



FYSIOLOGISK TESTNING AF JUNIOR ELITEGYMNASTER - HVILKE TESTS OG HVORFOR?

Ole H. Hansen^a

^a *Cand.Scient.Stud. Syddansk Universitet og praktikant ved Vejstrup Efterskole*

Afleveringsdato:
Anslag:

31. oktober 2016
26.178

Resume: Dette studie havde 2 formål; 1) at undersøge sammenhænge mellem fysiologiske tests og springperformance ved junior elitegymnaster (6 piger og 11 drenge) og 2) at belyse test-retest reliabilitet af en repetitiv hoppetest ved elitegymnaster (4 piger og 6 drenge) og non-elitegymnaster (6 piger og 6 drenge). Gymnasterne blev rekrutteret gennem Vejstrup Efterskole og trænede teamgym eller power tumbling. Samtlige gennemgik antropometriske mål, Counter Movement Jump (med og uden 50% kropsvægt som belastning), 5m og 25m sprinttest, Yo-yo test (Interval Restitution niveau 1) samt repetitiv hoppetest. Af disse test blev der fundet signifikant sammenhæng mellem teamgym-pigers fedtprocent og samlede springperformance ($p < 0,01$), power tumbling-drenge fedtprocent og samlede springperformance ($p < 0,05$) og mellem teamgym-drenge sprinthastighed over 25m og performance i minitrampolin ($p < 0,05$). Den repetitive hoppetest viste høj test-retest reliabilitet ($CV = 7,9\%$; $ICC = 0,8$), men viste ingen forskel imellem elite og non-elite eller sammenhæng med springperformance. Studiets resultater vidner om, at tidligere antagelser om, at junior teamgymnaster og power tumblere skulle have høj powerudvikling og høj eksplosiv muskelstyrke ikke er korrekt. Det foreslås at undersøge med større sample size og benytte tests med anden fokus for yderlig belysning af gymnasters fysiologiske kapacitet.

Keywords: *Fysiologiske tests, Elitegymnaster, Springperformance, Repetitiv Hoppetest, Reactive Strength Index, Test-retest Reliabilitet.*

Introduktion

Internationalt er idrætsgymnastik (IG) den mest anerkendte form for konkurrencegymnastik, bl.a. ved at være en del af det olympiske program. I Danmark er IG endvidere i tæt samarbejde med Team Danmark (39).

Denne opmærksomhed betyder, at der er foretaget mange tests af idrætsgymnaster, for at klarlægge, hvilke antropometriske, fysiologiske og biomekaniske variable der er afgørende for høj performance (9,14,18,24,25). Studier der allerede har belyst de antropometriske variable, vidner om, at elitegymnaster har en relativ lav kropshøjde (3,29) og lav fedtprocent (9,13,12). Dog kan

disse variable være påvirkelige af ændrede konkurrenceforhold, alt efter konkurrenceform og gymnastikdisciplin, samt det årti konkurrencer og tests er gennemført i (18).

Gymnastikken opfattes som en eksplosiv sportsgren, hvor sprint, hurtige afsæt og høj hoppehøjde er afgørende for succesfuld gennemførelse af springkombinationer og generel performance (3). Derfor er de typiske tests, der benyttes for at belyse gymnasters fysiologiske kapacitet ofte sprinttest, squat jump og counter movement jump (3,13,32).

Enkelte studier har endvidere belyst den aerobe kapacitet af elitegymnaster, hvor iltoptagelse ($VO_2\max$) er målt direkte på respiration ved trappetest (13,30). Argumentet er her, at trods de korte arbejdsperioder ved udførelse af de akrobatiske spring, så har den aerobe kapacitet indflydelse på gymnasters evne til at restituere imellem udførelsen, samt bibeholdelse af en høj træningsintensitet i et længere træningspas (30).

Dog findes der andre grene af konkurrencegymnastikken, som ikke har haft samme opmærksomhed som IG og som ikke er så velundersøgt endnu. Eksempelvis *power tumbling* (PT), som er udbredt over hele verden med Verdensmesterskaber og som en del af World Games. Et andet eksempel er *teamgym* (TG), som udspringer af en nordisk tilgang til springgymnastik, som der både bliver afholdt Nordisk- og Europamesterskab i. I både TG og PT har Danmark elitegymnaster med i internationale konkurrencer i form af landshold, som i årevis har indgået i toppen og vundet flere internationale medaljer (37,38).

Der er flere variable i IG som går igen i TG og PT (det antages bl.a. i dag blandt trænere og gymnaster, at både TG og PT kræver høj power og eksplosiv muskelstyrke som det ses i IG), men både TG og PT sætter også andre

fysiologiske krav til kroppen sammenlignet med IG. Derfor kan man ikke direkte sammenligne de resultater der foreligger her. Det er derfor relevant at se isoleret på TG og PT i forhold til fysiologisk præstation på eliteniveau.

Der foretages allerede nu forskellige tests af elitegymnaster i Danmark, men her med større fokus på skadesdiagnostisering samt henblik på at udvikle skadesforebyggende træning til gymnasterne. Dette er med god grund, da gymnastik viser sig at sætte store krav til kroppen og er en af de sportsgrene der fører til flest skadesforekomster i Danmark (27). I TG er underekstremiteterne især udsatte (16,17,21).

Der mangler derfor stadig videnskabelig belysning af, hvilke fysiologiske tests som kan give indblik i disse elitegymnasters fysiologiske kapacitet i relation til springperformance.

På denne baggrund har dette studie 2 formål:

- 1) At undersøge om der er korrelation mellem fysiologiske tests og akrobatisk springperformance hos danske junior elitegymnaster.
- 2) At undersøge reliabiliteten af nyere fysiologisk test (*Repetitiv Hoppetest: RHT*), som teoretisk er relevant for springgymnaster i både TG og PT.

Det efterfølgende vil blive delt i 3 dele:

I *Del 1* vil det etablerede testbatteri på Vejstrup Efterskole blive gennemgået og testresultaterne præsenteret og diskuteret.

I *Del 2* vil RHT blive gennemgået og testresultaterne præsenteret og diskuteret.

I *Del 3* vil der på baggrund af resultater og diskussion fra *Del 1* og *Del 2* blive konkluderet på studiets vigtigste fund og perspektiveret til videre arbejde.

Del I

1. Metode

1.1 Deltagere

Ved testbatteriet deltog 235 elever fra Vejstrup Efterskole, men der er her kun lagt vægt på elite- og landsholdsgymnaster som udfører TG og PT.

Der er her tale om en gruppe bestående af både TG-piger (*TG_P*: N = 6) TG-drenge (*TG_D*: N = 6) og PT-drenge (*PT_D*: N = 5).

1.2 Testbatteri

På Vejstrup Efterskole bliver der årligt afviklet test af samtlige elever. Der benyttes her et testbatteri som består af både fysioterapeutiske tests til at belyse skadesrisici og præstationsorienterede test for at belyse fysisk kapacitet og præstation.

Der er i dette studie kun arbejdet med de antropometriske og præstationsorienterede test:

- *Antropometri*
- *Counter Movement Jump (CMJ)*
- *Counter Movement Jump med 50% kropsvægt (CMJ+)*
- *5m og 25m sprinttest*
- *Yo-yo Interval Restitution niveau 1 (Yo-yo IR1)*

1.3 – Springperformance

Gymnasternes springperformance blev indsamlet ved personlig samtale mellem dem og en landsholdstræner og efterfølgende omregnet til point i henhold til nationalt og internationalt reglement (10,31). Der er her blevet udregnet performance for 1) banespring, 2) spring i minitrampolin og 3) samlet spring-performance.

2. Procedure

Testene blev afviklet i uge 39 (mandag og fredag morgen), hvilket var 2 uger før Europamesterskaberne i teamgym og 1 uge før power tumblerne deltog i national konkurrence. Derfor forventes det, at disse gymnaster har været i topform ved testdagene.

Testlederne på disse dage bestod af forfatteren, skolens tilknyttede fysioterapeut, undervisere og trænere ansat på skolen.

Elitegymnasterne deltog på lige fod med de øvrige elever, hvor de fulgtes i grupper af 10 til 15 elever fra test til test. Eleverne stod selv for individuel opvarmning forud for de enkelte tests og alle elever nåede ca. halvdelen af testene mandag og de øvrige fredag.

Rækkefølgen på testene var ikke ens for samtlige grupper grundet den begrænsede tid, der var afsat til at nå testene igennem.

Forud for samtlige tests blev der af testlederne forevist og kort instrueret i, hvordan testene skulle udføres.

2.1 – Antropometri

Gymnasternes alder og højde blev på testdagen noteret.

Der blev benyttet en *Tanita® bioimpedance* til at måle vægt, fedtprocent og fedtfrie masse.

Eleverne blev instrueret til at få minimum 8 timers søvn natterne til testdagene og ikke spise store måltider minimum 1 time før teststart.

2.2 – Præstationstests

2.2.1 – CMJ

Testudstyr benyttet her var *MuscleLab® IR-Mat*. Gymnasten blev placeret i mellem de to infrarøde censorer og blev her instrueret i at gå ned i benene for herefter at sætte af fra jorden og hoppe så højt som muligt. Under testen var hænderne placeret ved hoften. Det bedste af 3 forsøg blev registreret som resultat.

2.2.2 – CMJ+

Testudstyr benyttet her var *MuscleLab® IR-Mat*. Gymnasten blev placeret i mellem de to infrarøde censorer og blev her instrueret i at gå ned i benene for herefter at sætte af fra jorden, og hoppe så højt som muligt.

Under testen havde gymnasten en vægtstang med vægtskiver, svarende til 50% af gymnastens kropsvægt, placeret over nakken og skuldrene. Det bedste af 3 forsøg blev registreret som resultat.

2.2.3 – 5m og 25m sprinttest

Sprinttesten blev udført med *MuscleLab® Laser Gates*. Gymnasten startede imellem de to infrarøde censorer ved en markering for start. Herefter løb gymnasten med så høj hastighed som muligt 25m. Tiden for 5m og 25m sprint blev registreret og den bedste tid på 25m (3 forsøg) blev registreret som bedste forsøg.

2.2.4 – Yo-yo IRI

Gymnasterne gennemførte en Yo-yo test (Yo-yo IRI) på en 25m lang bane, hvor de først 5m var restitutionssområde og de efterfølgende 20m var løbebane. Banen blev markeret med plastikkegler og instruktion om løbehastighed blev givet ved afspilning af lydfil. Det sidste påbegyndte niveau blev registreret som resultat.

2.5 – Statistisk analyse

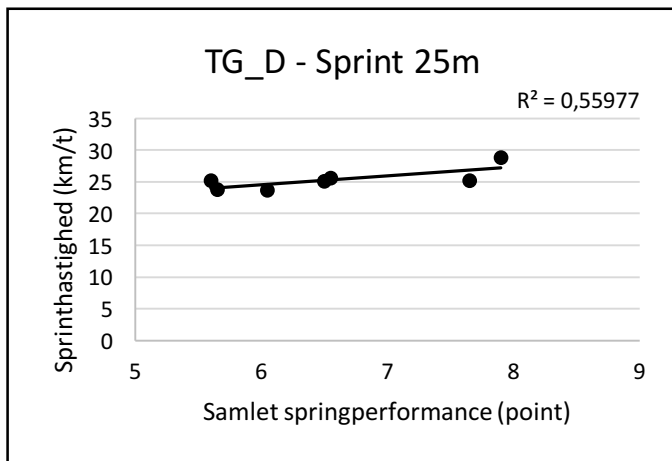
Al indsamlet data blev statistisk beregnet i Microsoft Excel®. Her blev der beregnet gennemsnit og standardafvigelse samt foretaget korrelationsanalyse og regressionsanalyse af alle test i forhold til hhv. performance i banespring, performance i minitrampolin og samlet performance.

3. Resultater

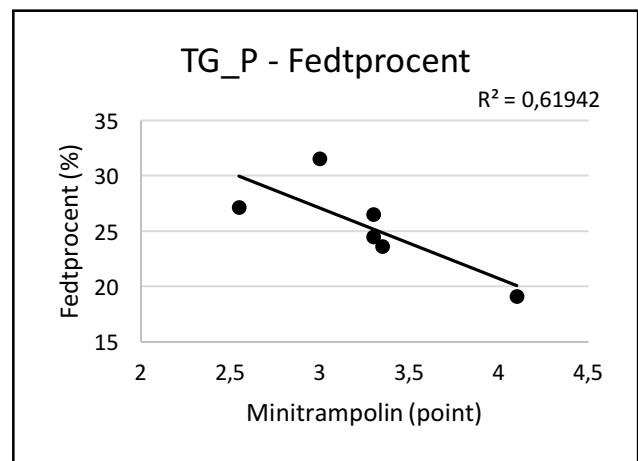
I tab. 1 fremgår det antropometriske data for de tre grupper. Der fremgår gennemsnit og standardafvigelse.

TG_P (N = 6)		
Data	Mean	SD
Alder (år)	16,0	0,3
Højde (cm)	164,0	3,7
Vægt (kg)	59,0	5,2
Fedtfri masse (kg)	43,9	2,2
Fedtprocent (%)	25,4	3,8
TG_D (N = 7)		
Alder (år)	15,9	0,7
Højde (cm)	173,0	4,3
Vægt (kg)	62,5	7,8
Fedtfri masse (kg)	55,2	6,6
Fedtprocent (%)	11,5	2,8
PT_D (N = 5)		
Alder (år)	15,7	0,6
Højde (cm)	179,8	6,4
Vægt (kg)	67,0	3,9
Fedtfri masse (kg)	59,6	3,9
Fedtprocent (%)	10,9	2,5

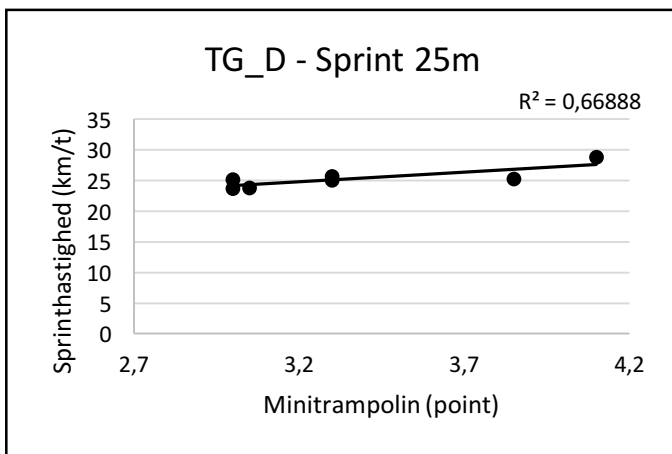
Tabel 1: Antropometrisk data for TG_P, TG_D og PT_D; gennemsnit (mean) og standardafvigelse (SD).



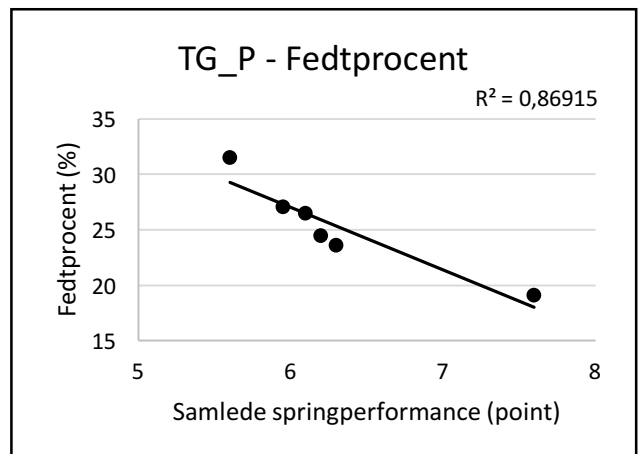
Figur 1: Lineær regression mellem TG_D's samlede springperformance og sprinthastighed over 25m ($N=7$, $p = 0,052$).



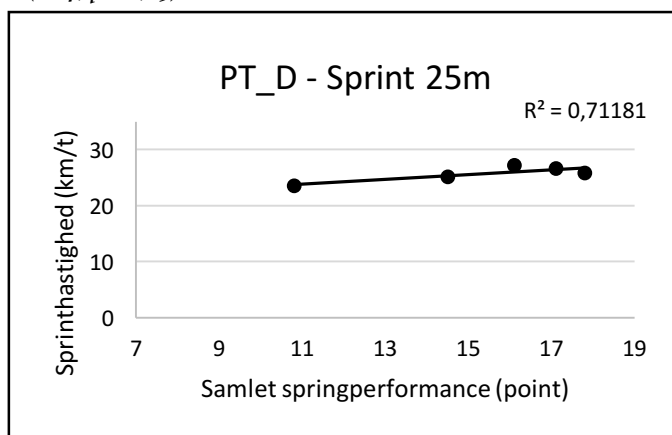
Figur 4: Lineær regression mellem TG_P's springperformance i minitrampolin og fedtprocent ($N=6$, $p = 0,06$).



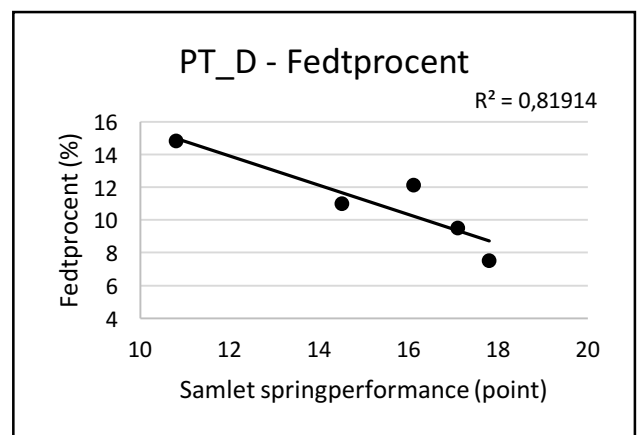
Figur 2: Lineær regression mellem TG_D's springperformance i minitrampolin og sprinthastighed over 25m ($N=7$, $p = 0,03$).



Figur 5: Lineær regression mellem TG_P's samlede springperformance og fedtprocent ($N=6$, $p = 0,007$).



Figur 3: Lineær regression mellem PT_D's samlede springperformance og sprinthastighed over 25m ($N=5$, $p = 0,06$).



Figur 6: Lineær regression mellem PT_D's samlede springperformance og fedtprocent ($N=5$, $p = 0,03$).

Der blev ikke fundet nogen signifikant sammenhæng ($p > 0,05$) mellem CMJ, CMJ+, 5m sprint eller Yo-yo IRI og springperformance.

For TG_D og PT_D er der en mindre sammenhæng mellem 25m sprint og samlet springperformance (hhv. $p = 0,052$ og $p = 0,06$). Der er her tale om en tendens til, at ved høj sprinthastighed over 25m ses høj samlet springperformance (se fig. 1 og fig. 3).

Da TG består af to discipliner blev der også undersøgt sammenhænge mellem tests og disciplinerne isoleret. Her blev der fundet en signifikant sammenhæng ($p < 0,05$) mellem TG_D's sprint over 25m og performance i minitrampolinen (se fig. 2).

For TG_P blev der fundet en tendens ($p = 0,06$) mellem performance i minitrampolin og fedtprocent (se fig. 4).

Endvidere blev der fundet en signifikant sammenhæng mellem TG_P's fedtprocent og samlede springperformance ($p < 0,01$) og mellem PT_D's fedtprocent og samlede springperformance ($p < 0,05$) (se fig. 5-6).

4. Diskussion

Samtlige tests i dette testbatteri benyttes bredt i den sportslige verden som valide test ift. bestemte sportsgrene og præstationsmål hos eliteatleter (33). Testene kan gå på tværs af sportsgrene og bør tilpasses til den enkelte udøver og sportsgren. Eksempelvis var sprinttesten i dette testbatteri modificeret til 25m, da springgymnaster sjældent har længere tilløb forud for udførelse af akrobatiske spring.

Derudover er det vigtigt at udvælge testene så de belyser de parametre, som har afgørende betydning for sportsperformance. Dette fordrer til, at man på forhånd kender de krav, der sættes til atleten.

Antropometri. Som det fremgår er der ingen statistisk sammenhæng mellem de antropometriske mål og springperformance med undtagelse af fedtprocenten. Og her er der kun tale om TG_P og PT_D.

Sammenhæng mellem fedtprocenten og springperformance kan muligvis forklares ved, at springredskabet skal påvirkes så meget som muligt, for at opnå stor vertikal forflytning af tyngdepunktet (*Center of Gravity*: CG) ved afsæt. Dette sker ved det forudgående tilløb (25m sprint), hvor der opbygges horisontal hastighed som i afsættet skal omsættes til vertikal hastighed (8). Med for høj fedtprocent ses der generelt ringere sprinthastighed (2,33), hvilket for gymnasten vil resultere i ringere vertikal forflytning af CG.

Dog vil kropsmassen også kunne begrænse resultatet af opdriften, hvis denne ikke er stor nok (8). Derfor vil det toretisk set være optimalt at have den rette kropsmasse, hvor fedtprocenten er relativ lav og muskelmassen er relativ høj. Dog viser resultaterne her, at der ikke er en signifikant sammenhæng mellem muskelmasse og springperformance. Et tidligere studie (12) har vist at fordelingen af fedt- og muskelmasse har indflydelse på performance i IG. Dette studier vidner ikke om det samme og trods sammenhæng mellem lavere fedtprocent og springperformance for TG_P, så har gymnasterne i dette studie en væsentlig højere fedtprocent end tidligere studier (3,9,12). Dette kan enten skyldes forskelligt testudstyr (skindfolds-mållinger overfor bioimpedance), eller, at det ikke nødvendigvis kræver en relativ lav fedtprocent for at performe på eliteniveau i TG.

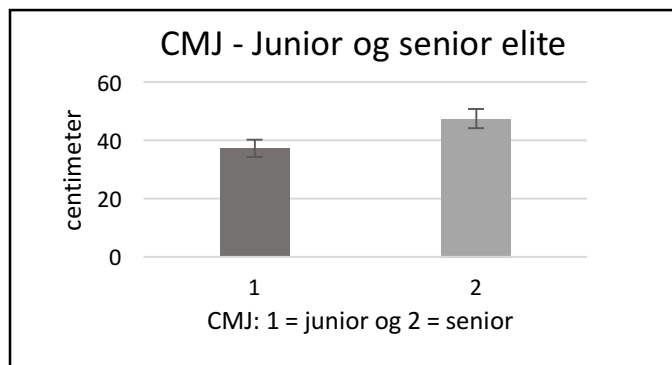
Manglende signifikant sammenhæng mellem gymnastens kropshøjde og springperformance er ikke overraskende. Atleter har mulighed for at skabe rotation omkring

både den horisontale og den vertikale akse (8). Gymnaster som er forholdsvis høje og som kan have svært ved at skabe et lille inertimoment og dermed svært ved at skabe hurtig saltrotation over den horisontale akse, kan i stedet vælge at gøre sit spring mere komplekst, ved i stedet at øge mængden af skruerotationer over den vertikale akse. Begge metoder fører til øget pointscore og det vil ud fra pointene alene ikke være muligt at bedømme, hvilket spring der er udført.

Counter Movement Jump. Et resultat som er lidt overraskende, både for trænere og for forfatteren, er gymnasternes CMJ. Der ses ingen signifikant sammenhæng mellem deres springperformance og CMJ, hvilket var en generel antagelse. CMJ er en test der indirekte kan beskrive atletens eksplosive egenskaber i muskulaturen (33). Testen måler direkte atletens *power*, hvilket er en væsentlig variabel ved bl.a. sprint og hop (15). Det er generelt opfattet blandt trænere at teamgymnaster og power tumblere er *powerfulde* og at dette er en væsentlig faktor for høj performance. Dog vidner dette studies resultater om, at dette ikke er en afgørende faktor for springperformance.

Endvidere, hvis man ser på herrelandsholdet i power tumbling er der her heller ikke nogen signifikant sammenhæng ($p > 0,05$) mellem CMJ-resultatet og deres springperformance (**upubliceret data**). Dog ses der en signifikant forskel imellem junior og senior (se fig. 7).

Dette kan muligvis skyldes, at seniorlandsholdet gennem deres opvarmning og springtræning har haft større træningsmængden med et fokus, der minder om plyometrisk træning. Plyometrisk træning er en træningsform, der kan medføre øget peak power (23,34) samt forbedre de eksplosive egenskaber i muskulaturen (6,23). Dog ser det ikke ud til, at denne muskulære egenskab er en fordel for dette studies



Figur 7: Resultat af junior og senior gymnaster på landsholdsniveau. Seniorherrerne hopper i gennemsnit 10,18cm højere end juniordrengene ($p < 0,05$).

konkurrencegymnaster ift. springperformance.

Derfor bliver det et væsentligt spørgsmål, hvilken muskulær egenskab, der så er relevant for TG og PT. Ved CMJ+, hvor gymnasten udfører testen med ydre belastning (halv kropsvægt), udviser gymnasterne også ringe performance. Ved at måle ratioen [CMJ/CMJ+] får man et billede af atletens relative muskelstyrke (20). Denne ligger generelt meget lavt (mean: TG_D = 46,6%; TG_P = 47,9%; PT_D = 50,2%). Dog skal det siges, at gymnasterne under testdagene ikke havde forudgående familiarisering af tests. CMJ+ kan være svært at udføre med maksimal indsats ved de første forsøg, bl.a. grundet fokus på kropsholdning, korrekt teknik og balance af vægtstang, mm.

Sprinttest. Ved sprinttest blev der ikke fundet nogen sammenhæng mellem 5m sprint og springperformance for nogen grupper. Dette vidner om, at gymnasternes performance ikke er så afhængige af eksplosiv muskelstyrke, som det ellers er antaget blandt trænere og gymnaster. Den eksplosive muskelstyrke kan defineres som atletens evne til at udvikle så stor kraft som muligt over kort tid (også kendt som *rate of force development: RFD*), hvilket er afgørende for performance i bl.a. sprint og hop (1).

Ved sprint over 25m ses der både tendenser for lineære sammenhænge mellem samlet springperformance og sprinthastighed ved TG_D og PT_D (hhv. $p = 0,052$ og $p = 0,06$) samt en signifikant sammenhæng mellem performance i minitrampolin og sprint-hastighed ved TG_D ($p < 0,05$).

Sammenhæng mellem performance i minitrampolin og sprinthastighed ved TG_D skyldes muligvis pga. den overførbare test har til reel performance i TG. Forud for afsæt i minitrampolinen har gymnasten normalt 25m tilløb. Holdes sprinthastighed over 5m op mod sprinthastighed over 25m ses det, at gymnasten ikke er afhængig af høj fart ved start, men nærmere ved at opbygge maksimal hastighed over de 25m. Dette ses typisk også i træning og ved konkurrencer, hvor gymnasten starter i roligt tempo og accelerer over 25m indtil afsæt i minitrampolinen.

Yo-yo IRI. Ved Yo-yo IRI blev der ikke set en signifikant sammenhæng med springperformance. Manglende sammenhæng til springperformance kan forklares ved, at de enkelte spring og springkombinationer i TG og PT, sjældent varer mere end 8 sekunder. Arbejde med høj intensitet i dette tidsinterval betyder, at der er tale om anaerobt arbejde (26).

Del 2

Repetitiv Hoppetest (RHT)

Denne test er der forfatteren bekendt ikke noget litteratur der belyser. En lignende test er blevet benyttet under Dansk Atletik Forbund, kendt som *Fodledstesten*, men her er testens reliabilitet ikke belyst. Testen, der beskrives herunder, er inspireret af fodledstesten og gennemført af både elite- og non-elitegymnaster. Argumentet for denne test af springgymnaster er, at springgymnaster udfører springkombinationer på mellem 3 til 8 spring hurtigt efterfulgt af hinanden. Denne tests outcome er *reactive strength index* (RSI). Dette er afgjort ved:

$$RSI = \frac{\text{Gennemsnitlige hoppehøjde}}{\text{Gennemsnitlige standtid}}$$

Det antages at akrobatiske spring i TG og PT er afhængige af evnen til at udvikle høj power over kort tid og at gymnasten kan gøre dette repetitivt. Målet med denne test er at sammenligne gymnasternes RSI med elite atletikudøvere, samt se på test-retest reliabilitet.

1. Metode

Testen blev udført på en *Swift Performance JumpMat®* som ved afsæt og landing kan udregne svævetid, hoppehøjde, standtid og RSI. Netop RSI er relevant at undersøge blandt springgymnaster da dette kan tolkes som et udtryk for gymnastens eksplosive muskelstyrke i underekstremiteterne. Og netop for springgymnaster i TG og PT, hvor der udføres springsekvenser af 3 til 8 spring på under 10 sekunder, antages det at arbejdet vil være sammenligneligt.

1.1 - Deltagere

Ved RHT deltog 22 gymnaster, fordelt i en elitegruppe (EG) af piger (EG_P: N = 4) og drenge (EG_D: N = 6) og en kontrolgruppe (KG) af piger (KG_P: N = 6) og drenge (KG_D: N = 6).

EG bestod af gymnaster der både rangerede højt nationalt samt landsholdsgymnaster, der rangerede højt internationalt. Gymnasterne var udøvere af både TG og PT.

I KG deltog øvede springgymnaster, som præsterede på lavere niveau og kun nationalt. Gymnasterne var udøvere af både TG og PT.

I tab. 2 er fremgår gymnasternes antropometriske data.

EG_P (N = 4)		
Data	Mean	SD
Alder (år)	16,0	0,1
Højde (cm)	163,0	4,2
Vægt (kg)	55,7	0,6
Fedtfri masse (kg)	43,9	2,5
Fedtprocent (%)	25,4	4,4
EG_D (N = 6)		
Alder (år)	16,0	0,8
Højde (cm)	177,3	6,6
Vægt (kg)	69,0	4,5
Fedtfri masse (kg)	60,5	4,5
Fedtprocent (%)	12,3	1,8
KG_P (N = 6)		
Data	Mean	SD
Alder (år)	15,8	0,6
Højde (cm)	165,2	6,1
Vægt (kg)	58,4	6,9
Fedtfri masse (kg)	43,7	3,6
Fedtprocent (%)	24,8	4,0
KG_D (N = 6)		
Alder (år)	16,3	0,6
Højde (cm)	165,2	6,1
Vægt (kg)	58,4	6,9
Fedtfri masse (kg)	57,9	6,4
Fedtprocent (%)	11,5	4,6

Tabel 2: Antropometrisk data for EG_P, EG_D, KG_P og KG_D; gennemsnit (mean) og standardafvigelse (SD).

2. Procedure

2.1 - Testbeskrivelse

Gymnasterne blev testet to gange over to forskellige dage, hvor tidspunktet for testene var det samme (aften klokken 19.00).

Ved dag 1 blev gymnasterne først introduceret til testen af testlederen (forfatteren), som foreviste og forklarede proceduren. Herefter gennemgik gymnasterne en 5 minutters standardiseret opvarmning, hvorefter gymnasterne gennemførte testen.

Gymnasterne blev instrueret i at placere sig på gulvet foran hoppemåtten med hænderne placeret ved hoftekanten. Gymnasten hoppede ind på hoppemåtten, hvor han/hun gentog 10 hop i streg. Målet med de 10 hop var at opnå så stor hoppehøjde ved så kort kontakttid som muligt. Netop denne instruktion om at hoppe så højt som muligt med så kort kontakttid imellem landing til næste afsæt, har stor indflydelse på, hvordan en atlets RSI-resultat bliver (36). Testleder kom med verbal opbakning og tilråb for at motivere til maksimal udførelse af testen. Hver gymnast gennemførte testen 3 gange på dag 1. Første forsøg var for at familiarisere gymnasten til testen og få forståelse af afsæt og landing på hoppemåtten. Andet og tredje forsøg talte og begge blev noteret.

Ved dag 2 blev proceduren fra dag 1 gentaget.

2.2 - Statistisk analyse

Al indsamlet data blev statistisk beregnet i Microsoft Excel® samt STATA®.

I Microsoft Excel® blev der beregnet Coefficient of Variation (CV) og Bland-Altman plot for at belyse test-retest reliabiliteten.

I STATA® blev der udregnet Intraclass Correlation Coefficient (ICC) og Standard Error of Measurement (SEM). Disse

statistiske beregninger er medtaget, da CV og et Bland-Altman plot ikke nødvendigvis uddyber reliabiliteten imellem to testforsøg over to testdage præcist nok (35).

Der blev udregnet gennemsnit og standardafvigelse for bedste forsøg på testdag 2. Der er her endvidere benyttet en t-test for at belyse evt. signifikante forskelle imellem grupperne. Endeligt blev der foretaget korrelationsanalyse og lineær regression imellem RSI og springperformance for landsholds og elitegymnasterne.

Ved hvert enkelt testforsøg blev der foretaget 10 hop, men hop nummer 1 og nummer 10 blev ikke medregnet i den statistiske analyse. Dette skyldes dybere og langsommere afsæt ved hop nummer 1 end ved de efterfølgende. Endvidere er hop nummer 10 ikke medregnet, da dette var kendetegnet ved at gymnasten havde svært ved at blive inden for måttens areal, hvilket muligvis har haft negativ indflydelse på gymnasternes maksimale indsats ift. hoppehøjde.

3. Resultat

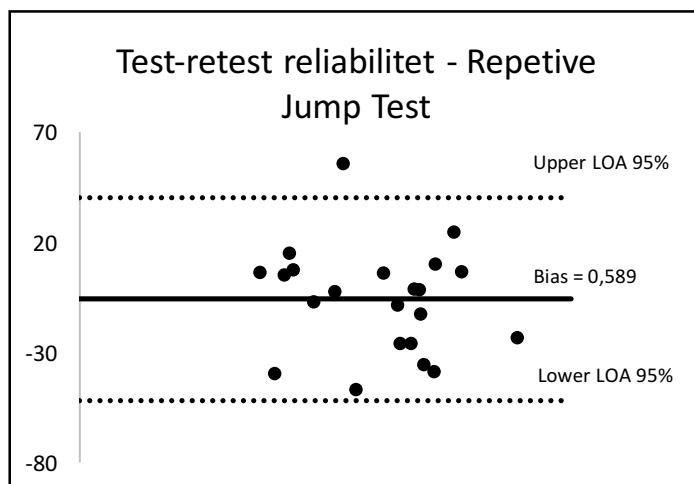
Variationen imellem testdagene er af mindre grad ($CV = 7,9\%$) og ligger inden for den acceptable grænse på [$CV \leq 10\%$] (4).

I fig. 8 ses endvidere at kun en enkelt af de 22 deltagere afviger imellem testdagene med mere end 5%. Sammenfattet betyder dette, at test-retest reliabiliteten er høj.

I tab. 3 og 4 ses der henholdsvis udregning af [$ICC = 0,82$] og [$SEM = 13,03$].

Der blev ikke fundet nogen signifikant sammenhæng mellem springperformance og RSI ($p > 0,05$) ved elitegymnasterne.

I fig. 9 ses forskellen imellem de enkelte grupper. Der er her ingen signifikant forskel ($p > 0,05$).



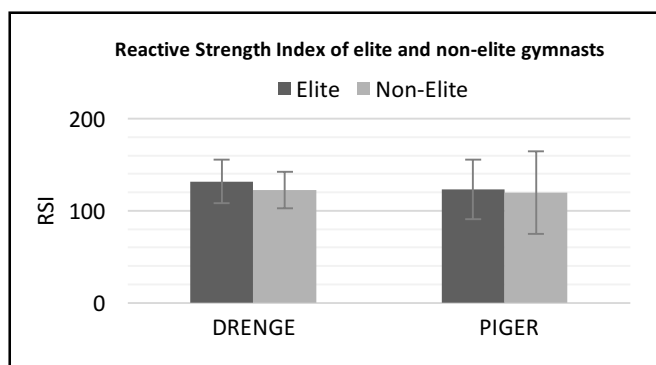
Figur 8: Bland-Altman plot med Upper og Lower Limits Of Agreement (Upper LOA = -51,9 og Lower LOA = 40,2) samt Bias (Bias = 0,59).

RSI	ICC	95% Conf. Intervall
Individual	0,6969535	0,4061771 ; 0,8609655
Average	0,8214173	0,577704 ; 0,925289

Tabel 3: Intraclass Correlation Coefficient af RHT ($ICC = 0,82$).

Standard Error of Measurement	
Alpha	0,05
Z-Score	1,959963985
SEM	13,02935659
Conf. Intervall	95,76106702 ; 146,8352063

Tabel 4: Standard Error of Measurement af RHT ($SEM = 13,01$).



Figur 9: Forskelle imellem grupperne; elitedrenge overfor non-elitedrenge og elitepiger overfor non-elitepiger. Der er ingen signifikant forskel (hhv. $p = 0,26$ og $p = 0,45$).

4. Diskussion

Dette studie viste høj test-retest reliabilitet for RHT hos springgymnaster. Dog kan testen ikke benyttes til at forudsige performance inden for akrobatiske spring, da der her ingen signifikant sammenhæng blev fundet. Endvidere kan testresultaterne heller ikke distancere elite fra non-elite, da der her ikke blev fundet nogen signifikant forskel imellem grupperne, hverken for drenge eller piger.

Sammenligner man elitegymnasternes RHT med elite atletikudøvere, der har udført fodledstesten (**upubliceret data**), ser man at elitegymnasterne er signifikant ringere end atletikudøverne (difference drenge: -39% ($p < 0,01$); difference piger: -54,5% ($p < 0,01$)). Dette betyder, at junior elitegymnaster der udøver TG og PT ikke er så eksplosive og powerfulde, som det ellers er almindeligt antaget. Dog var sample size for dette studie relativt begrænset når man ser på de enkelte grupper over for hinanden, hvilket betyder at *studiets styrke* er begrænset. Dette kan typisk føre til type 2 fejl, hvorfor det anbefales ved videre studier at rekruttere flere til gennemførelse af test (19).

Trods det at testen er stærkt reliabel, foreslås det derfor ikke at benytte den i fremtiden, som en fast del af et testbatteri, før den er blevet efterprøvet på en større målgruppe af elitegymnaster. Testen afdækker umiddelbart ikke et fysiologiske aspekt som er afgørende for springperformance i TG og PT. Det er muligt, at denne test ikke er egnet til springgymnaster grundet de springredskaber der benyttes i træning og konkurrence. Både minitrampolinen og fiberbanen, som benyttes består af elastisk og fjedrende materiale som ikke kræver et hurtigt (<250ms) afsæt. At gymnasterne træner med gentagende afsæt, hvor standtiden er

forholdsvis lang (>250ms), kan muligvis medføre et bestemt neuralt respons, der også vil blive benyttet, selvom underlaget er anderledes. Dette kan forklares ved, at der opbygges motorprogrammer der automatisk styrer bestemte bevægelser og bevægelsessekvenser (22).

I IG hvor der også udføres springkombinationer, er springgulvet som her benyttes, ikke nær så eftergivende som en fiberbane er i TG og PT, hvilket muligvis skaber forskellen til TG og PT. Derfor vil RHT muligvis bedre kunne benyttes i IG frem for dette studies målgruppe, til at se forskelle på elite og non-elite samt bruges som en præstationsprædiktør.

Testen er dog mulig at bruge til at følge med i atleters udvikling af muskulære egenskaber over tid og kan være et godt redskab til at vurdere effekten af træning hen over en sæson (II).

Del 3

I. Konklusion

Af de tests der på nuværende tidspunkt bliver benyttet til at belyse fysisk kapacitet hos junior elitegymnaster, der konkurrerer i TG og PT, er det kun muligt gennem dette studie at vise en sammenhæng til performance ved TG-pigers og PT-drenge fedtprocent og ved TG-drenge sprinthastighed over 25m.

RHT viste høj test-retest reliabilitet, men testen er umiddelbart ikke relevant for springgymnaster. Dette da 1) der blev ikke set signifikant forskel imellem elite og non-elite gymnaster, 2) der blev set ringe absolutte værdier ift. elite-atletikudøvere (hvilket var forventet, men i væsentligt mindre grad end det fremgår i dette studie) og 3) der blev ikke

set en sammenhæng imellem RHT og springperformance.

Da resultaterne af CMJ, sprint over 5m og RHT ikke viser signifikant sammenhæng til springperformance, vidner det om, at tidligere antagelser om, at springgymnaster på eliteniveau er kendetegnet ved høj eksplosiv muskelstyrke og høj power-udvikling, ikke nødvendigvis er korrekt. I stedet er der mange andre faktorer som kan spille ind, såsom tekniske færdigheder samt øvrige muskulære egenskaber (som ikke er belyst i dette studie), som bedre kan forklare sammenhænge til høj performance i TG og PT.

Det skal dog siges, at for både det etablerede testbatteri på Vejstrup Efterskole og for RHT var der tale om en mindre sample size når det kommer til elitegymnaster, hvilket mindsker studiets styrke.

2. Perspektivering

Testbatteriet på Vejstrup Efterskole bliver benyttet til både at overvåge træningseffekter ift. præstationsoptimering og skadesforebyggelse, men kun fedtprocentmålingen og sprinthastighed vidner om sammenhæng til springperformance. Derfor anbefales det, at testbatteriet genovervejes, hvis trænere og undervisere vil have dybere indsigt i de fysiologiske krav der stilles til springgymnaster.

Studiet her sigtede efter at indføre en test (RHT) som teoretisk burde være overførbart til TG og PT, men den viste sig ikke at være relevant.

Det er muligt at testen i stedet bør erstattes af en *drop jump test* (DJ) da denne, pga. faldet forud for afsættet, minder om indspringet inden kontakt og afsæt i minitrampolinen. DJ har været benyttet tidligere til at belyse forskelle i fysiologisk kapacitet imellem

sportsgrene, hvor gymnaster viste sig at udmærke sig i denne test, muligvis pga. en træningsrelateret adaptation, der fordrer til bedre præstation ved DJ (5). Dette studie bygger på en yngre målgruppe, så brugen af DJ vil være interessant hos junior- og seniorgymnaster.

En anden test ville være en *Bosco springtest*, da denne måler den anaerobe tolerance hos gymnasten. Med denne test kan man belyse atletens evne til gentagende gange at udføre anaerobt arbejde (26). Testen kan udføres på hoppemåtte og har vist sig at være stærkt reproducerbar og nem at benytte både som laboratorie- og felttest (7,28). Det er muligt, at denne test bedre kan vise en sammenhæng til springperformance ved springkombinationer på mellem 3 og 8 spring som er almindeligt i TG og PT.

Endeligt anbefales det, at trænere og undervisere på Vejstrup Efterskole, uddannes til bedre at varetage de fysiologiske test samt forstå og følge testprotokoller, for at styrke validiteten og reproducerbarheden af testene.

Anerkendelse

Forfatteren takker og anerkender bidrag til dette studie fra følgende:

Kurt Jensen; *lektor på SDU (vejleder).*

Helge Kappel; *afdelingsleder på Vejstrup Efterskole og landsholdstræner i teamgym, GymDanmark (praktikvejleder).*

Michael Jensen; *underviser på Vejstrup Efterskole og landsholdstræner i power tumbling, GymDanmark.*

Lars Nielsen; *cheftræner, Elitekraftcenter Vest.*

Referencer

1. Aagaard, P.; Simonsen, E.B.; Andersen, J.L.; Magnusson, P.; Dyhre-Poulsen, P.: *Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training*. Journal of Applied Physiology, 93; pp. 1318-1326. 2002.
2. Aerenhouts, D.; Delecluse, C.; Hagman, F.; Taeymans, J.; Debaere, S.; Van Gheluwe, B.; Clarys, P.: *Comparison of anthropometric characteristics and sprint start performance between elite adolescent and adult sprint athletes*. Europeans Journal of Sport Science, 12(1); pp. 9-15. 2012.
3. Arazi, H.; Faraji, H.; Mehrtash, M.: *Anthropometric and physiological profile of Iranian junior elite gymnasts*. Physical Education and Sport, 11(1); pp. 35-41. 2013.
4. Beattie, K.; Flanagan, E.P.: *Establishing the reliability & meaningful change of the drop-jump reactive-strength index*. Journal of Australian Strength and Conditioning, 23(5); pp. 12-18. 2015.
5. Bencke, J.; Damsgaard, R.; Saekmose, A.; Jørgensen, P.; Jørgensen, K.; Klausen, K.: *Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 12; pp. 171-178. 2002.
6. Bojsen-Møller, J.; Løvind-Andersen, J.; Olsen, S.; Trolle, M.; Zacho, M.; Aagaard, P.: *Styrketræning*. Dansk Idræts-Forbund, 2. udgave 2006.
7. Bosco, C.; Luhtanen, P.; Komi, P.V.: *A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping*. European Journal of Applied Physiology, 50; pp. 273-282. 1983.
8. Brønd, J.; Raffalt, P.; Eiberg, S.: *Tekniktræning*. Dansk Idræts-Forbund. 2011.
9. Claessens, A.L.; Lefevre, J.; Beunen, G.; Malina, R.M.: *The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 39(4); pp.355-360. 1999
10. Danmarks Gymnastik Forbund: *GymDanmark – Trampolin & Tumbling. Reglement 2013-2017*. DGF, version: 17/08/2015; pp. 1-25. 2015.
11. Ebben, W.P.; Petushek, E.J.: *Using the Reactive Strength Index Modified to Evaluate Plyometric Performance*. Journal of Strength and Conditioning Research, 24(8); pp. 1983-1987. 2010.
12. Faria, I.E.; Faria, E.W.: *Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 29(4); pp. 369-378. 1989.
13. George, D.; Elias, Z.; George, P.: *Physiological profile of elite Greek gymnasts*. Journal of Physical Education and Sport, 13(1); pp. 27-32. 2013.
14. Gittoes, M.J.R.; Irwin, G.; Kerwin, D.G.: *Kinematic Landing Strategy Transference in Backward Rotating Gymnastics Dismounts*. Journal of Applied Biomechanics, 29; pp. 253-260. 2013.
15. Hall, S.J.: *Basic Biomechanics*. McGraw-Hill International Edition, 5. udgave 2007.
16. Harringe, M.L.; Lindblad, S.; Werner, S.: *Do team gymnasts compete in spite of symptoms from an injury?* British Journal of Sports Medicine, 38; pp. 398-401. 2004.
17. Harringe, M.L.; Renström, P.; Werner, S.: *Injury incidence, mechanism and diagnosis in top-level teamgym: a prospective study conducted over one season*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 17; pp. 115-119. 2007.
18. Jemni, M.; Friemel, F.; Lechievalier, J.; Origas, M.: *Heart Rate and Blood Lactate Concentration Analysis During a High-Level Men's Gymnastics Competition*. Journal of Strength and Conditioning Research, 14(4); pp.389-394. 2000.
19. Juul, S.: *Epidemiologi og evidens*. Munksgaard, 2. udgave 2013.

20. Kraska, J.M.; Ramsey, M.W.; Haff, G.G.; Fethke, N.; Sands, W.A.; Stone, M.E.; Stone, M.H.: *Relationship Between Strength Characteristics and Unweighted and Weighted Vertical Jump Height*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 4; pp. 461-473. 2009.
 21. Lund, S.S.; Myklebust, G.: *High injury incidence in TeamGym competition: a prospective cohort study*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 21; 439-444. 2011.
 22. Magill, R.A.: *Motor Learning and Control – Concepts and Applications*. McGraw-Hill, 9. udgave 2011.
 23. McArdle, W.D.; Katch F.I.; Katch V.L.: *Exercise Physiology – Nutrition, Energy, and Human Performance*. Wolters Kluwer – Lippincott Williams & Wilkins, 7. udgave 2010.
 24. McNitt-Gray, J.L.; Hester, D.M.E.; Mathiyakom, W.; Munkasy, B.A.: *Mechanical demand and multijoint control during landing depend on orientation of the body segments relative to the reaction force*. Journal of Biomechanics, 34; pp. 1471-1482. 2001.
 25. McNitt-Gray, J.L.; Yokoi, T.; Millward, C.: *Landing Strategies Used by Gymnasts on Different Surfaces*. Journal of Applied Biomechanics, 10; pp. 237-252. 1994.
 26. Michalsik, L.; Bangsbo, J.: *Aerob og anaerob træning*. Dansk Idræts-Forbund. 2011.
 27. Neergaard, C.; Andersen, B.: *Sportsskader – Forebyggelse, behandling og genoptræning*. Munksgaard Danmark, 2010.
 28. Sands, W.A.; McNeal, J.R.; Ochi, M.T.; Urbanek, T.L.: *Comparison of the Wingate and Bosco Anaerobic Tests*. Journal of Strength and Conditioning Research, 18(4); pp. 810-815. 2004.
 29. Sands, W.A.; Slater, C.; McNeal, J.R.; Murray, S.R.; Stone, M.H.: *Historical Trends in the Size of US Olympic Female Artistic Gymnasts*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 7; pp. 350-356. 2012.
 30. Sawczyn, S.; Zasada, M.: *The Aerobic and Anaerobic Power of the Best Young Gymnasts – Indication of Training Endurance Capabilities*. Agencja Wydawnicza Medsportpress, 13(1); pp. 86-89. 2007.
 31. Sjöstrand, P.; Lemmetty, H.; Hughes, K.; Gryga P.; Dvoracek, R.; Jónsdóttir, S.: *European Championship in Teamgym – Seniors and Juniors: Code of Points*. Union Europeenne de Gymnastique, revision B. 2015.
 32. Suchomel, T.J.; Sands, W.A.; McNeal, J.R.: *Comparison of static, countermovement, and drop jumps of the upper and lower extremities in U.S. junior national team male gymnast*. Science of Gymnastics Journal, 8(1); pp. 15-30. 2016.
 33. Tanner, R.K.; Gore, C.J.: *Physiological Tests for Elite Athletes*. Australian Institute of Sport, 2. udgave 2013.
 34. Vissing, K.; Brink, M.; Lønbro, S.; Sørensen, H.; Overgaard, K.; Danborg, K.; Mortensen, J.; Elstrøm, O.; Rosenhøj, N.; Ringgaard, S.; Andersen, J.L.; Aagaard, P.: *Muscle Adaptations to Plyometric vs. Resistance Training in Untrained Young Men*. Journal of Strength and Conditioning Research, 22(6); pp. 1799-1810. 2008.
 35. Weir, J.P.: *Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM*. Journal of Strength and Conditioning Research, 19(1); pp. 231-240. 2005.
 36. Young, W.: *Laboratory strength assessment of athletes*. IAAF, 10(1); pp. 89-96. 1995.
- Websites:**
37. Link 1:
<http://www.gymtranet.dk/discipliner/teamgym/resultater/>
 38. Link 2:
<http://www.gymtranet.dk/discipliner/tumbling/resultater/>
 39. Link 3:
<http://www.teamdanmark.dk/Fokusomrader/Elitekommuner/Artikler/Aalborg-Kommune.aspx>