UMEÅ UNIVERSITET

Påverkan av uppmärksamhetsfokus på motorisk kontroll i nedre extremitet bland icke-skadade och individer med rekonstruktion av främre korsband

En kvantitativ tvärsnittsstudie

Robin Karlsson och Joel Nyquist

Examensarbete, 15 hp
Fysioterapeutprogrammet 180 hp
Vt 2024

Fysioterapeutprogrammet 180 hp

Titel svenska: Påverkan av uppmärksamhetsfokus på motorisk kontroll i nedre extremitet bland icke-skadade och individer med rekonstruktion av främre korsband	År: 2024
Titel engelska: Impact of attention focus on motor control in the lower extremity among uninjured individuals and those with anterior cruciate ligament reconstruction.	

Författare: Robin Karlsson-robinkarlssonn1@gmail.com Joel Nyquist-joelnqst@gmail.com	Handledare: Andrew Strong, Med. Dr, Samhällsmedicin och rehabilitering, fysioterapi Yevgenia Grinberg, MSc.PT., Samhällsmedicin och rehabilitering, fysioterapi

Nyckelord svenska: Externt fokus, internt fokus, uppmärksamhet, undre extremitet, främre korsbandsoperation, motorisk kontroll.
Nyckelord engelska: External focus, internal focus, attention, lower extremity, anterior cruciate ligament operation, motor control.

Extern medverkan Ja Pågående projekt Ja

Bakgrund:
Uppmärksamhetsfokus på antingen ens egna kroppsrörelser (internt fokus) eller på effekten av ens rörelser (externt fokus) har visat sig ha en betydande roll för motorisk kontroll. Särskilt har externt fokus framstått som det mest gynnsamma i termer av både prestation och rehabilitering. Det återstår dock oklarhet om ett externt fokus är ett föredra i alla sammanhang.

Syfte:
Syftet med denna studie var att undersöka om internt och externt uppmärksamhetsfokus påverkar motorisk kontroll för nedre extremitet under en bilateral benextension och flexionsuppgift bland icke-skadade individer och individer med rekonstruktion av främre korsband.

Metod:
Deltagarna bestod av 12 icke-skadade individer och fem individer med främre korsbandsrekonstruktion (ACLR) mellan 21 och 38 år gamla. Alla deltagare utförde en ryggliggande benpressrörelse på en glidbräda med olika fokusinstruktioner som var antingen neutralt, externt på separata rör under respektive fot, internt på fötterna eller internt på knäna. Rörelserna fångades av ett 3D kamerasystem. Utfallsvariablerna var skillnaden i rörens position i sagittalplan samt rörelsens smidighet. Utfallsvariablerna jämfördes statistiskt mellan fokusinstruktioner för kontrollgruppen och mellan kontrollgruppen och ACLR gruppen för varje fokus.

Resultat:
I analysen för kontrollgruppen kunde det konstateras vissa signifikanta skillnader mellan olika fokus, där internt distalt på fötterna gav bäst resultat. Resultaten visar inte några signifikanta skillnader mellan kontroll och ACLR gruppen i någon av de valda variablerna.

Konklusion:
I enbart kontrollgruppen kunde ett fåtal signifikanta skillnader observeras när fokus ställdes mot varandra. Studiens resultat indikerar att de olika uppmärksamhetsfokus som implementerades inte hade någon signifikant skillnad i utförandet mellan grupperna. Detta kan tyda på att ett större urval eller fler studier krävs för att med säkerhet säkerställa vilket fokus som är fördelaktigt vid förbättrad smidighet och symmetri i ett liknande test.

Introduktion

Uppmärksamhetsfokus är förmågan att känna igen, styra och bibehålla ens uppmärksamhet på information - antingen verklig eller inbillad - som är relevant för att utföra en uppgift (1). En individ kan dela sin uppmärksamhet på olika sätt, exempelvis internt på kroppsrörelserna eller externt på effekten av rörelserna (2). Ett scenario inom fysioterapi där externt och internt fokus kan implementeras är till exempel om man ska instruera en patient som ska utöva en benpress i rehabiliteringssyfte. Internt fokus i detta fall kan instrueras som "tänk på att spänna lårmuskeln och sträcka på knäet", externt fokus kan instrueras som "tänk på att trycka plattan från dig" (2).

I den första studien om uppmärksamhetsfokus jämförde Wulf m.fl. effekterna av interna och externa fokusinstruktioner i stående balans på en stabilometer samt förskjutning av vikt i sidled, liknande rörelserna i en slalom. Deltagarna fick antingen instruktioner att fokusera på sina egna rörelser (internt), på effekterna av rörelserna på apparaterna (externt) eller inget specifikt fokus. Externt fokusinstruktioner ledde till bättre inlärning jämfört med internt och neutrala fokusinstruktioner för båda uppgifterna (3). Genom användning av externt fokus bidrar det till ett förbättrat rörelsebeteende som inkluderar till exempel rörelsens smidighet och hastighet, inlärning har även visat sig ta nytta vid detta fokus. Till skillnad från externt har internt fokus visat på motsatt effekt, detta kan tyda på att en ändring av instruktioner kan påverka hela kroppens kontroll av koordination (4).

Ett externt fokus har visat sig vara fördelaktigt i prestations och tekniksyfte inom olika idrottsliga och fysiska aktiviteter. Till exempel kan en riktad uppmärksamhet mot effekterna av rörelser, såsom en träffpunkt på ett rack eller rörelse av vikter, visa på förbättrad precision och skicklighet, detta tyder på om man fokuserar på yttre aspekter av en rörelse snarare än kroppens rörelser kan det optimera prestanda och teknik (5-7). Samtidigt som andra studier visar på att internt fokus också kan vara användbart i utövandet av en motorisk uppgift eller rehabilitering (8). I en systematisk översiktsartikel om uppmärksamhetsfokus påverkan på motorisk inlärning fann Wulf (4) skillnader mellan externt- och internt fokus när det kommer till precision och rörelseekonomi. Precisionen visade sig vara bättre för till exempel golfsvingar, volleybollservrar och fotbollsinkast, när man fokuserade på objektets rörelsebana eller på vart på objektet man träffar, dvs. ett externt fokus (4). Rörelseekonomi i form av muskelaktivitet har också visat sig vara bättre under till exempel en bicepscurl, när man fokuserar på det externa föremålet jämfört med internt fokus på kroppen och inget fokus. Dessa resultat tyder därför på att externt fokuset bidrar till en mer energisnål rörelse då musklerna inte jobbar lika mycket för att klara av samma uppgift (4,9).

Wulf hävdar att effekten av uppmärksamhetsfokus kan förklaras med constrained action hypothesis (hypotesen om begränsad handling), enligt vilken ett internt fokus framkallar en medveten typ av kontroll och ett externt fokus en mer automatisk kontroll. Ett internt fokus får därför individer att begränsa sitt motoriska system genom att störa automatiska kontrollprocesser medan ett externt fokus främjar omedvetna, snabba och reflexdrivna kontroller (10). Det råder dock fortfarande kunskapsluckor om varför man ser skillnader i beteende beroende på vilken typ av fokus som används.

Hjärnaktivitet och muskelaktivitet har visat sig påverkas av vilken typ av uppmärksamhetsfokus man har under olika motoriska uppgifter (11). En studie har visat att en försämring av förmågan att upprätthålla exakta och stadiga isometriska kraftsammandragningar med internt fokus åtföljdes av förhöjd parieto-occipital alfa-aktivitet

och minskad frontal mittlinje-theta-aktivitet. Dessa resultat tyder på att fokusering internt kan främja urkopplingen av visuell bearbetning och störa neuronala processer som är avgörande för förverkligandet av kognitiv kontroll (11).

I en annan studie visades skillnader i hjärnaktivering under en liggande knäextensionsuppgift med instruktioner som uppmuntrade till olika typer av uppmärksamhetsfokus. Instruktionerna för det interna fokuset var att spänna quadriceps och röra benet i takt till en metronom medan instruktioner för det externa var att lyfta underbenet till ett mål ovanför smalbenet. Ett internt fokus ledde till en ökning i hjärnområden associerade med motorisk kontroll. Den ökade aktiviteten hindrar automatisering vilket inte är att föredra vid motorisk inlärning. Ett externt fokus ledde däremot till högre kortikal aktivitet i de hjärnområdena som är associerade med syn. Denna visade ökning i aktivitet stärker hur ett externt fokus gynnar motorisk inlärning (12).

Främre korsbandsskada är en av de vanligaste förekommande idrottsskador men sker även utanför idrotten. Orsaken till en främre korsbandsskada kan ske på olika sätt men de vanligaste är genom plötsliga stopp, översträckning, riktningsförändringar och decelerationer (13). Detta är rörelser som ofta framträder inom idrotter och är rörelser som ställer stora krav på stabiliteten i knäna. I Sverige är främre korsbandsskada vanligt och har en förekomst på 80/100000 invånare vilket motsvarar cirka 8000 korsbandsskador varje år och av dessa är det cirka hälften som undergår en kirurgisk rekonstruktion (14). Det Svenska korsbandsregistret visar att ungefär en femtedel av de patienter som genomgår operation behöver ytterligare operation inom några år på grund av olika komplikationer. Dessa inkluderar främst skador på menisken och/eller brosk, begränsad rörlighet eller bristfällig funktion av det rekonstruerade korsbandet och skador på det icke opererade benet. Rehabilitering och behandling efter en skada är av stor betydelse för att återfå god funktion i knäled (14). I en översiktsartikel (s.k. commentary) av Singh m.fl. diskuterades det uppmärksamhetsfokusets påverkan på rehabilitering av främre korsbandsrekonstruktion (på engelska anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR). Författarna lyfte fram det externa fokusets påverkan på en individs förmåga att utföra olika rörelser på ett gynnsamt sätt. Vidare förklarar författarna att individer efter ACLR löper högre risk av att skada sig igen när de återgår till sport på högre nivå. Brister i motorisk kontroll kan påverka risken för upprepad skada och kan åtgärdas under rehabiliteringen med motoriska inlärningsstrategier såsom användning av olika uppmärksamhetsfokus. När man instruerar patienter i att utföra motoriska uppgifter efter ACLR har ett externt fokus riktat mot utfallet av rörelsen visat sig vara mer effektivt för att minska risken för upprepad skada än ett internt fokus på kroppsrörelser (15). Det behövs fler studier som visar på att externt fokus är fördelaktigt vid rehabilitering av främre korsbandsskada.

Syftet med denna studie var att undersöka internt och externt uppmärksamhetsfokus påverkar motorisk kontroll för nedre extremitet under en bilateral benextension och flexionsuppgift bland icke-skadade individer och individer med rekonstruktion av främre korsband.

Vår hypotes var att ett externt fokus skulle resultera i en förbättrad förmåga att upprätthålla symmetriska och smidiga rörelser jämfört med ett internt fokus bland icke-skadade individer.

Material och metod

Studiedesign
Denna tvärsnittsstudie är en pilotstudie som har genomförts i U-motion laboratory som en del av ett större projekt. Det större projektet handlar om påverkan av uppmärksamhetsfokus på motorisk kontroll i nedre extremitet samt relaterad hjärnaktivitet. Hjärnaktiviteten kommer att undersökas med funktionell magnetresonanstomografi men denna pilotstudie har bara undersökt testet i ett rörelselabb utan hjärnavbildning.

Deltagare
Individer av båda könen med antingen unilateral ACLR eller som var icke-skadade (kontrollgrupp) blev rekryterade genom informationsblad, lokala ortopedkliniker, sociala medier samt att vi förmedlade informationen till andra som i sin tur kunde föra vidare. Antalet deltagare för projektet var 12 kontroller och fem personer med ACLR.
Alla deltagare blev screenade enligt följande inklusionskriterier:

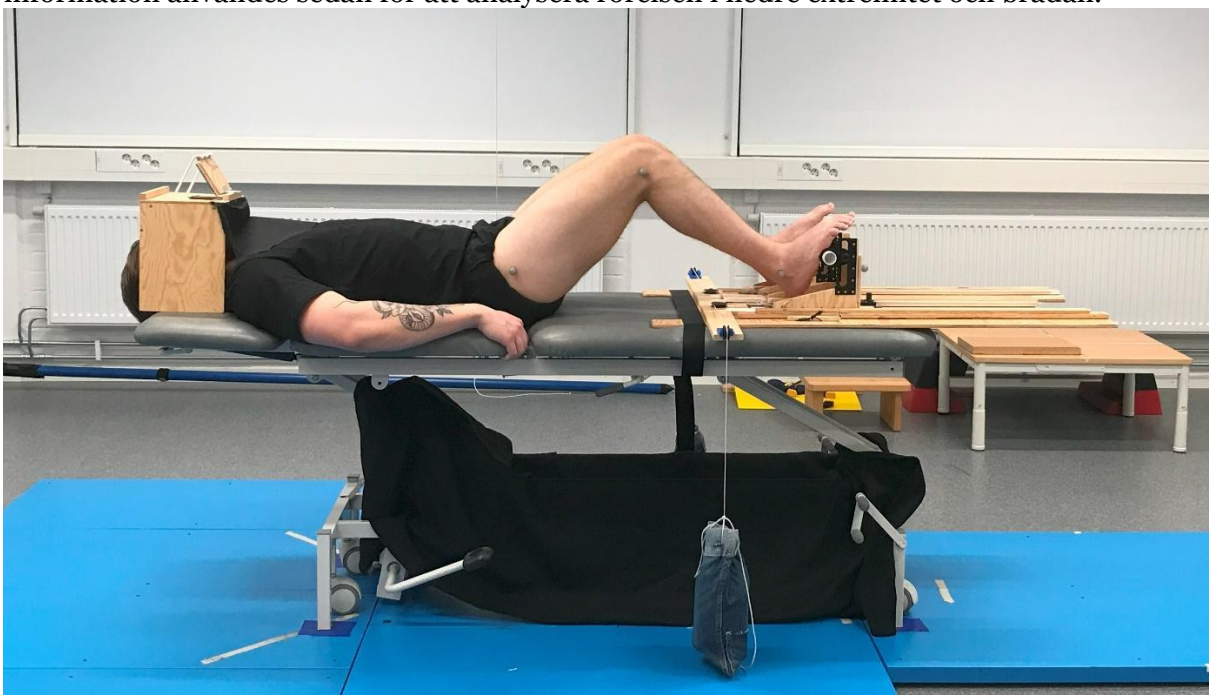
- Ålder 17-40 år
- Förmåga att kunna förstå svenska eller engelska
- Inga nuvarande eller dåvarande sjukdomar eller skador (utom rekonstruktion för främre korsbandsskada och samtidiga skador) som kan påverka det centrala nervsystemet eller funktionen i nedre extremitet.
- Deltagare med rekonstruktion av främre korsbandsskada måste ha genomgått en operation från tre månader till 13 år innan och alla deltagare måste klara av att utöva en benpress.
- Fysiskt aktiva på minst nivå två av Tegner aktivitetsskalan, ACLR nivå två före eller efter skada (16) (se bilaga 1)

Genomförande
Innan testets början fick deltagarna skatta sig själva på Tegners aktivitetsskala (16). Tegners aktivitetsskala är en skala som är mest anpassad till idrottare och relaterar till belastningen på knäet, skalan är även ett verktyg för att skatta sin aktuella aktivitetsnivå (16). Testet var uppdelat i fyra olika segment med olika uppmärksamhetsfokus, i dessa är det två repetitioner knäextension/flexion som pågick i 30 sekunder gånger fem med 20 sekunders vila emellanåt. Deltagarna genomförde repetitiva extensioner och flexioner i både knäna samtidigt som de låg på rygg med olika uppmärksamhetsfokus som gavs via instruktioner på en skärm. Rörelserna skedde på en glidbräda som satt fast i en brits (se Figur 1). Instruktionerna visades på en skärm bakom deltagaren som denne såg genom en spegel som satt på en låda ovanför huvudet. Instruktionerna presenterades genom en powerpoint som hade en förinställd timer på respektive bild, instruktionerna visades i 10 sekunder innan varje omgång med repetitioner. Instruktionerna som gavs var randomiserade inför varje testdeltagare, förutom neutralt fokus som alltid låg som första fokus, instruktionerna löd:

- Smidigt sträck och böj 2 gånger, rörelsen bör vara symmetrisk (Neutralt fokus)
- Smidigt sträck och böj 2 gånger, fokusera på att hålla dina knävinklar symmetriska (Internt fokus (proximal))
- Smidigt sträck och böj 2 gånger, fokusera på att hålla dina fötter symmetriska (Internt fokus (distal))
- Smidigt sträck och böj 2 gånger, fokusera på att hålla rören symmetriska (Externt fokus)

Hastigheten av rörelserna på 10°/s övades in tre gånger genom direkt visuell återkoppling via skärmen innan testet påbörjades. Fötterna pressades mot separata rör som var placerade under respektive fotsula. Startpositionen för knäna var 100 graders knäflexion. Ett konstant motstånd som bestod av 10% kroppsmassa applicerades på respektive ben genom bärande vikter via ett dragsystem som var kopplade till fothållarna. Motståndet var tänkt att inte orsaka trötthet men däremot bidra till konstant spänning. Efter testet fick testpersonerna

skatta de olika fokustyperna baserat på hur de trodde att de presterade, genom en rangordning (se bilaga 2). För att skatta hur mycket de fokuserade på de instruktionerna satt deltagarna ett kryss på en linje för respektive övning, detta för att se deltagarnas följsamhet för uppgiftsinstruktionerna (se bilaga 2).
Vinklarna och rörelsehastigheten på benen mättes genom ett tre dimensionellt rörelsesystem (240 Hz, Qualisys Oqus, Göteborg, Sverige) som fångade upp rörelserna av reflektiva markörer som var tejpade på 6 olika anatomiska punkter på kroppen (trochanter major, laterala epikondylen på femur och laterala malleolen, se bilaga 3) och markörer på själva brädan. Dessa markörer fångades sedan upp av åtta stycken infraröda kameror, denna information användes sedan för att analysera rörelsen i nedre extremitet och brädan.



Figur 1

Analys av resultatet
De variabler som har analyserats är medelskillnaden i rörens position i sagittalplan (i millimeter) och hastighetstoppar i vinkelhastighetskurvans profil (totalt). Dessa utfallsvariabler visar prestationsmått i rörelsens symmetri (rörens position) samt hastighetstopparna för rörelsens smidighet (motorisk kontroll). Ett minskat antal av millimeter i rörets position korrelerar med ökad symmetri i rörelsen. Ett minskat antal av hastighetstoppar korrelerar med ökad smidighet i rörelsen. Varje extension- och flexionsrörelse för varje ben har blivit individuellt analyserade för att utvärdera dess smidighet och symmetri, utefter utfallsvariablerna. Oberoende variabler är knäets vinkelhastighet och knäets rörelseomfång. Datan från inspelningen exporterades till mjukvaran Visual 3D (v.5.02.30, C-Motion Inc. Germantown, MD, USA), där utfallsvariablerna beräknades. De olika uppmärksamhetsfokusena jämfördes både inom kontrollgruppen och mellan kontrollgruppen och ACLR. De statiska tester vi använt oss utav är icke-parametriska tester på grund av få antal deltagare. Friedman test användes för inomgruppsanalysen och Mann-Whitney U för jämförelse mellan grupperna. Ifall p-värdet visade sig vara signifikant gjordes ett post-hoc test (Durbin-Conover) för att se parvisa jämförelser. För att undvika typ 1 fel utfördes även Bonferroni correction, vilket innebar att det uppsatta p-värdet (0.05) delades med antalet tester/jämförelser. För symmetrin i rörelsen blev p-värdet 0.025 (0.05/2) och för smidigheten i rörelsen blev p-värdet 0.008 (0.05/6). Alla statistiska analyser genomfördes i programvaran Jamovi (17).

Presentation av uppföljningsfrågor
Frågeformulären har presenterats genom resultat från båda frågorna där den första var att deltagarna fick rangordna vilket av de fyra instruktionerna som var bäst och sämst att följa, 1= bäst och 4=sämst. Rangordningen var efter hur symmetriska de trodde rörelsen var under respektive fokus. Deltagarna fick även sätta samma siffra under olika instruktioner ifall de upplevdes lika lätta eller svåra (se bilaga 2). I den andra frågan fick deltagarna sätta ett kryss på en linje, där ena sidan stod för "jag fokuserade inte alls på" och andra sidan stod för "jag fokuserade bara på". Linjen var 10cm vilket mättes med en linjal, sedan togs talet ut från det linjalen visade och användes som deras svar (se bilaga 2), medelvärde och standardavvikelse togs fram i Jamovi (17). En linje har valts för att få ett mer precis mått på hur testdeltagarna upplevde instruktionerna. Utöver testresultaten och frågeformulären samlades data in och kategoriserades från vad testdeltagarna fokuserade på under neutralt fokus. Datan samlades in genom att fråga testdeltagaren "vad fokuserade du på när du utförde rörelserna". Detta eftersom neutralt fokus inte innefattade några specificerade instruktioner utöver att rörelserna bör vara symmetriska.

Vårt bidrag till projektet
Testet som tillämpades i denna studie har skapats av forskare på U-motion laboratory för att undersöka uppmärksamhetsfokusets påverkan på hjärnaktivitet och samtidig motorisk kontroll i nedre extremitet bland individer med och utan ACLR. Testet har därför utformats så att det ska kunna utföras i en magnetkamera för funktionell hjärnavbildning. Vi studenter som skriver denna uppsats fick i uppgift att göra en pilotstudie för att se om detta test och tillhörande instruktioner framkallar skillnader i motorisk kontroll när det gäller uppmärksamhetsfokus.
Det som vi har gjort:

- Tagit reda på vad tidigare forskning säger om uppmärksamhetsfokus påverkan på motorisk kontroll och hjärnaktivering
- Rekryterat icke skadade individer och individer med ACLR
- Lett testutföranden
- Samlat in och analyserat data från testutföranden i programmet Qualisys Track Manager
- Bearbetat datan i Visual 3D och genomfört statistiska analyser i Jamovi
- Presenterat resultaten i form av text, tabeller och figurer
- Skrivit denna uppsats med hjälp av handledning

Etiska överväganden
Datan som samlades in inkluderade personuppgifter såsom ålder, kroppslängd och vikt, eventuell skadehistorik och aktivitetsnivå samt data kopplade till de tester som genomfördes. Denna data blev avkodad och sparad på en extern hårddisk, i en mapp som förvarades i ett brandskåp och på en privat server som endast projektansvariga hade tillgång till via lösenord. På den privata servern sparades den ena kodlistan där deltagarens namn samt ID förvarades tillsammans. Deltagarna fick ta del av ett informationsblad samt muntlig information om studien innan undersökningen vilket innehöll information om vad projektet gick ut på och vad som skulle göras, vilket urval som var aktuellt för projektet. Till detta informationsblad ingick det även två papper om medgivande som handlade om att de ansvariga fick använda sig av den data som samlades in, men även att deltagaren gick med på att den fick bli filmad och ett medgivande att de skulle delta i testet. Det ingick även information om det fanns några risker med testerna och vad som erbjöds vid möjlig skada en tid efter testerna. Det tilldelades information gällande uppgiftsbehandling och vilka som hade ansvaret för personuppgifterna, de hanterades enligt dataskyddsförordningen (18). Det framgick också att deltagandet var frivilligt och att man kunde avbryta testet när som helst om man valde att göra det och det behövdes ingen anledning till varför. Studien följde de etiska principer som fastställts av Vetenskapsrådet (19). Den större studien som vår pilotstudie var en del av har blivit etiskt godkänd (Dnr 2021 - 03860).

Resultat

Testdeltagare
Testdeltagarna som deltog var totalt 17 stycken. Kontrollgruppen bestod av 12 stycken icke-skadade personer (sju män och fem kvinnor), och gruppen med ACLR bestod av fem kvinnor. Skadeinträffandet för individerna som ingick i ACLR gruppen var mellan 2011 - 2023. Rekonstruktionen togs från strukturerna hamstring och ben-knäskålssenetransplantat. Se Tabell 1 för bakgrundsinformation för de båda grupperna.

Tabell 1. Bakgrundsinformation för kontrollgruppen och gruppen med ACL i median ± standardavvikelse om inte annars angett.

Variabler	***Kontroll***	***ACLR***
Ålder (år)	25.0 ± 2.1	26.0 ± 7.3
Vikt (kg)	79.0 ± 11.7	63.1 ± 8.8
Längd (cm)	177.0 ± 9.8	164.0 ± 3.2
Benlängd Hö.	91.0 ± 5.3	82.0 ± 4.7
Benlängd Vä.	91.0 ± 5.3	82.0 ± 4.8
Skadat ben Hö/Vä (n)	-	1/4
Bendominans Hö/Vä (n)	11/1	5/0
Tegner nuvarande	6.5 ± 2.2	4 ± 1.8
Tegner före skada	-	8 ± 0.8

Vä=Vänster, Hö=Höger, Tegner=Tegners aktivitetsskala.

Inomgruppsanalys
I kontrollgruppen gjordes en inomgruppsanalys för att identifiera vilket fokus som var mest fördelaktigt inom en rörelse för rörelsens symmetri och smidighet. Samtliga flexionsrörelser visade på signifikant skillnad i jämförelse bland fokusintruktionerna. I parvisjämförelse visade neutralt och internt distalt fokus (p<.001) samt neutralt och externt fokus på signifikant skillnad för rörelsens symmetri i flexion (p=0.013). Externt och internt distalt visade på signifikant skillnad för rörelsens smidighet i höger flexion (p<.001),se Tabell 2

Tabell 2. Medelvärde ± standardavvikelse i kontrollgruppen för rörelsens symmetri (skillnader i rörens position mätt i mm) och för rörelsens smidighet (antal hastighetstoppar i hastighetsprofilen) samt p-värde för jämförelsen mellan fokusinstruktioner (Friedmans test). Fetad text visar signifikant skillnad.

	Neutral	Externt	Internt proximalt	Internt distalt	P-värde
Rörens skillnader ext.	8.5 ± 3.86	7.8 ± 3.2	7.5 ± 2.4	7.6 ± 2.0	0.992
Rörens skillnader flex.	**13.5 ± 7.8[1,2]**	**9.3 ± 2.8[2]**	8.7 ± 3.7	**8.7 ± 2.0[1]**	**0.013**
Vä. Smidighet ext.	25.9 ± 8.3	27.9 ± 5.2	26.6 ± 5.5	26.7± 4.5	0.308
Vä. Smidighet flex.	26.7 ± 8.0	31. 0 ± 6.3	29.3 ± 6.3	29.3 ± 6.3	**0.009**
Hö. Smidighet ext.	25.8 ± 10.3	27.4 ± 7.0	26.9 ± 7.7	26.6 ± 6.8	0.552
Hö. Smidighet flex.	25.3 ± 8.0	**29.4 ± 7.6[3]**	27.5 ± 6.8	**27.5 ± 8.2[3]**	**0.007**

1NF/ID Durbin-Conover (p <.001)

2NF/EF Durbin-Conover (p=0.013)

3EF/ID Durbin-Conover (p <.001)

Vä=Vänster, Hö=Höger, Ext=extension, flex=flexion, EF=Externt Fokus, ID=Internt Distalt, NF=Neutralt Fokus.

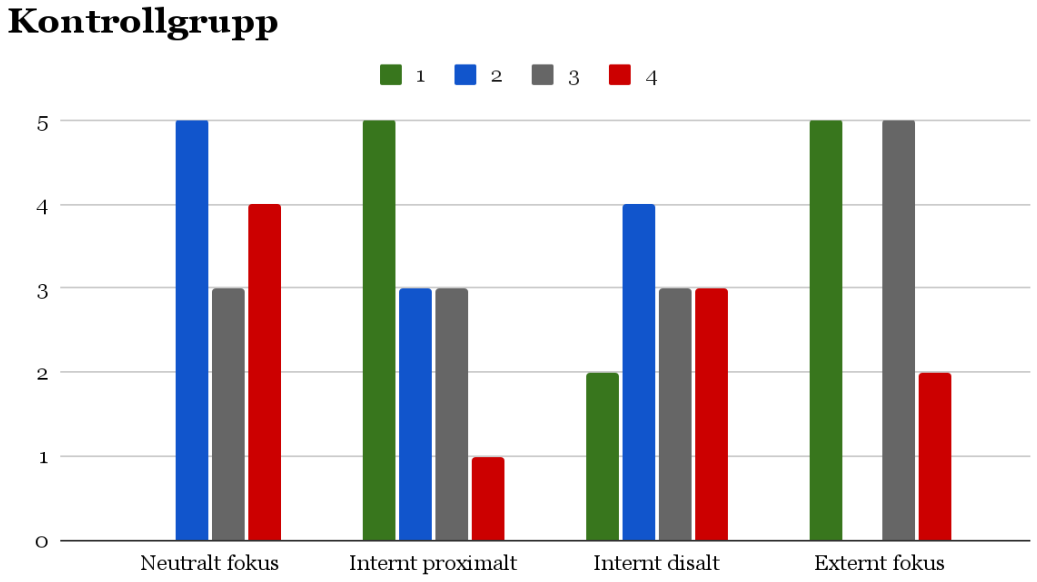
Mellangruppsanalys
Ingen signifikant skillnad hittades i jämförelse med de olika fokus och rörelser mellan kontroll och ACLR gruppen, därmed presenteras endast medelvärdet för ACLR gruppen, se Tabell 3.

Tabell 3. Medelvärde ± standardavvikelse i ACLR gruppen för rörelsens symmetri (skillnader i rörens position mätt i mm) och för rörelsens smidighet (antal hastighetstoppar i hastighetsprofilen).

	Neutral	Externt	Internt proximalt	Internt distalt
Rörens skillnader ext.	10.09 ± 2.80	8.69 ± 3.06	9.87 ± 3.69	8.17 ± 2.44
Rörens skillnader flex.	11.96 ± 4.03	9.72 ± 3.52	9.98 ± 5.11	8.94 ± 2.86
Vä. Smidighet ext.	24.4 ± 9.0	27.7 ± 3.2	28.3 ± 2.4	27.7 ± 4.0
Vä. Smidighet flex.	23.5 ± 11.1	29.2 ± 1.9	27.9 ± 3.8	26.4 ± 2.7
Hö. Smidighet ext.	24.3 ± 10.0	27.5 ± 5.4	27.4 ± 4.0	27.2± 4.3
Hö. Smidighet flex.	21.2 ± 7.4	27.5 ± 3.6	25.4 ± 3.4	24.2 ± 5.6

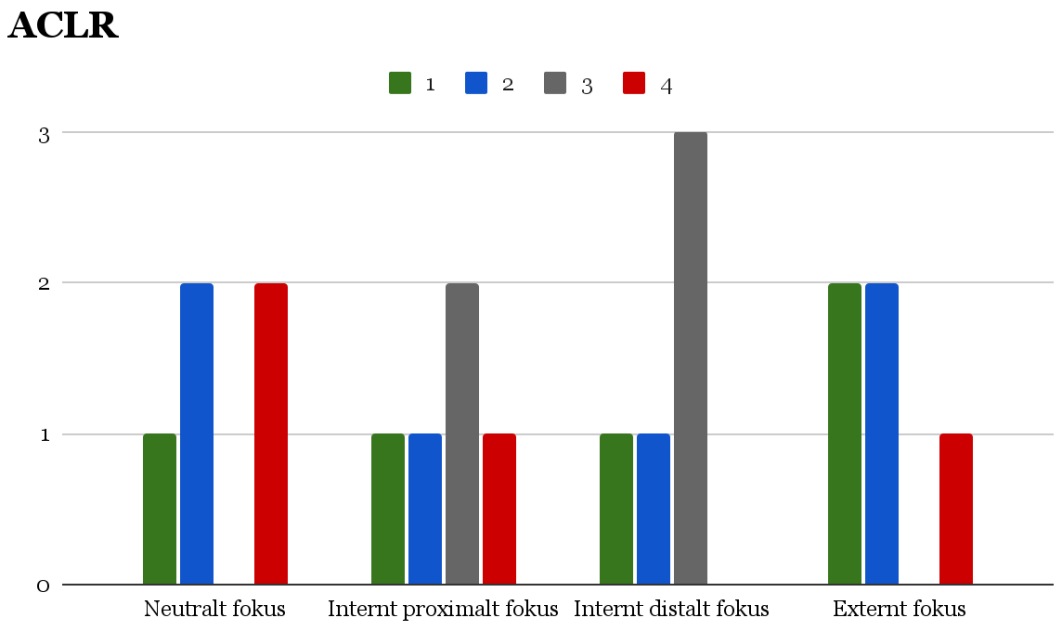
Vä=Vänster, Hö=höger, ext=extension, flex=flexion.

Uppföljningsfrågor
Resultatet av den första uppföljningsfrågan visade att den fokusinstruktionen som oftast valdes som den bästa var externt och internt proximalt fokus för kontrollgruppen. Neutralt fokus var den instruktionen som de flesta deltagarna upplevde som sämst, se Figur 2.



Figur 2. Presentation av vilket fokus testdeltagarna trodde symmetrin var bäst i. 1=bäst och 4=sämst.
Y-axel=antal, X-axel=fokusområde, färgerna representerar rangordningen.

Resultatet av den första uppföljningsfrågan för ACLR gruppen visade att den fokusinstruktionen som oftast valdes som den bästa var externt fokus. Neutralt fokus var den fokusinstruktion som oftast upplevdes som sämst,se Figur 3.



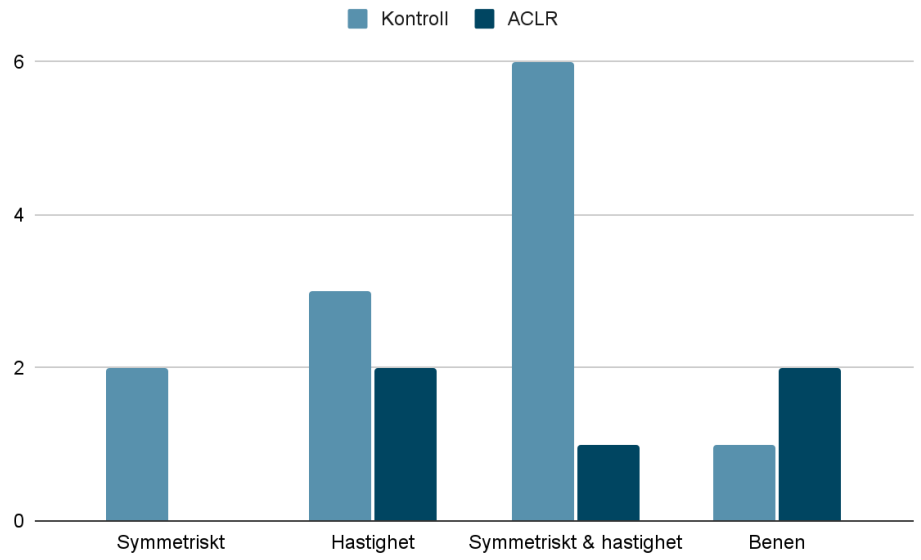
Figur 3. Presentation av vilket fokus testdeltagarna trodde symmetrin var bäst i. 1=bäst och 4= sämst.
Y-axel=antal, X-axel=fokusområde, färgerna representerar rangordningen.

Den andra uppföljningsfrågan resulterade i att fokus på rören (externt fokus) var den fokusinstruktionen deltagarna fokuserade mest på i jämförelse mellan kontroll och ACLR gruppen, se Tabell 4.

Tabell 4. presenterar resultaten från testdeltagarnas svar på vart deras fokus låg under respektive fokus. Resultatet är mätt utifrån testdeltagarnas satta kryss som har omvandlats till cm. Högre siffror korrelerar med bäst fokusinstruktion.

	Fokus på knävinklar	***Fokus på fötter***	***Fokus på rören***
Kontroll	8.16 ± 2.82	7.75 ± 3.53	8.20± 2.47
ACLR	8.25 ± 1.41	8.50 ± 4.20	9.60 ± 1.76

I kontroll och ACLR gruppen var det majoriteten som svarade att de fokuserade på hastigheten och symmetrin när de frågades om det var något specifikt de fokuserade på under neutralt fokus. Se presentation av resultaten i Figur 4.



Figur 4. visar på testdeltagarnas svar som har kategoriserats utifrån testdeltagarnas svar. X-axeln=svar, Y-axeln=antal.

Diskussion

Syftet med denna studie var att undersöka uppmärksamhetsfokusets påverkan på motorisk kontroll för nedre extremitet under en bilateral benextension och flexionsuppgift bland icke-skadade individer och individer med rekonstruktion av främre korsband. Resultaten visade vissa signifikanta skillnader för kontrollgruppen i en inomgruppsanalys vid utförandet med olika fokus. Neutralt fokus visade på bäst resultat för rörelsens smidighet, internt proximalt fokus visade på bäst för rörelsens symmetri. I ACLR gruppen visades även att neutralt fokus var bäst för rörelsens smidighet och internt distalt fokus visades bäst för rörelsens symmetri. Det fanns dock ingen signifikant skillnad mellan kontrollgruppen och ACLR gruppen.

Resultatdiskussion

Jämförelse med andra studier

Tidigare studier har påpekat den positiva effekten av externt fokus i utförandet av en motorisk uppgift när det gäller rörelsemönster, inlärning och prestation (3-5). Med detta projekt har vi kunnat identifiera vissa skillnader mellan fokus, men få som stämmer överens med tidigare studier där externt fokus har visats vara bäst. Den begränsade deltagarpopulationen eller kartläggandet av testets syfte kan troligen förklara den begränsade signifikansgraden som observerades i studiens resultat.

Kontrollgruppen

Signifikanta skillnader i inomgruppsanalysen för kontrollgruppen observerades i parvisjämförelse mellan EF och ID i rörelsens smidighet för flexion med höger ben, där ID visade sig vara bättre. Detta tyder på att vid denna rörelse var internt fokus fördelaktigt inom kontrollgruppen jämfört med externt. Detta är i linje med en studie som hänvisar till att internt fokus kan vara fördelaktigt och behovet av mer forskning behövs för externt fokus (20). En rad olika studier finner dock motsatta resultat som tyder på att externt fokus är fördelaktigt vid utförandet av en motorisk uppgift (4-7). Detta tyder på att även om fokusinstruktionerna riktar in sig på olika punkter inom samma område kan signifikant skillnad uppnås. Det noterades även en signifikant skillnad mellan NF och ID i rörelsens symmetri för flexion i höger ben där ID var bättre. Detta kan vara för att denna uppgift handlar mer om att kontrollera kroppen och att neutralt fokus inte innefattade några specifika instruktioner, det kan vara anledningen till att det distala fokuset på fötterna resulterade i bättre resultat. Signifikanta skillnader kunde även konstateras i jämförelse mellan EF och NF för rörelsens symmetri i flexion. Detta stämmer överens med tidigare forskning som belyser effekten av förbättrad motorisk kontroll när externt fokus instrueras, detta går i linje med denna studie (21). Resultaten visade även på signifikant skillnad i alla flexionsrörelser för rörelsens symmetri och smidighet i kontrollgruppen. Denna jämförelse gjordes mellan alla rörelser inom alla fokus och signifikant skillnad konstaterades i flexion för rörens symmetri, vänster flexion för rörelsens smidighet och höger flexion för rörelsens smidighet. Anledningen till detta tror vi kan bero på att det är lättare att hålla emot och kontrollera vikten på väg tillbaka i flexionsrörelsen snarare än att trycka ifrån vikten i extensionsfasen.

Jämförelse mellan grupperna

Inga signifikanta skillnader konstateras mellan kontrollgruppen och gruppen med ACLR. Det kan möjligen härledas till den begränsade urvalsstorleken som var 17 individer (12 icke-skadade, fem ACLR). I en studie gjord av Sherman mfl. (22) undersöktes effekten av externt och internt fokus bland en kontroll och en ACLR grupp. Studien resulterade i positiva förbättringar på motorisk kontroll bland ACLR och kontrollgruppen när externt fokus instruerades i jämförelse med internt fokus (22). I jämförelse med vår studie kunde vi inte hitta dessa samband att externt fokus var fördelaktigt för förbättrad motorisk kontroll. I jämförelse av medelvärdet mellan grupperna fanns det en ökad smidighet när neutralt fokus instruerades, detta kan bero på att det inte fanns några specifika instruktioner under denna fokusinstruktion. Utifrån testdeltagarnas svar och genom observation kunde det noteras en hastighetsökning under neutralt fokus, vilket kan påverkat rörelsens smidighet. Jämförelsen

mellan gruppernas medelvärde i rörelsens symmetri gav bättre resultat när internt fokus instruerades. Att neutralt fokus skulle ge bäst resultat för rörelsens smidighet och internt fokus för rörelsens symmetri stämmer inte överens med vår hypotes.

Metoddiskussion

Eftersom det var en mindre urvalsgrupp krävdes justeringar i kriterierna för att uppnå de önskade antal deltagare i ACLR gruppen. Justeringar som gjordes var att sänka tiden de kunde delta efter skadeinträffandet från sex månader till tre månader och en höjning av ålder från 35 år till 40 år. Instruktionerna för testet valdes att visas på en skärm som deltagarna kunde se med en spegel för att standardisera instruktioner för alla testdeltagare. Alla fokus valdes att randomiseras förutom det neutrala fokuset för att se om det blir någon skillnad i vilken ordning externt och interna fokus kommer och om det har någon påverkan på resultatet eller den upplevda prestationen av deltagarna. Testerna genererade fler variabler än de vi har valt att analysera i denna studie, några av dessa är knävinkelhastighet, knäflexion max och knäflexion minimum. Vi valde de inkluderade variabler för att kunna besvara studiens syfte vilket var att undersöka eventuella skillnader i symmetri och smidighet.

Uppföljningsfrågorna visade att både kontroll och ACLR gruppen föredrog externt fokus vid utförandet av testerna. Det var en majoritet från båda grupperna att externt fokus var den instruktionen som deltagarna trodde att rörelsen var mest symmetrisk och presterade bäst. Den andra uppföljningsfrågan visade att externt fokus var den instruktionen då deltagarna fokuserade mest på i jämförelse med de andra. Ingen av personerna visste något om vad studien gick ut på eller vad som skulle göras i förhand förutom att det handlade om ett motoriskt test för nedre extremitet, detta för att utesluta någon typ av förberedelse eller förkunskap inför testet. Även fast dessa resultat inte är mått från när deltagarna utförde testerna så är det mått på självupplevd prestation som visar på att externt fokus är att föredra hos majoriteten av deltagarna.

Eftersom Tegners aktivitetsskala (16) inte inkluderar olika nivåer av fysisk aktivitet utan är mest anpassad efter idrottare kunde det noteras en svårighet med självskattningen, vilket gjorde att testdeltagarna behövde hjälp med skattningen. Det observerades under testernas gång att deltagare som skattade sig själva högt på skalan också presterade bättre under testerna. Detta var något som vi förväntade oss då vi tänkte oss att en högre aktivitetsnivå har ett samband med förbättrad motorisk kontroll.

Under studiens gång har vi använt oss av dataprogrammet Visual 3D där vi har med hjälp av olika automatiserade “scripts” tagit fram start- och stoppmarkeringar på deltagarnas rörelsekurvor. Dessa scripts har läst av de start och stopp som finns genom parametrar som lagts in. Här kan en felkälla uppkomma då datorn sätter ut punkterna där den tror att start och stopp är baserat på parametrarna, detta kan då leda till att det inte blir exakt start och stopp enligt rörelsekurvan. Parametrarna hade minst 80 grader flexion och 20 grader extension för att sätta ut dessa markeringar. Skulle det vara så att en deltagare någon repetition inte uppnår dessa parametrar kunde vi höja och sänka till 30 grader extension och 70 grader flexion. Skulle det vara så att det ändå inte registreras några start och stopp var vi tvungna att sätta ut dessa själva, felkällor här kan då bli att det inte hamnar i samma mönster som de redan automatiskt utsatta punkterna ligger i. När alla dessa markeringar blivit utsatta på kurvan kunde två andra script köras som tillämpade data till filen som vi sen kunde öppna i Excel och få ut våra variabler som vi använde oss av i våran studie.

Wulf (4) menar att för att upptäcka sanna skillnader mellan fokus bör instruktionerna endast differentiera med ett till två ord för att fokusen ska syfta till samma uppgift (4). Detta är något som uppnås i denna pilotstudie då instruktionerna för EF och ID endast skiljs åt med orden “fokusera på att hålla rören symmetriska samt “fokusera på att hålla dina fötter symmetriska”. I vårt test fanns det två olika punkter inom samma område för att identifiera

skillnaderna mellan externt och internt fokus (Externt Fokus (EF) - ”fokusera på rören” och Internt Distalt (ID) - "fokusera på dina fötter”). Ett till område valdes (Internt Proximalt (IP) – ”fokus på dina knävinklar”) för att säkerställa att man kan skilja på internt och externt fokus. Eftersom EF och ID är så nära varandra kan det påverka en individs förmåga att skilja på fokusen under uppgiften, men om resultatet visar på en skillnad så är det en positiv sak att ta med till senare studier. Wulf nämner även att många forskare som studerar om uppmärksamhetsfokusets effekt förmedlar instruktionerna på ett missledande sätt eftersom de två uppmärksamhetsfokusena riktar oftast in sig på två olika motoriska uppgifter istället för samma (4,23,24). Ett exempel på en sådan studie är en som undersökte externt och internt fokus hos golfare som har olika handikapp (24). Där instruktionerna för externt fokus var att träffa bollen så nära en pelare som möjligt, och internt var att fokusera på golfsvingen och justera kraften för svingen beroende på avståndet. Här syftar instruktionerna till olika utkomster när det bör vara samma fast med olika fokus (24). Detta är något som vi har undankommit i utförandet av detta projekt.

Begränsningar och styrkor med studien
Detta projekt undersöker ett relativt nytt och intressant ämnesområde som kan ha betydelse och ligga till grund för framtida studier. Med denna studie har vi kunnat identifiera vissa skillnader och likheter mellan olika uppmärksamhetsfokus som kan vara betydelsefulla för framtida forskning.

Under samtliga testomgångar har instruktionsordningen varit randomiserad, vilket bidrar till ökad jämförbarhet och generaliserbarhet av resultaten. En potentiell nackdel med denna randomisering är dock risken för att testpersonen kan utveckla ett inlärningsmönster baserat på de initiala testerna. Detta kan leda till att testet mot slutet upplevs som “lättare”, oavsett vilken instruktion som tillhandahålls. En sådan inlärningseffekt kan påverka resultaten trots att randomisering har en fördelaktig roll inom forskning.

Något som observerade mot slutet av testtillfällena var att testdeltagarna lade mer fokus på hastigheten av rörelsen trots betoning att syftet var att följa instruktionerna.
Det framgick att det primära fokuset inte var att uppmäta hastigheten av rörelser i grader per sekund, utan snarare att lägga fokus på instruktionerna som visas på skärmen. Efter den första testomgången där deltagarna fick utföra uppgiften med ett neutralt fokus samt efter alla testomgångar, framkom det att de flesta testutövarna inriktade sin uppmärksamhet på hastigheten av rörelsen. Detta avviker från det avsedda syftet med projektet. Den angivna standardiserade hastigheten på tio grader per sekund för alla testdeltagare syftade till att säkerställa jämförbara förhållanden mellan individerna. Målet med projektet och testerna var att undersöka om variationer i uppmärksamhetsfokuset påverkar motorisk kontroll i nedre extremitet. Dock ledde bristen på tydlig förståelse för detta syfte innan testningen till att majoriteten av deltagarna huvudsakligen fokuserade på hastighetsaspekten.

Något som noterades vid analys av deltagarnas rörelser från testerna var att vissa markörer hos några individer inte fångades upp av de infraröda kamerorna som satt i lokalen, trots att vi hela tiden kollat att alla reflexmarkörer syns. Orsaken till detta är inte riktigt säker men det kan vara att kamerorna inte fångade upp eller att shortsen hos deltagarna täckt över reflexmarkörerna. Detta gjorde då att det blev vissa “gaps” eller mellanrum i deltagarens rörelsekurva som vi antingen försökte fylla i med hjälp av en funktion i programmet Qualisys eller att mellanrummet var för stort och då var vi tvungna att bara lämna det. Detta är något som kan ha påverkat slutresultaten hos vissa deltagare då en del data saknades eller inte var helt enligt rörelsekurvan då vi själva har fyllt i den saknade delen.

Det var i början av projektet tänkt att en och samma person skulle vara testledare, sätta ut reflexmarkörer, informera deltagare samt ta hand om dataanalysen. På grund av sjukdom blev det inte samma person som utförde dessa uppgifter och placeringen av reflexmarkörer kan därmed vara en felkälla då placeringarna kan ha blivit ändrade på grund av olika erfarenheter inom anatomi.

Etikdiskussion

Projektansvariga för denna studie har följt de etiska principerna från Vetenskapsrådet (19). Datan som samlades in från deltagarna hanterades på ett sedvanligt sätt enligt dataskyddsförordningen (18), vilket innebär att all data från testerna och medgivande har samlats och förvarats på ett korrekt och säkert sätt. Det är positivt att alla testdeltagare har blivit rekryterade med samma informationsblad och medgivandeblad, som de sedan har skrivit under.

Förslag till framtida studier

Under projektets gång har vi identifierat utrymmen för förbättringar inför framtida studier. Vi har erhållit värdefulla insikter genom analys av resultaten från frågeformulär samt testresultaten, vilka ger en fördjupad förståelse för justeringar som behöver genomföras inför den kommande omfattande studien, där även undersökning av hjärnaktivitet inkluderas. Dessa justeringar inkluderar förtydligande av projektets syfte innan testutövandet och eventuellt undersöka externt och internt fokus individuellt för att undvika möjlig inlärningsprocess. Ett jämnt antal deltagare och större urval ser vi även som ett förslag för framtida studier för att identifiera möjliga skillnader mellan externt och internt fokus. De styrkor och brister som benämnts i denna studie kommer överläggas och implementeras i nästa för att få fram ett mer precist resultat.

Konklusion

I enbart kontrollgruppen kunde ett fåtal signifikanta skillnader observeras när fokus ställdes mot varandra. Studiens resultat indikerar att de olika uppmärksamhetsfokus som implementerades inte hade någon signifikant skillnad i utförandet mellan grupperna. Detta kan tyda på att ett större urval eller fler studier krävs för att med säkerhet säkerställa vilket fokus som är fördelaktigt vid förbättrad smidighet och symmetri i ett liknande test.

Referenser

1. Gose R, Abraham A. Looking beyond the binary: an extended paradigm for focus of attention in human motor performance. Exp Brain Res. 2021
2. Li D, Zhang L, Yue X, Memmert D, Zhang Y. Effect of Attentional Focus on Sprint Performance: A Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health. 2022 May 20;19(10):6254.
3. Wulf G, Höß M, Prinz W. Instructions for motor learning: differential effects of internal versus external focus of attention. J Mot Behav. 1998 Jun;30(2):169-79.
4. Gabriele Wulf (2013) Attentional focus and motor learning: a review of 15 years, International Review of Sport and Exercise Psychology, 6:1, 77-104.
5. Starzak M, Niźnikowski T, Biegajło M, Nogal M, Arnista WŁ, Mastalerz A, Starzak A. Attentional focus strategies in racket sports: A systematic review. PLoS One. 2024 Jan 5;19(1):e0285239.
6. Grgic J, Mikulic P. Effects of Attentional Focus on Muscular Endurance: A Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health. 2021 Dec 22;19(1):89.
7. Bull HG, Atack AC, North JS, Murphy CP. The effect of attentional focus instructions on performance and technique in a complex open skill. Eur J Sport Sci. 2023 Oct;23(10):2049- 2058.
8. Armitano CN, Haegele JA, Russell DM. The Use of Augmented Information for Reducing Anterior Cruciate Ligament Injury Risk During Jump Landings: A Systematic Review. J Athl Train. 2018 Sep;53(9):844-859.
9. Marchant, David & Greig, Matt & Scott, Catherine. (2008). Attentional Focusing Strategies Influence Muscle Activity During Isokinetic Biceps Curls. Athletic Insight. 10.
10. Wulf G, Lewthwaite R. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. Psychon Bull Rev. 2016 Oct;23(5):1382- 1414.
11. Parr JVV, Gallicchio G, Canales-Johnson A, Uiga L, Wood G. Cortical, muscular, and kinetic activity underpinning attentional focus strategies during visuomotor control. Psychophysiology. 2023 Jun;60(6):e14249.
12. Raisbeck LD, Diekfuss JA, Grooms DR, Schmitz R. The Effects of Attentional Focus on Brain Function During a Gross Motor Task. J Sport Rehabil. 2019 Oct 18;29(4):441-447.
13. Werner S. Forskning Pågår. Främre korsbandsskada. 2015; 4: 30-2.
14. Karolinska Institutet. The Swedish knee ligament registry. Stockholm: ACL register; 2020.
15. Singh H, Gokeler A, Benjaminse A. Effective Attentional Focus Strategies after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Commentary. Int J Sports Phys Ther. 2021 Dec 2;16(6):1575-1585.
16. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop Relat Res. 1985;198(198):43-49
17. The jamovi project (2022). jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from https://www.jamovi.org
18. Europeiska unionens allmänna dataskyddsförordning (förordning (EU) 2016/679). Europaparlamentet och rådet. Antagen: 27 april 2016. Gäller från: 25 maj 2018.
19. Vetenskapsrådet. Forskningsetiska principer inom humanistisksamhällsvetenskaplig forskning [Internet]. ; 2002. Available from: https://lincs.gu.se/digitalAssets/1268/1268494_forskningsetiska_principer_2002.pdf
20. Pinto VA, Campolina AB, Mazoni AF, Mattos DJS, Vaz DV. Attention Focus Does Not Influence Performance of Sit-to-Stand in Young and Older Adults. J Mot Behav. 2021;53(1):11-19.
21. Benjaminse A, Welling W, Otten B, Gokeler A. Transfer of improved movement technique after receiving verbal external focus and video instruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018 Mar;26(3):955-962.

22. Sherman DA, Baumeister J, Stock MS, Murray AM, Bazett-Jones DM, Norte GE. Brain activation and single-limb balance following anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Neurophysiol. 2023 May;149:88-99.
23. Zentgraf K, Munzert J. Effects of attentional-focus instructions on movement kinematics. Psychology of Sport and Exercise 2009 Sep(10, Issue 5):520-525.
24. Perkins-Ceccato N, Passmore SR, Lee TD. Effects of focus of attention depend on golfers' skill. J Sports Sci. 2003 Aug;21(8):593-600.

Bilaga 1. Tegner's aktivitetsksala som mäter aktivitetsnivån.

Tegner aktivitetsskala

Vänligen skriv in den högsta nivå av aktivitet av de nivåer som presenteras som du utövade före din korsbandsskada och den högsta nivå av aktivitet som du kan utöva i dagsläget.

Före:_____ Efter:_____ Var du skulle vilja vara:_____

Nivå 10	Elitnivå fotboll (division 1-2)/ ishockey (division 1)
Nivå 9	Fotboll (division 3 eller lägre) / ishockey (division 2 eller lägre) / brottning / gymnastik / innebandy
Nivå 8	Aktiv inom bandy / squash / badminton / friidrott (sprint, kast, hopp) / utförsåkning
Nivå 7	Motion med fotboll / ishockey / slalom / bandy / friidrott (sprint, kast, hopp) Aktiv inom tennis / handboll / friidrott (löpning), basket, orientering, motorcross
Nivå 6	Motion med tennis / basket / handboll / badminton Elitmotionär med sex eller fler träningar i veckan
Nivå 5	Mycket tungt kroppsarbete såsom byggarbetare / skogsarbetare / eller liknande Cykling på elitnivå / löpning fyra eller fler gånger i veckan / aktiv med längdskidåkning
Nivå 4	Medeltungt arbete såsom sjukvårdsbiträde / polis / eller liknande Aktiv cyklist / motion med längdskidåkning
Nivå 3	Arbete såsom städare / servitör / brevbärare / eller liknande Aktiv simmare / skogspromenader / bowling
Nivå 2	Lättare arbete såsom läkare / sjukgymnast / eller liknande Cykeltransport / motionssimning / promenerar på ojämn mark men inte i skog
Nivå 1	Kontorsarbete / busschaufför / kock / lärare / sekreterare / eller liknande Promenad endast på jämnt underlag
Nivå 0	Sjukskriven eller sjukpensionär på grund av knäskada

Bilaga 2. Uppföljningsfrågor som deltagarna svarade på efter testet.

Uppföljningsfrågor

2) Ange med ett kryss på linjerna hur mycket du fokuserade på följande när du blev instruerade att göra så:

Dina knävinklar

Jag fokuserade inte alls på mina knävinklar — Jag fokuserade bara på mina knävinklar

Dina fötter

Jag fokuserade inte alls på mina fötter — Jag fokuserade bara på mina fötter

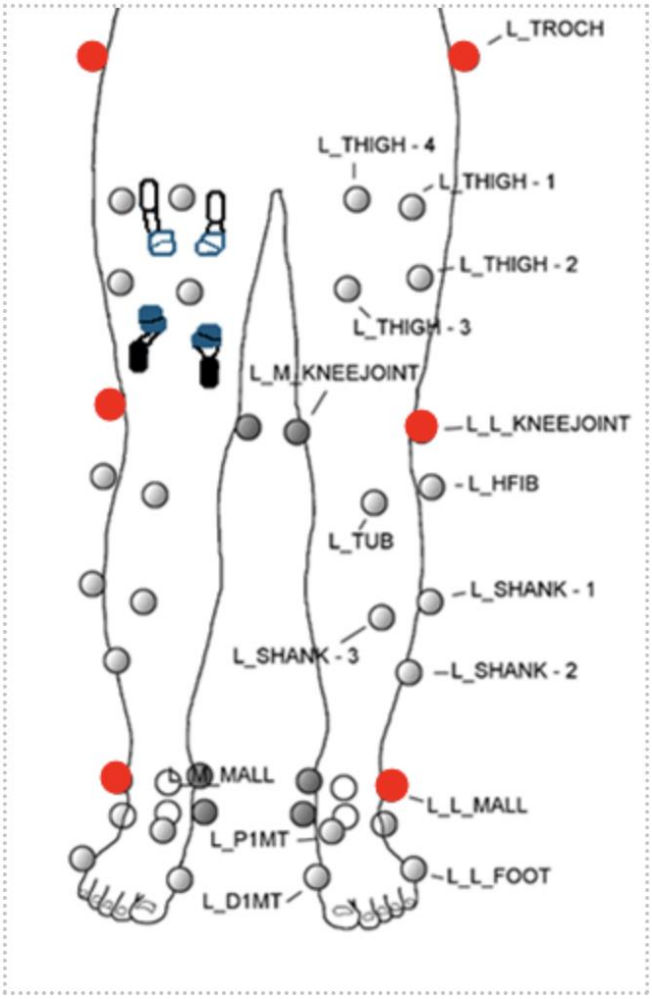
Rören

Jag fokuserade inte alls på rören — Jag fokuserade bara på rören

3) Rangordna de olika omgångarna utifrån hur symmetriska du tror dina rörelser blev (1 = bäst, 4 = sämst). Om två eller flera omgångar blev likadana kan du välja samma siffror för de omgångarna:

"Rörelserna bör vara symmetriska"	"Fokusera på att hålla **dina knävinklar** symmetriska"	"Fokusera på att hålla **dina fötter** symmetriska"	"Fokusera på att hålla **rören** symmetriska"

Bilaga 3. Beskrivande bild på vart reflexmarkörerna placerades ut.



Note - only the red (dark if black and white picture) markers are relevant