



AKADEMIET

Effekten af Vækstperioden På Præstationsevnen i Counter Movement
Jump, Sprint og Topfart hos Unge Elitefodboldspillere

Aalborg Universitet, Sundhedsfaglige fakultet, Idræt (Kandidat)

Mikkel Wisler & Joey Schubert

9. Semesters projekt

Gruppe: 9105

Vejleder: Mathias Vedsø Kristiansen

Ekstern Vejleder: Mads Lerche Kristensen

Sideantal: 25

Abstract

Objective: The aim of this study was to investigate the influence of biological maturation on physical performance in Counter Movement Jump (CMJ), Sprint time (5, 10, 25 and 30m) and maximal sprinting speed in adolescent elite football players.

Method: 121 male adolescent elite football players from AaB Academy were included in the trial. In total the players combined 515 measures on the physical tests CMJ, sprint time and maximal sprint distance during the time of data collection (2020-2023). Maturation status was calculated as percent of predicted adult height (%PAH). Five groups, based on %PAH were computed to investigate the differences: BPre, PrePHV, MidPHV, PostPHV and APost.

Results: All anthropometric and physical data between the five respective groups showed a significant difference ($p < 0,05$). The largest effect sizes were detected during the adolescent growth spurt which occurred from PrePHV to PostPHV.

Conclusion: This study showed that physical performance of adolescent elite football players measured on CMJ, Sprint time (5, 10, 25 and 30m) and maximal sprinting speed varies based on different timepoints in the biological maturation period. The players located at MidPHV experienced a significant difference in performance compared to players located in the remaining bands.

Indhold

1.0 Indledning	4
1.1 Problemformulering:.....	6
2.0 Metode	6
2.1 Studiedesign	6
2.2 Forsøgspersoner	6
2.3 Udregning af PAH.....	7
2.4 Protokol/Dataindsamling	8
2.4.1 Antropometriske data.....	8
2.4.2 Opvarmning.....	8
2.4.3 Counter Movement Jump (CMJ)	8
2.4.4 Sprint-test (5, 10, 25, 30m)	9
2.4.5 Topfart.....	9
2.4.6 Øvrige tests.....	9
2.5 Statistisk analyse	9
3.0 Resultat	11
3.1 Generelle resultater	11
3.1.1 Antropometriske data.....	12
3.1.2 Fysiske data	12
4.0 Diskussion	17
4.1 Antropometriske og fysiske data.....	17
4.2 Bands.....	20
4.3 Styrker og begrænsninger	23
5.0 Konklusion	24
6.0 Praktisk applikation	25

1.0 Indledning

Som den største sportsgren i verdenen, er der millioner af børn, der drømmer om en professionel karriere inden for fodbold. Der sættes dog store krav til de unges tekniske, taktiske, mentale og ikke mindst fysiske kompetencer (Williams, 2013), hvis de vil være blandt de bedste, hvoraf sidstnævnte vil være i fokus for indeværende studie.

Fodbold er et fysisk krævende, periodisk spil, som stiller høje krav til den udøvende atlet. Spillet er karakteriseret ved gennemsnitligt at have 1200 uforudsigelige ændringer i aktivitet i løbet af en kamp, herunder multiple accelerationer, vendinger, tacklinger, hop, spark og driblinger (Bangsbo, 1993; Bloomfield et al., 2007; Mohr et al., 2003). Det er dog ikke nok for den unge atlet blot at besidde førnævnte kompetencer for at slå igennem som professionel fodboldspiller. Det kræver, at disse udføres på højeste niveau, og da dette ikke er en selvfølgelighed, vil langt størstedelen af unge elitefodboldspillere ikke komme igennem nåleøjet. At identificere unge spillere som senere kan begå sig som eliteudøvere er af stor interesse for fodboldklubber, da det vil give mulighed for at bruge tid og midler mest effektivt og derigennem give en fordel i konkurrencen mod andre klubber (Morris, 2000).

Ved selekteringen af unge elitefodboldspillere ses en klar tendens, hvor to ikke-modificerbare parametre, *relativ alder* og *biologisk modning*, ofte benævnes i artikler omhandlende netop dette (Cumming et al., 2017; Hill et al., 2020). Den relative alder beskriver personens kronologiske alder i relation til sportens skildring af aldersgrupper (Hill et al., 2020). Den biologiske modning er en beskrivelse af, hvor en person befinder sig i sin modningsproces, og kan defineres ud fra status såsom (i.e. tidlig, tilpas eller sen modning). Dette afhænger af timing (begyndelse af vækstspurt) og tempo (hastigheden af vækst herunder højde og vægt) (Malina et al., 2019; Philippaerts et al., 2006). Indenfor biologisk modning findes der et væsentligt begreb, *peak height velocity (PHV)*, som er et tidspunkt i individets vækstspurt, hvor individet vil opnå maksimal vækst i højde (Philippaerts et al., 2006). Ved hvilken kronologisk alder PHV indtræffer er individuelt, men hos danske drenge ser det ud til, at den indtræffer ved 13,8-14,2 år (Philippaerts et al., 2006). Hvis man derimod kigger på en, i litteraturen, fremtræden prædiktor for biologiske modning, *percentage of predicted adult height (%PAH)* (Khamis & Roche, 1994), ser det ud til, at PHV indtræffer ved omkring 90%PAH (Cumming et al., 2017; Malina et al., 2019; Parr et al., 2020). Resultatet af ovenstående ses netop på akademierne, når denne

selektering af unge elitefodboldspillere sker (Hill et al., 2020). I et studie af Hill et al. (2020) finder de, at tendensen går igen på samtlige U-hold (U9-16) på det engelske akademihold tilhørende Southampton Football Club, hvor 54,8% af alle spillere er født i første kvartal og deraf dem med den højeste relative alder. Dette er ikke enestående for Southampton FC, men derimod noget, der ses på tværs af lande, etniciteter og kulturer verden over (Dudink, 1994). Denne forskellighed i kronologisk alder og dermed mulig forskellighed i biologisk modning har vist, at have en signifikant betydning på fysiske parametre herunder counter movement jump (CMJ) og sprint (5, 10, 20, 30m), hvor spillere med en høj %PAH præsterer bedre sammenlignet med spillere af samme kronologiske alder, men lavere %PAH (Cumming et al., 2017). Både CMJ og sprint-hastighed er to parametre som medtages, når en spillers præstation og fremtidige succes prøves at forudsiges ud fra en holistisk model, som undersøger hvilke fysiske parametre (sprint, 40m; udholdenhed, yo-yo IR1; hoppestyrke, CMJ) elitespillere skal præstere på for at have en større sandsynlighed for succes i fremtiden (Zuber et al., 2016).

I et forsøg på at minimere forskellene mellem tidligt og sent biologisk modnede spillere og konsekvenserne heraf, er fænomenet *bio-banding* opstået. Bio-banding er en måde at inddele udvalgte eller alle træningspas i hold bestående af spillere af samme biologiske modning i stedet for den traditionelle inddeling af kronologisk alder, bedre kendt som U-hold. Denne inddeling kan ske på baggrund af %PAH, og spillerne vil blive inddelt i forskellige *bands* ud fra, hvor langt de er i deres modningsproces (Malina et al., 2019). Cumming et al. (2017) inddeler disse bands i henholdsvis <85%PAH (præpubertet); 85-90%PAH (tidlig pubertet); 90-95%PAH (midtpubertet) og 95-100%PAH (sen pubertet) (Cumming et al., 2017).

Konsensus omkring fysiologiske forskelle blandt unge elitefodboldspillere, på tværs af kronologisk alder og biologisk modning, er klar (Cumming et al., 2017; Malina et al., 2019; Philippaerts et al., 2006). Hvad der endnu ikke står klart er, hvordan disse respektive bands med udgangspunkt i bio-banding præsterer relativt til hinanden, og hvor den største relative ændring i de tre fysiske parametre, CMJ, sprint og topfart, finder sted. Interessant er det, om resultaterne fra indeværende studie vil matche forskellene observeret af Cumming et al. (2017) og Malina et al. (2019) og deraf forskellene mellem kronologisk og biologisk modning eller om resultaterne fra indeværende studie vil fremstå signifikant forskellige herfra (Cumming et al., 2017; Malina et al., 2019). Hvis sidstnævnte viser sig at være aktuelt, kan det potentielt give et nyt præg på selekteringen af unge elitefodboldspillere og yderligere bidrage til nuværende konsensus om, at biologisk modning har en reel betydning på de indeværende fysiske parametre, som

litteraturen indikerer. Et indblik i netop dette kan muligvis hjælpe akademier herunder talentchefer, cheftrænere og fysiske trænere til at få et endnu større indblik i, hvornår en spiller med en vilkårlig %PAH vil opleve en signifikant ændring i præstation under vækstspurten og ud fra det muligvis supplere til, hvorvidt en spiller skal beholdes, tilvælges eller fravælges. Formålet med dette studie er derfor at undersøge, hvordan spillere af forskellig %PAH vil præstere relativt til hinanden på de fysiske parametre CMJ, sprint og topfart, samt hvor i vækstperioden, den største forbedring vil ske.

1.1 Problemformulering:

Hvilken effekt har vækstperioden på præstationsevnen i de fysiske parametre, CMJ, sprint og topfart hos unge elitefodboldspillere?

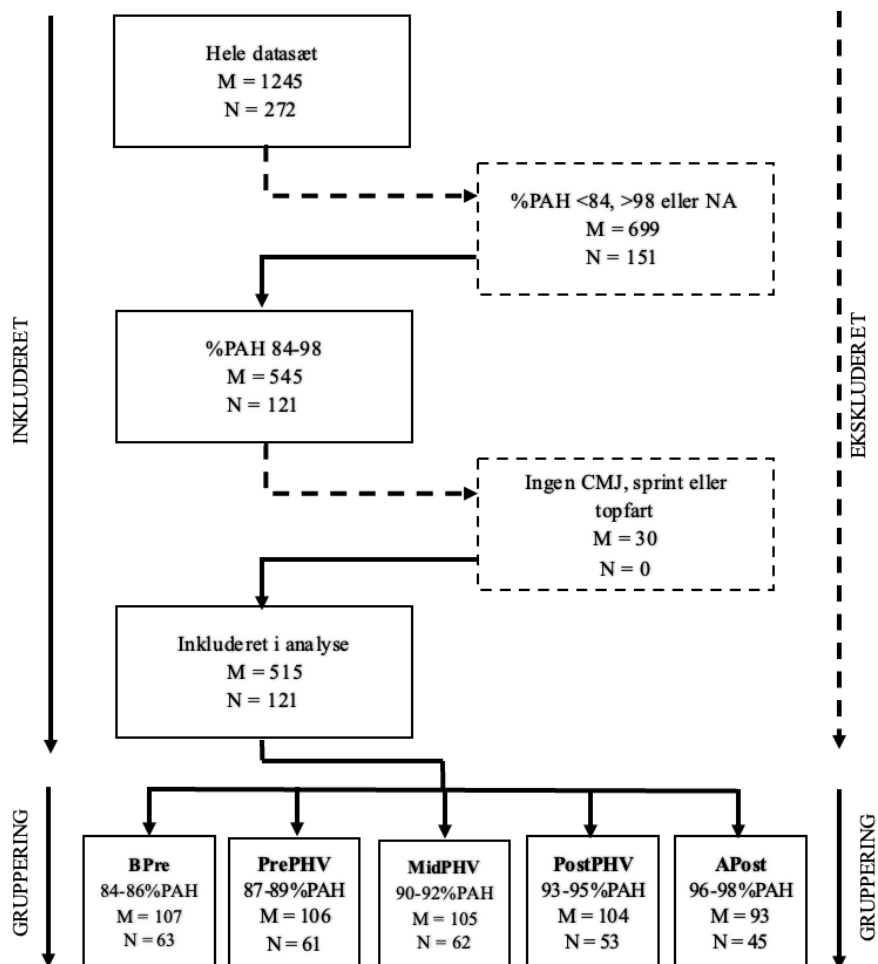
2.0 Metode

2.1 Studiedesign

Dette longitudinale studie er bygget op omkring allerede indsamlet data fra afdelingen for fysisk træning hos AaB Akademiet i perioden 2020-2023. Data er indsamlet på tværs af hele AaB Akademiet (U13-U19).

2.2 Forsøgspersoner

Det indsamlede data indeholdt 1245 målinger (m) af 272 forskellige spillere(n). De spillere, som ikke opfyldte kravet om at ligge mellem 84-98 %PAH eller havde manglende målinger i PAH, CMJ, sprint og topfart blev ekskluderet (jf. figur 1). De inkluderede spillere (n=121) havde foretaget antropometriske og fysiske tests (m=515) i den treårige periode, hvorfor nogle spillere også gik igen internt i det enkelte band, hvilket forklarer, hvorfor antallet af målinger (m=515) oversteg antallet af inkluderede spillere. Nogle spillere gik også igen mellem grupperne BPre, PrePHV, MidPHV, PostPHV og APost (jf. figur 1).



Figur 1: Flowdiagram over inklusion og eksklusion af forsøgspersoner (N) og målinger (M), NA = manglende måling.

2.3 Udregning af PAH

Udregningen af PAH blev gjort ved Khamis-Roche metoden, som er en non-invasiv metode, der tager udgangspunkt i tre variabler: nuværende højde, nuværende vægt og middel-forældre-højde (gennemsnitshøjden mellem ens forældre). Metoden er pålidelig hos børn i alderen 4 til 17,5 år, hvor 50% af de udregnede PAH for mænd ligger inden for 0,25cm af den faktiske voksenhøjde og 90% ligger inden for 0,76cm (Khamis & Roche, 1994).

I praksis kan grupperingen og sammensætningen af spillere ud fra %PAH fastsættes relativt frit alt efter hvilken problemstilling, der ønskes adresseret (Malina et al., 2019). Indeværende studie ønskede at undersøge, hvordan %PAH påvirkede fysiske parametre gennem vækstsprunten, hvorfor der blev fastlagt to grupper PrePHV og PostPHV. Disse blev fastsat ved respektive

%PAH, da vækstspurten indtræffer ved 86%PAH og ser ud til at være færdig ved 95%PAH (Sanders et al., 2017). Hertil ønskede indeværende studie at sammenligne denne periode (PrePHV til PostPHV) med en periode før og efter (BPre og APost) for at undersøge effekten af vækstspurten set i forhold til andre perioder i væksten. Til sidst blev MidPHV gruppen fastsat ud fra at PHV indtræffer ved 90-92%PAH (Cumming et al., 2017; Malina et al., 2019). Ovenstående danner grundlag for følgende inddeling i de fem respektive bands: BPre (84-86%PAH), PrePHV (87-89%PAH), MidPHV (90-92%PAH), PostPHV (93-95%PAH) og APost (96-98%PAH) (jf. figur 1).

2.4 Protokol/Dataindsamling

Alle tests blev udført under ens forhold i en sportshal på trægulv og under supervision af AaB Akademiets ansvarlige fysiske træner. Tests blev udført fire gange årligt: januar, juni, juli og december. Alle perioder med minimal kampaktivitet (off-season).

2.4.1 Antropometriske data

Først på testdagen blev spillernes højde og vægt indsamlet. Målingerne blev foretaget barfodet iført klubbens shorts og t-shirts.

2.4.2 Opvarmning

Spillerne stod selv for syv minutters opvarmning. Den eneste instruks var, at de første fire minutter skulle bruges på generel opvarmning, og de sidste tre minutter på dynamiske stræk.

2.4.3 Counter Movement Jump (CMJ)

Den første fysiske test var en test af hoppehøjden, der blev estimeret ud fra svævetiden ved et CMJ, som blev målt ved fotoceller (Optojump, Microgate, Italien). Spillerne modtog samme introduktion til testen, hvor de blev instrueret i at placere hænderne i hoften gennem hele hoppet. De måtte gå så langt ned i knæ, som de ønskede, og skulle fokusere på at hoppe med maksimal kraft uden at trække knæ mod bryst for at forlænge svævetiden. Spillerne fik hver tre forsøg med tre minutters pause imellem. Opfattede træneren, at spillerne øgede hoppehøjden gennem de tre forsøg, fik de et nyt forsøg, indtil de ikke længere slog deres bedste hop.

2.4.4 Sprint-test (5, 10, 25, 30m)

Sprint-testen blev udført efter CMJ. Mellem de to tests var der fem minutters opvarmning til sprint-testen. Opvarmning var selvorganiseret, dog med et krav om, at der i løbet af det sidste minut skulle løbes på tværs af hallen ved 90% af topfart. Der blev opsat fotoceller (Witty, Microgate, Italien) ved ovenstående distancer. Fotocellerne var placeret i en højde på 45cm for at undgå registrering af armsving under testen (Altmann et al., 2017). Spillerne startede i en position med fødderne pegende fremad, 1m fra den første fotocelle og blev instrueret i at forreste fod skulle holdes i jorden indtil afsæt. Der blev foretaget tre gennemløb med tre minutters pause imellem. Den tid der blev noteret, var det gennemløb med den bedste 30m tid.

2.4.5 Topfart

Topfarten blev beregnet ud fra den valgte sprinttest. Tiden mellem 25 og 30m i det bedste gennemløb dannede grundlag for beregningen, hvor distancen (5m) blev divideret med tiden og herefter ganget med 3,6 for at få topfarten (km/t).

2.4.6 Øvrige tests

Efter sprint-testen blev der foretaget øvrige tests af spillerne herunder styrketest af både baglår og lysken, samt YoYo-test. Disse beskrives ikke yderligere, da de ikke indgår i indeværende studies statistiske analyse.

2.5 Statistisk analyse

Til at besvare problemstillingerne i indeværende studie, blev der udført statistiske analyser ved brugen af IBM SPSS Statistics (IBM Corp, Version 29). Alle tests der blev foretaget, havde et alpha-niveau på 0,05, hvorfor alle p-værdier herunder blev anset som signifikante. Til at undersøge, hvorvidt de afhængige variabler i indeværende studie var normalfordelte, blev der gjort brug af Q-Q plots, hvor en analyse af disse samt ligningen heraf afgjorde, hvorvidt data var normalfordelt eller ej. Den statistiske metode, der blev gjort brug af i dette studie, var en One-way Analysis of Variance (ANOVA). Dette skyldes, at data bestod af 10 enkeltvis afhængige variabler herunder antropometriske data (alder, højde, vægt og %PAH) samt fysiske data (CMJ, sprint (5, 10, 25 og 30m) og topfart) og én uafhængig variabel (inddelingen af bands) bestående af fem levels. For hver afhængig variabel, blev der udført en One-way

ANOVA for at undersøge, hvorvidt de fem respektive bands var signifikant forskellige fra hinanden på den valgte afhængige variabel. Ved en p-værdi $< ,05$ blev der foretaget en *Tukey* post hoc-test, for at undersøge eventuelle forskelle på tværs af bands, da ANOVA'en i sig selv ikke giver en indikation på dette. Tukey post hoc-test finder ud af, hvilke gruppers gennemsnit der adskiller sig fra hinanden. Den sammenligner alle gruppers gennemsnit med hinanden, og undersøger, hvorvidt der er en forskel eller ej. Dette sker ved en p-værdi, hvor et resultat på en p-værdi $< ,05$ fortæller, at gennemsnittet er signifikant forskelligt fra det gennemsnit (det band), det sammenlignes med. For at finde ud af, hvor stor ændringen mellem de respektive bands gennemsnit er, foretages der en test for effect sizes (Cohen's d). Cohen's d udregner effect sizes, ved at kigge på forskellen mellem to uafhængige gruppers gennemsnit og dividere disse med én af gruppernes standard deviation. Her valgte indeværende studie at gøre brug af det laveste tals standard deviation. Tallet for effect size følger følgende inddeling, hvor tal fra $\geq 0,2$ til $< 0,5$ anses som en lille forskel. Tal fra $\geq 0,5$ til $< 0,8$ anses som en mellem forskel, og tal fra $\geq 0,8$ til ≤ 2 anses som en stor forskel (Sullivan & Feinn, 2012). Ved at gøre brug af de tre ovenstående tests, finder indeværende studie ud af, hvorvidt der er statistisk signifikant forskel mellem de respektive bands, præcist hvor denne forskel mellem de enkelte bands ses samt hvor stor denne forskel er.

3.0 Resultat

Indeværende studie testede normalfordelingen ved brug af Q-Q plots, og data på alle afhængige variabler var normalfordelte.

3.1 Generelle resultater

Nedenfor ses indeværende studies resultater (jf. tabel 1) og effect sizes for forskellene mellem grupperne (jf. tabel 2).

	BPre (84-86%PAH)	Pre (87-89%PAH)	Mid (90-92%PAH)	Post (93-95%PAH)	APost (96-98%PAH)
Alder (år)	12,88 ± 0,62*	13,27 ± 0,66*	14,03 ± 0,61*	14,60 ± 0,57*	15,51 ± 0,55*
Højde (cm)	157,28 ± 4,19*	163,72 ± 5,90*	169,04 ± 6,52*	175,70 ± 5,25*	180,52 ± 5,06*
Vægt (kg)	43,82 ± 4,54*	48,75 ± 5,92*	53,84 ± 6,43*	60,33 ± 6,54*	66,41 ± 5,96*
PAH (%)	84,95 ± 0,83*	88,07 ± 0,82*	90,94 ± 0,85*	94,01 ± 0,77*	96,96 ± 0,81*
CMJ (cm)	31,44 ± 4,17 ^{cde}	32,70 ± 4,26 ^{cde}	36,56 ± 4,61*	39,54 ± 3,99 ^{abc}	41,04 ± 4,07 ^{abc}
Sprint (s)					
- 5m	1,01 ± 0,04 ^{cde}	0,99 ± 0,04 ^{cde}	0,97 ± 0,04*	0,95 ± 0,03 ^{abc}	0,94 ± 0,4 ^{abc}
- 10m	1,81 ± 0,61*	1,78 ± 0,52*	1,73 ± 0,06*	1,69 ± 0,06*	1,66 ± 0,5*
- 25m	3,95 ± 0,14*	3,84 ± 0,12*	3,73 ± 0,14*	3,60 ± 0,13*	3,53 ± 0,12*
- 30m	4,64 ± 0,17*	4,52 ± 0,14*	4,38 ± 0,18*	4,21 ± 0,16*	4,13 ± 0,15*
Topfart (km/t)	25,69 ± 1,35*	26,75 ± 1,28*	27,90 ± 1,73*	29,71 ± 1,91 ^{abc}	30,33 ± 1,73 ^{abc}

Tabel 1: Resultater af 10 One-way ANOVA. Resultaterne er angivet som mean ± SD

PAH = Predicted Adult height, CMJ = Counter Movement Jump

* = signifikant forskellig fra alle bands, a = signifikant forskellig fra BPre, b = signifikant forskellig fra Pre, c = signifikant forskellig fra Mid, d = signifikant forskellig fra Post, e = signifikant forskellig fra APost

	BPre → Pre	Pre → Mid	Mid → Post	Post → APost
Alder (år)	0,626	1,160	0,939	1,614
Højde (cm)	1,539	0,901	1,022	0,918
Vægt (kg)	1,085	0,860	1,010	0,931
PAH (%)	3,745	3,517	3,629	3,819
CMJ (cm)	0,303	0,905	0,647	0,377
Sprint (s)				
- 5m	0,343	0,607	0,479	0,401
- 10m	0,500	0,842	0,736	0,483
- 25m	0,721	0,937	0,920	0,512
- 30m	0,756	0,967	0,972	0,493
Topfart (km/t)	0,785	0,901	1,049	0,328

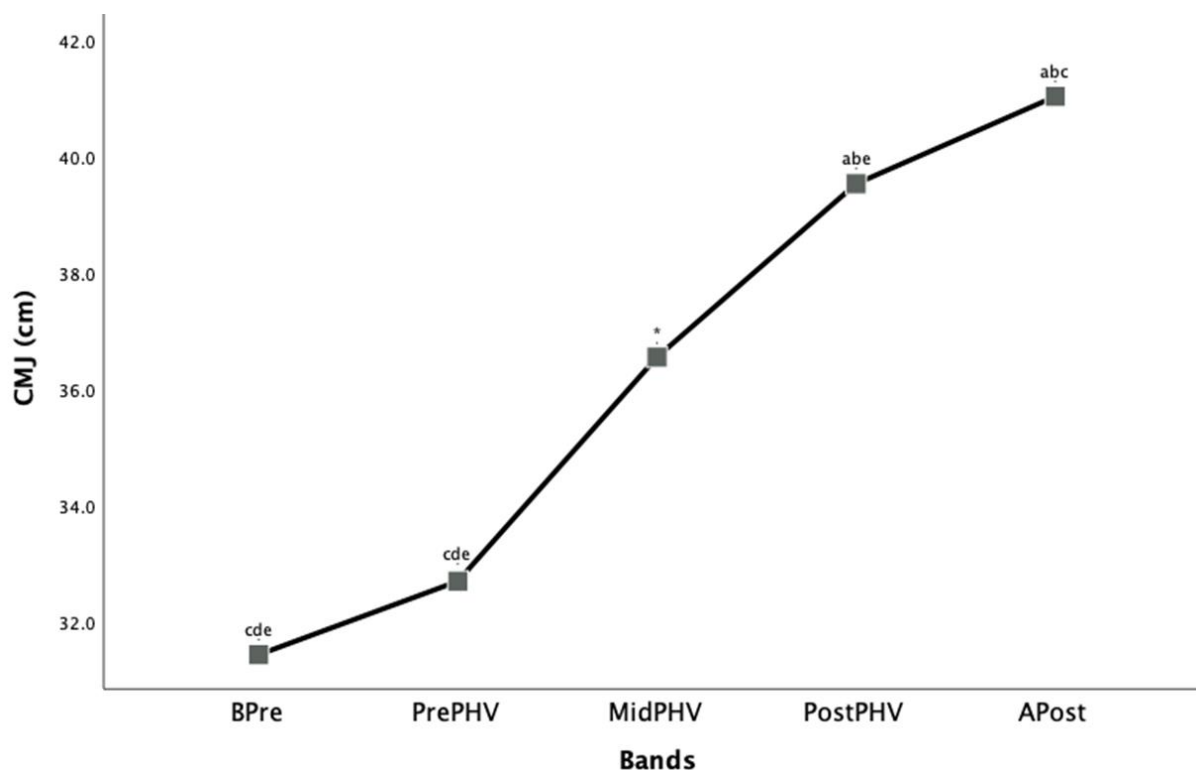
Tabel 2: Effekt størrelse

PAH = Predicted Adult height, CMJ = Counter Movement Jump

3.1.1 Antropometriske data

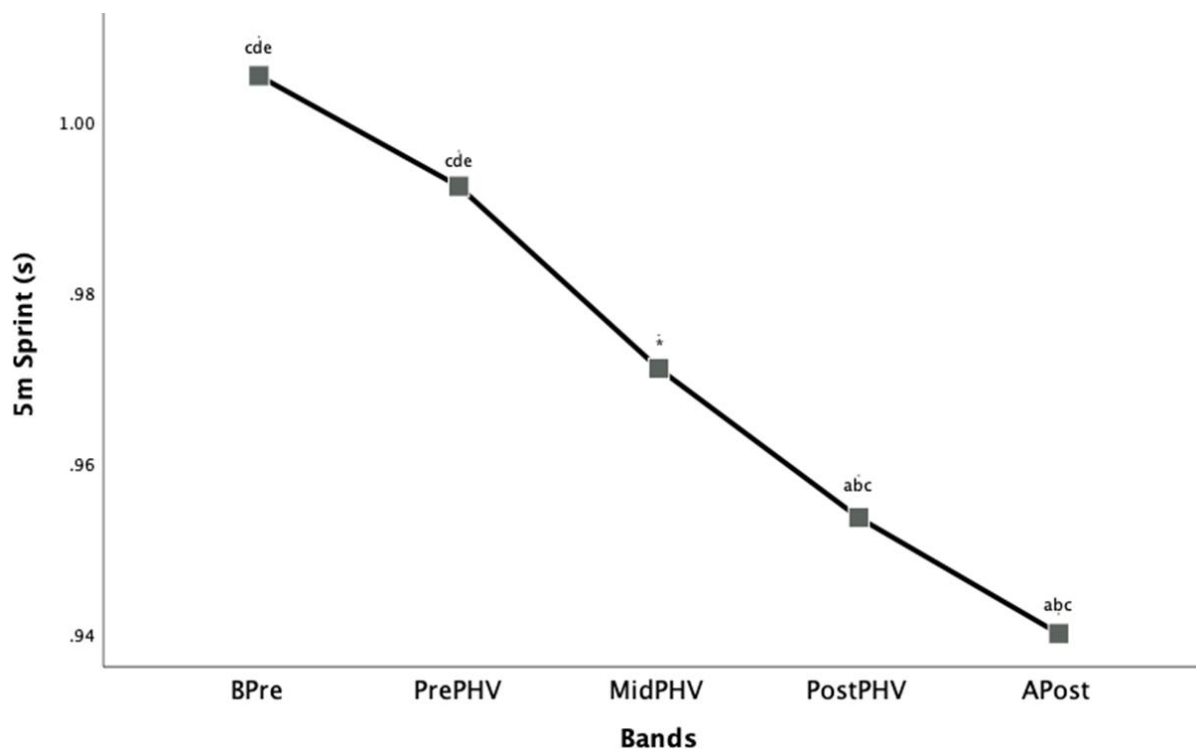
Antropometriske data herunder alder, højde, vægt og %PAH var signifikant forskellige på tværs af alle bands fremvist i post hoc-testen ($p < ,001$; $p < ,001$; $p < ,001$; $p < ,001$) (jf. tabel 1).

3.1.2 Fysiske data



Figur 2: Visualisering af de respektive bands præstation i Counter Movement Jump (CMJ) målt i cm
* = signifikant forskellig fra alle bands, a = signifikant forskellig fra BPre, b = signifikant forskellig fra Pre, c = signifikant forskellig fra Mid, d = signifikant forskellig fra Post, e = signifikant forskellig fra APost

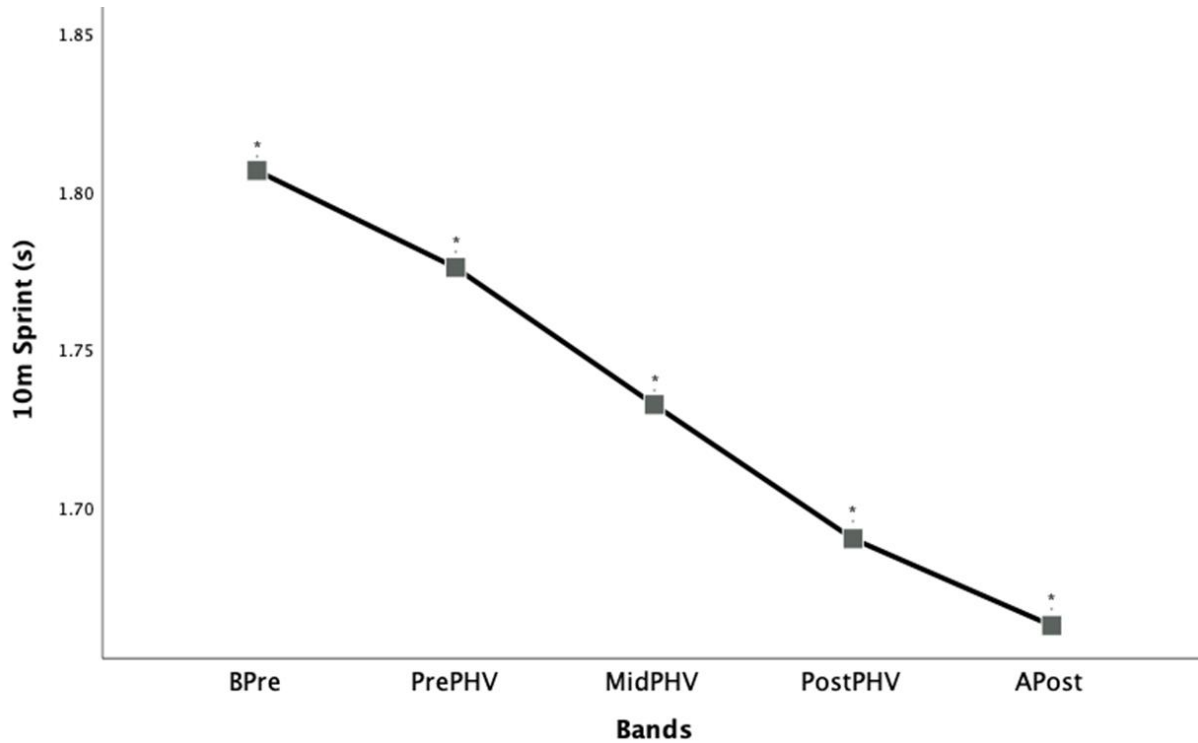
CMJ var ikke signifikant forskellig på tværs af alle bands (jf. tabel 1; figur 2). BPre var ikke signifikant forskellig fra PrePHV ($p = ,200$), og PostPHV var ligeledes ikke signifikant forskellig fra APost ($p = ,098$). MidPHV var signifikant forskellig fra resterende bands ($p < ,001$). I CMJ var størrelsen af ændringen fra band BPre til PrePHV lille. Fra band PrePHV til MidPHV var ændringen stor, hvor den fra MidPHV til PostPHV var mellem. Ændringen fra PostPHV til APost var lille (jf. tabel 2).



Figur 3: Visualisering af de respektive bands præstation i fem meter sprint målt i sekunder

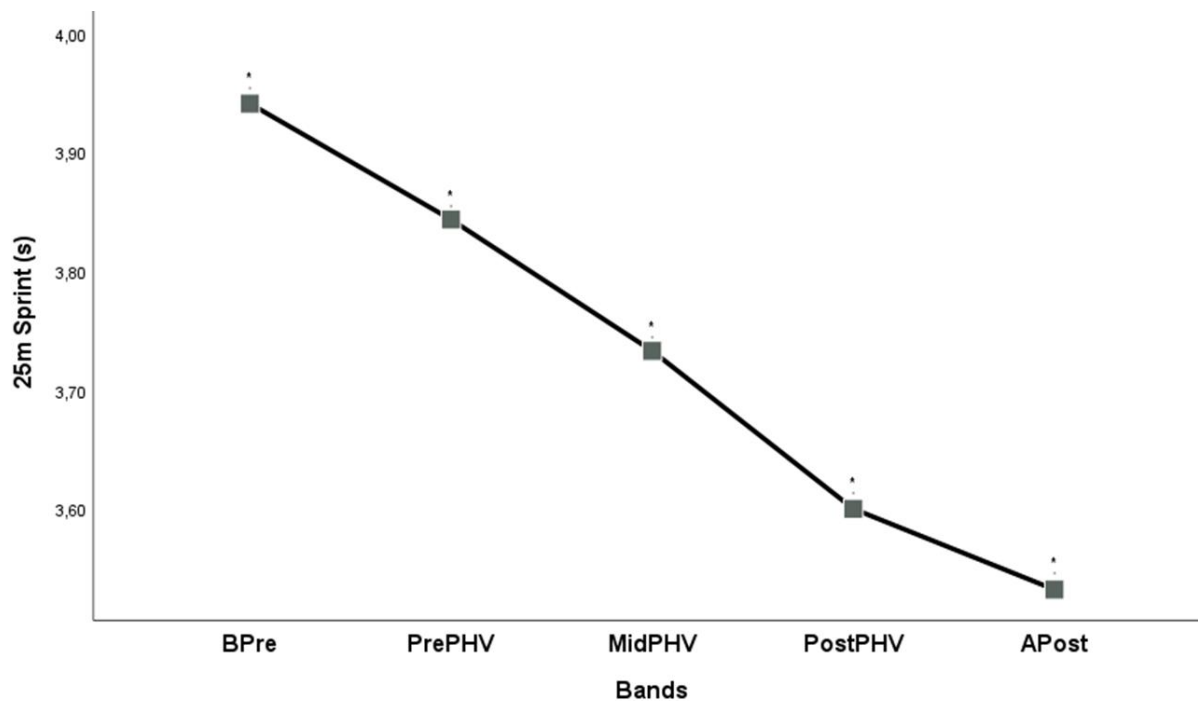
* = signifikant forskellig fra alle bands, a = signifikant forskellig fra BPre, b = signifikant forskellig fra Pre, c = signifikant forskellig fra Mid, d = signifikant forskellig fra Post, e = signifikant forskellig fra APost

5m sprint var ikke signifikant forskellig på tværs af alle bands (jf. tabel 1; figur 3). BPre var ikke signifikant forskellig fra PrePHV ($p = ,069$), og PostPHV var ligeledes ikke signifikant forskellig fra APost ($p = ,061$). MidPHV var signifikant forskellig fra resterende bands ($p = ,004$). I 5m var størrelsen af ændringen fra band BPre til PrePHV lille. Fra band PrePHV til MidPHV var ændringen mellem, hvor den fra MidPHV til PostPHV var lille. Ændringen fra PostPHV til APost var lille (jf. tabel 2).



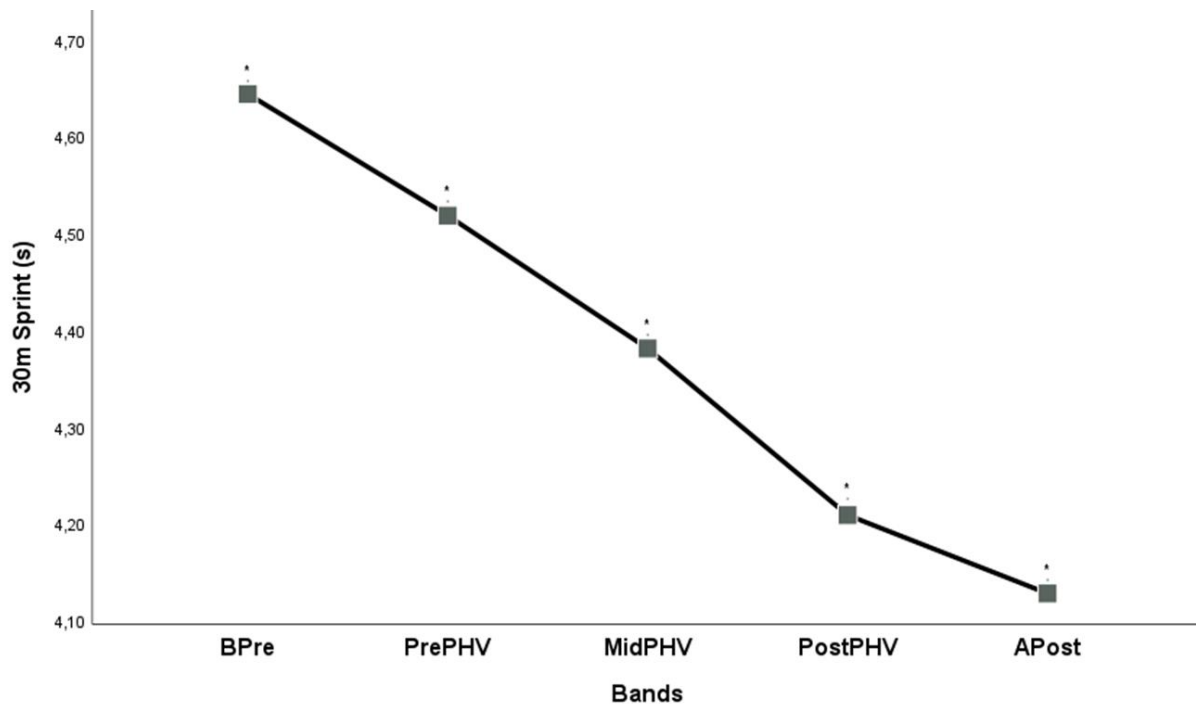
Figur 4: Visualisering af de respektive bands præstation i 10 meter sprint målt i sekunder

* = signifikant forskellig fra alle bands, a = signifikant forskellig fra BPre, b = signifikant forskellig fra Pre, c = signifikant forskellig fra Mid, d = signifikant forskellig fra Post, e = signifikant forskellig fra APost



Figur 5: Visualisering af de respektive bands præstation i 25 meter sprint målt i sekunder

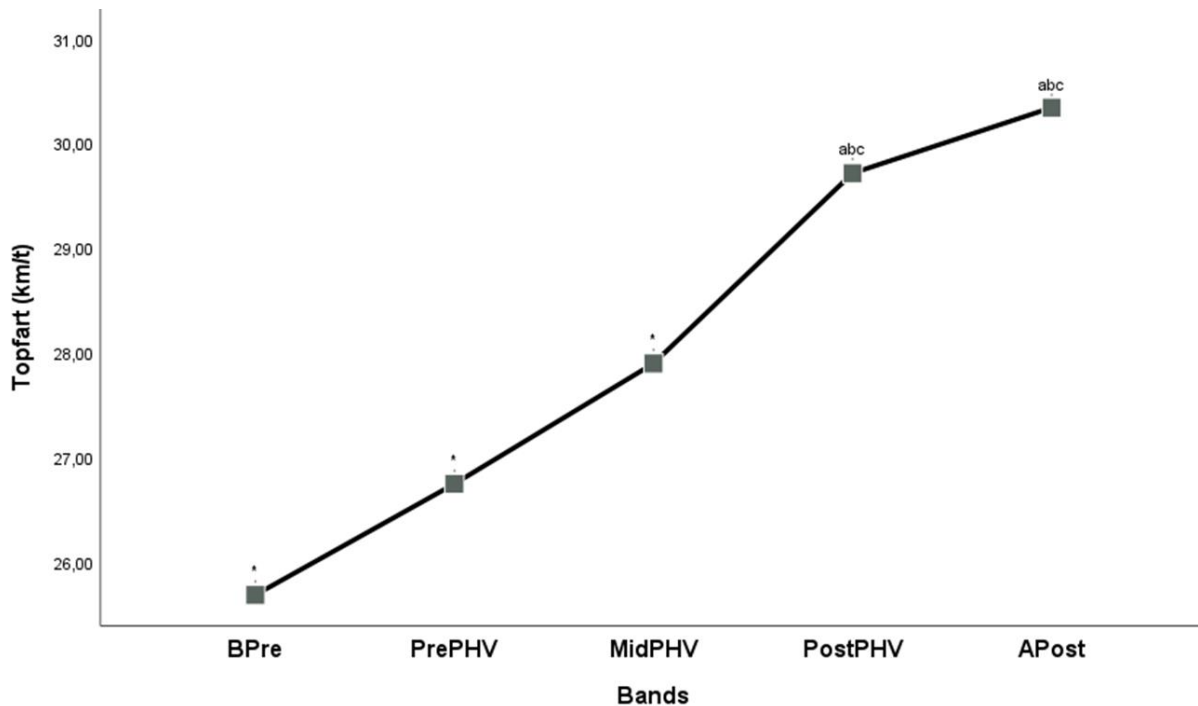
* = signifikant forskellig fra alle bands, a = signifikant forskellig fra BPre, b = signifikant forskellig fra Pre, c = signifikant forskellig fra Mid, d = signifikant forskellig fra Post, e = signifikant forskellig fra APost



Figur 6: Visualisering af de respektive bands præstation i 30 meter sprint målt i sekunder

* = signifikant forskellig fra alle bands, a = signifikant forskellig fra BPre, b = signifikant forskellig fra Pre, c = signifikant forskellig fra Mid, d = signifikant forskellig fra Post, e = signifikant forskellig fra APost

10, 25 og 30m sprint var signifikant forskellige på tværs af alle bands ($p = ,006$; $p = ,003$; $p = ,004$) (jf. tabel 1; figur 4; figur 5; figur 6). I 10m var størrelsen af ændringen fra band BPre til PrePHV mellem. Fra band PrePHV til MidPHV var ændringen stor, hvor den fra MidPHV til PostPHV var mellem. Ændringen fra PostPHV til APost var lille. I 25m var størrelsen af ændringen fra band BPre til PrePHV mellem. Fra band PrePHV til MidPHV var ændringen stor, hvor den fra MidPHV til PostPHV var stor. Ændringen fra PostPHV til APost var mellem. I 30m var størrelsen af ændringen fra band BPre til PrePHV mellem. Fra band PrePHV til MidPHV var ændringen stor, hvor den fra MidPHV til PostPHV var stor. Ændringen fra PostPHV til APost var lille (jf. tabel 2).



Figur 7: Visualisering af de respektive bands topfart målt i km/t

* = signifikant forskellig fra alle bands, a = signifikant forskellig fra BPre, b = signifikant forskellig fra Pre, c = signifikant forskellig fra Mid, d = signifikant forskellig fra Post, e = signifikant forskellig fra APost

Topfart var ikke signifikant forskellig på tværs af alle bands (jf. tabel 1; figur 7). PostPHV var ikke signifikant forskellig fra APost ($p = ,055$). De resterende bands (BPrePHV, PrePHV og MidPHV) var signifikant forskellig fra de resterende bands. I topfart var størrelsen af ændringen fra band BPre til PrePHV mellem. Fra band PrePHV til MidPHV var ændringen stor, hvor den fra MidPHV til PostPHV var stor. Ændringen fra PostPHV til APost var lille (jf. tabel 2)

4.0 Diskussion

Formålet med dette studie var at undersøge, hvordan spillere af forskellig %PAH ville præstere relativt til hinanden på parametrene CMJ, sprint og topfart, samt hvor i vækstperioden, den største forbedring ville ske. Indeværende studie fandt, at præstation på de fysiske parametre varierer alt efter hvor i vækstperioden den enkelte spiller befandt sig. Derudover viste resultaterne, at den største ændring i præstation skete mellem bands PrePHV og PostPHV.

4.1 Antropometriske og fysiske data

De antropometriske resultater for de fem bands herunder alder, højde og vægt viser, at alle grupperne er signifikant forskellige fra hinanden. Vi kan ud fra det fremgå, at når vores population inddeles efter bands stiger alder, højde og vægt op gennem bands. Selvom Malina et al. (2019) inddeler deres bands ind i tidlig, almindelig og sent udviklede, ses der samme tendens for alle tre parametre, dog er forskellene i studiet af Malina et al. (2019) ikke testet statistisk. Resultaterne for højde og vægt er forventelige, eftersom bands stiger i biologisk modning og dermed også højde og vægt. Højden vil også influere vægten i sammenspil med en øget muskelmasse gennem væksten (Figueiredo et al., 2009). At alderen er signifikant forskellig, er ikke på samme måde givet ud fra de fastsatte bands, da flere kilder slår fast at to spillere med samme kronologiske alder kan opleve forskelligt tempo og timing i væksten og derfor optræde med forskellig %PAH (Baxter-Jones, 2019; Sherar et al., 2005). Årsagen til at indeværende studie finder en stigende alder i takt med stigende %PAH kan muligvis skyldes populationen, da alle spillere i dette studie allerede er udtaget til et elite-akademi. Dette kan altså betyde, at spillerne i indeværende studie i de fleste tilfælde vil være tidligt udviklet og derfor følges ad, når man kigger på kronologisk alder og %PAH, da alle allerede er selekteret af et eliteakademi (Dudink, 1994; Hill et al., 2020). Dette ser ud til også at være tilfældet i indeværende studie, da den største andel af tests er foretaget af spillere født i første kvartal (42,29%), den næststørste andel af spillere født i andet kvartal (29,45%) og henholdsvis næstmindst og mindst af spillere født i tredje (15,02%) og fjerde kvartal (13,24%).

Resultaterne i indeværende studie for CMJ viser, at der ikke er forskel mellem BPre og PrePHV samt PostPHV og APost, men derimod at der i post hoc-testen er forskel mellem grupperne PrePHV til MidPHV og MidPHV til PostPHV, hvor der sker en signifikant stigning i hoppehøjden. Dette stemmer overens med forventningen om, at det er under vækstperioden, at den

største udvikling vil findes og samtidig er det i overensstemmelse med fundene i Figueiredo et al. (2009), som ligeledes viser, at U12-U14 spillere præsterer bedre i takt med væksten, uanset om væksten defineres som %PAH eller ud fra seksuel modning (Tanner) (Figueiredo et al., 2009). Hertil viser beregningen af effect size, at den største effect size findes under vækstspurten, altså fra PrePHV til PostPHV, hvor der ses en mellem til stor effekt (jf. tabel 2). Dette giver god mening, idet der ses en hurtigere stigning i fedtfri masse gennem vækstperioden (Siervogel et al., 2000). En forklaring på en øget fedtfri masse kan muligvis findes i, at der under puberteten også ses en stigning i det frie testosteron niveau (Khairullah et al., 2014), som vil øge proteinsyntesen og dermed også øge den fedtfri masse, som respons til træningen foretaget i AaB. Studiet af Khairullah et al. (2014) finder, at der fra alderen $11,69 \pm 0,21$ år til $13,81 \pm 0,17$ år sker en stigning i fri testosteron fra 20,26 til 186,186 pmol/L, og mellem sidstnævnte alder og $15,38 \pm 0,38$ år sker en stigning fra 186,186 til 356,94 pmol/L. Studiet viser, at det er mellem disse aldre, de største ændringer sker. Det stemmer delvist overens med effect sizes fundet i indeværende studie, dog ser det ud til at stigningen i fri testosteron også vil finde sted mellem grupperne PostPHV og APost, men her ses der ikke en lige så stor effect size. En mulig forklaring kan måske findes i indeværende studies population, da de som nævnt tidligere allerede er selekteret og måske også derfor rent biologisk er længere fremme end deres andre populationer af samme kronologiske alder. Det er ikke alene den fedtfri masse, som er af vigtighed for CMJ, fibertypesammensætningen kan også spille en rolle. Et studie af Esbjörnsson et al. (2021) sammenligner muskelmasse og fibertypesammensætningen hos børn (9-11 år) og voksne (19-25 år). I studiet finder man, at muskelmassen stiger fra barn (dreng) til voksen (mænd). Muskelmassen stiger signifikant, set ved et tværsnit af musklen (CSA), uanset om der kigger på type 1 fibre, type 2a fibre eller type 2b fibre. Kigger man på den procentuelle forskel fra barn til voksen, viser den, at voksne har en mindre andel af type 1 fibre, en større andel af type 2a fibre og en uændret andel af type 2b fibre. Man kan altså sige, at op gennem væksten opbygger mænd en mere anaerob-profil og øger samtidig også muskelstyrken (Esbjörnsson et al., 2021), hvilket kan være med til at øge præstationen i CMJ.

Resultaterne for sprint testene viser for 10, 25 og 30m, at der er forskel mellem alle grupperne, hvor der ses et fald, altså en forbedring, i sprinttiden i takt med en stigning i %PAH. Hvorimod der ved 5m ses, at der ikke er forskel fra BPre til PrePHV, ej heller fra PostPHV til APost. Dog ses der en forskel mellem MidPHV og de resterende bands, hvilket viser, at der er en forbedring fra PrePHV til MidPHV og fra MidPHV til PostPHV. Det er altså under vækstspurten, at for-

skellene optræder. Det bekræfter effect sizes også, hvor størrelsen af ændringen for sprint hastigheden i 10, 25 og 30m lå højest mellem grupperne omkring PHV (jf. tabel 2), hvilket understreger, at det er mellem grupperne PrePHV, MidPHV og PostPHV at de største effekter ses. I et studie af Comfort et al. (2012) sammenlignes rekreative motionister med elite rugbyspillere på 5, 10 og 20m sprint. Studiet viser ingen forskel på 5m sprint, men finder signifikante forskelle i de resterende to sprintdistancer. Dette tilskrives, at der ikke ses en forskel i relativ styrke, men kun i absolut styrke. Den relative styrke spiller en større rolle på 5m distancen, da det kræver en større power at flytte en tungere kropsmasse fra stilstand (Comfort et al., 2012). Årsagen til at der findes forbedringer på 10, 25 og 30m kan muligvis skyldes, at en øget mængde af type 2 fibre øger evnen til at generere høj kraft under høje hastigheder (Comfort et al., 2012; Esbjörnsson et al., 2021). Det er altså under igangsættelsen, at der virkelig accelereres og ifølge Newtons anden lov ($\text{acceleration} = \text{kraft/masse}$) kan det være muligt at kropsmassen er steget relativt mere end styrken for deltagerne i indeværende studie. Et tegn på at dette kunne være tilfældet er, at indeværende studie finder, at vægten stiger signifikant i takt med %PAH. Det er dog ikke muligt at klarlægge, da styrketests ikke indgår. Dette kan muligvis forklare, hvorfor der ikke ses en signifikant forskellighed mellem alle grupperne ved post hoc-testen i indeværende studie.

Fundene viser ligeledes, at ved 30m sprint forbedrer fodboldspillerne deres præstation i takt med modningen (%PAH). Dette finder man også i andre sportsgrene. Edwards et al. (2021) har inddelt australske fodboldspillere i pre-, mid- og post-PHV, hvor samme tendens ses som indeværende studie (Edwards et al., 2021).

Ved topfarten ses det, at der er forskel mellem alle grupperne på nær PostPHV og APost. Dette viser, at der er en signifikant forbedring op gennem vækstspurten og derefter er forbedringen ikke længere signifikant, hvilket muligvis kan skyldes ændringerne i kropskomposition op gennem vækstperioden, som efter PHV vil gå langsommere end i perioden op til (Philippaerts et al., 2006). Det samme ses i et studie af Meyers et al. (2015), hvori de har inddelt 350 drenge (11-15 år) efter hvor mange år, de er fra deres estimerede PHV. Her ser man, at grupperne op mod PHV øger deres topfart (Meyers et al., 2015). Førnævnte studie har forsøgt at forklare årsagerne til denne øgning, hvor der helt naturligt bliver fundet, at gennem væksten øger drenge deres skridtlængde, som tilskrives, at væksten medfører længere underekstremiteter. Dette anser studiet som den primære faktor for øget sprinthastighed. Dette stemmer ligeledes overens med et studie af Mendez-Villanueva et al. (2011), dog pointerer dette studie, at det ikke kan stå

alene, og at den muskulære udvikling, der sker som følge af modningen også er af stor vigtighed for sprint hastigheden (Mendez-Villanueva et al., 2011). At både sprint-tiden og topfarten forbedres mest under vækstspurten, kan delvist tilskrives ovenstående.

Det er dog vigtigt at have for øje, at de antropometriske data viser, at der i grupperne også er en forskel i alder mellem grupperne, altså at alderen stiger sammen med modningen. Dette kunne henlede til en antagelse om, at træningserfaringen også stiger i takt med alderen, da elitefodboldspillerne oparbejder en længere periode som aktiv fodboldspiller i takt med, at de bliver ældre. Det kan derfor være utroligt svært at isolere den biologiske alder, som den eneste faktor, som forklarer de overvejende forbedringer i fysiske test i takt med modningen. Dertil viser flere studier dog at spillere af samme kronologisk alder, men forskellig biologisk alder præsterer forskelligt. Det kan derfor antages, at det også er modningen og ikke kronologisk alder i dette tilfælde (Cumming et al., 2017; Malina et al., 2019; Parr et al., 2020). Dernæst vil der også være en effekt af den enkelte spillers træning. Denne variabel er der i indeværende studie ikke taget højde for. Det anses dog, at spillerne har modtaget samme træning, da alle spiller for den samme klub og under den samme ansvarlige fysiske træner. Derfor antages det, at spillerne har modtaget ens træningsstimuli gennem perioden. De tidligere diskuterede fysiologiske ændringer, der sker i takt med modningen herunder øget testosteron niveau, ændring af fibertypesammensætningen og ændring af kropskomposition kan forklare forskelle i de adaptationer, som den enkelte spiller oplever under væksten (Esbjörnsson et al., 2021; Khairullah et al., 2014).

4.2 Bands

Inddelingen af bands blev foretaget på baggrund af fundene belyst i Malina et al. (2019), Cumming et al. (2017) og Parr et al. (2020) (jf. indledning) samt problemstillingen i indeværende studie. Et fund som går igen i de tre ovenstående artikler er en analyse foretaget af Sanders et al. (2017) på to longitudinelle studier, som finder, at vækstspurten indtræffer ved 85%PAH og slutter ved 96%PAH (Sanders et al., 2017). Med kendskab til dette interval, samt at PHV i gennemsnit vil finde sted mellem 90-92%PAH blev dette spænd, med inspiration fra Malina et al. (2019), udgangspunktet for inddelingen af bands. Dette skyldtes primært, at problemstillingen i indeværende studie var at undersøge, hvorvidt der var en signifikant forskel på de fysiske parametre (CMJ, sprint og topfart) i PHV-perioden (MidPHV) sammenlignet med de resterende perioder. Idet PHV i gennemsnit indtræder ved intervallet 90-92%PAH, hvilket består af

tre tidspunkter (90, 91, 92%), skulle de resterende bands bestå af samme intervallængde, for at sikre en systematisk inddeling og dermed prøve at minimere eventuelle skævheder af data såfremt intervallængden i de respektive bands ikke var identiske. Velvidende, at PHV kan indtræffe ved de respektive tidspunkter repræsenteret i vækstspurtintervallet nævnt ovenfor (jf. Sanders et al., (2017)), valgte indeværende studie at isolere PHV-perioden ud fra, hvornår PHV i gennemsnit indtraf. Dette blev gjort for, dels at kunne sammenligne dette specifikke band med de resterende samt mindske den eventuelle påvirkning en af de tre tidspunkter potentielt kunne have på de resterende bands, såfremt de indgik heri. Med ønsket om at isolere PHV-perioden og sammenligne ændringen fra PrePHV til PostPHV med bands af lavere %PAH (BPre) og større %PAH (APost), var det nødvendigt at tilføje to yderligere perioder, da ønsket var at sammenligne forskellen mellem PrePHV og PostPHV med forskellene mellem henholdsvis BPre og PrePHV samt PostPHV og APost.

Spørgsmålet om, hvorvidt inddelingen af bands i indeværende studie har haft signifikant betydning for resultaterne præsenteret eller om en anden inddeling af bands havde præsenteret lignende eller signifikant forskellige resultater, vil være interessant. Hvis indeværende studie havde gjort brug af samme inddeling af bands som Cumming et al (2017) (jf. afsnit 1), havde 90, 91 og 92%PAH indgået i bandet *midt pubertet* (≥ 90 til < 95 %PAH). Hvorvidt tidspunkterne 90, 91 og 92%PAH har påvirket de respektive bands i Cumming et al. (2017) og i hvilken grad er, som læser, svært at antage. Ved at isolere PHV-perioden i sit eget band (MidPHV), som indeværende studie har gjort, vil en eventuel påvirkningen på de resterende bands ikke være aktuel, og dette vil sandsynligvis øge isolationen og tydeliggøre dette bands betydning for de fysiske parametre yderligere. Dette ses blandt andet i tabel 1, hvor MidPHV er signifikant forskellig fra alle resterende bands i alle inkluderede parametre herunder antropometriske målinger såvel som fysiske data. Vigtigt at huske er dog, at PHV kan indtræffe ved alle %PAH i vækstspurtintervallet. Indeværende studie kan derfor ikke udelukke, at nogle af forsøgspersonerne ikke har opnået PHV ved eksempelvis 86 eller 95%PAH og i så fald, hvilken betydning dette har haft for de resterende bands. Indeværende studie kan muligvis støtte konsensus omkring, at PHV sker ved intervallet 90-92%PAH, at der i dette interval vil ske den største fremgang på inkluderende fysiske parametre, idet indeværende studies resultatafsnit fremviser, at de største ændringer sker i bandet MidPHV, når dette band sammenlignes med de resterende bands ændringer på samme fysiske parametre.

For at svare på ovenstående spørgsmål, har indeværende studie udarbejdet endnu en statistisk analyse (ANOVA) med samme opsætning, dog med inspiration fra bandopdelingen foretaget af Cumming et al. 2017. Ved denne bandopdeling fremstår både alt antropometrisk og fysiske data ligeledes signifikant forskellige fra hinanden ($p = <,001$). Ved post hoc-testen er alle antropometriske data signifikant forskellige på tværs af alle bands, hvilket stemmer overens med fundene fra indeværende studie. De fysiske data stemmer i høj grad ligeledes overens med resultaterne fra inddelingen med fem bands. Til trods for relativ stor overensstemmelse mellem resultater, viser den nye post hoc ofte, at bandet præpubertet (<85%PAH) og bandet tidlig pubertet (≥ 85 til <90%PAH) ikke er signifikant forskellige i de fysiske parametre CMJ, 5, 10, 30m og topfart. Denne mangel på signifikans var kun aktuel i CMJ og 5m i indeværende studie. Dog havde den statistiske analyse af de fem bands flere tilfælde, hvor de to sidste bands (Post-PHV og APost) ikke var signifikante herunder CMJ, 5m og topfart. Sammenlignes dette med den nye ANOVA, ses en anderledes tendens, da alle fysiske parametre viste en signifikant forskel ($p = <,001$). Det første forskel mellem de to ANOVA'er ses altså mellem første og andet band. Den manglende signifikans i den nye ANOVA kan skyldes, at grundet den nye bandinddeling indeholder første band (<85%PAH) kun 38 målinger, sammenlignet med 103 målinger i første ANOVA. Færre målinger kræver en større ændring i gennemsnit, når denne er sammenlignet med et andet band for at være signifikant forskellig, hvilket kan være tilfældet her. At indeværende studie oplever, at der ikke er signifikant forskel mellem bands PostPHV og APost på de fysiske parametre CMJ, 5m og topfart, mens der i den nye ANOVA er signifikant forskel på alle fysiske parametre kan skyldes, at bandet i den nye ANOVA består af flere tidspunkter i væksten, hvor PHV endnu kan rammes (95-96%PAH) samt dermed øge til en fortsat progression på de fysiske parametre og heraf resultere i en signifikant forskel mellem bands midtpubertet og senpubertet. Da indeværende studies sidste to bands er mere opdelte, kan påvirkningen fra hver %PAH være mindre. Tages der udgangspunkt i effect sizes fra de to ANOVA'er i den fysiske parametre topfart, ses en effect size på topfart mellem bands PostPHV og APost på 0,328, hvor der i den nye ANOVA ses en effect size på topfart mellem bands midtpubertet og senpubertet på 0,958. En relativ stor forskel på effect sizes, hvor kan skyldes forskellene i de sene bands på tværs af de to ANOVA'er.

4.3 Styrker og begrænsninger

Data og den statistiske analyse består udelukkende af daværende og nuværende spillere fra AaB Akademiets U-hold bestående af U13-19 i perioden 2020-2023. Det betyder, at de resultater, som er præsenteret i indeværende studie, er gældende for spillere i AaB regi, men lignende resultater vil muligvis ikke være gældende i andre fodboldklubber eller i andre sportsgrene. Andre fodboldklubber har muligvis andre træningsfilosofier og tilgange til træning, som kan påvirke hvordan spillerne på tværs af de respektive U-hold præsterer sammenlignet med andre hold. Da indeværende studie ikke kan lave en fuldkommen isolering af vækstens påvirkning på resultaterne, da andre eksterne faktorer altid vil have en underliggende betydning for præstation, eksempelvis søvn, kost, specialiseret træning samt genetik, vil en sammenligning på tværs af fodboldklubber muligvis resultere i forskellige resultater. Argumentet omkring genetik og påvirkning heraf, har indeværende studie minimeret ved at inkludere en stor sample size (jf. figur 1). Dog er det vigtigt at understrege, at på trods af den store sample size, går nogle af spillerne igen på tværs af de respektive %PAH-værdier, som indgår i det enkelte band, men ligeledes på tværs af de fem uafhængige bands. Dette betyder, at hvis genetik har spillet en rolle i resultaterne, kan det overordnede resultat være blevet påvirket af dette, da spillerne går igen og genetikken ligeledes vil følge den enkelte persons påvirkning på det respektive band. Indeværende studie har fra starten været opmærksom på ovenstående og deraf gjort brug af den statistiske analyse involverende antropometriske data for at sikre at de uafhængige bands var signifikant forskellige fra hinanden og deraf mindske risikoen for at enkelte personer med samtlige datapunkter i hele datasættet ville påvirke det enkelte bands gennemsnit.

5.0 Konklusion

Unge elitefodboldspilleres præstation varierer på baggrund af, hvor i vækstperioden, bestemt ud fra %PAH, de befinder sig. Dette ses blandt andet ved AaB Akademiets unge elitefodboldspillere, hvor de spillere, der befinder sig i bandet MidPHV (90-92%PAH) oplever en signifikant ændring i alle antropometriske målinger samt på præstationsevnen på alle fysiske parametre sammenlignet med de resterende bands. Derudover præsterer spillerne altid bedre des højere %PAH, de befinder sig i, hvilket afspejles af værdiændringer for de fysiske parametre. Dette er dog ikke altid statistisk signifikant, og vi kan derfor ikke med sikkerhed sige, at spillere der befinder sig i APost præsterer signifikant bedre på alle fysiske parametre sammenlignet med de resterende bands. Den største statistiske ændring, målt ud fra effect size, sker i vækstperioden mellem PrePHV til MidPHV. Førnævnte er aktuelt i de fysiske parametre CMJ, 5, 10 og 25m. Det er ikke aktuelt på 30m og topfart, hvor vækstperioden mellem MidPHV og PostPHV oplever de største ændringer, dog fremgår PHV-perioden (MidPHV) i begge spænd af vækstperioden, og må derfor være af vis relevans for både antropometriske og fysiske parametre.

Indeværende studie supplerer til konsensus omkring, at unge elitefodboldspillere af højere %PAH præstere signifikant bedre på de fysiske parametre relativt til spillere af lavere %PAH. Derudover fremviser indeværende studie, hvor i vækstperioden den største ændring i præstation sker, samt på hvilke parametre dette er aktuelt. Dog vil en komplet isolation af vækstens effekt på de antropometriske og fysiske parametre ikke være muligt, og derfor skal resultaterne i indeværende studie anses som estimerer samt behandles kritisk og ikke anses som absolutte værdier.

6.0 Praktisk applikation

Næste skridt i processen vil bestå i, hvordan indholdet af indeværende studie kan omsættes til praksis, samt hvad og hvordan nutidens og fremtidens fodboldakademier kan benytte sig af dette. Indholdet af indeværende studie har fået et todelt resultat: 1) illustrere at unge elitefodboldspilleres præstation afhænger af, hvor i vækstperioden de befinder sig og dermed bygge ovenpå den nuværende, men snævre litteratur, der findes på området. 2) klargøre ved hvilken %PAH den største ændring i præstation finder sted på tværs af fem opsatte bands og dermed tilføje endnu et værktøj til den allerede brede vifte af værktøjer, som bruges til at undersøge og evaluere unge elitefodboldspilleres præstationer på tværs af parametre.

Det todelte resultat kan forhåbentligt hjælpe og guide talentchefer, chefrænere og fysiske trænere på akademier i fodboldverdenen til at få en endnu større indsigt i, hvorvidt en spiller skal beholdes, tilvælges eller fravælges baseret ud fra det enkelte individs %PAH og dermed undgå at fravælge en spiller hvis præstationerne indtil nu ikke har været bemærkelsesværdige, men som heller ikke har ramt 90-92%PAH og højst sandsynligt ikke sin PHV endnu. Da kun en lille procentdel af unge fodboldspillere bliver optaget på akademierne vil et ønske fra både spilleren selv, men i særdeleshed også akademiet om at tage den mest rigtige beslutning være at foretrække.

References

- Altmann, S., Spielmann, M., Engel, F., Neumann, R., Ringhof, S., Oriwol, D., & Haertel, S. (2017). Validity of Single-Beam Timing Lights at Different Heights. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 1994-1999. 10.1519/JSC.0000000000001889
- Bangsbo, J. (1993). *The physiology of soccer : with special reference to intense intermittent exercise*
- Baxter-Jones, A. D. G. (2019). Physical Growth and Development in Young Athletes: Factors of Influence and Consequence. *Kinesiology Review (Champaign, Ill.)*, 8(3), 211-219. 10.1123/kr.2019-0024
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. ©*Journal of Sports Science and Medicine*, 6
<http://vuir.vu.edu.au/8049/>
- Comfort, P., Bullock, N., & Pearson, S. (2012). A Comparison of Maximal Squat Strength and 5-, 10-, and 20-Meter Sprint Times, in Athletes and Recreationally Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 937-940. 10.1519/JSC.0b013e31822e5889
- Cumming, S. P., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Eisenmann, J. C., & Malina, R. M. (2017). Bio-banding in Sport: Applications to Competition, Talent Identification, and Strength and Conditioning of Youth Athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 39(2), 34-47. 10.1519/SSC.0000000000000281
- Dudink, A. (1994). 368592a0.368(592) https://www.nature.com/articles/368592a0?fbclid=IwAR3PffAmwF_gCkGfu-47DS3znt_xmrELUKMDXhZerXca-F5JaDX63wGQ6u0
- Edwards, T., Weakley, J., Banyard, H. G., Cripps, A., Piggott, B., Haff, G. G., & Joyce, C. (2021). *Influence of age and maturation status on sprint acceleration characteristics in*

- junior Australian football*. Informa UK Limited. 10.1080/02640414.2021.1886699
- Esbjörnsson, M. E., Dahlström, M. S., Gierup, J. W., & Jansson, E. C. (2021). *Muscle fiber size in healthy children and adults in relation to sex and fiber types*. Wiley.
10.1002/mus.27151
- Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho E Silva, M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of Human Biology*, 36(1), 60-73. 10.1080/03014460802570584
- Hill, M., Scott, S., Malina, R. M., McGee, D., & Cumming, S. P. (2020). Relative age and maturation selection biases in academy football. *Journal of Sports Sciences*, 38(11-12), 1359-1367. 10.1080/02640414.2019.1649524
- Khairullah, A., Klein, L. C., Ingle, S. M., May, M. T., Whetzel, C. A., Susman, E. J., & Paus, T. (2014). Testosterone Trajectories and Reference Ranges in a Large Longitudinal Sample of Male Adolescents. *PloS One*, 9(9), e108838. 10.1371/journal.pone.0108838
- Khamis, H. J., & Roche, A. F. (1994). Predicting Adult Stature Without Using Skeletal Age: The Khamis-Roche Method. *Pediatrics*, (94), 504-507.
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Rogol, A. D., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Konarski, J. M., & Kozieł, S. M. (2019). Bio-Banding in Youth Sports: Background, Concept, and Application. *Sports Medicine (Auckland)*, 49(11), 1671-1685. 10.1007/s40279-019-01166-x
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Douglas, A., Peltola, E., & Bourdon, P. (2011). Age-related differences in acceleration, maximum running speed, and repeated-sprint performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 29(5), 477-484. 10.1080/02640414.2010.536248
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Cronin, J. B., & Lloyd, R. S. (2015). Maximal Sprint Speed in Boys of Increasing Maturity. *Pediatric Exercise Science*, 27(1), 85-94.

10.1123/pes.2013-0096

- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences, 21*(7), 519-528. 10.1080/0264041031000071182
- Morris, T. (2000). Psychological characteristics and talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences, 18*(9), 715-726. 10.1080/02640410050120096
- Parr, J., Winwood, K., Hodson-Tole, E., Deconinck, F. J. A., Parry, L., Hill, J. P., Malina, R. M., & Cumming, S. P. (2020). *Predicting the timing of the peak of the pubertal growth spurt in elite male youth soccer players: evaluation of methods*. Informa UK Limited. 10.1080/03014460.2020.1782989
- 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. 10.1080/02640410500189371
- Sanders, J. O., Qiu, X., Lu, X., Duren, D. L., Liu, R. W., Dang, D., Menendez, M. E., Hans, S. D., Weber, D. R., & Cooperman, D. R. (2017). The Uniform Pattern of Growth and Skeletal Maturation during the Human Adolescent Growth Spurt. *Scientific Reports, 7*(1), 16705-9. 10.1038/s41598-017-16996-w
- Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of Pediatrics, 147*(4), 508-514. 10.1016/j.jpeds.2005.04.041
- Siervogel, R. M., Maynard, L. M., Wisemandle, W. A., Roche, A. F., Guo, S. S., Chumlea, W. C., & Towne, B. (2000). *Annual Changes in Total Body Fat and Fat-free Mass in Children from 8 to 18 Years in Relation to Changes in Body Mass Index: The Fels Longitudinal Study*. Wiley. 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06494.x

Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using Effect Size—or Why the P Value Is Not Enough.

Journal of Graduate Medical Education, 4(3), 279-282. 10.4300/JGME-D-12-00156.1

Williams, A. M. (2013). *Science and soccer: developing elite performers* (3rd ed.). Rout-

ledge. 10.4324/9780203131862