

Trening for unge lagidrettsutøvere: Hva bør tas i betraktning for optimal utvikling?

© Lars M. Tingelstad

Norges idrettshøgskole

Författarkontakt <larsmt@nih.no>

Publicerad på idrottsforum.org 2024-10-28

Under puberteten opplever unge utøvere betydelige fysiske, psykiske og identitetsmessige endringer som påvirker både trening og deltakelse. Perioden med raskest vekst kalles for peak height velocity (PHV) og det er også her man ser den raskeste utviklingen i fysisk prestasjon som følge av vekst, hormonelle endringer, muskelvekst og nevralt tilpasninger. Det er derimot store individuelle forskjeller for når denne perioden inntreffer og omfanget av utvikling. Dette vil derfor ha stor betydning for det fysiske prestasjonsnivået til utøvere i en gitt aldersgruppe og føre til store sprik. Det er avgjørende å være klar over dette for å kunne tilpasse trening og belastning basert på utøverens modningsstatus for å sikre best mulig utvikling i fysisk prestasjon, samt redusere risiko for skader.

Doktorgradsprosjektet PLAY inkluderte 471 yngre fotball og håndspillere for å se dypere på hvordan fysisk prestasjon utvikler seg gjennom puberteten, med særlig fokus på forskjeller mellom kjønn og aldersgrupper. Et

hovedfunn var at fysisk prestasjon var signifikant bedre hos gutter allerede i yngste gruppe, som også viste mer markant utvikling sammenlignet med jentene. Vi observerte også betydelig individuell variasjon i både prestasjon og utvikling i alle grupper. Dette indikerer at det ikke finnes en «one-size-fits-all»-tilnærming til trening for unge utøvere. I stedet understreker funnene viktigheten av å skreddersy treningsopplegg som tar hensyn til individuelle forskjeller i vekst, modning, og motivasjon.

Et balansert treningsopplegg som tar hensyn til individuelle forskjeller i vekst og modning, samt inkludering av skadeforebyggende tiltak, kan redusere skaderisiko og fremme langvarig utvikling. Spesielt blant jenter kan tidlig styrketrening bidra til å fremme økt utvikling i fysisk prestasjon. Det trengs imidlertid mer forskning på langtidseffekten av treningsbelastning på utvikling og skaderisiko for å bedre forstå hvordan man best legger til rette for trening og utvikling i ungdomsårene.

Introduksjon

Ungdommers motivasjon for idrett inkluderer blant annet gleden ved aktiviteten, sosiale relasjoner, mestring og helse (Espedalen & Seippel, 2024). Mange unge utøvere ønsker å utvikle seg og oppnå resultater som reflekterer deres innsats, men de står overfor store fysiske, psykiske og identitetsmessige endringer under puberteten som påvirker trening og idrettsdeltakelse. For å optimalisere treningen gjennom ungdomsårene er det viktig å forstå disse endringene og tilpasse treningsbelastningen deretter. Den internasjonale olympiske komité (IOC) sin konsensuserklæring fremhever at interessenter i organisert ungdomsidrett bør:

Utvikle sunne, kapable og motstandsdyktige unge idrettsutøvere, samtidig som man oppnår bred, inkluderende, bærekraftig og glede-fylt deltakelse og suksess på alle nivåer av individuell idrettsprestasjon (Bergeron et al., 2015).

Dette er utfordrende, spesielt med hensyn til helseproblemer og overbelastningsskader knyttet til høyintensiv trening (Balish et al., 2014; DiFiore et al., 2014). Denne artikkelen tar for seg hvordan prestasjon utvikler seg gjennom ungdomsårene hos lagidrettsutøvere, med særlig vekt på de fysiske endringene som skjer i puberteten og deres innvirkning på fysisk prestasjon. Videre vil vi undersøke hvordan riktig tilpasning av treningsbelastning kan bidra til å optimalisere utviklingen av fysisk prestasjon gjennom ungdomsårene.

Vekst og modning hos ungdomsutøvere

Ungdomstiden er preget av betydelig vekst og fysiologiske endringer (Malina et al., 2004). Vekst defineres som økning i kroppens størrelse som helhet eller en økning av spesifikke deler (Malina et al., 2004). Modning er endring mot en moden biologiske tilstand, og kan deles inn i skjelett-, seksuell og somatisk modning. Skjelettmodning referer til endringer i benstrukturen som tar skjelettet fra en umoden til moden tilstand gjennom forlengelse og økt masse. Seksuell modning er prosessen der en person utvikler de biologiske og fysiologiske egenskapene som er nødvendige for reproduksjon (utvikling av primære og sekundære kjønnskaraktistika og hormonelle endringer). Somatisk modning handler om fysisk utvikling og vekst, som høyde, vekt, kroppsproporsjoner, styrking av muskulatur og forbedring av fysiologiske funksjoner som kardiovaskulær helse (Malina et al., 2004). I begynnelsen av puberteten, rundt 10-12 års alderen for jenter

og 12-14 års alderen for gutter, inntreter det en vekstspurt – fasen der ungdommer opplever raskest vekst. Denne er kjent som peak height velocity, og forkortes til PHV, som jeg kommer til å bruke videre i artikkelen. Varigheten på PHV varierer, men vil i snitt være 1-2 år, uavhengig av kjønn. Her er det derimot store individuelle forskjeller for både tidspunktet vekstspurten inntreffer og i hvilket tempo den skjer i (Monasterio et al., 2021). Flere vil også oppleve flere vekstspurter (Teunissen et al., 2020). Dette betyr at man i en gitt kronologisk aldersgruppe under puberteten kan ha utøvere som skiller så mye som 5 år i biologisk alder (graden av oppnådd fysisk utvikling og modning, i motsetning til kronologisk alder som kun baserer seg på alder) (Malina et al., 2000).

Utvikling i fysisk prestasjon gjennom ungdomsårene

Tiden rundt PHV er da den raskeste utviklingen i fysisk prestasjon finner sted (Philippaerts et al., 2006; Tingelstad et al., 2023). Dette kommer som følge av rask vekst, økning i konsentrasjonen av vekst- og kjønnshormoner som blant annet øker muskelmassen, og nevralt tilpasninger som forbedret aktivering og koordinasjon av muskler, samt kvalitative endringer i muskel-sene strukturer (muskelfibersammensetning, forbedret kraftoverføring mm) (Malina et al., 2004). Disse endringene sørger for betydelig forbedring i fysisk prestasjon, som blant annet hurtighet (Saward et al., 2020; Wright & Atkinson, 2019), spenst (Dugdale et al., 2021; Valente-dos-Santos et al., 2012), utholdenhet (Dugdale et al., 2021; Elferink-Gemser et al., 2007) og muskelstyrke (Duarte et al., 2018; Tingelstad et al., 2023). Tidlig i puberteten er det hovedsakelig nevralt tilpasninger som forbedrer egenskaper som hurtighet og muskelstyrke (Borms, 1986; Croix, 2007). Gjennom puberteten øker konsentrasjonen av hormoner som testosteron og veksthormoner betydelig, noe som fører til en markant økning i muskelmasse (Fragala et al., 2012). Denne økningen i muskelmasse resulterer i ytterligere utvikling av egenskaper som muskelstyrke, eksplosivitet og hurtighet (Suchomel et al., 2016), samt forbedringer i maksimalt oksygenopptak (Armstrong & Welsman, 2001; Grendstad & Hallén, 2023) og utholdenhetsprestasjon (Hoff et al., 1999). Muskelstyrke er med andre ord en sentral faktor for prestasjon i en rekke fysiske ferdigheter. Foruten å være en prestasjonsavgjørende faktor, er muskelstyrke også viktig for å redusere skaderisiko (Lauersen et al., 2018). For eksempel er redusert styrke i lyske og hamstring vist å øke skaderisiko i disse muskelgruppene blant fotballspillere (Light et al., 2022; Sancese et al., 2023).

I en systematisk oversiktsartikkel undersøkte vi (Tingelstad et al. 2023) hvordan fysisk prestasjon blant lagidrettsutøvere utvikler seg i løpet av ungdomsårene, og rapporterte følgende årlig forbedring fra 12 til 16 år: muskelstyrke i bein; gutter 14,3% og jenter 9,4%, lagidrettsspesifikk utholdenhetsprestasjon; gutter 11% og jenter 12,1%, spenst; gutter 6,7% og jenter 4,7%, retningsforandringer; gutter 2,8% og jenter 3,3%, og 30 m sprint; gutter 3,6% og jenter 3,3%. Artikkelen avdekket også en betydelig mangel på studier som inkluderte jenter, spesielt longitudinelle studier, og enda færre sammenlignet gutter og jenter i samme studie. Til tross for begrenset datagrunnlag for enkelte egenskaper, særlig utholdenhet og retningsforandringer, viser funnene at jenter utviklet seg mindre i fysisk prestasjon sammenlignet med gutter i løpet av ungdomsårene. Forskjellen i utvikling mellom jenter og gutter kommer hovedsakelig av betydelig større økning i muskelmasse hos gutter, der jenter på sin siden øker mer i fettmasse (Handelsman, 2017; Malina et al., 2004).

Tidlig vs. sen modning

På grunn av den store variasjonen i modning mellom individer, varierer den fysiske prestasjonen betraktelig blant utøvere med samme kronologiske alder. Utøvere som modnes tidligere presterer ofte bedre i fysiske prestasjonstester sammenlignet med de som modnes senere (Valente-dos-Santos et al., 2012; Yang & Chen, 2022). Denne skjevheten fører til at talentidentifikasjonsprogrammer ofte favoriserer tidlig modnende utøvere med mer utviklet fysisk prestasjon (Figueiredo et al., 2009; Till et al., 2016). Mange utøvere kan risikere å overses på grunn av dette, til tross for at de kan ha like stort eller større potensial for langsiktig utvikling (Deprez et al., 2015; Till et al., 2013). Derfor er det viktig å vurdere modningsstatus når man skal identifisere og selektare til talentprogrammer, samt vektlegge andre faktorer som tekniske ferdigheter og taktisk forståelse (King et al., 2024).

Måling av modningsstatus

Foruten viktigheten av vurdering av modningsstatus med hensyn til talentidentifikasjon, er måling av vekstrater og modning avgjørende for å tilpasse treningsprogrammer til utøvernes utviklingsstadier for å kunne optimalisere fysisk utvikling og begrense skaderisiko. Gullstandarden for å estimere modningsstatus er å måle skjelettalder med bruk av røntgenbilder av hånden (Lloyd et al., 2014). Metoden er derimot kostbar og lite praktisk i idrettssammenheng. Derfor benytter man ofte alternative

ikke-invasive metoder, som formler basert på høyde, vekt, sittehøyde eller foreldrehøyde (Sullivan et al., 2023). Her er det derimot viktig at man klarer over begrensningene i slike estimater, da disse er mest presise for grupper med gutter i gjennomsnittlig modningstid, og mindre nøyaktig for de som er tidlig og sent utviklede (Malina & Kozieł, 2014; Sullivan et al., 2023). Et annet alternativ er å måle kun stående høyde og sittehøyde (Kemper et al., 2015). Høydevekst, målt i cm/år (eller måned), gir en indikasjon på modningsstadiet og har vist seg å korrelere med skaderisiko, hvor en større årlig vekst øker risikoen for skader (Kemper et al., 2015). Bein og armer vokser før hofte, rygg/bryst og skulder, så ved å måle sittehøyde kan man forutsi vekstforløpet og tilpasse treningen deretter (Malina et al., 2004). Spesielt gutter som opplever rask vekst kan møte utfordringer med koordinasjon. Ved å forutse denne vekstperioden, kan man øke fokus på balanse- og koordinasjonstrening for å forbedre motorisk kontroll og tilpasning til den nye kroppslengden og de økte motoriske kravene.

Treningsbelastning i ungdomsidretten: tilpasning, risiko, og langsiktig utvikling

Trening innebærer systematisk påføring av stress på kroppen for å fremme gunstige adaptasjoner og forbedrer prestasjon (Soligard et al., 2016). For å oppnå ønskede fysiologiske tilpasninger kreves tilstrekkelig stress, som vi oppnår gjennom tilpasning av volum (varighet og frekvens) og intensitet (Impellizzeri et al., 2019). Derimot om den totale treningsbelastningen blir for høy og overstiger kroppens kapasitet, progresjonen er for rask, eller restitusjonen er utilstrekkelig, øker risikoen for skader (Meeusen et al., 2013). Riktig håndtering av treningsbelastningen med fornuftig progresjon, er derfor avgjørende for å optimalisere prestasjon og redusere skaderisiko (Clemente et al., 2014; Issurin, 2010). Dette er spesielt viktig når man har med yngre utøvere å gjøre, ettersom mange er i rask vekst, og det ofte er stor variasjon i både fysisk prestasjon og treningsgrunnlag innad i en gruppe.

Tilgjengelig forskning tyder på at trening har en positiv effekt på utvikling i enkelte fysisk prestasjonsegenskaper, men at visse egenskaper responderer bedre på spesifikke treningsstimuli i ungdomsårene enn andre. Langsiktig fotballspesifikk trening har vist å forbedre fysisk prestasjon mer enn hos jevnaldrende kontroller (Wrigley et al., 2014), og utholdenhetsutøvere har vist større forbedring i utholdenhetsstester sammenlignet med aktive kontroller, men med ingen forskjell i VO_{2max} (Grendstad & Hallén, 2023; Landgraff et al., 2021). Styrketrening er også vist å forbedre muskel-

styrke hos ungdom (Lesinski et al., 2016; Zouita et al., 2016). Derimot, med kun få studier som har undersøkt dette, er det et behov for mer forskning for å bedre forstå hvordan langsiktig trening påvirker ungdommers fysiske prestasjonsutvikling utover effektene av vekst og modning, samt hvordan dette påvirker skaderisiko. Kan man for eksempel trene noe mindre intensivt, men likevel få samme utvikling i fysisk prestasjon på sikt og samtidig redusere risikoen for skader?

Hvordan kan vi måle belastning?

I eliteidrett tilpasses treningsbelastningen nøye for å møte konkurransens krav (Clemente et al., 2019; Delgado-Bordonau & Mendez-Villanueva, 2012). Kampkrav og treningsbelastning i lagidrett måles ofte som arbeidet utført av spillerne (ekstern belastning) med bruk av globale navigasjons-satellitt-systemer (GNSS), og inkluderer målinger som distanse, maksimal hastighet og akselerasjoner, deselerasjoner og retningsforandringer (Cummins et al., 2013; Luteberget & Gilgien, 2020; Miguel et al., 2021).

I ungdomsidretten

Overgangen fra ungdomsidrett til seniornivå innebærer en gradvis økning i kampkrav, særlig i form av høy-hastighetsløping og sprint (Goto et al., 2015; Vescovi et al., 2011). Denne økningen i kampkrav skyldes flere faktorer, inkludert lengre kamper, høyere tempo i kamp som følge av utviklede tekniske og taktiske ferdigheter, samt forbedret fysiske prestasjon (Hannon et al., 2021). For å møte disse økte kravene, må treningsbelastningen justeres gradvis, samtidig som det legges vekt på ferdighetsutvikling, fysisk mestring og skadeforebygging (Lloyd & Oliver, 2012), for å støtte individuell utvikling, ivareta utøvernes velvære og redusere skaderisiko (Bompa & Haff, 2009). Raske økninger i belastning er knyttet til høyere skaderater (Drew & Finch, 2016), som vil kunne påvirke både lagprestasjoner (Eirale et al., 2013; Hägglund et al., 2013), og spillerutvikling (Larruskain et al., 2022). Ved å prioritere langsiktig utvikling fremfor kortsiktige resultater, kan skadeforekomsten reduseres i ungdomsårene (Moseid et al., 2018), og følgelig sikre at flere utøvere kan oppnå sitt potensial og forbli lenger i idretten.

Forståelsen av belastningsdata går utover bare innsamling av tall; det handler om å tolke disse dataene i konteksten av utøverens individuelle behov og utviklingsstadium. Dette innebærer å analysere trender over tid, identifisere mønstre i respons på ulike treningsstimuli, og justere treningsopplegg deretter. Ved å kombinere belastningsdata med informasjon om utøverens fysiologiske og psykologiske tilstand, kan trenere lage mer presise og effektive treningsprogrammer som både fremmer prestasjon og forebygger skader. Videre er det viktig å utdanne utøvere i hvordan de selv kan

forstå og respondere på kroppens signaler, noe som gir dem verktøyene til å ta en aktiv rolle i sin egen utvikling og velvære.

Resultater og bidrag fra doktorgradsprosjektet PLAY

Gjennomgått litteratur viser at det er områder med manglende forskning. Selv om flere studier har undersøkt utvikling i fysisk prestasjon, er det få som har fokusert på longitudinelle studier, særlig inkludert jenter, og enda færre som har sammenlignet gutter og jenter i samme studie. Komparative studier mellom kjønn er nødvendige, da treningsrespons og utvikling kan variere betydelig. Dette er avgjørende kunnskap for å bedre vår forståelse av utviklingstrender i ungdomsårene for å kunne designe gunstigere treningsprogram som bedre reflekterer kjønns- og individuelle forskjeller i modning og utvikling. Mangelen på longitudinelle studier, særlig blant jenter, begrenser vår kunnskap om hvordan sentral fysiske prestasjonsmål i lagidrett utvikles gjennom ungdomsårene.

Forståelse av utviklingstrender og individuelle modningsrater er avgjørende for å optimalisere utøvernes trening. Store variasjoner i modningstidspunkt og tempo mellom individer har stor betydning for hvordan grupper av utøvere innad i lag bør trene (Malina et al., 2004). Ved å overvåke disse variasjonene kan trenere tilpasse treningen (Lloyd & Oliver, 2012). Imidlertid mangler det kunnskap om utviklingstrender blant yngre jenter og gutter for å kunne bedre tilpasse trening som tar hensyn forskjeller mellom kjønn og individer gjennom ungdomsårene. Målet med dette doktorgradsprosjektet var derfor å studere alders- og kjønnsforskjeller i fysisk prestasjonsutvikling hos yngre lagidrettsutøvere. I tillegg ville vi undersøke hvordan ekstern treningsbelastning varierer mellom ulike aldersgrupper og kjønn hos fotballspillere.

Metode

Vi rekrutterte 471 gutter og jenter fra U14, U16 og U18 fotball- og håndballag i nærheten av Oslo og Kristiansand for å undersøke alders- og kjønnsforskjeller og utvikling i antropometri (høyde, kroppsvekt, sittende høyde) og fysiske prestasjonstester (30 m sprint, retningsforandringer, spenst, beinpress, Nordic hamstring, hofte add- og abduksjonsstyrke (styrke i musklene på innsiden av låret og utsiden av hoften), samt yo-yo intermit-

tent recovery test nivå 1 (lagidrettsspesifikk utholdenhetstest [YYIR₁]). Testene ble gjennomført over to dager i siste del av konkurransesesong. Testresultatene fra det første året ble brukt i en *tverrsnittstudie* for å undersøke alders og kjønnsforskjeller i fysisk prestasjon, og bestod av hele utvalget på 471. For ettårs *longitudinell* utvikling ble data fra 125 av fotballspillerne (U14: 64 gutter, 20 jenter, U16: 30 gutter, 11 jenter) ved første og andre måling benyttet. Dette utvalget vil øke senere ettersom vi venter på data fra våre samarbeidspartnere ved Universitetet i Agder.

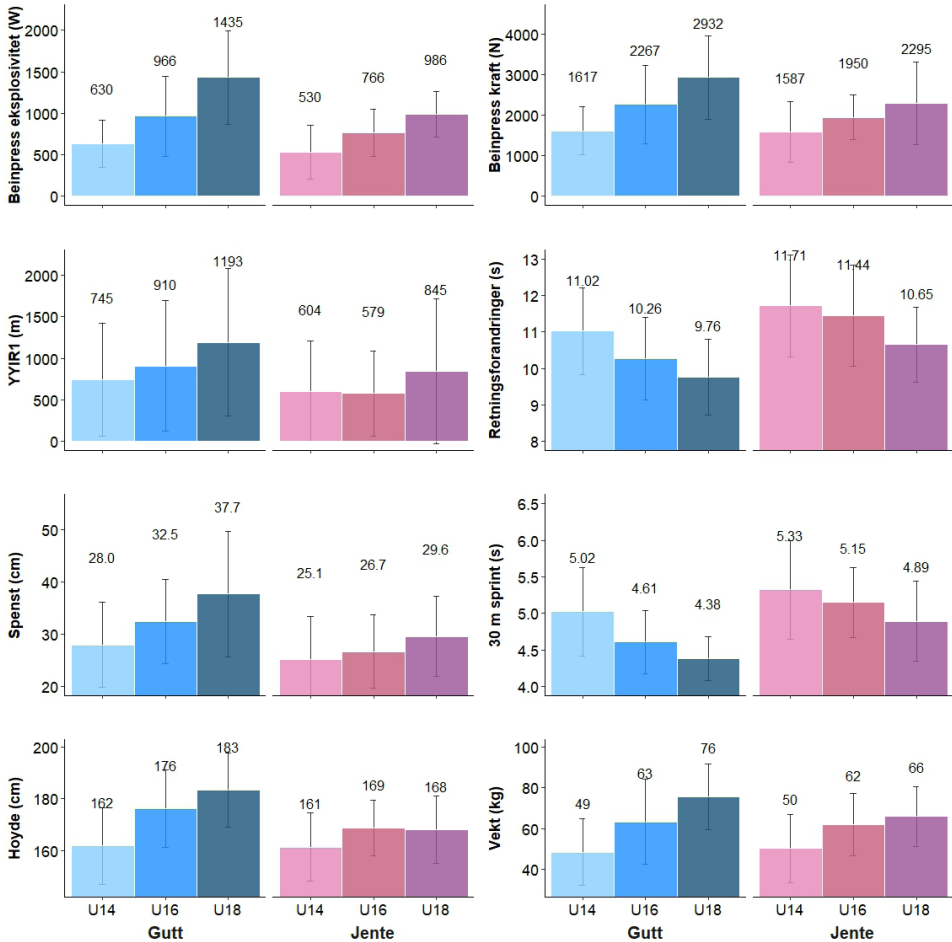
Ekstern treningsbelastning ble målt med bruk av GNSS på 110 av fotballspillerne (U14: 20 jenter, 24 gutter, U16: 25 jenter, 16 gutter, og U18: 12 jenter, 19 gutter) i perioden etter første testing. Dataene ble samlet inn ved hver treningsøkt og kamp i tre to-ukers perioder fordelt over et år. De innsamlende variablene inkluderte total distanse løpt (TD), distanse løpt i ulike hastigheter (høy-hastighetsløping: 13-18 km·h⁻¹ [HSRD], sprintdistanse >18 km·h⁻¹), antall høy-intensitetsaksjoner (summen av antallet akselerasjoner, deselerasjoner og retningsforandringer >2.5 m·s⁻¹ [HIE]) samt distanse løpt i relative hastighetssoner (prosent av maksfart; >60%, >70%, >80%, >90%).

Resultater

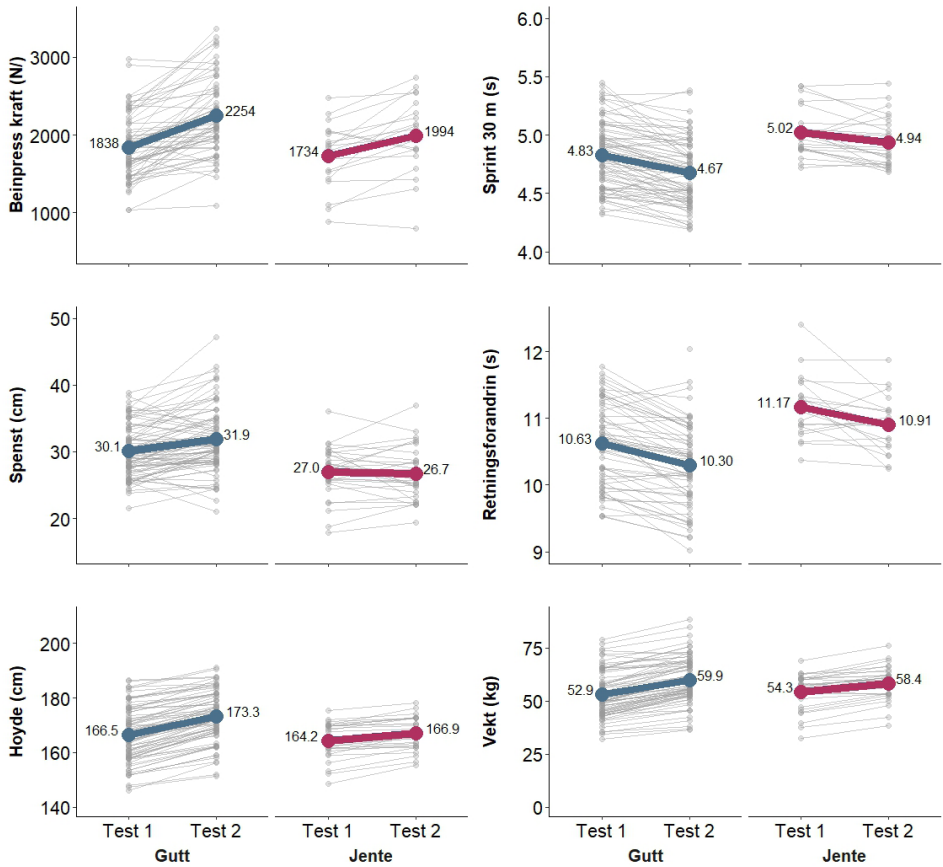
I tverrsnittsundersøkelsen (Figur 1) presterte guttene signifikant ($p < 0.05$) bedre enn jenter på tvers av alle aldersgrupper og viste betydelig større aldersforskjell i prestasjon mellom U14 og U16: 30 m sprint: -3% vs. -8%, spenst: 6% vs. 16%, retningsforandringer: -2% vs. -7%, relativ kraft (beinpress; total kraft produsert delt på kroppsvekt): -1% vs. 10%. Det ble derimot ikke sett noen videre økning i denne kjønnsforskjellen mellom U16 og U18, det var med andre ord tilsvarende aldersforskjell for jenter og gutter.

Den longitudinelle undersøkelsen fulgte en lignende trend (Figur 2). Vi observerte betydelig forbedring på et år i fysisk prestasjon på tvers av alle grupper. Guttene forbedret seg også signifikant mer enn jenter i antropometri (høyde og vekt), spenst (6,5% vs. -0,4%) og total kraft (beinpress) (25% vs. 16%), og høyere prosentvis endring i 30 m sprint (-3,3% vs -2,2%, $p = 0,06$). De yngste guttene utviklet også signifikant mer enn de eldre i flere tester. Interessant nok forbedret begge jentegruppene seg prosentvis mer i 10 m sprint enn gutter (jenter U14; 3,2%, U16; 3,3%, gutter U14; 2,6%, U16; 1,4%, $p > 0.05$). Resultatene viste også stor individuell variasjon i fysisk prestasjon og utvikling på tvers av alle tester og grupper. Til tross for at det var en forbedring i de fleste tester, var det ingen forbedring i hamstring og hoftestyrke når disse var normalisert til kroppsvekt. Hamstring og lyske er

muskler som er særlig utsatt for skader i fotball (Light et al., 2022; Sancese et al., 2023), og denne mangelen på forbedring kan derfor ha en sammenheng med denne skaderisikoen.



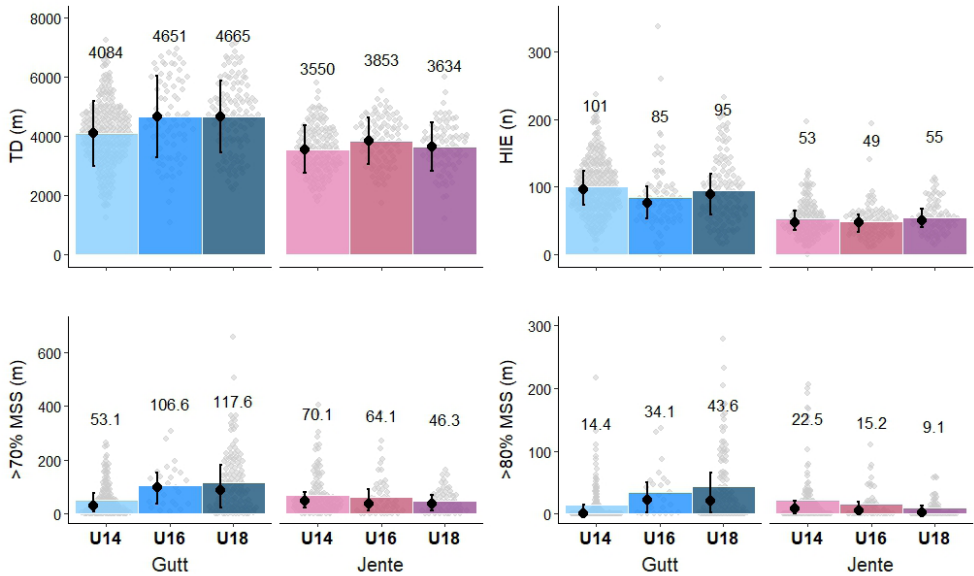
Figur 1: Forskjell i fysisk prestasjon mellom gruppene i tverrsnittundersøkelsen.



Figur 2: Gjennomsnittlig og individuell variasjon i fysisk prestasjon og ett års utvikling.

Resultatene fra treningsbelastningsstudien viste en signifikant større belastning per treningsøkt hos de eldre guttene sammenlignet med U14 for variabler som TD, HSRD og sprintdistanse (Figur 3). Da maksfart fra sprinttesten også var signifikant bedre hos de eldre spillerne, kan dette tyde på at økt fysisk prestasjonen med alder her har betydning for hva man evner å yte på trening. Dette ble derimot ikke observert blant jentene, hvor det heller ikke noen forskjell i maksfart (fra sprinttesten) mellom noen av aldersgruppene. Det ble funnet sterk korrelasjon mellom sprintdistanse og $>70\%$ MSS ($r > 0.75$), men med betydelig individuell variasjon. Dette er viktig for trenere å være bevisst på. Belastning målt med relative terskler, altså baserer seg på utøverens egen kapasitet, gir et bedre mål på belast-

ningen de faktisk utsettes for, så ved å kun bruke absolutte verdier kan belastningen til flere spillere under- eller overestimeres.



Figur 3: Forskjeller i øktbelastning mellom gruppene for TD (total distanse), høy-intensitetsaktiviteter (HIE), og distanse i relative soner (>70 og >80% MSS)

Diskusjon

Dette doktorgradsprosjektet bygger på tidligere forskning og hadde som mål å undersøke forskjellen i fysisk prestasjon, utvikling og treningsbelastning mellom jenter og gutter og aldersgrupper gjennom ungdomsårene. Prosjektet inkluderte en tverrsnittstudie som analyserte forskjeller i fysisk prestasjon mellom kjønn og aldersgrupper, en longitudinell studie av utviklingen i fysisk prestasjon, og en studie som undersøkte ekstern belastning hos jenter og gutter i ulike aldersgrupper.

Våre funn støtter tidligere forskning som har vist mer markant utvikling i fysisk prestasjon hos gutter enn jenter (Carvalho et al., 2019; Greier et al., 2019). Denne forskjellen skyldes i stor grad forskjellen i modning mellom kjønnene, der guttene opplever betydelig større økning i muskelmasse, mens jenter har en relativt større økning i fettmasse (Malina et al., 2004). Den mer markante utviklingen hos gutter kan i tillegg skyldes at de befant

seg på et tidligere stadium i modningen enn jentene, noe som også kan forklare den større fremgangen hos de yngre guttene sammenlignet med de eldre.

Et hovedfunn fra prosjektet var den omfattende individuelle variasjonen som ble observert i både fysisk prestasjon og utvikling i fysisk prestasjon. Denne variasjonen påvirkes i stor grad av faktorer som forskjeller i vekst og modning, treningsrespons og genetik (Lloyd & Oliver, 2012; Radnor et al., 2016). Det er viktig at trenere anerkjenner denne variasjonen mellom utøvere, og viser tålmodighet og støtte overfor utøvere som i perioder har tregere utvikling og henger etter de andre i sin gruppe. I en gruppe der alle har lik kronologisk alder, vil det være flere som ikke opplever fremgang i utvikling av sin fysiske form, og til og med noe tilbakegang. Dette kommer tydelig fram i flere av testene våre, som for eksempel spenst, der enkelte forbedret seg med over 30%, og andre opplevde en redusert prestasjon på over 20%. Midlertidige plataer eller redusert prestasjon reflekterer imidlertid ikke nødvendigvis det langsiktige potensialet for prestasjon. Sent modnede utøvere oppnår ofte tilsvarende prestasjonsnivå som sine tidlig modnede jevnaldrende ved slutten av ungdomsårene (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2013; Deprez et al., 2015; Till et al., 2013). Disse funnene understreker kompleksiteten i ungdoms fysiske utvikling og behovet for tilpassede tilnærminger for å forbedre prestasjon og redusere skaderisiko. Individuell tilpasning er avgjørende for at utøvere skal oppleve mestring og glede ved idrett. Siden ungdom har ulike motivasjoner, som sosial tilhørighet, prestasjon eller mestring, er det essensielt å tilpasse treningsopplegget for de ulike behovene i gruppa for å holde dem engasjert i idretten (Espedalen & Seippel, 2024).

Dette doktorgradsprosjektet bygger på tidligere funn om kjønnsforskjeller i fysisk prestasjon gjennom ungdomsårene, og understreker betydningen av tilpassede opplegg i ulike utviklingsstadier. Prosjektet fremhever også behovet for at jenter introduseres til styrketrening tidligere enn gutter, ettersom de modnes tidligere og får færre ”gratis” fysiske fordeler gjennom puberteten. Den omfattende individuelle variasjonen i fysisk utvikling understreker behovet for tilpassede treningsstrategier som tar hensyn til forskjeller i vekst, modning og motivasjon. For å støtte ungdoms langvarige engasjement og prestasjon i idretten er det viktig at trenere tilpasser treningsopplegg etter individuelle behov og potensial.

Oppsummering og praktiske anbefalinger

Selv om modning er en sterk drivkraft for fysisk prestasjonsutvikling i ungdomsårene, viser også forskning til forbedring i prestasjon som følge av målrettet trening for *enkelte* fysiske ferdigheter (Landgraff et al., 2021; Lesinski et al., 2016). Samtidig er det viktig å merke seg at stort volum av høyintensitets-trening kun har begrenset effekt på utviklingen av mål som maksimalt oksygenopptak (Grendstad & Hallén, 2023; Landgraff et al., 2021). Med hensyn til dette, samt den allerede store effekten av vekst og modning på prestasjonsutvikling og økte skaderisikoen som følge av store mengder idrettsspesifikk og høyintensitets-trening (Verstappen et al., 2021), kan det være nyttig å utvise større tålmodighet i treningen av unge utøvere. I stedet for å fokusere utelukkende på spesifikk trening i idretten sin, kan et økt fokus på grunnleggende ferdighetsutvikling, som teknikk, motorikk, og koordinasjon, være hensiktsmessig. Ferdigheter som balanse, sprintteknikk, retningsforandringer og brems kan gi utøveren en solid base som de vil ha stor nytte av senere i karrieren (Bank et al., 2022; Mendiguchia et al., 2022). Dette alternative fokuset kan bidra til å redusere risikoen for overtrening og skader, samtidig som det fremmer en helhetlig utvikling. Mindre skadefravær vil også gi mer kontinuitet i trening og på sikt større potensiale for å forbedre prestasjon.

I tillegg vil det være viktig å ta hensyn til individuelle forskjeller i vekst og modning og tilpasse treningsprogrammer deretter for å bidra optimalisere prestasjonsutvikling og redusere risiko for skader (Boullosa et al., 2020; Lixandrão et al., 2024). Dette kan for eksempel bety å moderere treningsintensitet og -volum, prioritere riktig teknikk, og inkludere skadeforebyggende strategier for utøvere i sårbare perioder. Sårbare perioder er særlig når utøvere opplever rask vekst i tillegg til å ha stor treningsbelastning. Talentfulle utøvere må i ungdomsårene ofte delta og prestere på mange ulike arenaer (klubb, skole, regionale/nasjonale lag), som fører til en stor total belastning som kan være vanskelig å ha kontroll på for trenere, samt lite tid til alternativ trening, og ikke minst restitusjon (Brink et al., 2010). For slike utøvere kan det være hensiktsmessig å redusere mengden spesifikk lagstrening og erstatte noe av denne med alternativ trening, spesielt styrketrening (Zwolowski et al., 2017).

Skader kan hemme kortsiktig utvikling og begrense utøveres langsiktige potensial, og ha negative konsekvenser for utøvernes engasjement i idretten med økt risiko for frafall (Crane & Temple, 2015; Hägglund et al., 2013; Maffulli et al., 2011). Derfor er det avgjørende å balansere treningsbelastning og kvalitet for å opprettholde både fysisk helse og kontinuitet i idrettsdeltakelsen. Herunder er skadeforebyggende trening spesielt viktig. Observasjoner fra PhD-prosjektet indikerer en mangel på utvikling i styrke

relativ til kroppsvekt i hamstring og hofte, som er muskelgrupper svært utsatt for skader (Light et al., 2022; Sancese et al., 2023). Derfor er det avgjørende å integrere skadeforebyggende strategier, som FIFA 11+ programmet, i den vanlige treningen for alle ungdomsaldre. Dette kan bidra til å redusere risikoen for både akutte og belastningsskader.

Siden jenter modnes tidligere enn gutter, og opplever mindre uttalte fysiske forbedringer som følge av modningen, kan de ha nytte av en tidligere introduksjon til styrketrening (Malina et al., 2004). Implementering av styrketrening sammen med annen spesifikk fysisk trening i tidlig ungdomstid kan derfor fremme jenters fysiske utvikling, (Lesinski et al., 2016; Zouita et al., 2016).

Det er imidlertid behov for mer forskning på de langsiktige effektene av treningsbelastning på utvikling av fysisk form uavhengig av modning gjennom ungdomsårene, samt hvordan dette påvirker skaderisiko. Dette er nødvendig kunnskap for å kunne maksimere prestasjonsutviklingen og minimere skaderisiko. En helhetlig tilnærming til treningsplanlegging, som tilpasser treningsprogrammer til individuelle modningsfaser og idretts-spesifikke krav, er avgjørende. Videre er det viktig å skape et treningsmiljø som fremmer utøvernes langvarige engasjement og velvære, og som balanserer nåværende prestasjonskrav med fremtidige utviklingsmuligheter. En bærekraftig utvikling av ungdomsutøvere innebærer ikke bare å forbedre deres fysiske prestasjoner, men også å støtte en kontinuerlig og skadefri idrettskarriere som maksimerer deres potensial over tid.

Referanser

- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2001). Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *European Journal of Applied Physiology*, 85(6), 546–551. <https://doi.org/10.1007/s004210100485>
- Balish, S. M., McLaren, C., Rainham, D., & Blanchard, C. (2014). Correlates of youth sport attrition: A review and future directions. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(4), 429–439. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.04.003>
- Bank, N., Hecht, C., Karimi, A., El-Abtah, M., Huang, L., & Mistovich, R. J. (2022). Raising the Young Athlete: Training and Injury Prevention Strategies. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America*, 4(2), 462. <https://doi.org/10.55275/JPOSNA-2022-0037>
- Bennett, N., Woodcock, S., Pluss, M. A., Bennett, K. J. M., Deprez, D., Vaeyens, R., Lenoir, M., & Franssen, J. (2019). Forecasting the development of explosive leg power in youth soccer players. *Science and Medicine in Football*, 3(2), 131–137. <https://doi.org/10.1080/24733938.2018.1524988>
- Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C. A., Faigenbaum, A., Hall, G., Kriemler, S., Léglise, M., Malina, R. M., Pensgaard, A.

- M., Sanchez, A., Soligard, T., Sundgot-Borgen, J., van Mechelen, W., Weissensteiner, J. R., & Engebretsen, L. (2015). International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 843–851. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962>
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). Periodization: Theory and methodology of training. In *Human Kinetics*.
- Borms, J. (1986). The child and exercise: An overview. *Journal of Sports Sciences*, 4(1), 3–20. <https://doi.org/10.1080/02640418608732093>
- Boullousa, D., Casado, A., Claudino, J. G., Jiménez-Reyes, P., Ravé, G., Castañó-Zambudio, A., Lima-Alves, A., de Oliveira, S. A., Dupont, G., Granacher, U., & Zouhal, H. (2020). Do you Play or Do you Train? Insights From Individual Sports for Training Load and Injury Risk Management in Team Sports Based on Individualization. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00995>
- Brink, M. S., Visscher, C., Arends, S., Zwerver, J., Post, W. J., & Lemmink, K. A. P. M. (2010). Monitoring stress and recovery: New insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(11), 809 LP – 815.
- Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Reliability and stability of anthropometric and performance measures in highly-trained young soccer players: Effect of age and maturation. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1332–1343. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.781662>
- Carvalho, H. M., Leonardi, T. J., Soares, A. L. A., Paes, R. R., Foster, C., & Gonçalves, C. E. (2019). Longitudinal changes of functional capacities among adolescent female basketball players. *Frontiers in Physiology*, 10, 339. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00339>
- Clemente, F. M., Martins, F. M. L., & Mendes, R. S. (2014). Periodization based on small-sided soccer games: Theoretical considerations. *Strength & Conditioning Journal*, 36(5), 34. <https://doi.org/10.1519/SSC.000000000000067>
- Clemente, F. M., Rabbani, A., Conte, D., Castillo, D., Afonso, J., Clark, C. C. T., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). Training/match external load ratios in professional soccer players: A full-season study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph16173057>
- Crane, J., & Temple, V. (2015). A systematic review of dropout from organized sport among children and youth. *European Physical Education Review*, 21(1), 114–131. <https://doi.org/10.1177/1356336X14555294>
- Croix, M. D. S. (2007). Advances in paediatric strength assessment: Changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(3), 292–304.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global Positioning Systems (GPS) and Microtechnology Sensors in Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>
- Delgado-Bordonau, J. L., & Mendez-Villanueva, A. (2012). *Tactical periodization: Mourinho's best-kept secret?*

- Deprez, D., Buchheit, M., Fransen, J., Pion, J., Lenoir, M., Philippaerts, R. M., & Vaeyens, R. (2015). A longitudinal study investigating the stability of anthropometry and soccer-specific endurance in pubertal high-level youth soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(2), 418–426.
- DiFiori, J. P., Benjamin, H. J., Brenner, J. S., Gregory, A., Jayanthi, N., Landry, G. L., & Luke, A. (2014). Overuse injuries and burnout in youth sports: A position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *British Journal of Sports Medicine*, 48(4), 287–288. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093299>
- Drew, M. K., & Finch, C. F. (2016). The relationship between training load and injury, illness and soreness: A systematic and literature review. *Sports Medicine*, 46(6), 861–883. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0459-8>
- Duarte, J. P., Valente-dos-Santos, J., Costa, D., Coelho-e-Silva, M. J., Deprez, D., Philippaerts, R., Lenoir, M., Vaeyens, R., & Malina, R. M. (2018). Multilevel modelling of longitudinal changes in isokinetic knee extensor and flexor strength in adolescent soccer players. *Annals of Human Biology*, 45(5), 453–456. <https://doi.org/10.1080/03014460.2018.1521470>
- Dugdale, J. H., Sanders, D., Myers, T., Williams, A. M., & Hunter, A. M. (2021). Progression from youth to professional soccer: A longitudinal study of successful and unsuccessful academy graduates. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(S1), 73–84. <https://doi.org/10.1111/sms.13701>
- Eirale, C., Tol, J. L., Farooq, A., Smiley, F., & Chalabi, H. (2013). Low injury rate strongly correlates with team success in Qatari professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 807–808. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091040>
- Elferink-Gemser, M. T., Visscher, C., Lemmink, K. A. P. M., & Mulder, T. (2007). Multidimensional performance characteristics and standard of performance in talented youth field hockey players: A longitudinal study. *J Sports Sci*, 25(4), 481–489. <https://doi.org/10.1080/02640410600719945>
- Espedalen, L. E., & Seippel, Ø. (2024). Why sports? Sketching a typology of young people's reasons for taking part in sports. *Sport in Society*, 0(0), 1–23. <https://doi.org/10.1080/17430437.2024.2378450>
- Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho e Silva, M. J., & Malina, R. M. (2009). Characteristics of youth soccer players who drop out, persist or move up. *Journal of Sports Sciences*, 27(9), 883–891. <https://doi.org/10.1080/02640410902946469>
- Fragala, M. S., Kraemer, W. J., Denegar, C. R., Maresh, C. M., Mastro, A. M., & Volek, J. S. (2012). Neuroendocrine-Immune Interactions and Responses to Exercise. *Sports Medicine*, 41(8), 621–639. <https://doi.org/10.2165/11590430-000000000-00000>
- Goto, H., Morris, J. G., & Nevill, M. E. (2015). Motion analysis of U11 to U16 elite English Premier League Academy players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1248–1258. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.999700>
- Greier, K., Drenowatz, C., Ruedl, G., Kirschner, W., Mitmannsgruber, P., & Greier, C. (2019). Physical fitness across 11- to 17-year-old adolescents: A cross-se-

- ctional study in 2267 austrian middle- and high-school students. *Advances in Physical Education*, 09(04), 258–269. <https://doi.org/10.4236/ape.2019.94018>
- Grendstad, H., & Hallén, J. (2023). Effects of adding high-intensity training during an 8-week period on maximal oxygen uptake in 12-year-old youth athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/sms.14489>
- Grendstad, H., Nilsen, A. K., Rygh, C. B., Hafstad, A., Kristoffersen, M., Iversen, V. V., Nybakken, T., Vestbøstad, M., Algrøy, E. A., Sandbakk, Ø., & Gundersen, H. (2020). Physical capacity, not skeletal maturity, distinguishes competitive levels in male Norwegian U14 soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(2), 254–263. <https://doi.org/10.1111/sms.13572>
- Häggglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 738–742. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092215>
- Handelsman, D. J. (2017). Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clinical Endocrinology*, 87(1), 68–72. <https://doi.org/10.1111/cen.13350>
- Hannon, M. P., Coleman, N. M., Parker, L. J. F., McKeown, J., Unnithan, V. B., Close, G. L., Drust, B., & Morton, J. P. (2021). Seasonal training and match load and micro-cycle periodization in male Premier League academy soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–12. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1899610>
- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisløff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6), 870–877.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine*, 40(3), 189–206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
- Kemper, G. L. J., Sluis, A. van der, Brink, M. S., Visscher, C., Frencken, W. G. P., & Elferink-Gemser, M. T. (2015). Anthropometric Injury Risk Factors in Elite-standard Youth Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 36, 1112–1117. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555778>
- King, M., Brown, M., Cox, J., McLellan, R., Towlson, C., & Barrett, S. (2024). Talent identification in soccer: The influence of technical, physical and maturity-related characteristics on a national selection process. *PLOS ONE*, 19(3), e0298359. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298359>
- Landgraff, H. W., Riiser, A., Lihagen, M., Skei, M., Leirstein, S., & Hallén, J. (2021). Longitudinal changes in maximal oxygen uptake in adolescent girls and boys with different training backgrounds. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31 Suppl 1, 65–72. <https://doi.org/10.1111/sms.13765>

- Larruskain, J., Lekue, J. A., Martin-Garetxana, I., Barrio, I., McCall, A., & Gil, S. M. (2022). Injuries are negatively associated with player progression in an elite football academy. *Science & Medicine in Football*, 6(4), 405–414. <https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1943756>
- Lauersen, J. B., Andersen, T. E., & Andersen, L. B. (2018). Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: A systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(24), 1557–1563. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099078>
- Lesinski, M., Prieske, O., & Granacher, U. (2016). Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781–795. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095497>
- Light, N., Thorborg, K., Krommes, K., Nielsen, M. F., Thornton, K. B., Hölmich, P., Penalver, J. J. J., & Ishoi, L. (2022). Rapid spike in hip adduction strength in early adolescent footballers: A study of 125 elite male players from youth to senior. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(9), 1407–1414. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0025>
- Lixandrão, M. E., Bamman, M., Vechin, F. C., Conceicao, M. S., Telles, G., Longobardi, I., Damas, F., Lavin, K. M., Drummer, D. J., McAdam, J. S., Dungan, C. M., Leitão, A. E., Riani Costa, L. A., Aihara, A. Y., Libardi, C. A., Gualano, B., & Roschel, H. (2024). Higher resistance training volume offsets muscle hypertrophy nonresponsiveness in older individuals. *Journal of Applied Physiology*, 136(2), 421–429. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00670.2023>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61–72. <https://doi.org/10.1519/SSC.obo13e31825760ea>
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. B. A. (2014). Chronological age vs. Biological maturation: Implications for exercise programming in youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1454–1464. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000391>
- Luteberget, L. S., & Gilgien, M. (2020). Validation methods for global and local positioning-based athlete monitoring systems in team sports: A scoping review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 6(1), e000794. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000794>
- Maffulli, N., Longo, U. G., Gougoulis, N., Caine, D., & Denaro, V. (2011). Sport injuries: A review of outcomes. *British Medical Bulletin*, 97(1), 47–80. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldq026>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical activity*. Human Kinetics.
- Malina, R. M., & Kozielek, S. M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 424–437. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828850>
- Malina, R. M., Peñareyes, M. E., Eisenmann, J. C., Horta, L., Rodrigues, J., & Miller, R. (2000). Height, mass and skeletal maturity of elite portuguese soccer

- players aged 11-16 years. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 685–693. <https://doi.org/10.1080/02640410050120069>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A., European College of Sport Science, & American College of Sports Medicine. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186–205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Mendiguchia, J., Castano-Zambudio, A., Jimenez-Reyes, P., Morin, J. B., Edouard, P., Conceicao, F., Tawiah-Dodoo, J., & Colyer, S. L. (2022). Can We Modify Maximal Speed Running Posture? Implications for Performance and Hamstring Injury Management. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(3), 374–383. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0107>
- Miguel, M., Oliveira, R., Loureiro, N., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2021). Load measures in training/match monitoring in soccer: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052721>
- Mills, K., Baker, D., Pacey, V., Wollin, M., & Drew, M. K. (2017). What is the most accurate and reliable methodological approach for predicting peak height velocity in adolescents? A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(6), 572–577. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.012>
- Monasterio, X., Gil, S. M., Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Santisteban, J. M., Diaz-Beitia, G., Lee, D.-J., Zumeta-Olaskoaga, L., Martin-Garetxana, I., Bikandi, E., & Larruskain, J. (2021). The burden of injuries according to maturity status and timing: A two-decade study with 110 growth curves in an elite football academy. *European Journal of Sport Science*, 23(2), 267–277. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.2006316>
- Moseid, C. H., Myklebust, G., Fagerland, M. W., Clarsen, B., & Bahr, R. (2018). The prevalence and severity of health problems in youth elite sports: A 6-month prospective cohort study of 320 athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(4), 1412–1423. <https://doi.org/10.1111/sms.13047>
- Niederer, D., Damm, M., Grigereit, A., Banzer, W., & Vogt, L. (2020). Game-specific abilities in elite youth football players: Validity and sensitivity to change of subjective coach ratings compared to objectively-assessed data. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(2), 229–235. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.19.10084-9>
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221–230. <https://doi.org/10.1080/02640410500189371>
- Radnor, J., Lloyd, R., & Oliver, J. (2016). Individual response to different forms of resistance training in school-aged boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31, 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001527>

- Sancese, A., Taylor, L., Walsh, G., Byrd, E., & Delextrat, A. (2023). Effects of sprint versus strength training on risk factors for hamstring injury in football players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 63(4), 580–587. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.22.14529-9>
- Saward, C., Hulse, M., Morris, J. G., Goto, H., Sunderland, C., & Nevill, M. E. (2020). Longitudinal physical development of future professional male soccer players: Implications for talent identification and development? *Frontiers in Sports and Active Living*, 2. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.578203>
- Soligard, T., Schwelldnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägglund, M., Hutchinson, M. R., Janse van Rensburg, C., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030–1041. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Sullivan, J., Roberts, S. J., Mckeown, J., Littlewood, M., McLaren-Towlson, C., Andrew, M., & Enright, K. (2023). Methods to predict the timing and status of biological maturation in male adolescent soccer players: A narrative systematic review. *PLoS One*, 18(9), e0286768. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286768>
- Teunissen, J. W. A., Rommers, N., Pion, J., Cumming, S. P., Rössler, R., D'Hondt, E., Lenoir, M., Savelsbergh, G. J. P., & Malina, R. M. (2020). Accuracy of maturity prediction equations in individual elite male football players. *Annals of Human Biology*, 47(4), 409–416. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1783360>
- Till, K., Cobley, S., O'Hara, J., Chapman, C., & Cooke, C. (2013). A longitudinal evaluation of anthropometric and fitness characteristics in junior rugby league players considering playing position and selection level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(5), 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.09.002>
- Till, K., Jones, B., & Geeson-Brown, T. (2016). Do physical qualities influence the attainment of professional status within elite 16–19 year old rugby league players? *J Sci Med Sport*, 19(7), 585–589. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.07.001>
- Tingelstad, L. M., Raastad, T., Till, K., & Luteberget, L. S. (2023). The development of physical characteristics in adolescent team sport athletes: A systematic review. *PLoS ONE*, 18(12), e0296181. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296181>
- Tønnessen, E., Svendsen, I. S., Olsen, I. C., Guttormsen, A., & Haugen, T. (2015). Performance development in adolescent track and field athletes according to age, sex and sport discipline. *PLoS ONE*, 10(6), e0129014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129014>
- Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Duarte, J., Figueiredo, A. J., Iparotti, J. R., Sherar, L. B., Elferink-Gemser, M., & Malina, R. M. (2012). Longitudinal predictors of aerobic performance in adolescent soccer players. *Medicina (Kaunas)*, 48(8), 410–416.

- Verstappen, S., van Rijn, R. M., Cost, R., & Stubbe, J. H. (2021). The Association Between Training Load and Injury Risk in Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review and Best Evidence Synthesis. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00296-1>
- Wright, M. D., & Atkinson, G. (2019). Changes in sprint-related outcomes during a period of systematic training in a girls' soccer academy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 793–800. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002055>
- Wrigley, R. D., Drust, B., Stratton, G., Atkinson, G., & Gregson, W. (2014). Long-term soccer-specific training enhances the rate of physical development of academy soccer players independent of maturation status. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1090–1094. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375616>
- Yang, S., & Chen, H. (2022). Physical characteristics of elite youth male football players aged 13-15 are based upon biological maturity. *PeerJ*, 10, e13282. <https://doi.org/10.7717/peerj.13282>
- Zouita, S., Zouita, A. B. M., Kebsi, W., Dupont, G., Ben Abderrahman, A., Ben Salah, F. Z., & Zouhal, H. (2016). Strength training reduces injury rate in elite young soccer players during one season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1295–1307. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000920>
- Zwolski, C., Quatman-Yates, C., & Paterno, M. V. (2017). Resistance Training in Youth: Laying the Foundation for Injury Prevention and Physical Literacy. *Sports Health*, 9(5), 436–443. <https://doi.org/10.1177/1941738117704153>

