Effekten af individualiseret styrketræning på mekaniske kraft-hastighedsparametre og squat jump hos U17 elitefodboldspillere

Titel (engelsk): Effectiveness of an individualized strength training on mechanical force–velocity parameters and squat jump in U17 elite football players

Forfatter: Victor Lahn Pedersen (4132661)

Vejleder: Morten Bredgaard Randers

Projektperiode: d. 01/02 - 02/06 2026

Antal tegn inkl. mellemrum: 37.511

Afsluttet den: 02/06 2026

Resumé

Nærværende studie undersøgte, hvorvidt et individualiseret styrketræningsprogram baseret på vertikal kraft–hastighedsprofilering (FV profilering) ville medføre større forbedringer i FV parametre og squat jump (SJ) præstation sammenlignet med et standardiseret styrketræningsprogram hos U17 elitefodboldspillere. 17 forsøgspersoner (FP) blev testet i SJ uden ekstern belastning samt med 10, 20, 30 og 40 kg for at bestemme deres individuelle FV-profiler og bestemme deres respektive teoretisk maksimale kraft (F0), teoretisk maksimale hastighed (V0), maksimale power output (Pmax) og kraft-hastigheds ubalance (FV-imb). FV-imb blev efterfølgende anvendt som referencevariabel til at fordele FP i enten en interventionsgruppe eller en kontrolgruppe. FP i interventionsgruppen blev yderligere inddelt i individualiserede træningsundergrupper på baggrund af størrelsen og retningen af deres FV-imb. De individualiserede programmer havde til formål at målrette den enkelte FP specifikke kraft- eller hastighedsrelaterede deficit, mens kontrolgruppen fulgte et standardiseret styrketræningsprogram, som var ens for alle spillerne. FP gennemførte en 14-ugers interventionsperiode, hvor FV parametre og SJ præstation blev målt ved baseline, midtvejs og post interventionen. Lineære mixed models blev anvendt til at undersøge ændringer over tid og mellem grupperne. Der blev fundet signifikante tidseffekter for F0 ($p = 0,019$), FV-imb ($p = 0,005$) og SJ-præstation ($p < 0,001$), mens der ikke blev fundet signifikante gruppe x tid-interaktioner for F0 ($p = 0,138$), V0 ($p = 0,197$), Pmax ($p = 0,473$), FV-imb ($p = 0,108$) eller SJ præstation ($p = 0,461$). Resultaterne indikerer, at FV baseret individualiseret styrketræning ikke medførte større adaptationer end standardiseret styrketræning i denne population. På trods af det, kan FV profilering fortsat udgøre en praktisk ramme til at identificere individuelle mekaniske karakteristika og lave informeret træningsplanlægning i eliteungdomsfodbold. Resultaterne bør dog fortolkes i lyset af den praksisnære træningskontekst, den begrænsede sample size og den fodboldspecifikke træningsbelastning som foregik under intervention.

Abstract

This study examined whether an individualized strength training program based on vertical force–velocity (FV) profiling would result in greater improvements in FV parameters and squat jump (SJ) performance compared with a standardized training program in U17 elite soccer players. Seventeen participants were tested in unloaded and loaded (10, 20, 30 and 40 kg) SJ conditions to determine their individual FV profiles, including theoretical maximal force (F0), theoretical maximal velocity (V0), maximal power output (Pmax), and force-velocity imbalance (FV-imb). FV-imb was then used as the reference variable to allocate participants to either an intervention or control group, with participants in the intervention group further assigned into individualized training sub-groups according to the magnitude and direction of their FV-imb. The individualized programs were designed to target each players specific force or velocity related deficit, whereas the control group followed a standardized strength training program common to all participants. Participants completed a 14-week intervention period, with FV parameters and SJ performance assessed at baseline, mid and post intervention. Linear mixed models were used to examine changes over time and between groups. Significant time effects were observed for F0 ($p=0.019$), FV-imb ($p=0.005$) and SJ performance ($p<0.001$), while no significant group x time interactions were found for F0 ($p=0.138$), V0 ($p=0.197$), Pmax ($p=0.473$), FV-imb ($p=0.108$) or SJ performance ($p=0.461$). These findings suggest that FV-based individualized strength training did not lead to superior adaptations compared with standardized strength training in this sample. Nevertheless, FV profiling may still provide a useful framework for identifying individual mechanical characteristics and informing training prescription in elite youth soccer. The results should be interpreted considering the applied training context, small sample size, and concurrent football-specific training load.

Key words: Jumping, resistance strength training, squat jump, explosive performance, maximal force, maximal velocity, maximal power output, force-velocity

Forord

Dette speciale er udarbejdet af Victor Lahn Pedersen på 4. semester af kandidatuddannelsen i Idræt og Sundhed med specialisering i konkurrence og eliteidræt på Syddansk Universitet. Specialet er skrevet i artikelform efter guidelines af Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.

Den primære del af dokumentet er selve artiklen, hvor der efterfølgende er en vedlagt manchet, som er en uddybende beskrivelse af de centrale metoder og teorier, der er anvendt i artiklen, herunder en diskussion af metodologiske problemstillinger og diskussionspunkter, som knytter sig til specialet.

Der skal lyde en stor tak til alle samarbejdspartnere som har deltaget og vejledt dette speciale, heriblandt Randers FC akademiets hovedansvarlige for den fysiske træning, de involveret ungdomstrænere samt de U17 spillere som har deltaget i interventionen. Til sidst skal der lyde en meget stor tak til specialets vejleder Morten Randers for god vejledning og hjælp gennem hele specialeforløbet.

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion 1

2. Metode..... 4

2.1 Forsøgspersoner 4

2.2 Studiedesign 4

2.3 Testprocedure..... 7

2.4 Databehandling..... 8

2.5 Statistisk analyse 8

3. Resultater..... 9

3.1 Teoretisk maksimal kraft 9

3.2 Teoretisk maksimal hastighed 9

3.3 Maksimal power output..... 9

3.4 Kraft-hastigheds ubalance 10

3.5 Squat Jump hoppehøjde 11

4. Diskussion 12

4.1 Primært fund 12

4.2 Forskning på området..... 12

4.3 FV-imb 13

4.4 Squat Jump..... 14

4.5 Biologisk modenhed 14

4.6 Begrænsninger 15

5. Konklusion..... 17

6. Perspektivering..... 17

7. Litteraturliste 18

8. Manchet..... 21

9. Introduktion 21

10. Centrale teorier 22

11. Teoretiske diskussioner 23

12. Centrale metoder..... 24

12.1 Design 24

12.2 Dataanalyse fordele og ulemper 25

12.3 Biologisk modenhed 26

13. Metodologiske problemstillinger 27

13.1 Compliance og træningskvalitet..... 27

13.2 Confounders som ekstra belastning 27

13.3 Hoppemåtte og hoppehøjde 28

14. Litteraturliste 29

1. Introduktion

Fodbold er en intermitterende sportsgren karakteriseret ved hyppige skift mellem lav og høj intensitet, hvor eksplosive aktioner som sprint, hop og retningsskift er afgørende for præstation (Bangsbo, 1994; Bradley et al., 2009). Disse aktioner stiller store krav til spillernes evne til hurtigt at producere kraft og udvikle høj power. Derudover indgår gentagne accelerationer, opbremsninger og dueller, som stiller krav til både maksimal styrke og eksplosivitet. Samtidig ses en reduktion i højintens præstation mod slutningen af kampen, hvilket understreger betydningen af fysisk kapacitet (Mohr et al., 2003). På baggrund af disse krav, spiller styrketræning indenfor elitefodbold en central rolle i udviklingen af spillernes præstationsevne og skadesforebyggelse (Mohr et al., 2024). Styrketræning er i mange klubber traditionelt set organiseret som standardiserede programmer, hvor spillere følger ensartede træning uafhængigt af individuelle forskelle i fysiske forudsætninger. Eksisterende forskning viser, at atleter kan have markant forskellige kraft– hastighedsprofiler, og at ensartede styrketræningsprogrammer derfor ikke nødvendigvis er lige effektive for alle spillere (Jiménez-Reyes et al., 2017). Kraft–hastigheds (FV) profilering er i den sammenhæng blevet fremhævet som et potentielt redskab til at beskrive og kvantificere individuelle mekaniske profiler (Samozino et al., 2014). Metoden gør det muligt at estimere den enkelte atlets maksimale kraftkapacitet (F0), maksimale bevægelseshastighed (V0), maksimale power output (Pmax) og kraft-hastigheds ubalance (FV-imb) ud fra præstation i vertikale hop med og uden ekstern belastning (Samozino et al., 2008).

FV profilering kan anvendes i både horisontale og vertikale bevægelsesretninger, afhængigt af hvilken type præstation der ønskes fokus på. Den horisontale tilgang anvendes primært i forbindelse med sprint og acceleration, hvor fokus er på spillerens evne til at producere kraft mod underlaget ved stigende løbehastighed (Morin & Samozino, 2016). Den vertikale FV profil anvendes derimod til at belyse eksplosive afsætsbevægelser såsom hop og giver indsigt i, hvordan kraft og hastighed bidrager til den samlede præstation (Morin & Samozino, 2016). Særligt den vertikale FV profilering har vist sig praktisk anvendelig i en træningskontekst, da den kan gennemføres med relativt simple tests og begrænset udstyr (Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2014).

Teoretisk eksisterer der for hver enkelt atlet en optimal FV profil, som maksimerer eksplosiv præstation i ballistiske bevægelser såsom vertikale hop (Samozino et al., 2012).

Denne optimale profil repræsenterer den mest hensigtsmæssige balance mellem kraft- og hastighedsegenskaber for den pågældende bevægelse (Samozino et al., 2012). Tidligere forskning har bekræftet, at afvigelser fra denne optimale balance kan begrænse præstationen, selv hos atleter med høj maksimal power udvikling (Samozino et al., 2014). Nyere interventionsstudier har imidlertid udfordret denne antagelse i praksis. For eksempel fandt Lindberg et al. (2021), at individualiseret træning baseret på FV profilen ikke medførte større præstationsforbedringer end traditionel træning, og at ændringer i Pmax var stærkere relateret til præstationsforbedringer end ændringer i FV balancen (Lindberg et al., 2021). Dette indikerer, at den teoretiske betydning af en optimal FV profil ikke nødvendigvis direkte overføres til praktisk træning og præstationsudvikling.

Generelt har eksisterende litteratur inden for FV profilering og individualiseret styrketræning ikke vist entydige resultater. Zabaloy et al. (2020) fandt, at individualiserede træningsprogrammer baseret på FV profilen var associeret med forbedringer i sprintpræstation hos rugbyspillere, mens der ikke blev observeret signifikante forbedringer i springhøjde eller maksimal styrke. Effekterne på sprintpræstation var imidlertid ikke konsistente på tværs af grupper, hvilket indikerer, at interventionens effekt kan være opgavespecifik og afhængig af den enkelte atlets profil (Zabaloy et al., 2020). En meta analyse af Solberg et al. (2025) viste, at individualiseret træning baseret på FV profilen kan medføre små til moderate forbedringer i vertikal springpræstation. Disse forbedringer var imidlertid sammenlignelige med ikke individualiserede træningsprogrammer, hvilket indikerer, at det fortsat er uklart, om træning baseret på FV profiler er mere effektiv end traditionelle træningstilgange (Solberg et al., 2025). Evidensen er desuden begrænset af metodologiske udfordringer, herunder lavt antal inkluderede studier, manglende blinding og potentiel påvirkning fra placeboeffekter, samt variation i studiedesign og populationer.

Samtidig er evidensen for overførbarhed til andre præstationsparametre, såsom sprint og retningsskift, begrænset og inkonsistent (Solberg et al., 2025). Denne problemstilling understøttes af et nyere systematiske review af Salim et al., (2026), som peger på væsentlige metodiske og konceptuelle begrænsninger ved FV profilering. De konkluderer, at vertikal FV profilering primært bør betragtes som en kontekstafhængig tilgang, mere end en model for præstation i fodbold. Samtidig fremhæves det, at sammenhænge mellem FV parametre og præstation er heterogene, opgavespecifikke og stærkt afhængige af testprotokoller, hvilket begrænser generaliserbarheden. Derudover er evidensen for overførbarhed til fodboldspecifikke præstationsparametre såsom sprint og retningsskift inkonsistent.

Størstedelen af den eksisterende litteratur om vertikal FV profilering i fodbold er præget af metodologiske forskelle, herunder forskelle i populationer, testprotokoller, måleudstyr og modelleringsstrategier, hvilket begrænser sammenligneligheden mellem studier (Salim et al., 2026). Denne metodologiske variation bliver særligt relevant i ungdomsfodbold, hvor præstationsudvikling ikke alene kan tilskrives træning, men også påvirkes af biologisk modning. Murtagh et al (2018) viste fx, at betydningen af sprint- og hoppepræstationer varierede afhængigt af peak height velocity (PHV), og at manglende kontrol for PHV kan forveksle præstationsforskelle med biologisk udvikling (Murtagh et al., 2018). I relation til vertikal FV profilering peger nyere forskning desuden på, at især F0 og Pmax stiger med biologisk modning, mens V0 ser ud til at være mindre udtalt ift. til PHV (Salim et al., 2026). I eliteungdomsfodbold, hvor spillere ofte befinder sig omkring eller efter PHV, kan variation i fysisk udviklingsniveau fortsat påvirke både FV parametre og træningsrespons. Samtidig er meget af den eksisterende litteratur baseret på populationer udenfor en specifik elite fodboldkontekst eller under mere kontrollerede forhold end i praksis (Jiménez-Reyes et al., 2017; Salim et al., 2026). Der mangler derfor studier, der specifikt undersøger effekten af individualiseret FV træning i en relativt homogen elite ungdomspopulation, hvor træningskonteksten er integreret med fodboldspecifik belastning.

Formålet med nærværende studie er derfor at undersøge, hvorvidt et individualiseret styrketræningsprogram baseret på vertikal FV profil resulterer i større forbedringer i F0, V0, Pmax, FV-imb samt Squat Jump (SJ) præstation sammenlignet med et standardiseret træningsprogram hos U17 elitefodboldspillere.

2. Metode

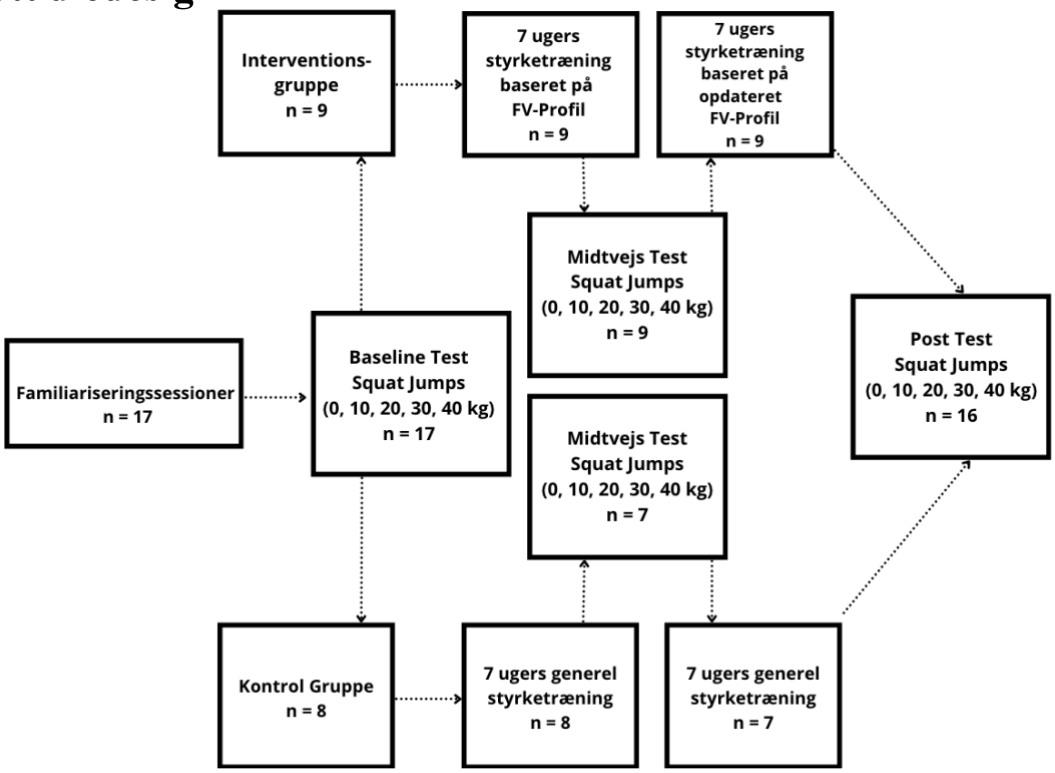
2.1 Forsøgspersoner

Forsøgspersonerne (FP) var 17 U17 fodboldspillere (alder = 16,6 ± 0,5 år; højde = 182,9 ± 7,3 cm; vægt = 72,7 ± 7,3 kg) fra Randers FC's akademi. Alle FP deltog i klubbens normale fodboldtræning gennem hele interventionsperioden, som typisk bestod af 4–5 ugentlige træningspas på bane, 2 styrketræningspas samt én ugentlig kamp. Træningscompliance blev beregnet som antallet af gennemførte træningssessioner divideret med antallet af planlagte sessioner. Den gennemsnitlige compliance var 79,8 ± 9,9 %, svarende til 11,2 ± 1,4 gennemførte sessioner ud af 14 planlagte sessioner. Compliance varierede fra 50,0% til 92,9%. Alle FP havde erfaring med struktureret styrketræning som en integreret del af deres udviklingsprogram i akademiet. FP blev inkluderet i studiet, hvis de:

- Var aktive spillere på U17-holdet
- Deltog i holdets normale træningsprogram
- Var skadefri ved baseline-testningen
- Kunne gennemføre maksimal fysisk testning

FP blev ekskluderet, hvis de havde aktuelle skader eller helbredsmæssige forhold, der kunne begrænse deres evne til at gennemføre interventionen eller testning.

2.2 Studiedesign



***Figur 1**: Oversigt over studiedesignet, herunder familiarisering, baseline-, midtvejs- og posttest samt fordelingen af deltagere i interventions- og kontrolgruppe.*

Til at starte med gennemførte alle FP en familiariseringssession, hvor de blev introduceret til testprocedurerne og udførte SJ med forskellige eksterne belastninger. I forbindelse med denne session blev FP antropometriske målinger også registreret. Herefter blev baseline testen gennemført én uge før første træningssession i interventionsperioden. Baseline testningen blev af praktiske årsager fordelt over tre testdage. Under testningen gennemførte alle FP en stigende loading-protokol i SJ, hvilket muliggjorde beregning af den individuelle FV profil, herunder estimering af mekaniske parametre baseret på metoden beskrevet af Samozino, som kan læses i manchetten (Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2012). Alle tests blev ledet af samme testperson.

Efter baseline testningen blev FP stratificeret på baggrund af deres individuelle FV-imb. FP blev rangeret efter størrelsen af deres FV-imb og derefter inddelt i fem strata (High-Force Deficit, Low-Force Deficit, Well Balanced, Low-Velocity Deficit og High-Velocity Deficit) med henblik på at sikre en balanceret fordeling af spillere med lignende mekaniske profiler mellem grupperne (Jiménez-Reyes et al., 2017). Inden for hvert strata blev FP derefter randomiseret til enten interventionsgruppen eller kontrolgruppen gennem stratificeret randomisering (Interventionsgruppe: n=9; Kontrolgruppe: n=8). Denne fremgangsmåde blev anvendt for at minimere potentielle baseline forskelle mellem grupperne i relation til spillernes FV karakteristika. Én FP fra kontrolgruppen gennemførte baseline testning og nogle få træninger, men udgik efterfølgende af interventionen og gennemførte hverken midtvejs- eller posttest. Den pågældende FP baseline data blev inkluderet i den lineære mixed model analyse, mens vedkommende ikke bidrog med data til ændringer over tid.

Interventionsperioden varede 14 uger, hvor spillerne gennemførte to ugentlige styrketræningssessioner sideløbende med deres almindelige fodboldtræning. Den første ugentlige session (tirsdag) bestod af holdets standardiserede styrketræningsprogram og blev gennemført af både interventionsgruppen og kontrolgruppen. Under den anden ugentlige session (torsdag) gennemførte interventionsgruppen et individualiseret styrketræningsprogram baseret på FP FV profil, mens kontrolgruppen gennemførte et standardiserede kontrolprogram. Alle FP blev testet ved baseline, efter 7 uger (midtvejs-test) og efter 14 uger (post-test) for at undersøge ændringer i FP FV profiler over tid. Midtvejs-testen blev desuden anvendt til at vurdere, om FP i interventionsgruppen havde ændret deres FV profil. På baggrund af disse resultater blev FP i interventionsgruppen omklassificeret i de relevante strata (High-Force Deficit, Low-Force Deficit, Well Balanced, Low-Velocity Deficit eller High-Velocity Deficit), så interventionsprogrammet fortsat kunne målrettes FP aktuelle FV deficit.

Tirsdagsprogram

Rækkefølge	Øvelse	Sæt	Gentagelser	RIR	Tempo
A1	Back Squat	4	8	1-2	Kontrolleret
A2	Landmine Rotation	4	10	1-2	Kontrolleret
B1	Hip Thrust	3	8	2-3	Kontrolleret
B2	Skater Jumps	3	4	3-4	Kontrolleret
C1	Step Ups	3	12	2-3	Kontrolleret
C2	Calf Raises	3	12	2-3	Kontrolleret
D1	Reverse Lunges	3	12	2-3	Kontrolleret
D2	Broad Jump (Banded)	3	4	3-4	Kontrolleret

Tabel 1*: Tirsdagsprogrammet som alle FP trænede om tirsdagen i alle uger under interventionsperioden. RIR=Reps in reserve*

Program	Øvelser	Sæt x Gentagelser	RIR	Fokus
HFD	BB Back Squat, Hip Thrust	3 x 4	1-2	Styrke
	Maskine benpres, BB RDL	3 x 5	2-3	Styrke, Styrke-Power
	Loaded Trapbar Jumps, Split-Squat Jump	3 x 6	2-3	Styrke-Power, Power
LFD	BB Back Squat, Hip Thrust	3 x 4	1-2	Styrke
	Loaded Trapbar Jumps, BB RDL	3 x 5	2-3	Styrke-Power
	SL Broad Jump, Split Squat Jumps	3 x 6	2-3	Power
WB	BB Back Squat, Loaded Trapbar Jumps	3 x 4	1-2	Styrke, Styrke-Power
	SL Broad Jump, Box Jump	3 x 5	2-3	Power
	Skater Jumps, Banded CMJ	3 x 6	3-4	Power-Speed, Speed
LVD	Banded CMJ, CMJ med arme	3 x 4	3-4	Speed
	Skater Jumps, Step-Up Lunges	3 x 5	2-3	Power-Speed
	SL Broad Jump, Loaded Trapbar Jumps	3 x 6	2-3	Power
HVD	Banded CMJ, CMJ med arme	3 x 4	3-4	Speed
	Depth Jumps, Skater Jumps	3 x 5	3-4	Speed, Power-Speed
	Banded Broad Jumps, Loaded Trapbar Jumps	3 x 6	2-3	Power-Speed, Power
Kontrol	Loaded Trapbar Jumps, Box Jump	3 x 4	2-3	Styrke-Power, Power
	RDL, Pogo Jump	3 x 5	2-3	Styrke-Power, Power
	Split-Squat Jump, Med Ball Rotation	3 x 6	2-3	Styrke-Power, Power

Tabel 2*: Torsdagsprogrammet, hvor interventionsgruppen trænede efter sin FV profil, mens kontrolgruppen trænede kontrolprogrammet. HFD = High-Force Deficit, LFD=Low-Force Deficit, WB=Well Balanced, LVD=Low-Velocity Deficit, HVD=High-Velocity Deficit, BB= Barbell, RDL= Rumænsk Dødløft, SL= Single leg, CMJ=Counter Movement Jump, RIR = Reps in reserve.*

Graden af FV deficit blev kvantificeret som procentvis afvigelse fra den optimale kraft–hastighedsprofil. På baggrund heraf blev deltagerne klassificeret som High-Force Deficit (HFD = <60%), Low-Force Deficit (LFD = 60–90%) eller Well-Balanced (WB = >90-110%), Low-Velocity Deficit (LVD = >110-140%), High Velocity Deficit (HVD = >140%). Klassifikationen af FV deficit var baseret på tidligere forskning (Jiménez-Reyes et al., 2017).

2.3 Testprocedure

Testningen af SJ med varierende vægt foregik indendørs med en hoppemåtte (Wireless SpeedMAT; Swift Performance Equipment, Wacol, Australia). FP blev instrueret i at møde op veludhvilede og i en fysisk tilstand svarende til normal træning. Alle tests blev udført uden sko for at sikre ensartede målebetingelser. Forud for testningen blev kropsmasse, benlængde samt individuel startposition målt. Startpositionen blev standardiseret til cirka 90° knæfleksion og blev fastholdt på tværs af alle testforsøg. Inden testningen gennemførte FP en standardiseret opvarmningsprotokol bestående af 7 minutters cykling, efterfulgt af 3 minutters dynamisk mobilitet med fokus på hofte-, baglår- og forlårs muskulatur efterfulgt af 2 countermovement jumps og 3 SJ som specifik opvarmning. Pauser mellem hver testforsøg var på 4-5 minutter, for at sikre ordentlig restitution til FP (Jiménez-Reyes et al., 2017). Testprotokollen indeholdt SJ med kropsvægt, 10kg, 20kg, 30kg og 40kg, i den rækkefølge (Morin & Samozino, 2016). Alle FP havde fået målt deres startposition med 90° i knæet inden testning, så de havde en individuel startposition som dermed skulle sørge for, at de havde samme individuelle startposition ved alle testforsøg. FP holdt hænderne i siden af kroppen uden vægt, og hænderne på stangen med vægt. For at eliminere countermovement, fik FP verbale instruktioner om hvornår de måtte gå ned i knæ, hvor langt de skulle ned og hvornår de måtte hoppe, så man sikrede 2 sekunders pause i bunden af alle SJ. Hvis ikke alle disse kriterier blev mødt, blev testforsøget gentaget. To valide testforsøg blev udført ved hver vægt niveau, hvor det bedste testforsøg blev anvendt til videre analyse (Jiménez-Reyes et al., 2017). Hoppehøjden blev beregnet ud fra bevægelsen af kroppens tyngdepunkt (1 cm opløsning) ved hjælp af Speedlight system på iPad, som måler kontakttid (1 m/s opløsning) og flyvetid (1 m/s opløsning) (Dam et al., 2022).

2.4 Databehandling

De mekaniske variabler blev beregnet ved anvendelse af metoden beskrevet af Samozino et al. (2008; Samozino et al., 2012), hvor gennemsnitlig kraft og hastighed under afsætsfasen estimeres ud fra kropsmasse, hoppehøjde og push-off distance (Samozino et al., 2010; Samozino et al., 2012). Push-off distance blev bestemt som forskellen mellem den fuldt ekstenderede benlængde og højden i den standardiserede startposition. Den individuelle FV profil blev bestemt ved lineær regression mellem de estimerede værdier for kraft og hastighed. Herfra blev F0 og V0 estimeret som skæringspunkterne med henholdsvis kraft- og hastighedsaksen. Pmax blev beregnet ud fra forholdet mellem F0 og V0. FV-imb blev beregnet som den procentvise afvigelse fra den teoretisk optimale FV profil, hvor en værdi tæt på 100% indikerer en optimal balance mellem kraft og hastighed (Samozino et al., 2014).

2.5 Statistisk analyse

Til at analysere data blev der brugt SPSS Statistics (IBM SPSS Statistics 29.0.0.0 (241)). For at teste for normalfordeling af data blev der udført en Shapiro-wilk test, hvor data blev vurderet som normalfordelt hvis $p>0,05$. Ændringer over tid og forskelle mellem grupper blev analyseret ved hjælp af en lineære mixed models (LMM) analyse, da metoden kan inkludere FP med ufuldstændige gentagne målinger og dermed håndtere manglende data uden at ekskludere hele FP fra analysen. I modellen var tid (baseline, midtvejs og post) og gruppe (intervention og kontrol) inkluderet som fixed effects, herunder deres interaktion (tid x gruppe). Deltager ID blev inkluderet som en random effect, mens interaktion mellem tid og gruppe blev anvendt til at vurdere interventionseffekten. Ændringer i FV-imb blev analyseret som absolut distance til den teoretisk optimale FV-profil, beregnet som den numeriske afstand fra 100%. Maturity offset blev inkluderet som kovariat i modellerne for at kontrollere for potentiel indflydelse af biologisk modenhed på resultaterne.

Effektstørrelser for gruppe x tid-interaktioner blev rapporteret som partial eta squared (ηp^2) og fortolket som små (0,01), moderate (0,06) og store (0,14) effekter. De blev beregnet ud fra F-værdier og frihedsgrader fra LMM. SJ effektstørrelser (ES) blev beregnet som den gennemsnitlige ændring fra pre- til posttest divideret med baseline-standardafvigelsen. Signifikansniveauet blev fastsat til $p < 0.05$. Data præsenteres som middelværdi ± standardafvigelse (mean ± SD), medmindre andet er angivet.

3. Resultater

Alle variabler var normalfordelte (p>0,05), på nær F0 ved baseline i interventionsgruppen (p=0,019).

3.1 Teoretisk maksimal kraft

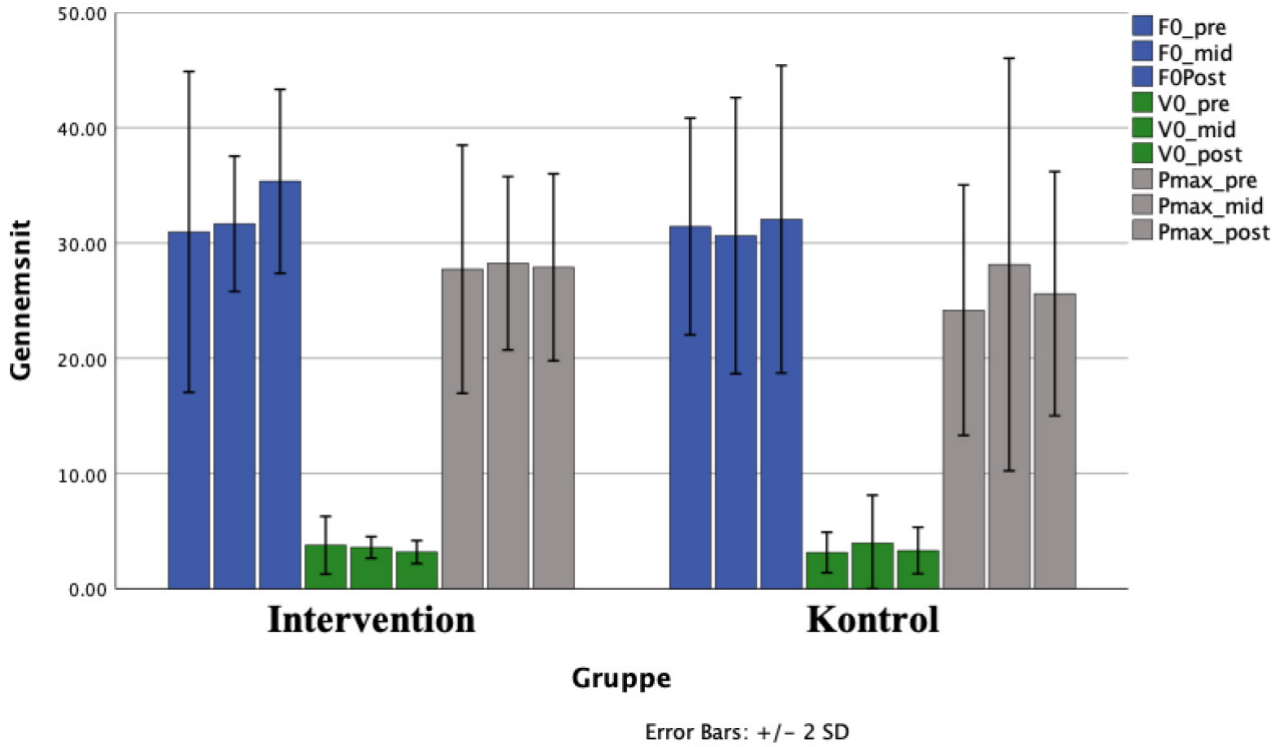
Der blev fundet en statistisk signifikant effekt af tid (p = 0,019), hvor F0 i interventionsgruppen var uændret fra 30,56 ± 1,75 N·kg^{-1} ved baseline til 31,49 ± 1,75 N·kg^{-1} ved midtvejs (p=1,000), men steg til 35,09 ± 1,78 N·kg^{-1} ved post ift. baseline (p=0,008) og midtvejs (p=0,037). I kontrolgruppen var F0 uændret fra 31,56 ± 1,89 N·kg^{-1} ved baseline til 30,73 ± 1,95 N·kg^{-1} ved midtvejs (p=1,000), ligesom F0 også var uændret ved post på 32,14 ± 3,29 N·kg^{-1} (p=1,000; Figur 2). Der blev ikke observeret en signifikant gruppe x tid interaktion (p=0,138). Effektstørrelsen for interaktionen var moderat (ηp^2=0,093). Maturity offset havde ingen signifikant effekt på F0 (p=0,108).

3.2 Teoretisk maksimal hastighed

V0 i interventionsgruppen var uændret fra 3,74 ± 0,25 m·s^{-1} ved baseline til 3,56 ± 0,25 m·s^{-1} ved midtvejs (p=1,000) og uændret til 3,14 ± 0,26 m·s^{-1} ved post ift. baseline (p=0,135) og midtvejs (p=0,388). I kontrolgruppen var V0 uændret fra 3,13 ± 0,48 m·s^{-1} ved baseline til 3,94 ± 0,59 m·s^{-1} ved midtvejs (p=0,354) og uændret til 3,30 ± 0,50 m·s^{-1} ved post ift. baseline (p=1,000) og midtvejs (p=0,639; Figur 2). Der blev ikke fundet en signifikant effekt af tid for V0 (p=0,134) og heller ingen signifikant gruppe x tid interaktion (p=0,197). Effektstørrelsen for interaktionen var moderat (ηp^2=0,103). Maturity offset havde heller ingen signifikant effekt på V0 (p=0,873).

3.3 Maksimal power output

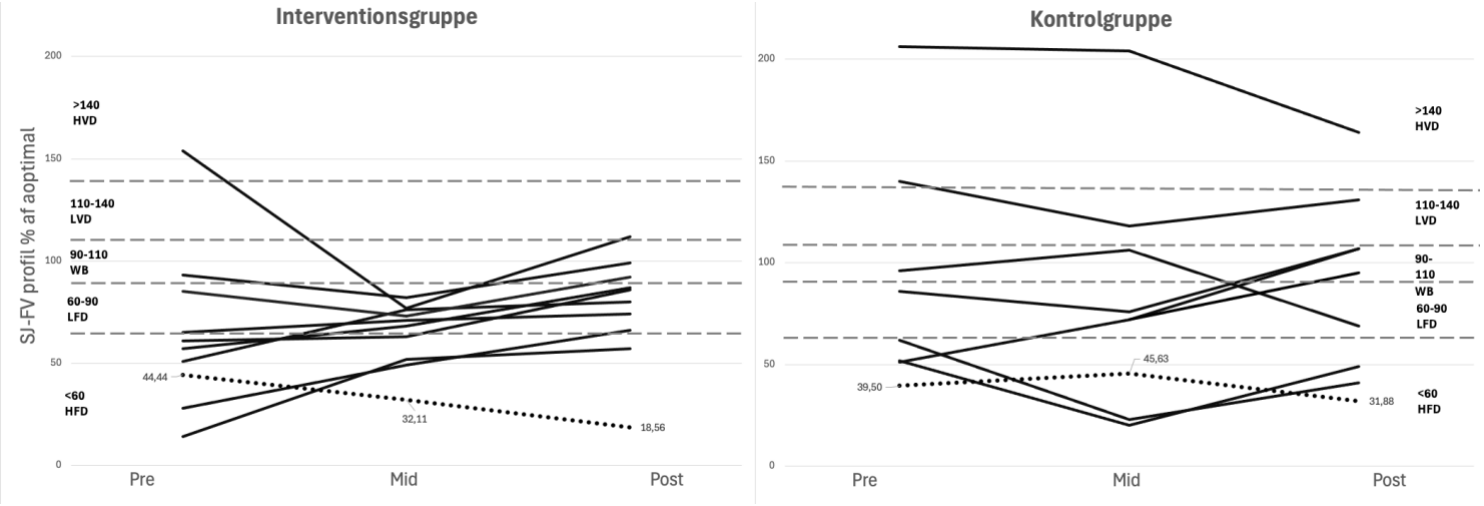
Pmax i interventionsgruppen var uændret fra 27,18 ± 2,59 W·kg^{-1} ved baseline til 27,97 ± 2,59 W·kg^{-1} ved midtvejs (p=1,000) og uændret til 27,54 ± 2,63 W·kg^{-1} ved post ift. baseline (p=1,000) og midtvejs (p=1,000). Kontrolgruppen var ligeledes uændret i Pmax fra 24,14 ± 2,67 W·kg^{-1} ved baseline til 28,10 ± 2,73 W·kg^{-1} ved midtvejs (p=0,241) og til 25,57 ± 2,73 W·kg^{-1} ved post ift. baseline (p=1,000) og midtvejs (p=0,747; Figur 2). Der blev ikke fundet en signifikant effekt af tid for Pmax (p = 0,230) og heller ingen signifikant gruppe x tid interaktion (p = 0,473). Effektstørrelsen for interaktionen var moderat (ηp^2 = 0,100). Maturity offset havde heller ingen signifikant effekt på Pmax (p = 0,236).



***Figur 2**: Udviklingen i estimerede middelværdier for F0, V0 og Pmax over tid i interventions- og kontrolgruppen. SD = Standard Deviation*

3.4 Kraft-hastigheds ubalance

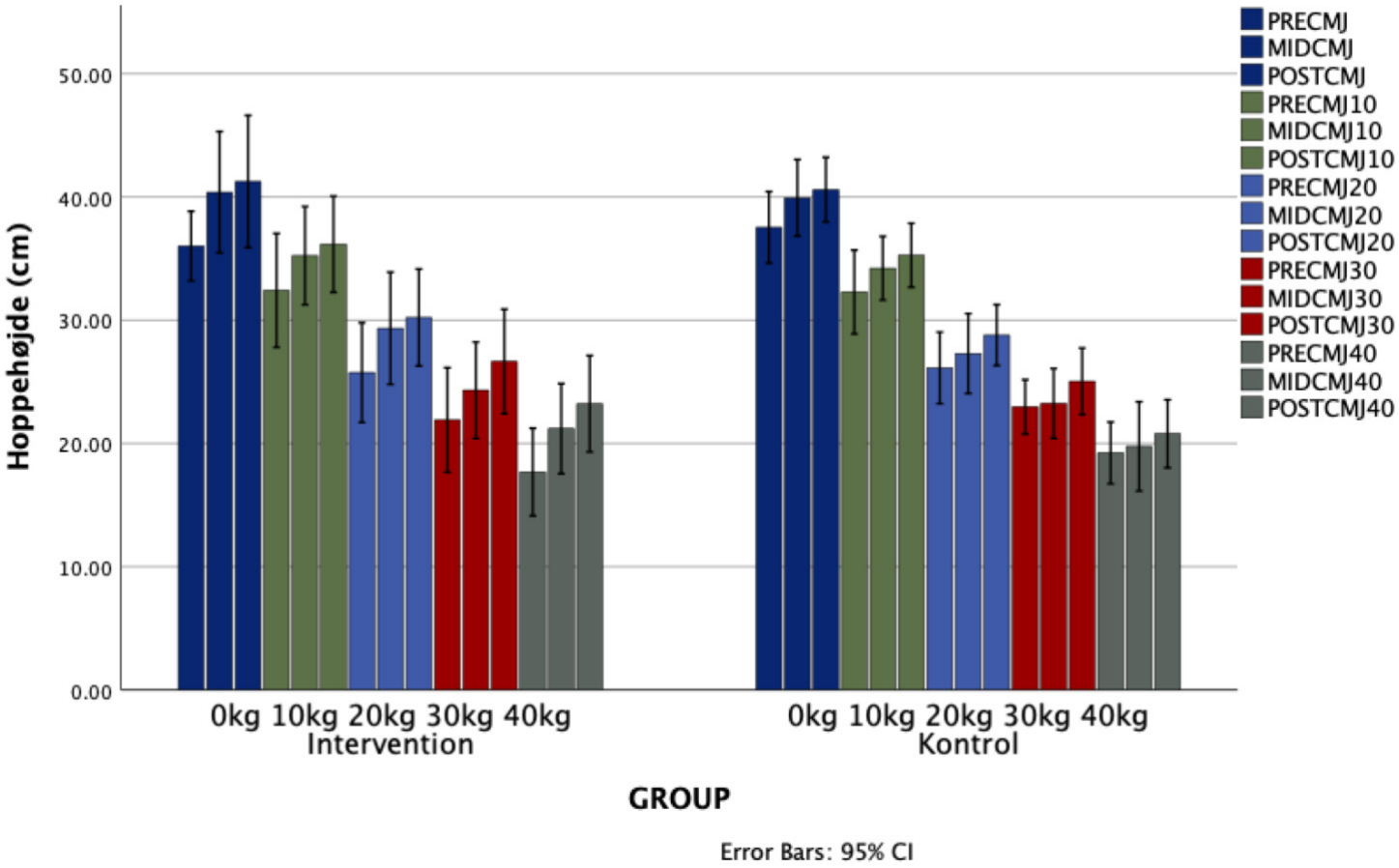
FV-imb i interventionsgruppen var uændret fra 44,4 ± 24,9% ved baseline til 32,1 ± 11,3% ved midtvejs (p=0,064) og faldt til 19,6 ± 13,7% ved post ift. baseline (p<0,001) og midtvejs (p=0,059). I kontrolgruppen var FV-imb uændret fra 39,5 ± 31,6% ved baseline til 45,6 ± 35,8% ved midtvejs (p=1,000) og uændret til 31,9 ± 24,2% ved post ift. baseline (p=1,000) og midtvejs (p=0,381; Figur 3). Der blev fundet en signifikant effekt af tid (p=0,005), men ingen signifikant gruppe x tid interaktion af FV-imb (p=0,108) efter træningsinterventionen (Figur 3). Effektstørrelsen for interaktionen var moderat (ηp^2=0,110).



***Figur 3**: Udviklingen i estimeret distance til optimal FV-balance (100% er den optimale profil) over tid i interventions- og kontrolgruppen. Stiplet linje: Udviklingen i estimeret gennemsnitlig distance til optimal FV balance (0% er her den optimale profil) over tid i interventions- og kontrolgruppen.*

3.5 Squat Jump hoppehøjde

Hoppehøjde i SJ med kropsvægt steg i interventionsgruppen fra 35,9 ± 3,2 cm ved baseline til 40,3 ± 5,5 cm ved midtvejs (p=0,005) og steg til 41,2 ± 6,0 cm ved post ift baseline (p<0,001) og midtvejs (p=1,000). I kontrolgruppen var hoppehøjden med kropsvægt uændret fra 37,2 ± 3,1 cm ved baseline til 39,9 ± 3,3 cm ved midtvejs (p=0,267) og til 40,6 ± 2,8 cm ved post ift. baseline (p=0,118) og midtvejs (p=1,000; Figur 4). Interventionsgruppen viste en større relativ forbedring i hoppehøjde med kropsvægt (14,9 ± 8,7%) sammenlignet med kontrolgruppen (7,2 ± 6,5%). Effektstørrelsen i interventionsgruppen (ES = 1,35) var større end i kontrolgruppen (ES = 0,77). Der blev fundet en signifikant effekt af tid (p<0,001), men ingen signifikant gruppe x tid interaktion (p=0,461) for hoppehøjde med kropsvægt (Figur 4).



Figur 4: *Udviklingen i estimerede middelværdier for hoppehøjde (cm) over tid (pre, midtvejs, post) ved forskellige belastninger (0, 10, 20, 30, 40 kg) i interventions- og kontrolgruppen. Data er præsenteret som middelværdier med 95% konfidensintervaller. CI = Konfidensinterval*

4. Diskussion

Nærværende studie undersøgte effekten af et 14 ugers styrketræningsprogram på baggrund af individuelle vertikale kraft-hastighedsprofiler sammenlignet med et standard program hos U17 elitefodboldspillere.

4.1 Primært fund

Det primære fund var, at der ikke blev fundet signifikante gruppe x tid interaktioner for nogen af de undersøgte variabler (F0, V0, Pmax, FV-imb, SJ), hvilket indikerer, at den individualiserede intervention ikke medførte signifikant større forbedringer end kontrolprogrammet. Dette tyder på, at styrketræning baseret på individuelle FV profiler, i denne kontekst, ikke er signifikant bedre end et mere generisk kontrolprogram. F0 ser ud til at være den variabel, der ændrer sig mest signifikant over tid ($p=0,019$), men da begge grupper følger samme overordnede udvikling, kan ændringen ikke tilskrives den individualiserede intervention alene. Der blev dog observeret moderate til store effektstørrelser ved både F0 ($\eta p^2 = 0,093$), V0 ($\eta p^2 = 0,103$) og Pmax ($\eta p^2 = 0,100$), hvilket indikerer, at der kan have været relevante forskelle mellem grupperne, selvom disse ikke nåede statistisk signifikans, hvilket kan skyldes den relative lille sample size ($n=17$).

4.2 Forskning på området

Resultaterne fra nærværende studie er i overensstemmelse med Lindberg et al. (2021), som ikke fandt, at individualiseret træning baseret på FV profilen medførte større præstationsforbedringer sammenlignet med traditionelle træningstilgange (Lindberg et al., 2021). Lindberg et al. (2021) rapporterede desuden, at ændringer i Pmax var stærkere relateret til forbedringer i hoppepræstation end ændringer i FV-imb (Lindberg et al., 2021). Dette er relevant i fortolkningen af nærværende resultater, hvor der blev observeret forbedringer i SJ over tid uden der blev fundet en signifikant gruppe x tid-interaktion for FV-imb. Det skal dog bemærkes, at Pmax heller ikke ændrede sig statistisk signifikant i nærværende studie, hvorfor Pmax ikke direkte kan identificeres som forklaringen på forbedringen i SJ. Lindberg et al. (2021) bidrager derfor primært med en fortolkningsramme, der understreger, at forbedret hoppepræstation ikke nødvendigvis kan forklares ved en reduceret FV-imb alene (Lindberg et al., 2021).

Denne fortolkning understøttes også af Solberg et al. (2025), som i et systematisk review og metaanalyse fandt, at FV baseret styrketræning kan bidrage til at korrigere FV-imb og forbedre hoppehøjde, men at forbedringerne generelt var sammenlignelige med ikke optimerede træningstilgange (Solberg et al., 2025). Samtidig fandt de, at effekterne på Pmax generelt var små og ofte uklare, hvilket understøtter, at det fortsat er usikkert, om individualisering er mere effektiv end velstruktureret standard træning.
Dette stemmer overens med nærværende studie, hvor den individualiserede intervention ikke medførte signifikant større forbedringer end kontrolprogrammet.
Det betyder dog ikke, nødvendigvis at FV træning ikke har praktisk relevans. Et systematisk review af Teng et al. (2023) fandt, at optimeret træning baseret på individuelle FV profiler var mere effektive end generelle træningsprogrammer hos unge sprintere (Teng et al., 2023).
Overførbarheden til nærværende studie bør dog tolkes med forsigtighed, da reviewet primært omhandler sprintatleter, mens nærværende studie undersøger eliteungdomsfodboldspillere.

4.3 FV-imb

FV-imb blev reduceret over tid (p=0,005), men der blev ikke fundet en signifikant gruppe x tid interaktion (p=0,108). Det indikerer, at FP generelt bevægede sig tættere på deres teoretisk optimale FV-profil, men at denne udvikling ikke var signifikant større i interventionsgruppen end i kontrolgruppen. Dette udfordrer antagelsen om, at individualisering fører til en mere effektiv optimering af FV profilen end et standardiseret styrketræningsprogram. Samtidig viste interventionsgruppen en tendens til større individuelle forbedringer mod den teoretisk optimale FV balance, mens udviklingen i kontrolgruppen fremstår mere varierende, med både forbedringer og forværringer (Figur 3). Dette afspejles også i den relativt store effektstørrelse for interaktionen (ηp^2 = 0,110), hvilket kan indikere, at enkelte FP fra interventionsgruppen responderede positivt på interventionen, uden at effekten var tilstrækkelig til at opnå statistisk signifikans. I en praksisnær eliteungdomskontekst, hvor spillerne eksponeres for fælles styrketræning, fodboldtræning og kampbelastning, kan det være vanskeligt at isolere effekten af en individuel FV baseret intervention på gruppeniveau, og på kun én styrketræning i løbet af en uge. Det betyder at den manglende signifikante gruppe x tid interaktion i nærværende studie, kan skyldes det lave antal FP, den store individuelle variation og for lidt difference mellem interventionstræning og kontroltræning.

4.4 Squat Jump

Den begrænset forskel i den samlede træningsstimulus mellem grupperne kan også være relevant i fortolkningen af SJ resultaterne. Både interventions- og kontrolgruppen øgede SJ hoppehøjde, men pga. manglende statistisk signifikans ved gruppe x tid interaktionen (p=0,461), kan denne forskel dog ikke tolkes som en effekt af den individualiserede træning. Dette stemmer overens med tidligere forskning, hvor både styrke- og power træning generelt har vist positive effekter på hoppepræstation, uafhængigt af FV baseret individualisering (Lindberg et al., 2021; Ma et al., 2025; Loturco et al., 2024; Franco-Marquez et al., 2015). Det kan indikere, at velstruktureret styrketræning i sig selv kan være tilstrækkeligt til at forbedre hoppepræstation hos eliteungdomsspillere, uden nødvendigvis at individualiseres ud fra FV profiler. Dog blev der i nærværende studie observeret en numerisk større forbedring hos interventionsgruppen (+14,9 ± 8,7%) end i kontrolgruppen (+7,2 ± 6,5%) (figur 4), ligesom effektstørrelsen ligeledes var større i interventionsgruppen (ES = 1,35) end i kontrolgruppen (ES = 0,77). Det ændrer ikke på den statistiske konklusion, men det peger på, at den individualiserede træning muligvis har haft en praktisk betydning, som studiet ikke havde tilstrækkelig statistisk styrke til at påvise sikkert. En mulig forklaring er, at begge grupper modtog en relativt stærk træningsstimulus gennem interventionsperioden. Kontrolgruppen fungerede ikke som en passiv kontrolgruppe, men gennemførte både det fælles tirsdagsprogram og et standardiseret kontrolprogram om torsdagen. Selvom kontrolgruppens torsdagsprogram ikke var individualiseret, indeholdt det flere øvelser og intensitetszoner, som var sammenlignelige med det program, de velbalancerede (WB) FP i interventionsgruppen gennemførte. Derfor kan forbedringerne i SJ hoppehøjde i begge grupper afspejle en generel effekt af styrketræning, snarere end en specifik effekt af FV baseret individualisering.

4.5 Biologisk modenhed

Tidligere forskning af Niederdraeing og Zentgraf (2025) peger på, at biologisk modenhed kan have betydning for horisontale FV parametre i ungdomsfodbold (Niederdraeing & Zentgraf, 2025). De fandt f.eks., at spillere med større afstand til PHV havde højere værdier for V0 og Pmax sammenlignet med spillere tættere på PHV (Niederdraeing & Zentgraf, 2025). Dette understreger, at udviklingsmæssige faktorer bør inddrages i fortolkningen af FV profiler hos unge fodboldspillere, særligt når spillerne befinder sig omkring eller kort efter PHV. I nærværende studie blev der dog ikke fundet nogen signifikant effekt af maturity offset på hverken F0, V0 eller Pmax.

Det indikerer, at variation i biologisk modenhed ikke i sig selv forklarede variationen i F0, V0 og Pmax inden for denne population. Her befandt alle spillerne sig efter deres Peak Height Velocity (PHV). Spillernes gennemsnitlige PHV blev beregnet med Mirwalds formel til 14,6 ± 0,5 år, hvor spillerne i gennemsnit var mellem ca. 1,2 og 3,3 år efter PHV (Mirwald et al., 2002). Det indikerer, at der trods ens kronologisk alder, stadig eksisterer variation i biologisk modenhed inden for gruppen af U17 spillere. Den manglende effekt af maturity offset på F0, V0 og Pmax kan hænge sammen med, at spillerne i dette studie befinder sig i en relativt ensartet post PHV fase, hvor forskellene i biologisk modenhed er mindre udtalte og derfor ikke i samme grad påvirker variablerne. Dermed står resultaterne fra nærværende studie ikke nødvendigvis i modsætning til af Niederdraeing og Zentgraf (2025), men peger snarere på, at betydningen af biologisk modenhed kan være mindre tydelig i en relativt homogen post PHV gruppe. Samtidig adskiller nærværende studie sig metodisk ved at undersøge ændringer over tid i en vertikal SJ baseret FV profil, mens Niederdraeing og Zentgraf (2025) undersøgte horisontal sprintprofil på tværs af modenhedsstadier (Niederdraeing & Zentgraf, 2025). Modenhed og PHV er altså relevant at have in mente, men det kan dog tyde på, at de observerede ændringer i F0, V0 og Pmax i nærværende studie i højere grad må fortolkes i lyset af træningskonteksten, den lille sample size og inter individuel variation i træningsrespons end som et udtryk for forskelle i biologisk modenhed.

4.6 Begrænsninger

En central begrænsning ved nærværende studie er den relative lille sample size (n=17), som reducerer den statistiske styrke og øger risikoen for type II-fejl. Dette er særligt relevant, da flere af resultaterne viste moderate til store effektstørrelser uden signifikante gruppe x tid-interaktioner. Den lille sample size betyder desuden, at enkelte FP resultater kan få relativt stor betydning for det samlede gennemsnit, hvilket gør resultaterne mere følsomme overfor inter individuel variation.

En anden begrænsning er, at kontrolgruppen ikke fungerede som passiv kontrolgruppe, men gennemførte både det fælles tirsdagsprogram og det standardiseret kontrolprogram om torsdagen. Samtidig deltog både interventions- og kontrolgruppen i den almindelige fodbold- og kampbelastning gennem hele interventionsperioden. Derfor er forskellen mellem gruppernes samlede belastning reduceret, hvilket vanskeliggør isolering af den specifikke effekt af den individualiseret intervention. Dette blev dog gjort for at gennemføre studiet i en praksisnær elitemiljø kontekst, hvilket både fungerer som en styrke og en begrænsning.

På den ene side øger det studiets økologiske validitet, da interventionen blev implementeret under realistiske forhold, hvor det på den anden side betyder det, at der både ikke var fuld kontrol over FP samlede belastning og at den samlede træningsbelastning grupperne imellem kun var adskilt af torsdagstræningen, hvor grupperne trænede forskelligt fra hinanden.

Biologisk modenhed blev estimeret ved hjælp af Mirwalds formel. Dette er en praktisk og udbredt metode til estimering af maturity offset, men den er stadig et indirekte estimat og ikke en direkte biologisk måling (Mirwald et al., 2002). Derfor bør resultaterne vedrørende maturity offset fortolkes med forsigtighed.

En yderligere metodisk faktor, der kan have haft betydning for fortolkningen af resultaterne, er måleusikkerheden forbundet med den vertikale FV profilering. I nærværende studie blev F0, V0 og Pmax estimeret indirekte ud fra SJ hoppehøjde, kropsmasse og push-off distance. SJ hoppehøjden blev målt med en flyvetids baseret hoppemåtte, hvilket er en praktisk anvendelig metode i en klubkontekst, men samtidig betyder det, at beregningerne af F0, V0, Pmax og FV-imb afhænger af præcisionen i både testudførelse og måleinput. Dette er særligt relevant, fordi små variationer i startposition, push-off distance, flyvetid eller teknisk udførelse kan påvirke de beregnede variabler. Lindberg et al. (2021) har tidligere vist, at FV parametre baseret på vertikale hop kan være forbundet med reliabilitets udfordringer, særligt for V0 mens F0 og Pmax generelt fremstår mere robuste afhængigt af metode og testprotokol (Lindberg et al., 2021). Så på trods af, at testproceduren blev standardiseret med fast opvarmning, individuel startposition og gentagne forsøg ved hver belastning, kan måleusikkerhed fortsat have bidraget til øget støj i data og dermed reduceret muligheden for at påvise signifikante gruppeforskelle. Hvis variationen i målingen af F0, V0 og Pmax er stor i forhold til de ændringer, der sker gennem interventionen, bliver det vanskeligt at afgøre, om ændringerne afspejler reelle træningstilpasninger eller variation i testmetoden. Resultaterne bør derfor fortolkes med en vis forsigtighed, særligt for V0 og FV-imb, hvor små ændringer i måleinput kan få relativt stor betydning for de beregnede værdier.

Samlet set betyder disse begrænsninger, at resultaterne ikke bør tolkes som endelige beviser for, at FV baseret individualisering ikke har effekt, men snarere som et udtryk for, at interventionen ikke kunne påvises at være signifikant mere effektiv end et standardiseret program i denne konkrete eliteungdomskontekst.

5. Konklusion

Et 14-ugers individualiseret styrketræningsprogram målrettet spillernes vertikale kraft–hastighedsprofil var ikke mere effektivt til at forbedre F0, V0, Pmax, FV-imb eller SJ præstation end et standardiseret styrketræningsprogram hos U17 elitefodboldspillere. Resultaterne indikerer derfor, at FV individualisering ikke nødvendigvis giver en yderligere træningseffekt sammenlignet med velstruktureret standardtræning i en praksisnær eliteungdomskontekst.

Begge grupper forbedrede SJ præstation og bevægede sig tættere på den teoretisk optimale FV profil. FV profilering kan derfor betragtes som et potentielt brugbart redskab til monitorering og forståelse af individuelle mekaniske profiler, men bør ikke anvendes som eneste grundlag for træningsplanlægning.

6. Perspektivering

Nærværende studie bidrager til den aktuelle diskussion om anvendelsen af vertikal FV profilering som redskab til individualisering af styrketræning i eliteungdomsfodbold. Resultaterne viser, at en FV individualiseret intervention ikke medfører statistisk signifikant større forbedringer i F0, V0, Pmax, FV-imb eller SJ præstation sammenlignet med et standardiseret kontrolprogram, selvom der blev observeret numerisk større forbedringer i interventionsgruppen. Dette understøtter tidligere fund fra Lindberg et al. (2021) og Solberg et al. (2025), som ligeledes peger på, at FV individualisering ikke nødvendigvis er mere effektiv end velstruktureret standardtræning (Lindberg et al., 2021; Solberg et al., 2025). I et sportsmedicinsk perspektiv indikerer resultaterne, at FV profilering bør anvendes med forsigtighed som selvstændigt beslutningsgrundlag, særligt i eliteungdomsmiljøer, hvor biologisk modning, kampbelastning, skadesrisiko og interindividuel variation kan påvirke træningsresponsen. FV profilering kan dog fortsat have praktisk værdi som monitoreringsværktøj til at identificere individuelle profiler og følge udvikling over tid. Fremtidige studier bør undersøge større populationer, længere interventionsperioder og tydeligere forskelle mellem interventions- og kontrolprogrammer.

7. Litteraturliste

Dam, T. V., Dalgaard, L. B., Sevdalis, V., Bibby, B. M., Janse de Jonge, X., Gravholt, C. H., & Hansen, M. (2022). Muscle performance during the menstrual cycle correlates with psychological well-being, but not fluctuations in sex hormones. Medicine & Science in Sports & Exercise, 54(10), 1678–1689. DOI: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002961

Fernández-Galván, L. M., Boullosa, D., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Casado, A. (2021). Examination of the sprinting and jumping force–velocity profiles in young soccer players at different maturational stages. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(9), 4646, 1-11. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph18094646

Franco-Márquez, F., Rodríguez-Rosell, D., González-Suárez, J. M., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., Yañez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2015). Effects of combined resistance training and plyometrics on physical performance in young soccer players. Medicine & Science in Sports and Exercise, 47(8), 1653–1663. DOI: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000584

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force–velocity profiling during jumping. Journal of Strength and Conditioning Research, 31(8), 2019–2027. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001645

Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B. R., Thorsen Frank, M., Haugen, T., Østerås, S., Kristoffersen, M., Midttun, M., Sæland, F., & Paulsen, G. (2021). Force-velocity profiling in athletes: Reliability and agreement across methods. PLOS ONE, 16(2) 1-20. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245791

Lindberg, K., Solberg, P., Rønnestad, B. R., Frank, M. T., Larsen, T., Abusdal, G., Berntsen, S., Paulsen, G., Sveen, O., & Bjørnsen, T. (2021). Should we individualize training based on force-velocity profiling to improve physical performance in athletes? Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 31(12), 2198–2210. DOI: https://doi.org/10.1111/sms.14044

Loturco, I., et al. (2024). Jump squat vs. resisted sprint training programs applied to elite youth soccer players: Effects on sprint and power-related performance. Journal of Strength and Conditioning Research, 38(12), 2107-2113. DOI: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39178147/

Mirwald, R., Baxter-Jones, A., Bailey, D., & Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. Medicine and Science in Sports and Exercise, 34(4), 689–694. DOI: https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020

Morin, J.-B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power–force–velocity profiles for individualized and specific training. International Journal of Sports Physiology and Performance, 11(2), 267–272. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0638

Niederdraeing, L., & Zentgraf, K. (2025). Force-velocity profiling among different maturational stages in young soccer players: A cross-sectional study. International Journal of Strength and Conditioning, 5(1). DOI: https://doi.org/10.47206/ijsc.v5i1.366

Oliver, J. L., Ramachandran, A. K., Singh, U., et al. (2024). The effects of strength, plyometric and combined training on strength, power and speed characteristics in high-level, highly trained male youth soccer players: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 54, 623–643. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-023-01944-8

Samozino, P., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Morin, J.-B. (2014). Validity of a simple method for measuring force, velocity and power output in squat jump. Journal of Strength and Conditioning Research, 28(12), 3373–3381. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000575

Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. Journal of Biomechanics, 41(14), 2940–2945. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028

Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J.-B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements – altius: citius or fortius? Medicine & Science in Sports & Exercise, 44, 313–322. DOI: https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a

Shuzhen Ma, Yanqi Xu, Simao Xu (2025). Effects of physical training programs on healthy athletes' vertical jump performance: A systematic review and meta-analysis. Journal of Sport Science and Medicine, 24, 236-257. DOI: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12131147/

Solberg, P., Hopkins, W. G., Andersen, V., Lindberg, K., Bjørnsen, T., Sæterbakken, A., & Paulsen, G. (2025). Force–velocity profile-based training to improve vertical jump performance: A systematic review and meta-analysis. Scientific Reports, 15, 22468, 1-13. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-00870-1

Teng, S. M., Ishak, A., Zolkafi, M. A. A., & Chin, N. S. (2023). Optimized training of force-velocity profiling on young sprinters' performance: A systematic review. International Journal of Human Movement and Sports Sciences, 11(2), 326–334. DOI: https://doi.org/10.13189/saj.2023.110209

Zabaloy, S., Pareja-Blanco, F., Giráldez, J. C., Rasmussen, J. I., & Gálvez González, J. (2020). Effects of individualised training programmes based on the force-velocity imbalance on physical performance in rugby players. Isokinetics and Exercise Science, 28(3), 181–190. DOI: https://doi.org/10.3233/IES-192196

8. Manchet

9. Introduktion

Valget af problemstilling tager udgangspunkt i den stigende anvendelse af kraft-hastigheds (FV) profilering i praksis, på trods af et ikke entydigt evidensgrundlag. Dette skaber et behov for undersøgelser, der både afprøver metodens effekt og forholder sig kritisk til de teoretiske antagelser. Den metodiske tilgang er valgt med henblik på at balancere kontrol og praksisnær relevans, hvor en høj grad af standardisering i testningen kombineres med et realistisk træningsmiljø som i dette tilfælde er i Randers FC ungdom.

Denne manchet har til formål at uddybe de teoretiske og metodologiske overvejelser, der ligger til grund for nærværende artikel. Den giver dermed mulighed for en mere nuanceret og kritisk refleksion over de valg, der er truffet i artiklen, samt deres implikationer. Artiklen tager udgangspunkt i anvendelsen af FV profiler som grundlag for individualiseret styrketræning i en eliteungdomskontekst. Selvom denne tilgang i stigende grad anvendes i praksis, er evidensen for dens effekt ikke entydig. Særligt er der modstridende resultater i relation til forståelsen af FV ubalancer og deres betydning for præstation. I denne manchet vil der derfor være særligt fokus på en kritisk gennemgang af den anvendte teoretiske ramme, valg af testmetode, statistiske analyser samt diskussionsafsnit.

10. Centrale teorier

Den centrale teori for artiklen tager primært udgangspunkt i FV relationen, som beskrevet i arbejdet af Samozino (2008) (Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2010). Metoden bygger på antagelsen om en lineær sammenhæng mellem kraft og hastighed under eksplosive bevægelser, hvor individets maksimale kraft (F0) og maksimale hastighed (V0) repræsenterer yderpunkterne på denne linje. Heraf kan det maksimale power output (Pmax) estimeres, og samtidig kan der beregnes en optimal FV profil, som teoretisk set maksimerer power for en given bevægelse. Afvigelser fra denne optimale profil, ofte betegnet som kraft-hastigheds ubalance (FV-imb), antages at repræsentere individuelle mekaniske begrænsninger, som kan ændres gennem specifik træning. Metoden forudsætter blandt andet en lineær sammenhæng mellem kraft og hastighed under den koncentriske fase af squat jump (SJ). Denne antagelse indebærer, at F0 og V0 kan estimeres som yderpunkterne i en lineær regression baseret på hop udført med forskellige belastninger. I praksis kan relationen dog afvige, hvilket kan påvirke hældningen på FV relationen og dermed estimaterne af F0, V0 og Pmax.

Derudover forudsætter modellen, at kroppens massecenter accelereres på en ensartet måde gennem push-off fasen, og at kroppen kan betragtes som en samlet masse (Samozino et al., 2012). Dette indebærer en forenkling af de komplekse segmentbevægelser, der forekommer under et spring. Variationer i bevægelse under hop mellem forsøgspersoner eller mellem testtidspunkter kan derfor påvirke de beregnede tal, uden nødvendigvis at afspejle reelle ændringer i hoppehøjde. Samlet set betyder disse antagelser, at FV profilen bør betragtes som en modelbaseret estimering, hvor resultaterne afhænger af både målemetode og udførsel af SJ testen (Samozino et al., 2012; Samozino et al., 2014).

Denne forståelse har dannet grundlag for en række interventionsstudier, hvor individualiseret styrketræning baseret på den enkelte atlets FV profil har til formål at optimere præstation. Særligt har et studie af Jiménez-Reyes (2017) peget på, at træning rettet mod kraft-hastigheds deficits kan føre til forbedringer i eksplosive præstationsparametre (Jiménez-Reyes et al., 2017). Nyere studier, herunder Lindberg (2021), har dog ikke fundet, at individualiseret træning baseret på FV profiler giver større præstationsforbedringer sammenlignet med mere traditionelle træningsformer (Lindberg et al., 2021).

11. Teoretiske diskussioner

En central diskussion i litteraturen omhandler forholdet mellem optimering af FV balancen og udviklingen af Pmax. Selvom metoden forudsætter, at en optimal balance mellem F0 og V0 er afgørende for præstation, peger noget eksisterende litteratur på, at forbedringer i eksplosiv præstation ofte ledsages af ændringer i Pmax, hvilket rejser spørgsmål om den praktiske betydning af FV balancen (Lindberg et al., 2021).

Derudover er overførbarheden fra FV profiler til sportsspecifik præstation genstand for debat (Salim et al., 2026). Vertikale springtests, såsom SJ, muliggør en kontrolleret vurdering af den mekaniske kraftudvikling, men repræsenterer samtidig en forenklet bevægelse sammenlignet med komplekse sportsspecifikke handlinger (Salim et al., 2026). Tidligere forskning har vist, at FV profiler er bevægelsesspecifikke, og at vertikale og horisontale profiler ikke nødvendigvis afspejler de samme mekaniske karakteristika (Samozino et al., 2014; Jiménez-Reyes et al., 2017; Salim et al., 2026). Det betyder, at målinger fra vertikale spring ikke nødvendigvis kan overføres til præstation i sprint eller retningsskift, hvor kraftretning, koordination og tekniske faktorer spiller en væsentlig rolle. Sammenhængen mellem FV parametre og præstationsudfald må derfor betragtes som opgavespecifik og afhængig af testmetode, hvilket begrænser generaliserbarheden (Salim et al., 2026). På den baggrund bør FV profilering ikke betragtes som en entydig forklaringsmodel for præstation, men som et værktøj til at beskrive kraft-, hastigheds- og power-egenskaber i den specifikke testbevægelse. Den praktiske anvendelse afhænger af testens kontekst, og resultaterne bør derfor fortolkes i forhold til den specifikke bevægelse, der testes (Samozino et al., 2014; Morin & Samozino, 2016).

12. Centrale metoder

12.1 Design

I nærværende studie er SJ valgt som test til udarbejdelse af FV profiler, primært fordi testen er mere praktisk tilgængelig og lettere at implementere i et dagligt træningsmiljø sammenlignet med sprintbaserede tests. Valget af SJ er desuden begrundet i, at vertikale hop repræsenterer en relativt simpel bevægelse, som er let at standardisere og dermed velegnet til mekanisk analyse. Samtidig anses hop for at være en central fysisk præstationsvariabel, der både direkte og indirekte relaterer sig til eksplosive bevægelser i mange sportsgrene (Jiménez-Reyes et al., 2017). Valget af SJ som testmetode er også for at isolere den koncentriske kraftudvikling, da bevægelsen eliminerer indflydelsen fra stræk–forkortningscyklus, som er til stede i fx et countermovement jump (Samozino et al., 2008). På den måde muliggør SJ en høj grad af standardisering gennem en kontrolleret startposition uden countermovement, hvilket reducerer variation i målingerne (Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2014). Samtidig er SJ praktisk anvendelig i en elitekontekst med begrænsede ressourcer og tid, da den kun kræver en hoppemåtte, målebånd og ekstern vægt. Selvom denne tilgang muliggør en kontrolleret vurdering af eksplosiv kraftudvikling, er det fortsat uklart, i hvilken grad resultaterne kan overføres til mere komplekse og sportsspecifikke bevægelser såsom sprint og retningsskift (Jiménez-Reyes et al., 2017).

Den teoretiske ramme bygger primært på Samozino metoden, hvor hoppehøjde i SJ med forskellig ekstern belastning anvendes til at estimere centrale parametre såsom F0, V0 samt Pmax (Samozino et al., 2008). Heraf beregnes den individuelle FV profil og den tilhørende FV-imb, som udtrykker afvigelsen fra en teoretisk optimal FV profil. Metoden bygger på en antagelse om en lineær sammenhæng mellem kraft og hastighed, hvilket udgør en forenkling af komplekse neuromuskulære forhold (Samozino et al., 2008).

I artiklen anvendes forskellige ”FV-imb thresholds” til at afgøre, hvilket træningsprogram de enkelte testresultater fører til. Disse thresholds er fastlagt ud fra et studie af Jiménez-Reyes (2017) og havde til formål at kategorisere spillerne ud fra deres FV profil og dermed muliggøre en differentieret styrketræningstilgang ud fra deres individuelle FV-imb (Jiménez-Reyes et al., 2017). Disse thresholds er defineret som afvigelsen fra den optimale FV profil og ser ud som følger: High force deficit (<60%), Low force deficit (60–90%), Well balanced (90–110%), Low velocity deficit (110–140%) og High velocity deficit (>140%).

FV-imb thresholds er ifølge Jiménez-Reyes (2017) lavet for at kategorisere spillerne ud fra både typen, men også størrelsen af deres FV-imbalance således, at træningsprogrammet kunne målrettes den individuelle kraft- eller hastigheds ubalance. Styrketræningsprogrammet var derfor også udarbejdet med inspiration af Jiménez-Reyes (2017), hvor træningen blev struktureret ud fra forskellige områder af FV-spektret (Jiménez-Reyes et al., 2017).

I nærværende studie er der dog foretaget tilpasninger i forhold til både øvelsesvalg og rækkefølge, så programmerne i højere grad passer til Randers FC's U17 drenge og deres træningserfaring. Der er primært taget udgangspunkt i de overordnede kategorier fra Jiménez-Reyes (2017) strength, strength-power, power, power-speed og speed, samt de tilhørende belastningszoner (% af 1RM og kropsvægt), mens specifikke øvelser er udvalgt og justeret med henblik på praktisk anvendelighed.

12.2 Dataanalyse fordele og ulemper

I dataanalysen er der anvendt lineære mixed models (LMM), hvor tid (baseline, midtvejs og post) indgår som within-subject faktor og gruppe (intervention vs. kontrol) som between-subject faktor. Denne tilgang er valgt frem for Analysis of Variance (ANOVA), idet LMM muliggør håndtering af gentagne målinger samt tager højde for inter individuel variation gennem inkludering af deltager som random effect. Dette er særligt relevant i en eliteungdomspopulation, hvor variation i både fysisk niveau og udviklingsstatus kan være betydelig. En anden fordel ved LMM er modellens evne til at håndtere gentagne målinger fra samme individ. I modsætning til ANOVA, som forudsætter uafhængighed mellem observationer og ofte kræver, at sphericity-antagelsen er opfyldt, tager LMM højde for, at gentagne målinger fra samme individ er korreleret over tid. Dette er med til at øge modellens robusthed og reducerer risiko for bias.

Derudover er LMM særligt velegnet i situationer med manglende data. Hvor ANOVA typisk kræver komplette datasæt og dermed ekskluderer deltagere med manglende målinger kan LMM inkludere alle tilgængelige observationer i datasættet. Det har været en styrke i denne kontekst, hvor der var en forsøgsperson (FP) som udgik fra kontrolgruppen pga. skade under interventionsperioden. I nærværende studie er FP inkluderet som random effect, hvilket betyder, at modellen tager højde for individuelle forskelle i både udgangspunkt og udvikling over tid. LMM muliggør også inkludering af kovariater, hvilket kan justere for potentielle confounders i interventionen, såsom biologisk modenhed, som kan påvirke træningsrespons.

Dette styrker den interne validitet og gør det i højere grad muligt at isolere effekten af træningsinterventionen fra naturlige udviklingsprocesser.

12.3 Biologisk modenhed

Biologisk modenhed udgør en væsentlig metodologisk udfordring i studier af ungdomsatleter (Murtagh et al., 2018). Forskning har vist, at FV parametre i høj grad er relateret til både kronologisk alder og maturity offset, hvilket indebærer, at ændringer i F0, V0 og Pmax ikke nødvendigvis kun skyldes træningsinterventioner alene (Fernández-Galván et al., 2021; Zghal et al., 2025). Selvom forsøgspersonerne i nærværende studie befinder sig efter peak height velocity (PHV), kan der fortsat være betydelig variation i fysisk udvikling, hvilket potentielt kan påvirke resultaterne af interventionen. Dette understreger nødvendigheden af at inddrage modenhed som kovariat i analysen samt at fortolke resultaterne med forsigtighed.

Det var vigtigt for nærværende studie at lave en praktisk realistisk interventionsperiode, hvor styrketræningen ikke nødvendigvis var første prioritet, da det typisk også er sådan det ser ud i fodbold elitemiljøer, hvor kampe er det vigtigste. Det indebærer imidlertid også en række confounders, såsom fodboldtræning tæt omkring styrketræning, individuel belastning fra spillere som spiller op og ned på hold samt kampbelastning, som ikke kan kontrolleres fuldstændigt. Dermed afspejler studiet i højere grad praksis end laboratoriebetingelser, hvilket både styrker relevansen og kompleksiteten i fortolkningen af resultaterne.

13. Metodologiske problemstillinger

Sample size er relativt lille (n=17), hvilket kan reducere den statistiske power og dermed sandsynligheden for at identificere reelle forskelle mellem grupper. Derudover kan interventionsperiodens varighed på 14 uger samt træningsfrekvensen på to ugentlige styrketræningspas og et ugentligt interventionspas have været utilstrækkelig til at fremkalde tydelige adaptationer grupperne imellem. Der var kun mulighed for ét interventionspas om ugen ift. U17 spillernes program, hvor det var vigtigt for klubben at beholde det normale tirsdags styrketræningspas. En anden væsentlig udfordring i studiet er, at FP samtidig indgår i et fodboldmiljø med betydelig trænings- og kampbelastning. Denne ekstra belastning udgør en potentiel confounder, idet det kan være vanskeligt at isolere effekten af styrketræningsinterventionen fra øvrige træningsstimuli. Hertil kommer variation i compliance og træningskvalitet, som yderligere kan påvirke interventionens effekt. Hoppehøjden blev bestemt ved hjælp af en hoppemåtte, hvilket også kan have haft indflydelse på den hoppehøjde som forsøgspersonerne opnåede under testning.

13.1 Compliance og træningskvalitet

Compliance og træningskvalitet kan være en faktor, som har haft indflydelse på den faktiske træningsstimulus forsøgspersonerne imellem, hvilket kan have påvirket interventionens effekt. Forsøgspersonernes deltagelse og udførelse kan have varieret som følge af kampbelastning, restitutionstilstand, skader eller forskellig prioritering af ovenstående. Derudover kan forskelle i teknisk udførelse af øvelserne, indsatsniveau under styrketræning og valg af belastning have påvirket styrketræningseffekten hos forsøgspersonerne. Dette betyder, at forsøgspersoner i samme gruppe ikke nødvendigvis har modtaget en identisk træningsstimulus, hvilket kan reducere forskellene mellem grupperne og dermed gøre det vanskeligere at identificere interventionens effekt. Sådanne variationer er vanskelige at kontrollere i et praksisnært elite miljø, men afspejler samtidig de betingelser, hvor træningen typisk gennemføres.

13.2 Confounders som ekstra belastning

Der blev forsøgt at korrigere for eventuelle confounders så godt som muligt, ved at testlederen var til stedet ved alle styrketræningssessioner. Dette muliggjorde løbende justering af belastningen over tid hos alle forsøgspersoner, samt ensartet instruktion i teknisk udførelse. Forsøgspersonernes indsats blev italesat og gjort opmærksom på, for at gøre dem opmærksom på deres individuelle indsats ved hver styrketræningssession.

Testlederen var ikke til stede ved samtlige fodboldtræningssessioner, og variation i spilletid, træningsintensitet og individuel belastning kan derfor have påvirket forsøgspersonernes samlede træningsbelastning og adaptationsrespons. For at reducere denne påvirkning blev der løbende foretaget en dialog med både forsøgspersonerne og klubbens fysiske træner om den overordnede belastning. På baggrund heraf blev styrketræningen justeret individuelt med henblik på at tilpasse træningsstimulus til den enkelte forsøgspersons aktuelle belastning og restitutionstilstand. Dette medførte i enkelte tilfælde, at forsøgspersonerne ikke gennemførte hele den planlagte styrketræning, men i stedet fik reduceret volumen eller intensitet som følge af den samlede trænings- eller kampbelastning. Denne metodologisk begrænsning kan have haft en effekt på interventionens resultater, men det afspejler samtidig den praksisnære kontekst, hvor interventionen blev gennemført.

13.3 Hoppemåtte og hoppehøjde

En anden metodologisk problemstilling er hoppehøjden, som i dette studie er blevet målt ved hjælpe af en hoppemåtte (SpeedMat). Hoppehøjden beregnes derfor ud fra tiden fra FP letter fra hoppemåtten (takeoff) og til landing på måtten igen. Beregningen forudsætter, at fodplaceringen ved takeoff og landing er ens, hvilket i praksis ikke altid er tilfældet. Variationer i bl.a. knævinkel, hoftefleksion eller fodposition ved landing kan forlænge flyvetiden og dermed føre til en overestimering af hoppehøjden uden nødvendigvis at afspejle en reel ændring i hoppehøjden. På samme måde kan aktive bevægelser af underekstremiteterne under svævefasen påvirke målingen, idet ændringer i kropsposition kan ændre tidspunktet for kontakt med måtten. Disse måleusikkerheder er særligt relevante i FV profilering, hvor hoppehøjden indgår i beregningen af F0, V0 og Pmax. Små variationer i flyvetid kan derfor forplante sig i de afledte kraft-hastigheds parametre og påvirke fortolkningen af ændringer over tid. Især hvis man ikke hopper på samme måde under udførslen af pre-, midtvejs- og posttest.

Samlet set afspejler studiet en praksisnær kontekst, hvilket øger den økologiske validitet, men samtidig gør det vanskeligt at kontrollere alle relevante variabler. Dette understreger, at effekten af interventionen bør fortolkes i lyset af kompleksiteten i et praktisk realistisk elitemiljø, hvor isolering af enkeltstående træningseffekter er metodologisk udfordrende.

14. Litteraturliste

Fernández-Galván, L. M., Boullosa, D., Jimenez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Casado, A. (2021). Examination of the sprinting and jumping force-velocity profiles in young soccer players at different maturational stages. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(9), 1-11. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph18094646

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force–velocity profiling during jumping. Frontiers in Physiology, 7(677), 1-13. DOI: https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00677

Lindberg, K., Solberg, P., Rønnestad, B. R., Frank, M. T., Larsen, T., Abusdal, G., Berntsen, S., Paulsen, G., Sveen, O., Seynnes, O., & Raastad, T. (2021). Should we individualize training based on force–velocity profiling to improve physical performance in athletes? Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 31(12), 2198–2210. DOI: https://doi.org/10.1111/sms.14043

Morin, J.-B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power–force–velocity profiles for individualized and specific training. International Journal of Sports Physiology and Performance, 11(2), 267–272. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0638

Murtagh, C. F., Brownlee, T. E., O'Boyle, A., Morgans, R., Drust, B., & Erskine, R. M. (2018). Importance of speed and power in elite youth soccer depends on maturation status. Journal of Strength and Conditioning Research, 32(2), 297–303. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002367

Salim, K., Khalid, E. M., Chmura, P., & Abderrazak, R. (2026). Vertical force–velocity profiling in soccer: A systematic review of evidence, assumptions, and limitations. Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 11(99), 1-15. DOI: https://doi.org/10.3390/jfmk11010099

Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J.-B. (2014). Force-velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. International Journal of Sports Medicine, 35(6), 505–510. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382

Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. Journal of Biomechanics, 41(14), 2940–2945. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028

Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2010). Jumping ability: A theoretical integrative approach. Journal of Theoretical Biology, 264(1), 11–18. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2010.01.021

Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J.-B. (2012). Optimal force–velocity profile in ballistic movements—Altius: Citius or Fortius? Medicine & Science in Sports & Exercise, 44(2), 313–322. DOI: https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a

Zghal, F., Rebai, H., Colson, S. S., Samozino, P., Rahmani, A., Peyrot, N., & Morin, J.-B. (2025). Age-related differences in jumping and sprinting performance and force production capacities in young soccer players. European Journal of Sport Science, 25(10), 1-12. DOI: https://doi.org/10.1002/ejsc.12301