnen skal dermed gjøre utøverne i stand til å føle seg opplagt og tilstede både under og etter trening, i forbindelse med sosiale gjøremål, og i forbindelse med konkurransegjennomføring [8]. I denne artikkelen skal vi diskutere hvordan belastningen utøvere er utsatt for potensielt kan påvirke søvnen deres, og hvordan stress og søvn potensielt kan henge sammen og skape en problematisk sirkel av økt stress og dårlig søvn. I tillegg vil vi gi en teoretisk oversikt over potensielle sammenhenger, utforske relevante og reelle eksempler med utøvere som har, eller har hatt stress-relaterte søvnutfordringer, diskutere metodiske begrensinger, og foreslå fremtidige studier innen feltet.



Frode Moen

Førsteamanuensis

Institutt for
nevromedisin og
bevegelsesvitenskap,
NTNU

Både praktiske erfaringer innen idrett og forskning tyder på at mange utøvere er utsatt for både søvnforstyrrelser og har for lite tid til søvn. Studier tyder på at idrettsutøvere sover langt mindre enn de anbefalte generelle retningslinjer for målgruppen [9]. Sammenligninger mellom idrettsutøvere og de som ikke driver med idrett viser at utøvere tilbringer mer tid i sengen, bruker lengre tid på å sovne, er mer våken gjennom natten, har lavere søvneeffektivitet og dermed har mindre tid som de faktisk sover [10]. En mengde empiriske studier viser at stress har en avgjørende effekt på søvn [11], og studiene antyder sammenhenger mellom søvn og stress [12].

For å kunne diskutere potensielle sammenhenger mellom søvn og stress er det viktig å definere stress. Stress defineres her som en dynamisk tilstand hvor organismens homeostase er truet, eller blir oppfattet av å være truet, som følge av en stressor. Innen idrett ble stressorene opprinnelig kategorisert som enten konkurranserelaterte eller relaterte til forhold i organisasjonen [13]. Et tiår senere ble potensielle stressorer innen idrett delt inn i tre kategorier: (1) den doble byrden, eller stress relatert til utfordringer med å kombinere en satsning innen idrett med andre områder som for eksempel studier, jobb osv., (2) de idretts-spesifikke kravene, eller stress relatert til de fysiologiske og mentale stress belastningene utøvere er eksponert for når de trener og konkurrerer, og (3) betingelser, eller stress som stammer fra rammevilkårene, som for eksempel en lite hensiktsmessig organisering



og struktur innad i organisasjonen, laget og/eller mellom utøvere [14]. Det er ikke uvanlig at utøvere erfarer flere stressorer samtidig og over lengre tidsperioder. Dette blir definert som utøverne sine stress belastninger.

Det er dermed forekomsten av en eller flere stressorer som aktiverer en stressrespons hos utøvere. Målet med stressresponsen er å gjenetablere den homeostatisk balansen til organismen [15]. Når utøverne erfarer en stressor vil de gjennomføre en umiddelbar vurdering av situasjonen, de kravene som situasjonen krever av dem, og hvilke ressurser utøverne er i besittelse av for å håndtere kravene. Dette perspektivet på stress er basert på den bio-psykososiale (BPS) modellen hvor vurderingen av stressoren blir definert som en utfordring eller trussel [16]. Utøvere som konkluderer med at kravene er overkommelige sett i forhold til egne eller tilgjengelige ressurser, vil erfare en positiv og hensiktsmessig fysiologisk respons. Slike stressorer er definert som utfordringer. Utøvere som derimot vurderer kravene som uopnåelige eller utenfor grensen for hva de kan mestre med bakgrunn i egne eller tilgjengelige ressurser, vil erfare en negativ og lite hensiktsmessig fysiologisk

respons. Slike stressorer defineres som trusler [17, 18].

Hensiktsmessige og lite hensiktsmessige stressresponser stimulerer forskjellige emosjonelle og kognitive reaksjoner. Den hensiktsmessige stressresponsen er en reaksjon når utøveren opplever å stå ovenfor en utfordring, og fører normalt til positive emosjonelle reaksjoner. Positive emosjoner gir energi og positiv stemning i kroppen [17]. Dette stimulerer utøverne til å innta en aktiv og offensiv tilnærming i situasjonen, noe som generelt bedrer prestasjonene. Den lite hensiktsmessige stressresponsen fører derimot til negative emosjonelle tilstander, som gjerne er energitappende. Dette stimulerer utøverne til å innta en defensiv og lite aktiv rolle i situasjonen. Handlingene blir gjerne ufokuserte og utøverne unngår situasjonen [19]. Når utøvere erfarer trusler, særlig over tid, kan de blir utsatt for en vedvarende tankeaktivitet: «et repetert eller en kronisk aktivering av kognisjon knyttet til stress relatert innhold» [20]. Om utøverne er utsatt for lite hensiktsmessige stressresponser er de mer tilbøyelig til å

involvere seg i slik kognitiv aktivitet. Dette forstyrrer og hemmer gjenoppbyggingen av homeostasen og fører til en forlenget aktivering av kroppens stressrespons [20]. Forskning viser at når vi erfarer en trussel heller enn en utfordring, vil tilbakekomsten til homeostase skje saktere, siden stress reaksjonen trekker ut [21]. En slik forlenget av stressresponsen, hvor stressresponsen feiler i å gå tilbake til homeostase og opprettholdes, selv etter at stressoren er fjernet, kan bidra til utvikling av kronisk stress. Kronisk stress, i motsetning til akutt stress, er lite hensiktsmessig og påvirker flere systemer i kroppen, inkludert søvn, på en svært negativ måte.

Innen idrett kan stressorer utløse både akutte og kroniske stressreaksjoner. Et typisk eksempel på en akutt stressor er en konkurranse. Utøvere med ambisjoner er helt avhengige av å eksponere seg for, og trene på å håndtere konkurranser og det stresset dette fører med seg. Innvirkningen konkurranser har på søvn har fått stor oppmerksomhet. Forskning viser at kortisolnivåene, som representerer de objektive biologiske markørene for stressresponsen, har økt signifikant i forbindelse med konkurranser [22]. Videre viser studier at utøvere rapporterer økte utfordringer med innsovning og dårligere søvnkvalitet i forbindelse med konkurranser [23]. Bakgrunnen for disse økte utfordringene kan være økt kognitiv aktivering i form av bekymringer, forventninger, og eksplisitt tenkning relatert til konkurransen

Innen idrett kan stressorer utløse både akutte og kroniske stressreaksjoner

som venter. Bruk av objektive måleinstrument som avdekker søvnen til utøvere bekrefter også at konkurranser har en signifikant effekt på søvn i form av reduksjon både i mengden søvn og kvaliteten på denne [22]. Resultatene viser at utfordringene med å oppnå en hensiktsmessig søvn i forbindelse med akutte stressorer ser ut til å være relevante utfordringer for utøvere.

Et typisk eksempel på en kronisk stressor er en opplevd trussel som varer over tid, for eksempel at en utøver ikke fungerer og at man ikke finner ut av hva som



er årsaken. Undersøkelser innen idrett relateres til stressorer innen kategoriene den doble byrden, de idrettsspesifikke kravene, og ufordelaktige betingelser i miljøet utøverne er en del av [14]. I kategorien den doble byrden ser vi gjerne at stressorene oppleves som kroniske, fordi oppgavene er gjerne for mange over tid til at utøveren klarer å håndtere alle på en god måte. Innenfor de idrettsspesifikke kravene er det normalt med både akutte- og kroniske stressorer. De kan opptre akutt i forbindelse med en spesielt utfordrende treningsøkt som utfordrer ferdighetene til utøveren, og kronisk når utøveren over tid jobber med en viktig utfordring hvor det ikke skjer ønsket utvikling, som for eksempel ved at utøveren ikke fungerer. Stressorene er erfaringsmessig i større grad kroniske innenfor ufordelaktige betingelser, for eksempel ved at en relasjon til en viktig person i teamet ikke fungerer over tid. Studier med tilfeldige utvalg og kontrollerte eksperimentelle design er dessverre omtrent mangelfulle innen idrett når

En beslutning handler om en skal- skal ikke holdning, og har til hensikt å skape ro i forhold til prioriteringen

det gjelder kronisk stress og søvn. Tverrsnittundersøkelser og observasjonsstudier viser derimot at når flere stressorer opptre samtidig over lengre tid, er dette svært krevende for utøverens restitusjonssystemer. Når utøvere opplever dette, er stresset blitt kronisk. Dette kan raskt føre til følelsen av å være utslitt, være utsatt for i overkant for stor belastning, hyperaktivitet, muskelsårhet, og spenninger [24-27].

Under slike betingelser vil utøverens restitusjons- og søvnmønster være utsatt for forstyrrelser. Undersøkelser tyder på at den kognitive og emosjonelle reaksjonen som stimuleres av stress, sammen med en ikke hensiktsmessig stressrespons, har en negativ innvirkning på søvnen [28, 29]. Forskning viser også at vedvarende stress påvirker den mentale aktiviteten i forbindelse med innsovning [30]. Forskning fra tverrsnittundersøkelser blant juniorutøvere i idrett tyder på at de kognitive reaksjonene som stammer fra stress i

form av bekymringer og grubling, påvirker søvnen i negativ retning [31]. Videre viser forskning blant ikke-utøvere en gjensidig sammenheng mellom emosjoner og søvn [32]. Dette innebærer at når utøvere erfarer stressbelastninger over tid, står en i fare for å oppleve søvnforstyrrelser. Dette kan videre føre til en negativ syklus mellom stress og søvn, i betydningen av at mangel på optimal søvn også raskt kan bli en stressor for utøvere. For å illustrere dette komplekse samspillet mellom stress og søvn skal vi beskrive noen vanlige caser som ofte utspiller seg blant utøvere innen idrett.

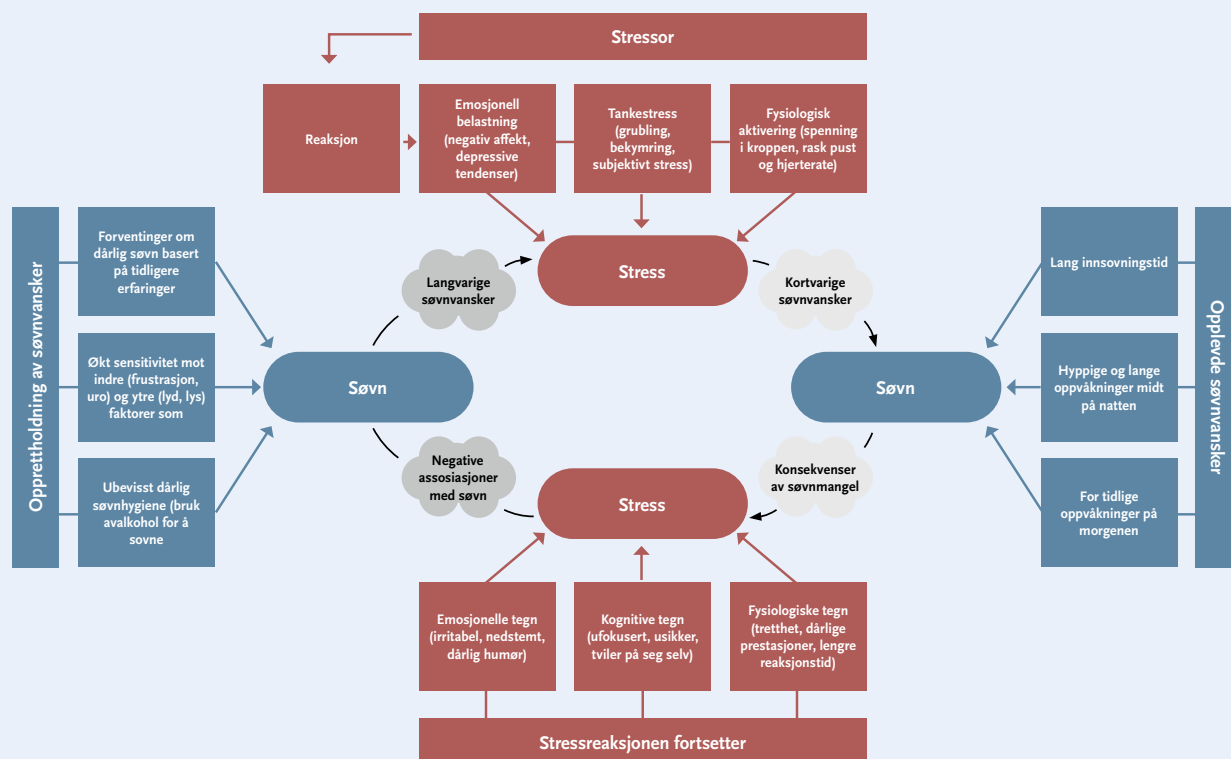
Utøvere som har ambisjoner om å nå langt innen sin idrett må normalt gjøre mange vanskelige og tøffe prioriteringer for å nå sine mål. Valg av studier og studieretning er en slik problemstilling som er helt vanlig hos mange utøvere i Norge. De fleste toppidrettsutøverne i Norge tjener lite på sin idrett og har dermed behov for en utdanning, både for å finansiere egen satsning gjennom lånekassen og for å ha noe å falle tilbake på etter endt idrettskarriere. Dette vil normalt føre til en utfordring med å finne en balanse mellom det å ha et fornuftig antall

oppgaver å forholde seg til i hverdagen, og det å ha for mange oppgaver i hverdagen. Blir oppgavene for mange vil dette skape et unødvendig stress hvor utøverne opplever at det å gjennomføre alle oppgavene er uoverkommelig. Dette kan raskt føre til en stressrespons som vedvarer og stimulerer kognitiv aktivitet i form av bekymring og grubling. Bekymringsaktivitet stimulerer gjerne negative følelser som igjen påvirker energien til utøveren negativt. En slik vedvarende tankevirksomhet fører raskt til utfordringer med søvn, både når det gjelder utfordringer med innsovning, urolig søvn og oppvåkninger i løpet av natten. Utøvere som har ambisjoner innen idrett vet godt at søvn er viktig for restitusjon, og at om søvnutfordringene vedvarer vil dette også bli en stor stressor. Utøverne kan da havne i en negativ spiral som potensielt fører til at situasjonen bare blir verre. For å dempe stresset i slike situasjoner har

man behov for å ta beslutninger som står i stil med det som er overkommelig for kombinasjonen toppidrett og utdanning. Det kan være å ta færre fag, andre fag, redusere skolebelastningen, redusere de idrettslige ambisjonene i en periode, sette studiene på vent en periode eller i ytterste konsekvens avslutte satsningen på toppidrett fordi det ikke er forenelig med utdanningsvalget man ønsker å prioritere. En beslutning handler om en skal- skal ikke holdning, og har til hensikt å skape ro i forhold til prioriteringen. Det motsatte er gjerne en kontinuerlig dveling ved-, det vil si en vedvarende tankevirksomhet, hvor kanskje- kanskje ikke gjelder. En slik holdning vil skape vedvarende uro fordi man ikke får tatt en beslutning. Verdens beste utøvere er ofte særdeles flinke til å beslutte og prioritere. Dette er et eksempel på utfordringer med den doble byrden det

er å satse på toppidrett og utdanning som vi erfarer svært ofte.

Stressorer innen de idrettsspesifikke kravene er svært vanlige innen idrett. Alle prioriteringene utøvere gjør, og trening de legger ned, forventes å gi avkastning i form av sportslig utvikling og resultater. Utøvere som over tid opplever stagnasjon og tilbakegang på viktige kapasiteter innen deres idrett vil normalt oppleve dette som en stor stressor. Jo tøffere prioriteringer de har gjort, jo mer man har trent, og jo høyere ambisjonene er, jo sterkere vil ofte stressreaksjonen være. Dette er egentlig en helt naturlig reaksjon under slike betingelser. Spørsmål som: «Hva skal jeg gjøre for å snu trenden? Hva har jeg gjort galt? Er jeg helt frisk? Hva om det fortsetter slik?» vil potensielt sirkulere i tankene i en nokså vedvarende spiral. Dess lengre motgangen har vart dess verre



Figur 1. En grafisk presentasjon av sammenhengene mellom en lite hensiktsmessig stressrespons og søvn. Situasjonen skaper en ond sirkel hvor økt stress forårsaker dårligere søvn, som i neste omgang fører til økt stress på grunn av redusert søvn, som igjen kan føre til bekymringstenkning angående søvnforstyrrelser i fortsettelsen.

blir det. Emosjonene vil naturlig nok bli påvirket i negativ retning og det mentale stresset vil være sterkt økende. Det vil være naturlig at dette påvirker søvnen, både når det gjelder innsovning og kvalitet på søvn. Som i eksempelet ovenfor vil en vedvarende søvnutfordring også være en stressor. Dette innebærer at situasjonen for utøveren oppleves som enda mer krevende. Slikt stress oppheves gjerne i det øyeblikket fremgang erfares igjen og når utøveren finner ut av problematikken knyttet til mangel på utvikling. Norsk idrett mister svært mange utøvere i slike situasjoner og vi har erfart mange slike caser.

En utøver med ambisjoner er som regel opptatt av å være i et treningsmiljø som stimulerer til å være på sitt beste, og hvor kapasitetene som er viktige innen akkurat denne idretten blir utfordret ofte. I dynamiske idretter som innebærer et spill-motspill er det helt avgjørende å trene ofte på motspillet. «Gitt at motstanderen gjør en slik bevegelse, hvordan skal jeg forsvare meg eller angripe?» Skal en kampsportutøver nå sitt høyeste potensial er utøveren avhengig av å trene motspill med en utøver som utfordrer forsvaret og angreps valgene på det høyeste nivået. Om ikke så er tilfellet vil kvaliteten på treningen bli forringet og utøveren vil aldri bli den beste utgaven av seg selv. I dynamiske idretter er det ofte utfordrende å finne miljø som representerer det høyeste internasjonale nivået i denne idretten. Mangelen på god sparring kan da raskt bli en stor stressor for utøvere da de vet at de er avhengige av optimal sparring for å trene effektivt. For å løse situasjonen kan utøveren reise til miljø hvor gode sparringspartnere finnes, men det koster ofte mye penger. Er økonomi en utfordring vil da dette bli en potensiell tilleggs stressor. En slik situasjon kan raskt oppleves som svært stressende og føre til utstrakt tankevirksomhet med påfølgende emosjonell reaksjon. Som i casene ovenfor kan dette raskt gå utover søvn. En slik stressor er innen kategorien betingelser og er også ganske vanlig i en del idretter.

Vi vet at mangel på sportslig utvikling kan være forårsaket av mangelfull restitusjon

Mangel på forskning innen idrett som forklarer mekanismene som ligger til grunn for søvnforstyrrelser og sammenhenger mellom søvnforstyrrelser og stress, skyldes sannsynligvis metodiske utfordringer. For det første er mye av søvnregistreringen som er gjort basert på utøvernes subjektive opplevelse av egen søvn, gjerne målt med spørreskjema eller søvndagbøker. Slike subjektive instrument er vel akseptert når målet er å avdekke subjektiv opplevelse av egen søvn, men de er utsatt for selv rapporterings feil. I tillegg vil de utgjøre en belastning for utøverne om datainnsamlingen skal foregå over lengre tid. Videre har også flere studier innen idrett benyttet objektive instrumenter for å måle søvn. Et ofte benyttet objektivt instrument er aktigrafi. Til tross for at dette er et validert instrument, begrenses gjerne slike studier av kostnadene knyttet til bruken og krevende logistikk. Dette får konsekvenser for potensielle dag til dag analyser av mulige gjensidige sammenhenger mellom viktige variabler knyttet til søvn og stress. Aktigrafi gir heller ikke et mål av de ulike søvnstadiene. Søvnstadiene har ulike funksjoner i forhold til gjenoppbygging og restitusjon, og det vil være viktig å undersøke hvordan stadiene henger sammen med stress belastning, spesielt i forhold til viktigheten av dyp søvn i forhold til fysisk gjenoppbygging [33] og REM søvn i forhold til emosjonell fungering [34]. I tillegg er det også utfordrende å kvantifisere stress da mål på for eksempel kortisol målt ved spytt eller blod krever rigide eksperimentelle protokoller, som det ofte ikke er mulig å gjennomføre blant utøvere som har en travel hverdag.

Til tross for metodiske utfordringer er det er likevel viktig at forskningen fortsetter med å undersøke kunnskapsmangler knyttet til søvn i idrett. Vi vet at mangel på sportslig utvikling kan være forårsaket av mangelfull restitusjon [35]. For å være konkurransedyktig er marginene blitt mindre og mindre i dagens idrett, og i den forbindelse er både utøvere, trenere og forskere



motiverte for å forstå de komplekse sammenhengene mellom stress og søvn bedre. For å oppnå dette må registrering av søvn unngå å bli en ekstra belastning og et forstyrrende moment i hverdagen til utøvere. I tillegg bør innsatsen utøvere og trenere legges ned underveis i et forskningsopplegg helst gi noe tilbake på daglig basis. Til syvende og sist er målet med forskningen å gi utøvere og trenere viktig informasjon om forhold som påvirker sportslig utvikling slik at de kan ta bedre beslutninger i treningsprosessen. Oversikt over hvordan søvn, fysisk- og mental belastning påvirker hverandre er svært relevant i denne sammenheng. Ved senter for toppidrettsforskning (SenTIF) i Trondheim har vi i samarbeid med Olympiatoppen Midt-Norge gjennomført flere datainnsamlinger hvor målet er å identifisere mulige sammenhenger mellom søvn, treningsbelastning og opplevd stress (utøvere i langrenn, skiskyting og kvinnelige fotballspillere), prestasjonsutvikling



(sjakk og kvinnefotball), og høydetrening og prestasjon (utøvere i langrenn og skiskyting).

I MARIA SINE PHD STUDIER (veiledet av Frode Moen, Øyvind Sandbakk og Ståle Pallesen) har vi fulgt 56 juniorer innen langrenn og skiskyting i Trøndelag. Over en periode på 61 kontinuerlige dager har vi registrert utøvernes søvnmønster, og mentale- og fysiske belastninger, for å undersøke potensielle dag til dag variasjoner når det gjelder stress og søvn. Søvn ble registrert med søvn monitoren Somnofy. Somnofy er basert på radarteknologi og benytter avanserte matematiske algoritmer for å beregne søvn. Studier viser at Somnofy har tilfredsstillende nøyaktighet for måling av søvn og søvnstadier [36]. Mental belastning ble dokumentert hver dag med en visuell analog skala på en applikasjon på deres mobiltelefon. De ble spurt om energinivå, muskelsårhet, kognitiv aktivitet (bekymring og grubling),

emosjonell status og behov for søvn, hver kveld. De brukte fra 10-30 sekunder på å besvare dette. Treningsbelastning ble dokumentert gjennom daglig føring av treningsdagbok hvor vi fokuserte på type aktivitet, intensitet og varighet på de daglige treningene som ble gjennomført i perioden på 61 dager. Utøverne ble bedt om å gjennomføre daglig aktivitet på vanlig måte siden vi var opptatt av å danne et pålitelig bilde av de daglige erfaringene i en forberedelses periode før konkurransesesong. Siden både søvn og stress ble registrert på daglig basis er det mulig å undersøke potensielle gjensidige sammenhenger mellom variablene, og potensielt oppdage hvordan disse variablene naturlig påvirker hverandre på en svært relevant måte i et utvalg av utøvere i utholdenhetsidretter.

Selv om det i våre studier er samlet inn data og etablert en stor og spennende database som inneholder et stort antall

utøvere, antall døgn med søvn, relativ god oppfølging av deltagerne gjennom studiet, er det også begrensninger i forhold til hvilke analyser man kan gjøre og hvordan man skal tolke resultatene. Disse begrensningene er relatert til tolkningen av den daglige variasjonen i søvn over tid. Med relativt små effektstørrelser er den praktiske betydningen av disse variasjonene foreløpig usikker. Videre er det ingen tvil om at fagområdet stress og søvn opererer i en komplisert kontekst hvor et stort antall variabler spiller inn når på dagen er trening utført, mental robusthet, restitusjonstiltak gjennom hverdagen, personlighet, sykdom og skader, ernæring, tilgjengelig støtte fra trenere og foreldre, og interne relasjoner mellom medlemmer i teamet. Dette er bare et utvalg variabler som potensielt kan påvirke stressopplevelsen- og søvnen til utøvere. Man bør også vurdere om et objektivt instrument på stress er mer relevant i denne sammenheng enn en

subjektiv stressrapportering. Somnofy-enheten som er benyttet i våre studier måler også respirasjons rate under søvn, og hjertefrekvens er en mulighet som er under utvikling. Disse målene kan potensielt være verdifulle både for utøvere i praksis og for forskningsfeltet, og de gir viktig informasjon om restitusjon (homeostasen) hos utøvere i idrett.

For å konkludere har vi i denne artikkelen drøftet teoretiske argumenter og erfaring fra praksisfeltet som viser konsekvensene

fra stress, spesielt kronisk stress, og utilstrekkelig søvnmønster hos utøvere. I denne sammenheng er stress en katalysator for søvnforstyrrelser, som i neste omgang stimulerer mer stress og forsterker de negative sammenhengene mellom stress og søvn. Over tid kan dette føre til en ikke fungerende tilstand hos utøvere hvor det raskt kan bli en nedadgående spiral med dårlig søvn og økt stress. Med bakgrunn i funn som viser nedadgående prestasjoner når utøvere er utsatt for søvnforstyrrelser er denne

tematikken svært aktuell for optimal utvikling av utøvere innen idrett. Her er rollen til forskning helt avgjørende for å kunne forstå disse forholdene dypere og for å kunne bidra aktivt med kompetanse i praksis. Ved å gjøre det vil man bedre kunne forstå de empiriske sammenhengene mellom de ulike mekanismene, slik at man i enda større grad kan bidra med verktøy og ressurser til utøvere og trenere slik at de kan ta bedre beslutninger som bidrar til optimal utvikling hos sine utøvere.

REFERANSER

1. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(2):240-245.
2. Reilly T, Edwards B. Altered sleep-wake cycles and physical performance in athletes. *Physiol Behav.* 2007;90(2-3):274-284.
3. Walters PH. Sleep, the athlete, and performance. *Strength & Conditioning Journal.* 2002;24(2):17-24.
4. Jones K, Harrison Y. Frontal lobe function, sleep loss and fragmented sleep. *Sleep Med Rev.* 2001;5(6):463-475.
5. Baum KT, Desai A, Field J, Miller LE, Rausch J, Beebe DW. Sleep restriction worsens mood and emotion regulation in adolescents. *J Child Psychol Psychiatry.* 2014;55(2):180-190.
6. Besedovsky L, Lange T, Born J. Sleep and immune function. *Pflug Arch Eur J Phy.* 2012;463(1):121-137.
7. Van Dongen HP, Rogers NL, Dinges DF. Sleep debt: Theoretical and empirical issues. *Sleep and Biological Rhythms.* 2003;1(1):5-13.
8. O'Donnell S, Beaven CM, Driller MW. From pillow to podium: a review on understanding sleep for elite athletes. *Nat Sci Sleep.* 2018;10:243-253.
9. Lastella M, Roach GD, Halson SL, Sargent C. Sleep/wake behaviours of elite athletes from individual and team sports. *European journal of sport science.* 2015;15(2):94-100.
10. Leeder J, Glaister M, Pizzoferrero K, Dawson J, Pedlar C. Sleep duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy. *J Sports Sci.* 2012;30(6):541-545.
11. Akerstedt T. Psychosocial stress and impaired sleep. *Scand J Work Environ Health.* 2006;32(6):493-501.
12. Meerlo P, Sgoifo A, Suchecki D. Restricted and disrupted sleep: effects on autonomic function, neuroendocrine stress systems and stress responsivity. *Sleep Med Rev.* 2008;12(3):197-210.
13. Hanton S, Fletcher D, Coughlan G. Stress in elite sport performers: a comparative study of competitive and organizational stressors. *J Sports Sci.* 2005;23(10):1129-1141.
14. Nixdorf I, Frank R, Beckmann J. An explorative study on major stressors and its connection to depression and chronic stress among German elite athletes. *Advances in physical education.* 2015;5(04):255.
15. Chrousos GP, Gold PW. The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis. *JAMA.* 1992;267(9):1244-1252.
16. Blascovich J, Tomaka J. The biopsychosocial model of arousal regulation. In: Zanna MP, ed. *Advances in Experimental Social Psychology.* Vol 28. San Diego, CA: Academic Press; 1996:1-51.
17. Tomaka J, Blascovich J, Kelsey RM, Leitten CL. Subjective, Physiological, and Behavioral Effects of Threat and Challenge Appraisal. *Journal of Personality and Social Psychology.* 1993;65(2):248-260.
18. Blascovich J, Mendes WB, Hunter SB, Lickel B, Kowai-Bell N. Perceiver threat in social interactions with stigmatized others. *J Pers Soc Psychol.* 2001;80(2):253-267.
19. Blascovich J. Challenge and Threat. In: Elliott AJ, ed. *Handbook of Approach and Avoidance Motivation.* New York, NY: Psychology Press; 2008:431-445.
20. Brosschot JF, Pieper S, Thayer JF. Expanding stress theory: Prolonged activation and perseverative cognition. *Psychoneuroendocrinology.* 2005;30(10):1043-1049.
21. Dickerson SS, Kemeny ME. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychol Bull.* 2004;130(3):355-391.
22. O'Donnell S, Bird S, Jacobson G, Driller M. Sleep and stress hormone responses to training and competition in elite female athletes. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(5):611-618.
23. Lastella M, Lovell GP, Sargent C. Athletes' precompetitive sleep behaviour and its relationship with subsequent precompetitive mood and performance. *Eur J Sport Sci.* 2014;14 Suppl 1:S123-130.
24. Dumortier J, Mariman A, Boone J, et al. Sleep, training load and performance in elite female gymnasts. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(2):151-161.
25. Kristiansen E, Stensrud T. Young female handball players and sport specialisation: how do they cope with the transition from primary school into a secondary sport school? *Brit J Sport Med.* 2017;51(1):58-63.
26. Robert-McComb JJ, Gates L. Exercise Precautions for the Female Athlete: Signs of Overtraining. In: Robert-McComb JJ, Norman RL, Zumwalt M, eds. *The Active Female: Health Issues Throughout the Lifespan.* New York, NY: Springer New York; 2014:351-356.
27. Reilly T, Waterhouse J, Edwards B. Jet lag and air travel: Implications for performance. *Clinics in Sports Medicine.* 2005;24(2):367-+.
28. Harvey AG. A cognitive model of insomnia. *Behav Res Ther.* 2002;40(8):869-893.
29. Baglioni C, Spiegelhalter K, Lombardo C, Riemann D. Sleep and emotions: a focus on insomnia. *Sleep Med Rev.* 2010;14(4):227-238.
30. Harvey AG. Pre-sleep cognitive activity: a comparison of sleep-onset insomniacs and good sleepers. *Br J Clin Psychol.* 2000;39 (Pt 3):275-286.
31. Hrozanova M, Moen F, Pallesen S. Unique Predictors of Sleep Quality in Junior Athletes: The Protective Function of Mental Resilience, and the Detrimental Impact of Sex, Worry and Perceived Stress. *Frontiers in Psychology.* 2019;10(1256).
32. Kahn M, Sheppes G, Sadeh A. Sleep and emotions: Bidirectional links and underlying mechanisms. *Int J Psychophysiol.* 2013;89(2):218-228.
33. Shapiro CM, Bortz R, Mitchell D, Bartel P, Jooste P. Slow-wave sleep: a recovery period after exercise. *Science.* 1981;214(4526):1253-1254.
34. Vandekerckhove M, Cluydts R. The emotional brain and sleep: an intimate relationship. *Sleep Med Rev.* 2010;14(4):219-226.
35. Thun E, Bjorvatn B, Flo E, Harris A, Pallesen S. Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Med Rev.* 2015;23:1-9.
36. Toften S, Pallesen S, Hrozanova M, Moen F, Grønli J. Validation of sleep stage classification using non-contact radar technology and machine learning (Somnofy®). *Sleep Medicine.* In review.