



JÖNKÖPING UNIVERSITY  
*School of Health and Welfare*

# Validering av Narrowing Beam Walking Test (NBWT) för transtibialt amputerade protesanvändare.

**HUVUDOMRÅDE:** *Ortopedteknik - examensarbete*

**FÖRFATTARE:** *Kristina Friberg, Tova Gambe*

**HANDLEDARE:** *David Rusaw*

**JÖNKÖPING** 2019-05

## **Sammanfattning**

Protesgångare har försämrade balans och ökad fallrisk jämfört med icke amputerade. Balanstester riskerar att missa personer med diskreta balansnedsättningar på grund av takeffekter. Narrowing Beam Walking Test (NBWT) har tagits fram för att kunna vara användbart över ett stort spann av balansförmågor och har visats sakna golv- och takeffekt. NBWT har validerats mot Timed Up and Go (TUG) och Bergs Balansskala (BBS) med lovande resultat men ingen jämförelse med resultat från test utan takeffekt, till exempel Limits of Stability test (LoS) har gjorts tidigare.

Sex transtibialt amputerade, högaktiva protesgångare, som inte uppvisade någon förhöjd fallrisk med TUG och BBS testades med LoS och NBWT. Resultaten analyserades med Spearman's rank correlation test för att undersöka korrelationer.

Statistiskt signifikanta korrelationer förekom mellan resultatet på NBWT och riktningskontroll (DCL) i posterior riktning, mot amputerad sida och för det sammanlagda resultatet.

Resultatet av den statistiska analysen bör granskas med försiktighet, större studier med förbättrad metod behövs för att bekräfta resultaten och dra slutsatser från dem.

## **Summary**

Validation of the Narrowing Beam Walking Test (NBWT) for Transtibial Amputated Prosthetic Users. Prosthesis users have balance deficits compared with non-amputees. Balance tests might fail to discover small balance deficits due to ceiling effects. Narrowing Beam Walking Test (NBWT) have been developed to be feasible over a large range of balance capabilities and have been shown to lack ceiling and roof effects. NBWT have been validated against Timed Up and Go (TUG) and Berg Balance Scale (BBS) with promising results but no comparison with the result from test without roof effects, for example Limits of Stability test (LoS) have been performed previously.

Six transtibial amputated, highly active prosthesis users, that did not show an increased fallrisk at TUG and BBS were tested with LoS and NBWT. The results were analysed with Spearman's rank correlation test to examine correlations.

Statistically significant correlations occurred between the NBWT result and directional control (DCL) in posterior direction, towards the amputated side and for the composite score.

The results of the statistical analysis must be reviewed with caution, larger studies with improved methodology are needed to confirm the results and draw conclusions from them.

# Innehållsförteckning

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Inledning</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>Bakgrund</b> .....  | <b>5</b>  |
| Balans och fall .....  | 5         |
| Riskfaktorer för fall.....                                     | 6         |
| Fallincidens och riskfaktorer för fall hos benamputerade ..... | 6         |
| Förtroende för den egna balansförmågan .....                   | 7         |
| Preventiva åtgärder och balansträning .....                    | 8         |
| Balanstester .....   | 8         |
| Validerade kliniska tester .....                               | 8         |
| Balanstest i laboratoriemiljö.....                             | 10        |
| Narrowing Beam Walking Test.....                               | 11        |
| Problemformulering .....                                       | 12        |
| <b>Syfte</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>Material och metod</b> .....                                | <b>14</b> |
| Deltagare .....  | 14        |
| Material och lokaler .....                                     | 14        |
| Testprocedur.....  | 15        |
| TUG.....   | 15        |
| BBS.....   | 15        |
| LoS .....  | 15        |
| NBWT.....  | 16        |
| Statistisk analys.....   | 16        |
| Etiska överväganden .....                                      | 17        |
| <b>Resultat</b> .....  | <b>18</b> |
| Deltagare .....  | 18        |
| TUG och BBS .....  | 18        |
| LoS .....  | 18        |
| NBWT.....  | 20        |
| Korrelation.....   | 20        |
| <b>Diskussion</b> .....  | <b>21</b> |
| Resultat .....   | 21        |
| NBWT.....  | 21        |
| LoS .....  | 22        |
| Fallriskbedömning och prevention.....                          | 22        |
| Metod .....  | 24        |

|  |           |
|--|-----------|
| Demografi .....                            | 24        |
| Statistisk analys .....                    | 24        |
| Tillverkning av NBWT .....                 | 25        |
| Handhavande av tester – reflektioner ..... | 25        |
| Balanstester.....                          | 26        |
| Skoval.....                                | 26        |
| <b>Begränsningar i studien .....</b>       | <b>27</b> |
| <b>Synpunkter på NBWT.....</b>             | <b>27</b> |
| <b>Sammanfattningsvis.....</b>             | <b>28</b> |
| <b>Slutsatser .....</b>                    | <b>29</b> |
| <b>Författarnas tack.....</b>              | <b>29</b> |
| <b>Referenser .....</b>                    | <b>30</b> |

## **Inledning**

En individs förmåga att bibehålla postural stabilitet och orientera kroppens masscentrum över understödsytan brukar benämnas balans. Den är essentiell för att människan ska fungera självständigt i vardagen utan att falla.

Förmågan att hålla balansen styrs av komplex samverkan mellan många olika system. Synen, balansorganet och receptorer i muskler och leder, tillsammans med muskulär styrka och förmåga att utföra kompensatoriska rörelser, påverkar. Ytlig känsel underlättar för oss att läsa av omgivningen. Förutom dessa inre, kroppsliga faktorer påverkas vår balansförmåga av hur vi förhåller oss till vår egen kapacitet. Rädsla och oro för att falla eller skada sig påverkar hur vi rör oss och vilka aktiviteter vi väljer att delta i och därmed vilka risker vi utsätter oss för. Nedsättningar kan uppträda i alla system. Beroende på vilket system som är påverkat kommer en balansnedsättning att yttra sig på olika sätt. Vid en amputation i nedre extremitet påverkas några av de inre faktorerna och kontakten mellan benet och omgivningen förändras. En protes möjliggör självständig gång, många gånger utan behov av ytterligare gånghjälpmedel och ger således stor frihet och förbättrad självständighet för den amputerade. Gång med protes förändrar dock kroppens kontakt med omgivningen då en protes inte kan förmedla samma afferenta information som ett intakt ben. Protesen har inte heller samma rörelseförmåga, på grund av avsaknad av aktiva muskler och leder. Trots att det finns många högaktiva protesanvändare så är det känt att protesanvändare faller oftare än icke amputerade personer. Det finns dock en svårighet i att upptäcka diskreta fallrisker då balanstester ofta är utformade för personer med kraftigare balansnedsättningar.

## **Bakgrund**

### **Balans och fall**

För normal balanskontroll krävs att vi tar in information om omgivningen och om kroppens position med hjälp av impulser från innerörat och ögat samt från proprioceptionen, ett sinne sammansatt av receptorer i leder, muskler och hud (Fagioli & Nyholm, 2012). För att uppnå och behålla postural stabilitet behöver vi kunna utföra komplexa och koordinerade rörelser och kompensera för oväntade händelser. Balans, som kan definieras som förmågan att behålla kroppens gravitationscentrum (tyngdpunktens vertikala projektion i underlaget) inom kroppens stödyta, delas ofta in i statisk (stillastående eller -sittande) och dynamisk balans (då en rörelse utförs). Begreppet statisk balans är dock debatterat då man kan uppmäta små rörelser och muskelaktivitet även när en person befinner sig i stillhet (Oddsson & Ekblom, 2004). När förmågan hålla balansen är nedsatt, på grund av skada, sjukdom eller ålder, försämras vår kapacitet att självständigt utföra all dagliga sysslor (aktiviteter i dagliga livet, ADL) och att gå utan att falla (Muir, Berg, Chesworth, Klar, & Speechley, 2010).

I en rapport beställd av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap kan vi se att fall är mycket vanliga i Sverige, och att fallrelaterade skador utgör en stor del av olycksfallsstatistiken. Mer än hälften av alla olycksrelaterade dödsfall beror på fallskador. Över 70 procent av de som vårdas på sjukhus efter

en olycka har skadats i ett fall. Bland äldre står fallolyckor för 90 procent av alla måttligt allvarliga eller allvarliga skador (Lundin Olsson, 2011).

## Risikfaktorer för fall

Liksom att balans och kapaciteten att undvika fall i sig själv är ett komplext samspel mellan många olika system och faktorer finns det många olika riskfaktorer för att falla. Riskfaktorer för fall innefattar muskelsvaghet, tidigare fall, gångsvårigheter, långsam gånghastighet, balanssvårigheter, användande av gånghjälpmedel, nedsatt syn, artros, nedsatt förmåga till självständighet vid ADL, depression, nedsatt kognitiv förmåga, läkemedel, omgivningsfaktorer, otillräcklig nutrition, hjärt- och kärlsjukdom och rädsla att falla (Vårdhandboken, 2009). Vissa av riskfaktorerna kan påverka mer än bara fallrisken. Till exempel rädsla för att falla är kopplat såväl till förhöjd fallrisk, som till försämrad livskvalitet (Bjerk, Brovold, Skelton, & Bergland, 2018) och lägre aktivitetsnivå (Lundin Olsson, 2011). Det kan i sin tur kan leda till depression och försämrad fysisk förmåga, vilket inte bara är ett hälsoproblem i sig utan också ytterligare ökar risken för fall.

## Fallincidens och riskfaktorer för fall hos benamputerade

Vid amputation av nedre extremitet blir en eller flera av dessa riskfaktorer ett faktum och en faktor att övervinna för att undvika att falla. Inte helt överraskande har amputerade uppvisat högre frekvens av fall än åldersmatchade icke amputerade (Chihuri & Wong, 2018; Hunter, Higa, Frengopoulos, Viana, & Payne, 2019; Steinberg, Gottlieb, Siev-Ner, & Plotnik, 2018; C. Wong, Chihuri, & Li, 2016; C. K. Wong, Chen, Blackwell, Rahal, & Benoy, 2015).

En amputation på nedre extremitet berövar en individ på flera viktiga leder och ett stort antal nervändar och muskler, vilket påverkar rörelsemönstret och balansförmågan på ett flertal sätt. En systematisk litteraturstudie visade att många uppmätta ledrörelser och -moment skilde sig signifikant vid gång med protes jämfört med gång med två intakta ben. Det var också större asymmetri i gångmönstret, med längre stödfas på det intakta benet, hos amputerade (Curtze, Hof, Postema, & Otten, 2011; Sagawa et al., 2011). Två studier visade att transtibialt amputerade (TTA) har mindre stabilitetsgränser (margins of stability) i riktning bakåt än individer med två intakta ben (Barnett, Vanicek, & Rusaw, 2018; Hak et al., 2013). Ändå visar en liten studie av Barnett et al. (2018) att förändringar i gångmönstret vid förändringar i underlaget är samma för TTA som för individer med två intakta ben. TTAs förtroende för sin egen balansförmåga är också korrelerat med och kan eventuellt orsakas av minskningar i stabilitetsgränserna i posterior riktning (Barnett et al., 2018). Protesfotleden hos TTA har begränsad förmåga att korrigera den posturala kontrollen efter en kraft mot kroppen – den intakta ankeln gör en mycket större del av arbetet än hos en kontrollgrupp med intakta ben (Curtze, Hof, Postema, & Otten, 2012) vilket skulle kunna bidra till den ökade fallfrekvensen. Detta stärks av en studie där man visade att en protesfot med aktiv ankelkontroll kan minska risken för fall (S. E. Miller, Segal, Klute, & Neptune, 2018).

En systematisk litteraturstudie av Steinberg et al. (2018) visade dock att fallrisken inte är samma för alla med amputation på nedre extremitet; direkt efter amputation är den 16,5% (att jämföra med 1,9% totalt på kirurgisk vårdavdelning), 20,5% vid rehabilitering på sjukhus (att jämföra med 19% hos den totala sjukhusbundna rehab-populationen) och 58% under första året efter amputationen. Litteraturstudien

visade också att riskfaktorerna för fall varierade. Under tiden på sjukhus direkt efter amputationen är vaskulär etiologi för amputation, högersidig amputation och amputation på transtibial nivå riskfaktorer. Under rehabilitering på sjukhus är fallrisken förhöjd vid ålder över 70 år, vid kognitiv nedsättning, fyra eller fler komorbiditeter, vissa mediciner och vid självständig förflyttning till eller från rullstol. Om det gått mer än ett år efter amputation faller individer oftare om amputationen är på transfemoral nivå och att individer som faller använder sin protes mer än de utan fallincidens.

Forskningen är inte enig om riskfaktorer för fall hos individer som är etablerade protesgångare. Rygg- eller ledsmärta, multipla problem med stumpen och amputation på transfemoral nivå visades vara riskfaktorer i en studie (W. C. Miller, Speechley, & Deathe, 2001) medan en annan visade att risken för fall var lägre med amputation på transfemoral nivå och om amputationen hade vaskulär etiologi och högre för individer med vaskulär sjukdom och bättre balansförmåga (K. C. Wong & Chihuri, 2018). Dessa motsatta slutsatser kan vara resultatet av variation i urvalet; i studien av Miller et al bestod deltagarna av patienter på två kliniker för vård av amputerade medan Wong et al. fick sitt urval från deltagare i ett frivilligt hälsoprogram inriktat på gång, vilket kan ha viktat urvalet mot individer som är mer benägna att vara aktiva. En annan studie av Wong et al. (2015) visade att bättre prestation på Bergs Balansskala (BBS) ger en större fallrisk och är korrelerat med fler fall per individ. Detta skulle kunna förklaras av att individer med sämre balansförmåga är mindre benägna att delta i aktiviteter som utmanar balansen och har lägre förtroende för sin kapacitet att undvika fall. En studie av Hunter et al. (2019) visade att personer med högre förtroende för sin kapacitet att undvika fall har mer risktagande beteende, har bristande översikt över omgivningen och har högre risk för att falla. Denna grupp har dock en tendens att falla utan att skada sig så mycket att vård krävs (C. K. Wong et al., 2015). Riskfaktorer för fallrelaterad vårdkrävande skada bland amputerade innefattar kvinnligt kön, annan etnisk bakgrund än västerländsk, vaskulär anledning till amputation (Chihuri & Wong, 2018; C. Wong et al., 2016) och ålder (C. Wong et al., 2016). Förtroendet för den egna balansförmågan kan således påverka balansen på olika sätt; ett lägre förtroende kan orsaka inaktivitet (Mandel et al., 2016; W. C. Miller et al., 2001; Sions, Manal, Horne, Sarlo, & Pohlig, 2018) och ett högre förtroende kan göra att en individ utsätter sig för höga risker (K. C. Wong & Chihuri, 2018), vilket kan ge långtgående konsekvenser både vad gäller fallfrekvens, aktivitetsnivå och livskvalitet.

## Förtroende för den egna balansförmågan

Wong et al. (2015) visade att individer som presterade dåligt på Bergs Balansskala (BBS) hade dåligt förtroende för sin egen förmåga att klara av situationer och aktiviteter som utmanar balansen. Omvänt hade de som presterade bäst på BBS större förtroende för den egna balansförmågan. Hur stort förtroende för den egna balanskapaciteten en individ har är associerat både med fysisk kapacitet, socialt deltagande (W. C. Miller et al., 2001; Sions et al., 2018) och fysisk aktivitetsnivå (Mandel et al., 2016). Fysisk aktivitetsnivå korrelerar med funktionell kapacitet och gångförmåga, högre fysisk aktivitetsnivå korrelerar med bättre kardiovaskulär hälsa vilket är viktigt för denna grupp då de har högre energikostnad vid normal aktivitet (Lin, Winston, Mitchell, Girlinghouse, & Crochet, 2014). Högre fysisk aktivitetsnivå korrelerar med lägre stegvariation vid självvald gånghastighet (Lin et al., 2014) vilket skulle kunna minska risken för fall, då vi vet att asymmetrisk gång är en riskfaktor hos den generella populationen (Vårdhandboken, 2009). Wong et al. (2018) visade dock att störst fallrisk har de som har



bra tilltro till sin egen balansförmåga men låg prestation på balanstest. En undersökning av fallrisken hos en individ behöver alltså innefatta flera diagnostiska metoder för att ge en korrekt bedömning.

## Preventiva åtgärder och balansträning

Genom att identifiera riskfaktorer hos individer eller grupper kan man utforma fallpreventiva åtgärder och på så vis minska risken för fall. Två systematiska litteraturstudier, som tittade på 62 (Guirguis-Blake, Michael, Perdue, Coppola, & Beil, 2018) respektive 26 (Hamed, Bohm, Mersmann, & Arampatzis, 2018) artiklar (sammanlagt 80 artiklar) där olika metoder för fallprevention studerats hos hemmaboende, friska äldre visade båda att en viss reducering av fall och av skador från fall kan uppnås med hjälp av träningsprogram, och att det kan finnas anledning att dessa träningsprogram inriktas mot postural träning (Hamed et al., 2018).

För TTA finns indikationer på att träning av höftabduktorer kan minska fallrisken (S. E. Miller et al., 2018). Ett 12-veckors träningsprogram, inriktat på styrka, balans, flexibilitet och uthållighet vid gång hade positiva effekter på fallfrekvensen, även ett år efter påbörjad träning (Schafer, Perry, & Vanicek, 2018). Två systematiska litteraturstudier, som tittar på samhällsaktiva äldre individer, har också visat att träning kan ha effekt (Guirguis-Blake et al., 2018; Hamed et al., 2018). Även när det gäller omgivning och beteende kan åtgärder vidtas. Att installera stödhandtag i duschen, hålla ytor öppna och rena, arrangera om möbler och ta bort mattor, tillsammans med att vara mer medveten om fallrisken, undvika risktagande, sakta ner, se till att man är balanserad innan man utför en aktivitet och vara försiktig om man är i trånga utrymmen eller badrum tillhör vanliga råd som ges till amputerade (Hunter et al., 2019).

## Balanstester

Balanstester används för att identifiera en balansnedsättning och fatta beslut om lämpliga interventioner samt för att utvärdera individers förändring över tid. Tester bidrar med att kvantifiera och jämföra balansnedsättningar. Flera olika balanstester har utvecklats som mäter olika aspekter av balansförmågan hos olika populationer. Nedan beskrivs fyra olika balanstester som har använts för amputerade.

### Validerade kliniska tester

BBS är ett balanstest som består av 14 uppgifter som utförs i en bestämd ordning med stigande svårighetsgrad. Utförandet av varje uppgift poängsätts på en femgradig skala (0-4 poäng) och testresultatet är det sammanlagda resultatet av samtliga uppgifter. Testet ger således en poäng mellan 0 och 56. BBS togs fram för att bedöma balans och fallrisk hos äldre (K. Berg, Wood-Dauphinee, & Williams, 1995; K. O. Berg, Maki, Williams, Holliday, & Wood-Dauphinee, 1992; K. O. Berg, Wood-Dauphinee, Williams, & Maki, 1992). Skalan har visats ha takeffekter (Blum & Korner-Bitensky, 2008; Chen & Smith, 2018). BBS är vanligt använd i klinik och för många olika patientgrupper, till exempel äldre (Thorbahn, Newton, & Chandler, 1996), stroke (Blum & Korner-Bitensky, 2008), diabetes (Dixon, Knight, Binns, Ihaka, & O'brien, 2017), multipel skleros (Quinn, Comber, Galvin, & Coote, 2018) och amputerade (Major, Fatone, & Roth, 2013; C. K. Wong, Chen, & Welsh, 2013). Instrumentet har rapporterats ha hög test-retest-reliabilitet och intrabedömarreliabilitet samt korrelera väl med andra instrument som används för att bedöma balans (K. Berg et al., 1995; Blum & Korner-Bitensky, 2008;

Major et al., 2013). Ett resultat av 45/56 poäng har föreslagits som gräns för att avgöra om en person har förhöjd risk för fall (K. O. Berg, Wood-Dauphinee, et al., 1992). Denna gräns har, liksom själva utvärderingsinstrumentet utvärderats med Rasch-analys för äldre krigsveteraner (Kornetti, Fritz, Chiu, Light, & Velozo, 2004) och för samhällsaktiva benamputerade personer (Major et al., 2013; C. K. Wong et al., 2013). Testets uppgifter utmanar balansen på olika sätt. Följande uppgifter genomförs till bästa förmåga:

1. uppresning från sittande på stol
2. normalstående
3. sitta utan stöd
4. nedsittning på stol
5. uppresning med vändning 90 grader och nedsittning åt höger och vänster
6. normalstående med slutna ögon
7. stående i rombergs position
8. normalstående sträcka sig framåt
9. stå och ta upp föremål från golv
10. vrida och titta över axeln åt höger och vänster
11. vändning 360 grader åt höger och vänster
12. omväxlande uppkliv med höger och vänster fot på pall/trappsteg
13. tandemstående
14. enbensstående

Uppgifterna är av olika svårighetsgrad, testar olika balanspåverkande system och testar såväl statisk som dynamisk balans. Det finns indikationer på att BBS uppvisar en takeffekt även för amputerade (Major et al., 2013; C. K. Wong et al., 2013). Lundin-Olsson, Jensen och Waling har översatt skalan till svenska (1996) med bibehållen interbedömarreliabilitet enligt en undersökning där tre bedömare gjorde en balansbedömning av femtio försökspersoner med varierande orsak till balansnedsättning (Jensen, Lundin-Olsson, Lindmark, Nillbrand, & Gustafson, 1998)

Timed Up and Go (TUG) mäter funktionell mobilitet. Testet startas med försökspersonen sittande på en stol och man mäter den tid som det tar för personen att resa sig, gå tre meter, vända, gå tillbaka och sätta sig. Man har sett kopplingar mellan utförandetid och fallrisk med en förhöjd fallrisk vid utförandetid över 14 sekunder. Under tio sekunder har benämnts som normal mobilitet (Picone, 2013). Testet har använts för personer med olika sjukdomar och funktionsnedsättningar, bland annat äldre (Shumway-Cook, Brauer, & Woollacott, 2000), personer med Parkinsons sjukdom (Morris, Morris, & Ianseck, 2001) och amputerade (Schoene et al., 2013). En litteraturstudie som undersökte reliabilitet och validitet för TUG bedömde att TUG har god reliabilitet och validitet för äldre personer i olika livsmiljöer. Studien diskuterar att testet inte bör användas för att förutse framtida fall, då de studier som använde sig av gränser för att differentiera mellan personer med och utan fallrisk använde väldigt olika tidsgränser (Rydwik, Bergland, Forsén, & Frändin, 2011). En annan litteraturstudie och metaanalys av TUGs förmåga att identifiera äldre med fallrisk drog slutsatsen att inga gränsvärden för att skilja mellan de som faller och de som inte faller kunde rekommenderas och att förmågan att upptäcka personer med fallrisk var större för skörare äldre, som bodde på boenden, än de som bodde kvar i eget boende (Schoene et al., 2013). Ytterligare en systematisk litteraturstudie visade att TUG är bättre på att identifiera individer med förhöjd fallrisk än på att utesluta fallrisk bland i övrigt friska äldre och rekommenderar att testet inte används som ensam metod för att bedöma en individs risk att falla (Barry, Galvin, Keogh, Horgan, & Fahey, 2014). Använt på äldre med transtibial eller transfemoral amputation har TUG visat

god reliabilitet och begreppsvaliditet (convergent construct validity) gentemot två enkäter (SIP68 och GARS) som syftar till att undersöka förmåga till självständig ADL (Schoppen et al., 1999).

Både TUG och BBS används ofta i både klinik och vid forskning, men identifierar främst personer med stora balansnedsättningar. Många personer med TTA har en hög funktionsnivå även om balansen är nedsatt jämfört med åldersmatchade icke amputerade (Chihuri & Wong, 2018; Hunter et al., 2019; Steinberg et al., 2018; C. Wong et al., 2016; C. K. Wong et al., 2015). Detta innebär att man riskerar att missa en ökad fallrisk om de testas med bara TUG och BBS. Ett mer utmanande test skulle möjligtvis kunna användas för att identifiera dessa diskreta balansnedsättningar.

## Balanstest i laboratoriemiljö

Limits of Stability test (LoS) mäter, med hjälp av ett system bestående av kraftplattor och dator, hur mycket en person kan förflytta gravitationscentrum i förhållande till sin understödsyta. Ett system som kan användas för att utföra LoS är NeuroCom Balance Manager Systems. Det kommer med en klinisk tolkningsmanual som grundligt beskriver testet, dess användningsområden samt ger referensvärden för olika åldersgrupper. Testet ger en uppfattning om en individs förmåga att sträcka sig efter föremål, resa sig upp eller sitta ner och att gå säkert. Det går ut på att en individ får visuell guidning att luta sig i åtta riktningar, åtta sekunder i vardera riktning. Testresultatet presenteras som fem delresultat, jämförda med ett teoretiskt maxvärde, baserat på individens längd, samt med normalvärden för aktuell åldersgrupp. Delresultaten är reaktionstid (RT), medelvinkelhastighet (MVL), riktningkontroll (DCL), ytterlägesexkursion (EPE) och maximal exkursion (MXE). RT är tiden innan en rörelse i rätt riktning påbörjas, mätt i sekunder. MVL är hastigheten med vilken riktningen på lutningen ändras, mätt i grader/sekund. DCL är ett mått på hur väl individen kan luta sig endast i rätt riktning, mätt i procent av den korrekta riktningen. EPE är längden på den första lutningen utan inbromsning i rätt riktning, mätt i procent av det beräknade maxvärdet. MXE är det största avståndet i rätt riktning som individen klarar inom de åtta sekunderna testet pågår, mätt i procent av det beräknade maxvärdet. Förbättrad RT och MVL ger snabbare rörelse utan förlust av kontroll. Normalvärde på MXE indikerar normalt rörelseomfång i nedre extremitet. Nedsättning i EPE och MXE föranleder undersökning av muskuloskeletal status, sensibilitet och proprioception. Stor skillnad mellan EPE och MXE indikerar förhöjd rädsla att falla. Nedsättning i DCL föranleder undersökning av neuromuskulär kontroll. Testet är validerat för friska icke-amputerade (NeuroCom International Inc., 2008).

För TTA kan vi vänta oss en nedsättning i EPE, MXE och DCL, då dessa delresultat går att relatera till avsaknad av sensibilitet, aktiv muskelstyrka och proprioception och tidigare har visats vara försämrade för TTA (Kolarova, Janura, Svoboda, & Elfmark, 2013).

Att använda kraftplattor för att beräkna gravitationscentrum och tryckcentrum för TTA har validerats (Rusaw, 2017) och rekommendationen är att testet föregås av en övningsomgång eftersom det finns en viss inlärningseffekt (Rusaw, Rudholmer, & Barnett, 2017). Det har tidigare använts i forskning om balans och fallrisk på benamputerade (Barnett et al., 2018; Kaufman et al., 2007; Kolarova et al., 2013). Testet är utformat så att inga takeffekter kan uppnås. Detta gör att högfunktionella individer med balansförmåga som är god eller mycket god kan bedömas och rangordnas. Dock finns det inget etablerat sätt att utföra det på utan den relativt kostsamma utrustningen, vilket minskar den kliniska användbarheten.

## Narrowing Beam Walking Test

The Narrowing Beam Walking Test (NBWT) är ett relativt nytt och oprövat balanstest bestående av en avsmalnande bom med höjden 3,8 cm och fyra olika bredder från 18,6 till 2,0 cm. Testet är utvecklat av Andrew Sawers och Brian Hafner för att fylla behovet av ett enkelt och snabbt kliniskt test som är tillräckligt utmanande för en stor variation av patienter, utan att vara för svårt (Sawers & Ting, 2015). Sawers och Hafner genomförde en studie (2018) för att validera testet för protesgångare. Studien visade att testet har god innehållsvaliditet (content validity), utvärderat genom analys av deltagarnas olika resultat och hur många som uppnådde högsta eller lägsta resultat på testet. Begreppsvaliditet bedömdes genom jämförelse med resultat på BBS, TUG, Four Square Step Test (FSST), och Activities-specific Balance Confidence scale (ABC) och visades vara god. Begreppsvaliditet för grupper med känd funktionsnivå (known-group construct validity) testades genom att jämföra resultatet på NBWT med de förväntade olikheterna i balansförmåga mellan olika grupper och visades vara god. Diskriminerande validitet bedömdes genom jämförelse mellan ytan under testets 'receiver operating characteristic'-kurva (ROC-kurva) med 0,50 och 0,80 (där ett större värde visar att testet förutsäger fall med mer än 50% respektive 80% sannolikhet) där 0,80 är en gräns för klinisk relevans. NBWT visades ha en ROC-kurva med en yta på 0,81, vilket indikerar god diskriminerande validitet. Testet startar med patienten stående vid den breda änden på bommen med en fot uppe på bommen och armarna korsade över bröstet. Personen får sedan gå med valfri steglängd på bommen med målet att komma så långt som möjligt. Testet avbryts så fort man kliver utanför bommen med en fot eller släpper armarna framför kroppen. Resultatet blir den längd som personen gått, distansen normaliseras mot hela bommens längd enligt följande formel:

$$\frac{\text{uppnådd distans}}{7,32 - 0,61} = \text{normaliserat resultat}$$

där 7,32 är bommens totala längd och 0,61 är kortast möjliga resultat. Detta ger ett resultat mellan 0.0 (eller 0%) för den som inte klarar att sätta upp båda fötterna på bommen till 1.0 (eller 100%) för den som klarar att gå hela bommens längd. Metod och testprocedur finns beskrivet tidigare (A. Sawers & B. Hafner, 2018; A. Sawers & B. J. Hafner, 2018b). I utvecklingen av NBWT testades olika bommar med fast bredd och jämfördes mellan grupper med olika förväntad balansförmåga (professionella balettdansare, icke dansande friska och unilateralt amputerade) (Sawers & Ting, 2015). Samma forskargrupp sökte också efter om det fanns någon bom med fast bredd som kunde användas för att mäta balansförmågan hos amputerade med varierande balansförmåga (A. Sawers & B. J. Hafner, 2018a). Konklusionen av detta var dock att vid användning av fast bombredd krävs flera olika bredder för att uppgiften ska vara möjlig att påbörja för de med sämst balans men tillräckligt utmanande för de med bättre balans. Lösningen blev således en avsmalnande bom som också testades på amputerade med resultatet att alla kunde påbörja testet (avsaknad av golveffekt) men ingen eller ytterst få uppnådde maxresultat (avsaknad av takeffekt) (A. Sawers & B. J. Hafner, 2018b). En viss inlärningseffekt visades, men 93% av deltagarnas resultat stabiliserades inom fem försök (A. Sawers & B. Hafner, 2018; A. Sawers & B. J. Hafner, 2018b).

## Problemformulering

För att korrekt bedöma en individs balansförmåga och fallrisk behöver vi titta på flera olika funktioner och egenskaper och en viktig del i detta är ett balanstest som kan skilja på kapaciteten även hos högpresterande individer. NBWT har validerats mot andra dynamiska eller delvis dynamiska tester, och visades då sakna takeffekt (A. Sawers & B. Hafner, 2018). BBS ger en bred bild av balansförmågan, både statisk och dynamisk, men svårighetsgraden kan vara för lite utmanande för friska TTA (Major et al., 2013; C. K. Wong et al., 2013). TUG mäter funktionell, dynamisk balans, men är känsligare för individer med större vårdbehov än för mer aktiva personer (Schoene et al., 2013). När vi ska bedöma validiteten hos ett balanstest för individer med hög balanskapacitet är därför TUG och BBS inte lämpliga jämförelser. För individer vars resultat på dessa tester endast är att de inte har en förhöjd fallrisk enligt testets kriterier, men som tillhör en grupp med känd förhöjd fallrisk, saknas adekvata tester – en lucka som NBWT skulle kunna fylla. LoS är ett dynamiskt balanstest som använts i forskning på TTA (Barnett et al., 2018; Kaufman et al., 2007; Kolarova et al., 2013). Genom sin design har testet inget perfekt resultat utan ger en bild av många aspekter av individens balansförmåga, det finns inte heller något absolut maxresultat och därmed inte heller någon takeffekt. Istället är LoS normaliserat utifrån försökspersonens längd och dess teoretiska maximala LoS. För individer som inte har någon märkbar balansnedsättning vid test med TUG och BBS borde resultatet på NBWT ändå vara jämförbart och korrelera med resultatet på LoS. Av särskilt intresse är delresultatet på LoS i riktning bakåt, eftersom det tidigare visats att det är den riktning där TTA har störst nedsättning.

## **Syfte**

Att i en pilotstudie undersöka förhållandena mellan resultatet på NBWT och resultatet på LoS för TTA protesanvändare där TUG och BBS inte identifierar någon förhöjd fallrisk. Forskningshypotesen, att det finns en statistiskt signifikant korrelation mellan NBWT och LoS hos/för TTA protesanvändare där TUG och BBS inte identifierar någon förhöjd fallrisk, testades.

# Material och metod

## Deltagare

Deltagare söktes genom databasen för personer som anmält sig som frivilliga deltagare i forskning och projekt på Hälsohögskolan i Jönköping. Personer identifierades som potentiella deltagare om de uppfyllde följande:

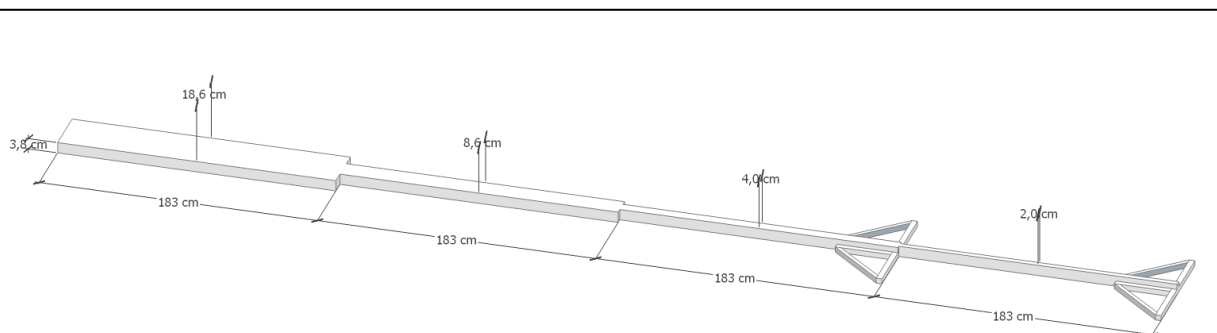
- ålder över 18 år
- unilateralt amputerade på transtibial nivå
- protesanvändare sedan minst ett år
- gångare utan annat gånghjälpmedel än protes i vardagen
- inga aktuella problem från stumpen
- inga sjukdomar eller mediciner utöver amputationen som kunde antas påverka balansförmågan
- förståelse för svenska språket i tal och skrift
- tillräckligt god syn för att kunna genomföra testerna med eller utan synhjälpmedel
- fullfölja på TUG <10 sekunder
- resultat på BBS >45 poäng

Deltagare kontaktades per telefon och vid intresse för att delta erhöll de en blankett för informerat samtycke samt en enkät om demografisk information som fylldes i innan datainsamlingen.

## Material och lokaler

Alla tester utfördes på Hälsohögskolan i Jönköping, där allt material som behövdes för TUG, BBS och LoS fanns tillgängligt. För TUG användes stol med armstöd och ett tidtagarur. Stolen var av standardhöjd (45 cm sitthöjd). Markeringar gjordes med tejp på golvet för att säkerställa placering av stol och rätt gångsträcka. För BBS användes samma stol som i TUG, en till stol utan armstöd men med samma sitthöjd, sandal, trappsteg, linjal och tidtagarur. LoS utfördes med Neurocom Balance Master som består av en plattform med två kraftplattor, en båge med fästordning för säkerhetssele samt en skärm via vilken deltagaren får visuell feedback. En extern dator är kopplad till maskinen varifrån testledaren startar och kontrollerar testet.

För att kunna utföra NBWT tillverkades en avsmalnande bom med samma dimensioner som beskrivits tidigare av testutvecklaren (A. Sawers & B. Hafner, 2018) (se figur 1). Träreglar av olika bredd sattes ihop med träplugg och kardborreband, tvärstag skruvades fast på de två smalaste sektionerna för att de



Figur 1: NBWT dimensioner

inte skulle kunna tippa. Markeringar gjordes med 15.24 cm mellanrum. Bommen fästes med dubbelhäftande tejp i golvet för att den inte skulle röra sig under testet.

## Testprocedur

Varje deltagare genomförde alla fyra test vid ett och samma tillfälle. En avskild testmiljö valdes för att undvika störande yttre moment som skulle kunna påverka resultatet. Efter varje testomgång var det en kort stunds vila för att undersökarna skulle ha tid att registrera resultat och förbereda nästa test eller testomgång. Deltagarna fick själva bedöma om de behövde ytterligare vila mellan testomgångar och mellan de olika testen samt hur lång vilotid de behövde. För att undvika att testordningen påverkade resultatet randomiserades ordningen som balanstesten utfördes i. Utöver testinstruktioner gavs ingen feedback under testen för att undvika störande moment.

En av undersökarna var testledare och en var assisterande undersökare. Testledaren var ansvarig för att ge deltagarna instruktioner och information om testets utförande samt för att notera och registrera resultatet. Assisterande bidrog med handräckning och ansvarade för deltagarens säkerhet genom att uppehålla sig i direkt närhet till deltagaren, när så krävdes. Instruktioner för var och ett av testen standardiserades så att samtliga deltagare fick så lika instruktioner som möjligt. Deltagarna använde sina egna proteser, var instruerade att klä sig bekvämt och hade skor som de var vana att gå i. Balanstesternas utförande beskrivs nedan.

## TUG

Deltagaren påbörjade uppresning från sittande på stol på testledarens startsignal och gick i självvald hastighet runt tremetersmarkeringen och tillbaka. Testledaren registrerade tiden som gått från startsignal till att deltagaren satt sig på stolen igen. Assisterande säkerställde att stolen stod säkert och inte välte vid hastig nedsittning. Testet genomfördes tre gånger och snabbaste tiden registrerades som deltagarens resultat.

## BBS

Testledaren instruerade och förde protokoll på samtliga 14 uppgifter. Assisterande bidrog med handräckning vid behov och fanns till hands för att kunna ingripa om deltagaren förlorade balansen. Testet genomfördes en gång och totalpoängen registrerades som deltagarens resultat. Befintlig svensk testmanual följdes (L. Lundin-Olsson, J. Jensen, & K. Waling, 1996).

## LoS

Testet utfördes med deltagaren stående med en fot på varje kraftplatta enligt anvisningar i manualen (NeuroCom International Inc., 2008). Uppgiften var att förflytta sin tyngdpunkt så långt som möjligt och bibehålla tyngdpunkten i ytterläget i åtta riktningar. Testet varade i åtta sekunder i varje riktning. Deltagaren instruerades att luta sig så långt de kunde, utan att lyfta någon del av foten från underlaget. En skärm visade en grafisk representation av testriktningarna med deltagarens teoretiska maxvärde som slutmål. Via skärmen fick deltagaren visuell feedback som visade förflyttningen av gravitationscentrum och tryckcentrum så att han/hon viljemässigt kunde styra förflyttningen mot målet. Deltagaren assisterades att inta startposition och späades in i säkerhetssele. Därefter startades testet på testledarens signal efter att deltagaren givit klartecken. I enlighet med tidigare undersökningar



(NeuroCom International Inc., 2005-08a; Rusaw et al., 2017) genomfördes en testomgång där resultatet inte registrerades. Efter avslutad testomgång fick deltagaren vila i valfri position och själv välja när nästa testomgång skulle startas. Testet utfördes totalt fyra gånger. Medelvärdet av de tre registrerade resultaten användes för analys. En del av skärmen täcktes över för att undvika att deltagaren lurades att starta testet för tidigt, eftersom texten längst ner på skärmen ändrades då testledaren startade testet men innan deltagaren skulle börja flytta sin tyngdpunkt. Av samma anledning eftersträvades att testledarens starttryckning på tangentbordet inte skulle höras. Vid fall eller ändrad fotposition under mätningen gjordes mätningen om, antal fall eller misslyckade mätningar samt riktning noterades.

LoS ger fem olika variabler för varje testriktning, som nämnts ovan. Det rapporterade resultatet är ett i datorn beräknat medelvärde av rörelser i bestämd riktning. Resultaten presenteras dels i vardera riktning; framåt (ant), bakåt (post), mot amputerade (amp), mot icke amputerade (int) sidan och som sammanslagna resultatet i alla riktningar (comp). I jämförelse mellan deltagarna i den aktuella studien och tidigare presenterade normalvärden jämförs amputerad sida med vänster och icke amputerad sida med höger. Normalvärdena är framtagna på friska personer utan diagnoser eller mediciner som kan påverka balansen (inga yrselsymtom eller symtom på vestibulär eller neurologisk sjukdom, ingen psykisk sjukdom, fallit max en gång under de sista sex månaderna innan datainsamlingen och normal syn utan glasögon) (NeuroCom International Inc., 2005-08b). Resultatet presenteras dels i sekunder (RT), grader/sekund (MVL) och i % av ett av maskinens mjukvara beräknat maxvärde (EPE, MXE och DCL) baserat på individens längd.

## NBWT

Testledaren gav muntliga instruktioner och visade hur testet utfördes. Deltagaren fick utföra testet fem gånger och medelvärdet av de tre sista resultaten registrerades och analyserades då dessa omgångar med hög sannolikhet kunde antas vara stabila resultat (A. Sawers & B. Hafner, 2018). Den sista markeringen som fotens främre del passerat utgjorde resultatet. Enligt tidigare studier normaliserades resultatet relativt hela bommens längd som beskrivits ovan. Resultatet presenteras som procent av maximal bomlängd. Ett vårdarbälte användes som assisterande skulle kunna greppa tag i om deltagaren förlorade balansen. Vårdarbältet fästes runt midjan, kranialt om crista iliaca, för att inte hindra deltagarnas höftrörlighet.

## Statistisk analys

IBM SPSS Version 25 användes för all statistisk analys. Demografi och resultat av TUG och BBS presenteras deskriptivt. Korrelationsanalys med Spearman's rank correlation test gjordes mellan resultaten på NBWT och LoS. Signifikansnivån bestämdes till  $p \leq 0,05$ .

I avsaknad av en kontrollgrupp skapades en fiktiv grupp med samma antal deltagare. Resultat på LoS togs från de rapporterade normalvärdena i bilaga A i den medföljande tolkningsmanualen. De olika åldersgrupper som normalvärdena var presenterade för sattes samman så att de matchade deltagarna i den aktuella studien. För att se om deltagarnas resultat på LoS skiljer sig från tidigare presenterade normalvärden utfördes Mann Whitney U-test mellan deltagarna i den aktuella studien och normalvärden för samma åldersgrupp (NeuroCom International Inc., 2008). Detta var dock omöjligt att göra för resultaten på NBWT, då normalvärden för icke amputerade personer på NBWT saknas.

## Etiska överväganden

Alla personuppgifter behandlades konfidentiellt och inga uppgifter som kunde röja någon deltagares identitet publicerades. Alla resultat presenterades på gruppnivå för att ytterligare säkerställa att ingen deltagare skulle kunna identifieras. Deltagande var frivilligt och deltagarna kunde när som helst avbryta sitt deltagande utan att uppge anledning. Informerat samtycke samlades in från samtliga deltagare.

En viss fallrisk identifierades då testerna syftar till att utmana balansen. I LoS användes takhängd säkerhetssele för att fånga upp försökspersonen vid fall. I NBWT fick deltagarna använda vårdarbälte för att assisterande skulle kunna stödja om de förlorade balansen. Orsaken till att vårdarbälte användes i NBWT men inte TUG och BBS var att det ansågs vara en större risk för förlust av balansen med fall som följd vid utförande av NBWT än de övriga två. Ytterligare orsak till det var att ingen av undersökarna hade någon erfarenhet av NBWT varför det var svårt att uppskatta risken för fall. Alla deltagare hade försäkringsskydd i händelse av skada.

Samtliga personuppgifter kodades och deltagarnas identitet var endast känd av undersökarna. Alla resultat rapporterades på gruppnivå för att minimera risken att deltagarna skulle kunna identifieras. Efter avslutad studie raderades samtliga persondata.

# Resultat

## Deltagare

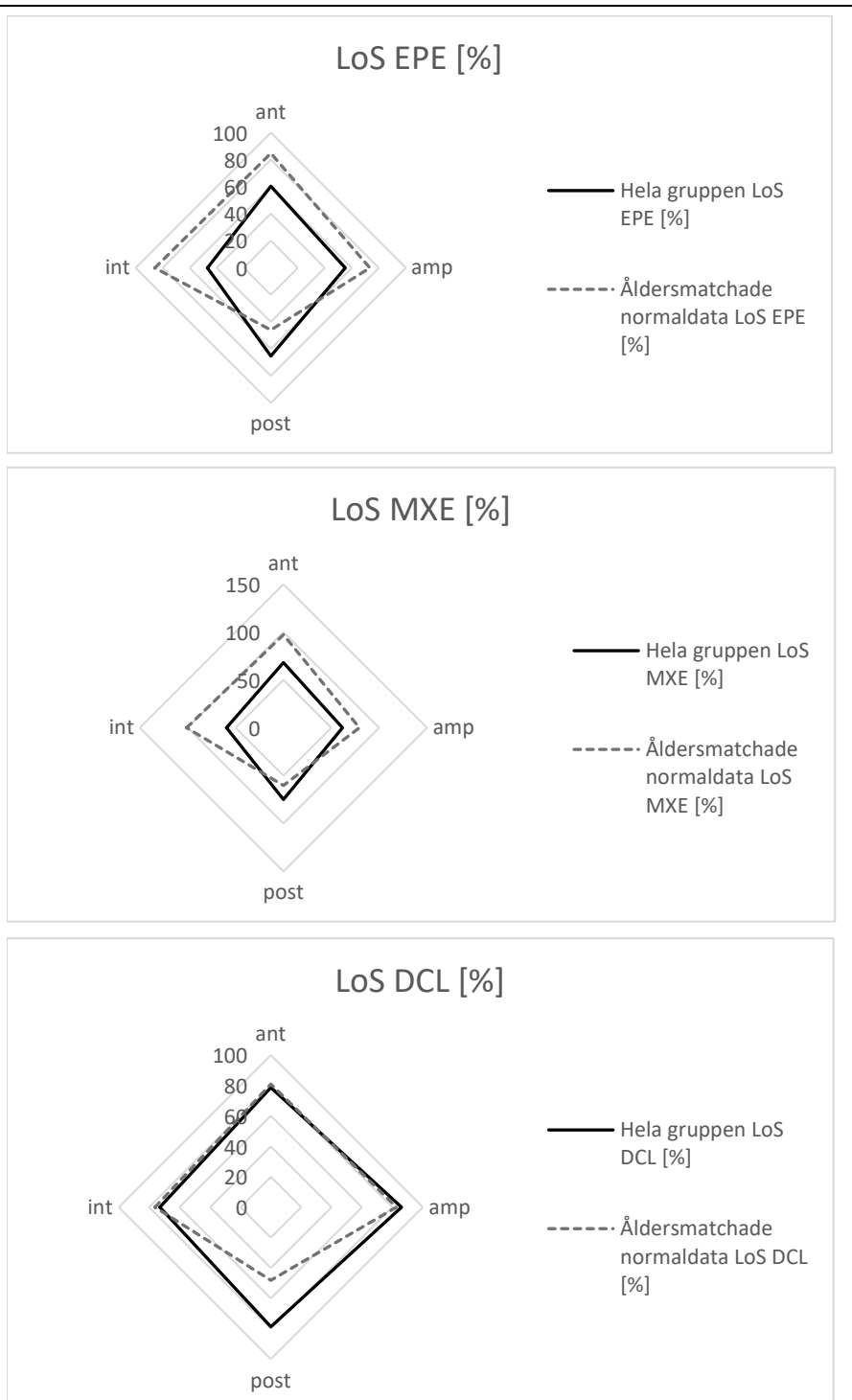
Sex manliga unilateralt TTA inkluderades i studien och genomgick samtliga tester. Deltagarna var mellan 23 och 73 år, medianåldern var 63 år och medelåldern var 52,6 år. Två av deltagarna var högersidigt och fyra var vänstersidigt amputerade. Tid som gått sedan amputation varierade mellan 7 och 24 år, medianvärdet var 16 år och medelvärdet 15,2 år. Amputationsorsaken var trauma i fyra fall och akut cirkulationsstörning i två fall. Samtliga sex personer klarade TUG på mindre än tio sekunder och hade mer än 45 poäng på BBS. Två av deltagarna uppfyllde inte alla inklusionskriterier; den ena hade besvär med stumpen och den andra hade nedsatt sensibilitet och muskelstyrka i icke amputerad sidas ben. Eftersom båda dessa hade resultat på TUG och BBS som var bättre än uppsatta gränsvärden, och eftersom inga statistiskt signifikanta skillnader upptäcktes när gruppens resultat på NBWT jämfördes med Mann Whitney U-test med och utan dessa två personer, bedömdes de ändå vara av intresse för studiens syfte och inkluderades därför i analysen.

## TUG och BBS

Samtliga deltagare klarade de uppsatta gränser som valts på TUG och BBS för att klassificeras som att inte ha förhöjd fallrisk. Alla utom en person hade maxresultat på BBS. Resultatet på TUG varierade lite mer beroende på deltagarens inställning, där några gick i sin normala gånghastighet och några gick så fort de kunde.

## LoS

För samtliga deltagare var det svårt att flytta tyngdpunkten men bibehålla hela foten mot underlaget och de flesta fick göra om någon eller några mätningar då de inte lyckades bibehålla båda fötterna i position. Oftast var det protesfoten som rörde sig och hamnade ur läge, vilket antogs bero på avsaknaden av rörlighet i protesfotleden. För hela gruppen var RT (comp) 0,91 [0,30] s (median [interkvartil]), MVL (comp) 2,93 [1,40] grader/s. Rapporterade normalvärden för samma åldersgrupp (sammansatt) är RT (comp) 0,9 s och MVL (comp) 4,0 grader/s. MWU visade att skillnaden mellan deltagarna och normalvärdena var statistiskt signifikant för EPE, MXE och DCL ( $p < 0,05$ ). EPE, MXE och DCL jämfört med normalvärden för åldersgruppen, presenteras i figur 2 som procent av deras teoretiska maxvärde.



Figur 2: Resultat av LoS EPE, MXE och DCL i procent av beräknat teoretiskt maxvärde för samtliga deltagare, tillsammans med en åldersmatchad grupp sammanställd av normalvärden från Neurocoms kliniska guide (2008). Värdena för hela gruppen (åldersmatchade kontroller) var i anterior riktning EPE 60,3 (84,7), MXE 68,2 (97,2) och DCL 78,7 (80,9). I posterior riktning var EPE 65,3 (46,1), MXE 74,8 (60,2) och DCL 78,7 (48,1). Mot amputerad/vänster sida var EPE 55,2 (73,3), MXE 61,7 (79,3) och DCL 86 (82,7) och mot intakt/höger sida var EPE 46,8 (85,8), MXE 59,5 (101,2) och DCL 73,0 (76,2).

## NBWT

NBWT var det enda test som ingen av deltagarna hade utfört tidigare. Medelvärdet för försök 3-5 varierade mellan 19,6 % och 85,4 %. För hela gruppen var medelresultatet 55,9 % med medianvärdet 53,3 %. Alla deltagare kunde påbörja testet vid samtliga försök. Två deltagare gick hela bommens längd, dock inte vid samtliga försök. Ingen deltagares beräknade resultat var 0% eller 100%.

## Korrelation

Analys med Spearman's rank correlation test mellan NBWT och LoS comp gav följande korrelationskoefficienter: RT -0,257, MVL 0,371, EPE 0,543 och MXE 0,714. Motsvarande resultat i posterior riktning var RT -0,771, MVL 0,714, EPE 0,714 och MXE 0,714. I riktning mot amputerad sida var motsvarande resultat: RT -0,029, MVL 0,029, EPE 0,714, MXE 0,371. Ingen av dessa korrelationer uppvisade statistisk signifikans.

Statistisk signifikans sågs för DCL comp, DCL post och DCL amp, med korrelationskoefficienten  $r = 0,886$  ( $p = 0,019$ ),  $r = 0,829$  ( $p = 0,042$ ) respektive  $r = 1,000$  ( $p = 0,000$ ).

# Diskussion

## Resultat

Syftet med studien var att beskriva förhållandena mellan resultaten på NBWT och Los för TTA protesanvändare för vilka TUG och BBS inte upptäckte någon förhöjd fallrisk. Analysen visade att en signifikant korrelation fanns mellan NBWT och DCL i posterior riktning, mot amputerade sidan och för det sammanslagna resultatet för alla riktningar. Studien gav också upphov till reflektioner beträffande NBWT:s utformning och kliniska användbarhet.

Inför projektet fanns en målsättning om att uppnå tio deltagare. Det var sex deltagare som slutligen deltog i studien och vars resultat analyserades. Samtliga deltagare var män och de flesta var amputerade efter ett trauma. Ingen av deltagarna var amputerad på grund av perifer vaskulär sjukdom och ingen hade några långt framskridna komorbiditeter, faktorer som tidigare visats påverka balansförmåga och fallrisk negativt (C. K. Wong et al., 2016; K. C. Wong & Chihuri, 2018). Generaliserbarheten av vår studie är därför låg, vi kan endast diskutera våra resultat utifrån just våra deltagare.

Deltagarna hade samtliga en hög fysisk aktivitetsnivå. Detta gör också att det är svårt att generalisera om NBWT:s användbarhet i hela den transtibialt amputerade populationen. Det föll dock inom studiens syfte då vi ville se om NBWT kunde upptäcka små balansnedsättningar som TUG och BBS inte identifierar.

Vi valde att jämföra deltagarnas amputerade sida med normalvärden för vänster sida. Små skillnader fanns mellan höger och vänster hos normalvärdena, där vänster sida generellt presterade något sämre än höger, vilket gjorde att valet av jämförelse höger mot intakt och vänster mot amputerad verkade motiverad.

Syftet med denna studie var att undersöka sambandet mellan resultatet på NBWT och LoS för TTA. För studiens deltagargrupp är detta samband delvis bekräftat, med en stark positiv, statistiskt signifikant korrelation mellan NBWT och DCL, i posterior och amputerad riktning, samt i det sammansatta resultatet. För övriga resultat från LoS finns ingen statistiskt signifikant korrelation för denna studies deltagare.

DCL ger information om en individs kapacitet att kontrollerat flytta gravitationscentrum i riktning mot målet. 100% skulle innebära att rörelsen varit en helt rak linje mot målet medan ett lägre värde indikerar hur mycket av sträckan gravitationscentrum förflyttats som har varit i rätt riktning. En försämring i denna kapacitet gör det svårare att på ett säkert sätt sträcka sig efter föremål, resa sig upp eller sitta ner och att gå – det är alltså avgörande för ADL (NeuroCom International Inc., 2008). Att denna förmåga korrelerar med prestationen på den avsmalnande bommen i NBWT verkar rimligt. Balansgång är enklare om kapacitet finns att göra en kontrollerad rörelse i en specifik riktning, i stället för att kompensera för att upprepat ha gravitationscentrum utanför understödsytan.

## NBWT

Då det saknas referensvärden är det inte möjligt att utvärdera deltagarnas resultat på NBWT. Två av deltagarna lyckades gå hela bommens längd, dock inte vid samtliga testomgångar. Gruppens resultat var spritt och ingen deltagare hade resultatet 0 eller 100%, vilket styrker avsaknaden av takeffekt.

Att undersöka responsiveness, vad som är en kliniskt intressant skillnad i testresultat, för NBWT föll utanför vårt syfte. Detta skulle vara av stort kliniskt intresse då man vill veta om skillnad i ens patients resultat kan räknas bero på en förändring i balansen eller om det kan vara en slumpmässig variation. Vi vet inget om NBWT:s möjlighet att berätta när balansen har förändrats, vad som är en kliniskt intressant skillnad i testresultat.

Flera av deltagarna reagerade på NBWT:s utseende och kommenterade att den smalare delen såg utmanade ut. Skillnader kunde ses i hur mycket deltagarna utmanade sin balans och i de strategier de använde. En deltagare avbröt och uttryckte att det var för att den inte ville utmana sin balans nära gränsen att falla. Denne person var den som hade lägst resultat på NBWT. Alla andra fullföljde testet tills de inte klarade att stå kvar med båda fötterna eller släppte greppet med armarna framför kroppen.

## LoS

Deltagarnas resultat på EPE och MXE är något sämre än normalvärdena för samma ålder medan DCL är något bättre. För EPE, MXE och DCL skilde sig det sammanlagda värdet signifikant från normalvärden ( $p < 0,05$ ). LoS kan alltså, som vi antog, upptäcka en nedsättning som inte kan påvisas med TUG och BBS. En nedsatt förmåga var dock väntad i denna grupp. Tidigare studier har även funnit en nedsättning i DCL (Barnett et al., 2018; Kolarova et al., 2013) varför det är intressant att vår grupp hade likvärda eller något bättre resultat i denna kategori. En del av förklaringen skulle kunna vara vår grupps höga aktivitetsnivå och balansförmåga (enligt TUG och BBS), som ju inte är representativ för alla TTA. Förminskad EPE och MXE visar att den användbara räckvidden är mindre än normalt, medan god DCL visar att kontrollen inom detta område är god eller mycket god för den aktuella gruppen. Ytterligare forskning på området, som undersöker skillnader i de olika aspekterna av LoS tillsammans med aktivitetsnivå skulle kunna klargöra om detta är en rimlig förklaring och också om detta är typiskt för denna grupp.

Precis som vid NBWT kunde man vid LoS se olika strategier och inställning till testet där några ansträngde sig till det yttersta för att komma så långt som möjligt och hitta den bästa strategin för att förbättra sitt resultat mellan testomgångarna medan andra hade en strategi från början och behöll den genom alla omgångar. Den person som vid NBWT avbröt testet för att undvika att utsätta sig för en ökad fallrisk hade vid LoS en stor skillnad mellan EPE och MXE, vilket vi nämnt tidigare är kopplat till en förhöjd fallrädsla (NeuroCom International Inc., 2008). Ingen analys av denna differens har gjorts för att jämföra mellan de olika deltagarna. Normalvärdena som presenteras i tolkningsmanualen är inhämtade från friska individer, utan påvisbar balansnedsättning, som inte fallit oväntat mer än en gång under de senaste sex månaderna (NeuroCom International Inc., 2005-08a), vilket ansågs jämförbart med deltagargruppen i den aktuella studien.

## Fallriskbedömning och prevention

NBWT är utvecklat för att säkrare bedöma fallrisken hos individer med benamputation (A. Sawers & B. Hafner, 2018). Forskningen visar dock att en fallriskbedömning inte alltid kan göras med endast ett balanstest. En individs hälsotillstånd och tiden som gått efter amputationen (Steinberg et al., 2018), fallhistorik (Vårdhandboken, 2009), eget balansförtroende (Bjerk et al., 2018; K. C. Wong & Chihuri, 2018) och benägenhet att ta risker (Hunter et al., 2019) måste vägas samman med resultatet på balanstestet (Barry et al., 2014; Muir et al., 2010) för att ge en verklig bild av fallrisken.

Denna studie gjorde ingen undersökning av det egna förtroendet för balansförmågan. En studie av Sions et al. (2018) visade dock att förtroende för den egna balansförmågan var positivt korrelerat med prestation på TUG. Det kan därför antas att deltagarna hade gott förtroende för den egna balansförmågan och låg rädsla för att falla. Rädsla för att falla resulterar också typiskt i en större skillnad mellan EPE och MXE än vad som ses hos de aktuella deltagarna (NeuroCom International Inc., 2008). Med tanke på balansförmågans koppling till fallrädsla, tillsammans med de olika strategier och resultat vi såg när vi administrerade NBWT, vore det intressant att forska vidare på kopplingen mellan fallrädsla och resultatet på NBWT. Är NBWT användbart för personer med ökad rädsla för att falla, eller är testets utformning sådant att en person som är rädd att ramla inte vågar utföra det till sin bästa förmåga?

Vi såg i vårt resultat en positiv korrelation mellan DCL och NBWT, vilket kan ge en aning om vad testet utmanade hos våra deltagare. Det är känt att benamputerade går med en ökad stegvidd (Curtze et al., 2011; Hak et al., 2013) och ökad stegvidd är en väldokumenterad kompensatorisk strategi för att minska fallrisken vid nedsatt balans eller när balansen utmanas (Beurskens, Wilken, & Dingwell, 2014; Sturk et al., 2018). Med en ökad stegvidd förstoras understödsytan, vilket gör att gravitationscentrum har ett större område att röra sig över utan att man riskerar att tappa balansen.

Vid NBWT tvingas man att gå smalspårigt och man hindras därför att applicera en sådan strategi. Medan protesbärare har nedsatt förmåga att kompensera i anteroposterior riktning på grund av avsaknaden av aktiv rörlighet, kontroll och styrka kring ankeln (Curtze et al., 2012) kan de ha god förmåga till kompensation i mediolateral riktning, något som till stor del styrs via höftens abduktormuskulatur (S. E. Miller et al., 2018). Resultaten i den aktuella studien tyder på att våra deltagare hade god kontroll i samtliga riktningar, med DCL-värden som var jämförbara med eller bättre än (posterior riktning) presenterade referensvärden (se figur 2). Värdena för EPE och MXE var dock mindre än referensvärdena i samtliga riktningar. Precis som diskuterats ovan är det tänkbart att man, om man har god riktningskontroll, bättre kan klara av att gå med smal spårvidd. Om man klarar av att styra rörelsen i den tänkta riktningen behöver man inte kompensera med ökad styrka eller balans för att återfå kontrollen och styra tillbaka rörelsen i rätt riktning, vilket man kan behöva göra om man har sämre riktningskontroll. En större studie skulle dock behöva göras för att bekräfta de signifikanta korrelationer som vi såg i den aktuella studien.

Denna studie gjorde ingen undersökning av fallhistoriken hos deltagarna. Flera kommenterade att de faller ofta men normalt inte skadar sig, vilket kan tros vara representativt för högfungerande TTA (C. Wong et al., 2016). Trots detta kunde två vanligt använda tester för att bedöma fallrisk inte se någon ökad risk, vilket pekar på takeffekter hos TUG och BBS. Tidigare studier har också visat att BBS kan vara missvisande som fallriskbedömning (C. K. Wong et al., 2015). Eftersom risken för fallrelaterad skada ökar med stigande ålder (C. Wong et al., 2016) finns det ett behov av att hitta individer med förhöjd fallrisk innan de faller och skadar sig. Hos en grupp TTA som är högaktiv skulle en riktad intervention ytterligare kunna förbättra förutsättningarna att individer fortsätter vara aktiva under många år. NBWT har hittills inte uppvisat någon takeffekt och kan vara en hjälp i framtida arbete med fallprevention, framför allt därför att avsaknaden av takeffekt kan ge en bättre möjlighet att utvärdera förändringar i kapaciteten även hos individer med från början god balans.

Vi har inte ett system för att avvärja fall utan balansen beror på komplext samspel mellan olika system (Fagius & Nyholm, 2012). Även förmågan att bedöma sin egen balansförmåga spelar in för att vi inte ska



utsätta oss för situationer som vi inte klarar av (Hunter et al., 2019; K. C. Wong & Chihuri, 2018). Olika balanstester kan visa på specifika svagheter i de olika systemen. Om ett balanstest utmanar mer än ett system kan det vara svårt att avgöra vad ett eventuellt försämrat resultat beror på. Vid NBWT är man beroende av såväl styrka som proprioception, känsel och inte minst syn för att uppnå ett bra resultat, och ytterligare forskning krävs för att vi ska veta vad som är avgörande.

En individs aktivitetsnivå, balansförmåga, eget balansförtroende och benägenhet att ta risker kan alltså ge en bild av risken för fall och fallskada, men också ge en indikation på vilken intervention som är lämplig. Resultatet på NBWT hade stor spridning och vid jämförelse med Sawers & Hafner (2018) var det flera av deltagarna som hamnade inom resultatområdet för förhöjd fallrisk. Dock har vi inte tillräckligt med kunskap om vad NBWT faktiskt mäter för att basera en intervention på detta resultat. Vi vet att balansförmågan kan förbättras med träning (Guirguis-Blake et al., 2018; Hamed et al., 2018; Tsang & Hui-Chan, 2004). De specifika egenskaperna hos denna grupp motiverar dock att vi väljer intervention med omsorg och vi behöver mer diagnostisk information för att ge rekommendationer. En undersökning av balanssjälvförtroendet med Falls Efficacy Scale (FES) eller ABC, tillsammans med undersökning av rörelseomfång och styrka kan vara en början. En tanke är att rekommendera träning till alla benamputerade i preventivt syfte. Vi vet att träning har effekt (Guirguis-Blake et al., 2018; Hamed et al., 2018) men för den som redan har en relativt hög aktivitetsnivå kan fokus antingen ligga på att upprätthålla befintlig kapacitet, eller på träning som specifikt förbättrar balansen. Fortsatt forskning på området kan ge kunskap om bästa fallprevention för denna grupp.

## Metod

### Demografi

Den demografiska information vi efterfrågade av våra deltagare gällde kön, ålder, längd, amputationssida, tid sedan amputation, amputationsorsak, andra sjukdomar, skador och förskrivna mediciner. I efterhand har vi insett att information om aktivitetsnivå, rädsla för att falla och fallhistorik hade kunnat tillföra oss viktig information, eftersom dessa är faktorer som är kopplade till balansförmågan (Mandel et al., 2016; W. C. Miller et al., 2001; Sions et al., 2018). Utifrån samtal som kom upp med deltagarna under datainsamlingen har vi fått en bild av att de alla är högfungerande, relativt högaktiva individer. Vi uppfattade att det förekom skillnader i rädsla för att falla och förtroendet för sin egen balansförmåga, men eftersom vi inte noggrant undersökte detta kan vi inte diskutera detta utifrån den data vi har. För eventuella framtida undersökningar inom detta område skulle denna information kunna vara användbar och bör inkluderas som demografisk bakgrundsinformation, genom direkta frågor eller användning av specifika instrument som mäter dessa förmågor, som t ex FES och ABC.

### Statistisk analys

Den ursprungliga idén till examensarbetet var att undersöka begreppsvaliditeten för NBWT i förhållande till LoS. Orsaken till det var att NBWT:s testutvecklare uppvisat god innehålls-, begrepps-, och diskriminerande validitet för testet för en grupp benamputerande som hade viss resultatspridning på andra balanstester. Begreppsvaliditeten undersöktes genom jämförelse med bland annat TUG och BBS (A. Sawers & B. Hafner, 2018). På grund av att TUG och BBS har uppvisat takeffekter (Blum &

Korner-Bitensky, 2008; Chen & Smith, 2018; Major et al., 2013; A. Sawers & B. Hafner, 2018; Schoene et al., 2013; C. K. Wong et al., 2013) ville vi se om validiteten gällde även jämfört med ett balanstest utan takeffekter. Vår studies begränsade omfattning och det låga deltagarantalet innebär att några långtgående/säkra slutsatser inte kan dras av den statistiska analysen. Vi har ändå valt att göra korrelationsanalys, med förbehållet att resultaten granskas med försiktighet. Vad gäller resultaten på både NBWT och LoS har vi ingen anledning att förutsätta normalfördelning i vår grupp. Med en representativ grupp underbensamputerade verkar normalfördelning vara det väntade resultatet på LoS (Kolarova et al., 2013) samt vid NBWT (A. Sawers & B. Hafner, 2018) men eftersom denna grupp inte går att betrakta som representativ, och dessutom bara består av sex individer, valde vi att använda icke-parametriska tester. Spearman's rank correlation test valdes för korrelationstester och därför presenterades medianvärden och interkvartilavstånd istället för medelvärden och standarddeviationer. Två av våra sex deltagare uppfyllde inte samtliga inklusionskriterier, som beskrivits i resultatet. Mann Whitney U-test användes för att jämföra resultaten på NBWT för samtliga sex deltagare med resultaten om dessa två deltagares resultat uteslöts. Då inga statistiskt signifikanta skillnader visades mellan dessa grupper gjordes inga ytterligare jämförelser mellan dem, utan samtliga sex deltagare innefattades i analysen.

Viktigast att poängtera gällande all statistisk analys i den aktuella studien är att resultaten ska granskas med försiktighet på grund av osäkerheten som det låga deltagarantalet medför.

### Tillverkning av NBWT

Bommen till NBWT tillverkades i möjligaste mån likadant som gjorts vid tidigare studier (A. Sawers & B. Hafner, 2018, Appendix S1). Vi vet därmed att dimensionerna av bommen är desamma som tidigare testats. Det är okänt vilket material som användes vid tidigare tester samt om/hur det säkerställdes att bommen låg stilla under gångtesterna. I den aktuella studien fästes bommen med dubbelhäftande tejp i golvet vilket, förutom att det säkerställde att bommen inte gled på golvet, bidrog till de olika sektionernas stabilitet i förhållande till varandra. Bommen tillverkades för att vara demonterbar och kunna förvaras i sina sektioner. De träreglar som användes i den aktuella studien var inte helt formbeständiga utan ändrade form vid skiftande luftfuktighet, vilket gjorde att sektionerna inte låg plant mot underlaget. På grund av detta var förvaring tvunget att ske så att sektionerna kunde tvingas ner mot en plan yta för att bibehålla önskad form. Framtida försök bör ske med mer formbeständigt material för enklare förvaring utan att formen ändras.

### Handhavande av tester – reflektioner

I den aktuella studien fick deltagarna själva bestämma hur länge de skulle vila mellan testomgångar och mellan de olika testen, utöver den tid det tog för undersökarna att registrera resultat och förbereda för nästa test. Inga riktlinjer gavs till deltagarna angående ansträngningsnivå och återhämtning innan nästa test/testomgång skulle starta, men de fick upprepade förfrågningar om de ville vila och påminnelser om att det var de som bestämde när och hur länge de ville vila. I studien av Sawers och Hafner (2018) sattes minsta vilotid mellan de olika testen till fem minuter. Deltagarna i den aktuella studien var relativt högpresterande och fysiskt högaktiva, noterbart är att de tog väldigt få och korta vilopausar. Det är tänkbart att personer som ser sig som högaktiva tycker att de ska kunna göra dessa test utan att vila, en minsta vilotid hade kunnat vara bra för att göra testförhållandena ännu mer lika mellan olika deltagare.

Försök att standardisera testinstruktioner gjordes för att undvika variationer i resultat på grund av skillnad i instruktioner. Vi märkte dock under datainsamlingen att ännu mer noggrannhet i utformningen av instruktionerna hade kunnat bidra till att säkrare undvika denna felkälla. Detta insågs genom att deltagarna reagerade olika på instruktionerna och genom att vi via frågor från deltagarna insåg att vi hade bortsett från aspekter som var viktiga för testets utförande. Framförallt gällde detta LoS där deltagarna från början inte uppmanades att göra rörelsen mot målet så snabbt som möjligt utan endast att göra rörelsen mot målet. Någon eller några av deltagarna frågade efter om det var hastighetsberoende varpå de fick svaret att reaktionstid och rörelsens medelhastighet beräknades av maskinen.

Instruktionen vid NBWT var att gå så långt som möjligt längs brädan med valfri gånghastighet och steglängd, med armarna korsade över bröstet. Orsaken till att armarna ska korsas över bröstet var, i enlighet med testutformarnas rekommendationer för att kunna utesluta att deltagarna använde olika kompensatoriska strategier med överkroppen (A. Sawers & B. Hafner, 2018). Noterbart var dock att deltagarna använde olika strategier vad gällde gånghastighet och steglängd. Medan några satsade på att komma långt med långa steg och hög fart gick några långsamt och återfann balansen för varje steg innan nästa steg togs, med tydlig asymmetri i enkelstödfasens duration mellan intakt och amputerad sida. Utifrån vår data är det omöjligt att analysera strategier för att se om någon är bättre än en annan. Det är möjligt att olika metoder är olika effektiva för olika personer beroende på till exempel styrka och balansförmåga i den icke amputerade sidan. Det vore intressant att styra än mer hur testet genomförs och jämföra olika stegstrategier för olika personer för att kunna se om någon strategi är överlägsen eller om olika personer har fördel av olika strategier.

## Balanstester

Valet av balanstester styrdes i stor utsträckning av testledarnas erfarenhet av balanstester. Orsaken till att TUG och BBS valdes som uteslutningstester var att de var väl kända av undersökarna samt att de är vanligt förekommande som kliniska balanstester och i studier som behandlar balans och fallrisk. De är också enkla att utföra och kräver relativt lite och enkel utrustning. LoS med NeuroCom Balance Master valdes för att all utrustning fanns tillgänglig på Hälsohögskolan i Jönköping, där testerna skulle utföras. Det finns otaliga balanstest som syftar till att testa olika balansaspekter. Inför den aktuella studien gjordes inga vidare bakgrundsstudier för att välja test som var mer lämpliga och vi kan därför inte uttala oss om huruvida det finns tester som hade passat bättre för vår studie.

## Skoval

När vi själva testade att gå på bommen fick vi olika resultat. En faktor som upplevdes påverka var valet av skor. En stabil sko som satt stadigt på foten upplevdes ge det bästa resultatet av de flesta, men individuella variationer förekom. Barfotagång på bommen upplevdes som obehagligt vid de smalare sektionerna på grund av att bommen var för smal för att ge stödyta åt hela foten och man därför stödde delvis på bommens kanter som då upplevdes som vassa. Det går inte att utesluta att skovalet har betydelse, men vi har inte gjort någon undersökning inom detta område eftersom det låg utanför studiens syfte. Vi valde att kopiera tidigare studier och gav instruktion om bekväma, stadiga skor som deltagarna var vana att gå i. Inga noteringar om skoval gjordes. Ytterligare studier, med standardiserat

skoval, kan ge information om huruvida valet av skor har betydelse för resultatet och i så fall hur stor denna betydelse är.

## Begränsningar i studien

Urvalet av deltagare skedde utifrån bekvämlighet och styrdes av deltagare som fanns tillgängliga i undersökarnas närhet. Denna studie är utförd på enbart sex individer vilket gör det omöjligt att dra några långtgående slutsatser av resultatet.

Vissa viktiga egenskaper hos deltagarna säkerställdes enbart genom informella undersökningar. Detta gällde aktivitetsnivå, förtroende för den egna balansförmågan och fallhistorik. Ingen av dessa egenskaper användes dock för resultatanalys.

Vi kan inte utesluta att resultatet har påverkats av bristfälliga och inkonsekventa instruktioner till deltagarna.

Ordningen som testerna utfördes i randomiserades, men LoS utfördes i samma riktning vid alla tester, oavsett amputerad sida. Vi kunde i stället ha utfört testerna så att alla deltagare började mot amputerad eller intakt sida, alternativt med slumpmässig ordning, för att utesluta varians på grund av trötthet.

Information om deltagarna bestod till stor del på självskattning och självrapportering. Vid LoS är resultatet beräknat utifrån individens kroppslängd. Deltagarna i denna studie fick själva rapportera kroppslängd och vi gjorde ingen kontrollmätning. Detta innebär en risk för felberäkningar, då det är möjligt att en person minns eller rapporterar fel längd. Nedsatt sensibilitet var ett exklusionskriterie, men ingen undersökning av känseln gjordes utan endast nekande svar på om de hade nedsatt känsel i något av benen krävdes för inklusion. Synnedsättning var inte ett exkluderande kriterium, men deltagare med synnedsättning ombads att använda sina förskrivna synhjälpmedel. Vi kan inte veta om alla deltagare hade samma förutsättningar utifrån syn/korrigerad syn då inga undersökningar av synen gjordes.

## Synpunkter på NBWT

Testet kräver ett utrymme strax över åtta meter långt och åtminstone två meter brett vilket kan vara ett problem för en mindre ortopedteknisk avdelning. Vid tillverkning av testet upptäckte vi att de olika sektionernas vikt skilde sig avsevärt från varandra och att de två smalare sektionerna var lätta nog att glida över golvytan med mycket liten kraft från den som gick på dem. I denna studie löstes detta problem genom att tillfälligt fästa bommarna i golvet. Detta är dock ingen hållbar lösning för en klinik, där all golvyta är värdefull och där rutinmässig hygien måste vara smidig. Ska testet vara förvarat i förråd mellan användande behöver hantering vara enkel, fastsättningen mellan sektioner behöver vara stadig och lätthanterlig och sektionernas tendens att glida över golvet måste motverkas.

Sawers och Hafner (2018) fann att testet hade god diskrimineringsvaliditet vad gällde fallhistorik, men detta gäller endast på gruppnivå. För klinisk användning, när ett test ska användas för att motivera en kostsam proteskomponent eller ett långvarigt behandlingsprogram, är testets nuvarande utformning inte applicerbart.

## Sammanfattningsvis

Efter genomförande av denna studie tycker vi att NBWT är lovande som kliniskt balanstest men att det finns kvarstående problem att lösa för att öka användarvänligheten. Våra resultat stärker testets validitet men pekar också ut områden som måste utforskas mer för att öka förståelsen för vad NBWT faktiskt visar.

## **Slutsatser**

För det aktuella urvalet är vår forskningshypotes dock delvis bekräftad: det finns en statistiskt signifikant positiv korrelation mellan resultaten på NBWT och LoS:s delresultat DCL för TTA protesanvändare där TUG och BBS inte identifierar någon förhöjd fallrisk.

Från den aktuella studien drar vi framförallt slutsatsen att metodologiska förbättringar behövs för att säkerställa/möjliggöra att undersöka validiteten av NBWT jämfört med LoS. Därutöver skulle studien också behöva vara mer omfattande med ett större deltagarantal för att kunna dra slutsatser av den statistiska analysen.

## **Författarnas tack**

Författarna vill tacka Mats Karlsson på Sofielunds Träprodukter i Boxholm, som formade och skänkte träbalkarna till NBWT samt Daniel Friberg som bidrog med grafisk hjälp.

Tack även till vår handledare David Rusaw och till medstudenter som gav feedback på testets utformning och placering.

## Referenser

- Barnett, C. T., Vanicek, N., & Rusaw, D. (2018). Do predictive relationships exist between postural control and falls efficacy in unilateral transtibial prosthesis users? *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*, *99*(11), 2271-2278. doi:10.1016/j.apmr.2018.05.016
- Barry, E., Galvin, R., Keogh, C., Horgan, F., & Fahey, T. (2014). Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC geriatrics*, *14*(1), 14-14. doi:10.1186/1471-2318-14-14
- Berg, K., Wood-Dauphinee, S., & Williams, J. I. (1995). The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, *27*(1), 27-36.
- Berg, K. O., Maki, B. E., Williams, J. I., Holliday, P. J., & Wood-Dauphinee, S. L. (1992). Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *73*(11), 1073-1080. doi:10.5555/uri:pii:000399939290174U
- Berg, K. O., Wood-Dauphinee, S. L., Williams, J. I., & Maki, B. (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health*, *83 Suppl 2*, S7-11.
- Beurskens, R., Wilken, J. M., & Dingwell, J. B. (2014). Dynamic stability of individuals with transtibial amputation walking in destabilizing environments. *Journal of Biomechanics*, *47*(7), 1675-1681. doi:10.1016/j.jbiomech.2014.02.033
- Bjerk, M., Brovold, T., Skelton, D. A., & Bergland, A. (2018). Associations between health-related quality of life, physical function and fear of falling in older fallers receiving home care. *BMC Geriatr*, *18*(1), 253. doi:10.1186/s12877-018-0945-6
- Blum, L., & Korner-Bitensky, N. (2008). Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review. *Physical therapy*, *88*(5), 559-566. doi:10.2522/ptj.20070205
- Chen, H., & Smith, S. S. (2018). Item Distribution in the Berg Balance Scale: A Problem for Use With Community-Living Older Adults. *Journal of geriatric physical therapy (2001)*. doi:10.1519/JPT.0000000000000208
- Chihuri, S., & Wong, C. (2018). Factors associated with the likelihood of fall-related injury among people with lower limb loss. *Injury Epidemiology*, *5*(1), 1-8. doi:10.1186/s40621-018-0171-x
- Curtze, C., Hof, A. L., Postema, K., & Otten, B. (2011). Over rough and smooth: Amputee gait on an irregular surface. *Gait & Posture*, *33*(2), 292-296. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.11.023
- Curtze, C., Hof, A. L., Postema, K., & Otten, B. (2012). The relative contributions of the prosthetic and sound limb to balance control in unilateral transtibial amputees. *Gait & Posture*, *36*(2), 276-281. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.03.010
- Dixon, C. J., Knight, T., Binns, E., Ihaka, B., & O'Brien, D. (2017). Clinical measures of balance in people with type two diabetes: A systematic literature review. *Gait & Posture*, *58*(C), 325-332. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.08.022
- Fagius, J., & Nyholm, D. (2012). *Neurologi* (C. Brynolfsson Ed. 5 ed.). Stockholm: Liber AB.
- Guirguis-Blake, J. M., Michael, Y. L., Perdue, L. A., Coppola, E. L., & Beil, T. L. (2018). Interventions to Prevent Falls in Older Adults: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA*, *319*(16), 1705-1716. doi:10.1001/jama.2017.21962
- Hak, L., van Dieën, J. H., van Der Wurff, P., Prins, M. R., Mert, A., Beek, P. J., & Houdijk, H. (2013). Walking in an Unstable Environment: Strategies Used by Transtibial Amputees to Prevent Falling During Gait. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *94*(11), 2186-2193. doi:10.1016/j.apmr.2013.07.020
- Hamed, A., Bohm, S., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2018). Follow-up efficacy of physical exercise interventions on fall incidence and fall risk in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med Open*, *4*(1), 56. doi:10.1186/s40798-018-0170-z
- Hunter, S. W., Higa, J., Frengopoulos, C., Viana, R., & Payne, M. W. (2019). Evaluating knowledge of falls risk factors and falls prevention strategies among lower extremity amputees after inpatient prosthetic rehabilitation: a prospective study. *Disability and rehabilitation.*, 1-10. doi:10.1080/09638288.2018.1555721
- Jensen, J., Lundin-Olsson, L., Lindmark, B., Nilbrand, A., & Gustafson, Y. (1998). Bergs Balansskala: Prövning av interbedömarreliabilitet. *Nordisk Fysioterapi*, *2*, 3-8.
- Kaufman, K. R., Levine, J. A., Brey, R. H., Iverson, B. K., McCrady, S. K., Padgett, D. J., & Joyner, M. J. (2007). Gait and balance of transfemoral amputees using passive mechanical and microprocessor-controlled prosthetic knees. *Gait & Posture*, *26*(4), 489-493. doi:10.1016/j.gaitpost.2007.07.011

- Kolarova, B., Janura, M., Svoboda, Z., & Elfmark, M. (2013). Limits of Stability in Persons With Transtibial Amputation With Respect to Prosthetic Alignment Alterations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(11), 2234-2240. doi:10.1016/j.apmr.2013.05.019
- Kornetti, D. L., Fritz, S. L., Chiu, Y.-P., Light, K. E., & Velozo, C. A. (2004). Rating scale analysis of the Berg balance scale 1 1 No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(7), 1128-1135. doi:10.1016/j.apmr.2003.11.019
- Lin, S.-J., Winston, K. D., Mitchell, J., Girlinghouse, J., & Crochet, K. (2014). Physical activity, functional capacity, and step variability during walking in people with lower-limb amputation. *Gait & Posture*, 40(1), 140-144. doi:10.1016/j.gaitpost.2014.03.012
- Lundin Olsson, L. (2011). *Balansera rätt - Faktaunderlag om fall och fallrelaterade skador*. (MSB 306). [www.msb.se](http://www.msb.se): Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
- Lundin-Olsson, L., Jensen, J., & Waling, K. (1996). Bergs Balansskala. In.
- Lundin-Olsson, L., Jensen, J., & Waling, K. (1996). Bergs balansskala, den svenska versionen av the balance scale. *Sjukgymnasten Vetenskapligt supplement*, 1, 16-19.
- Major, M. J., Fatone, S., & Roth, E. J. (2013). Validity and Reliability of the Berg Balance Scale for Community-Dwelling Persons With Lower-Limb Amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. doi:10.1016/j.apmr.2013.07.002
- Mandel, A., Paul, K., Paner, R., Devlin, M., Dilkas, S., & Pauley, T. (2016). Balance confidence and activity of community-dwelling patients with transtibial amputation.(Report). *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 53(5), 551. doi:10.1682/JRRD.2015.03.0044
- Miller, S. E., Segal, A. D., Klute, G. K., & Neptune, R. R. (2018). Hip recovery strategy used by below-knee amputees following mediolateral foot perturbations. *Journal of Biomechanics*. doi:10.1016/j.jbiomech.2018.05.023
- Miller, W. C., Speechley, M., & Deathe, B. (2001). The prevalence and risk factors of falling and fear of falling among lower extremity amputees. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(8), 1031-1037. doi:10.1053/apmr.2001.24295
- Morris, S., Morris, M. E., & Iansek, R. (2001). Reliability of measurements obtained with the Timed "Up & Go" test in people with Parkinson disease. *Physical therapy*, 81(2), 810. doi:10.1093/ptj/81.2.810
- Muir, S. W., Berg, K., Chesworth, B., Klar, N., & Speechley, M. (2010). Quantifying the magnitude of risk for balance impairment on falls in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 63(4), 389-406. doi:10.1016/j.jclinepi.2009.06.010
- NeuroCom International Inc. (2005-08a). Clinical Operations Guide. In. NeuroCom International Inc. 9570 SE Lawnfield Road Clackamas, Oregon 97015 USA.
- NeuroCom International Inc. (2005-08b). Clinical Operations Guide, Appendix. In.
- NeuroCom International Inc. (2008). *Balance Manager Systems Clinical Interpretation Guide*. NeuroCom International Inc. 9570 SE Lawnfield Road, Clackamas, Oregon 97015, USA: NeuroCom International Inc.
- Oddsson, K., & Ekblom, Ö. (2004). "Bra" eller "dålig" balans – vad är det vi mäter? *Svensk Idrottsforskning*(4), 61-65.
- Picone, N. E. (2013). The Timed Up and Go Test. *AJN, American Journal of Nursing*, 113(3), 56-59. doi:10.1097/01.NAJ.0000427881.33418.cb
- Quinn, G., Comber, L., Galvin, R., & Coote, S. (2018). The ability of clinical balance measures to identify falls risk in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 32(5), 571-582. doi:10.1177/0269215517748714
- Rusaw, D. F. (2017). The validity of forceplate data as a measure of rapid and targeted volitional movements of the centre of mass in transtibial prosthesis users. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 12(7), 686-693. doi:10.1080/17483107.2016.1222002
- Rusaw, D. F., Rudholmer, E., & Barnett, C. T. (2017). Development of a limits of stability protocol for use in transtibial prosthesis users: Learning effects and reliability of outcome variables. *Gait & Posture*, 58, 539-545. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.08.021
- Rydwik, E., Bergland, A., Forsén, L., & Frändin, K. (2011). Psychometric Properties of Timed Up and Go in Elderly People: A Systematic Review. *Physical & Occupational Therapy In Geriatrics*, 29(2), 102-125. doi:10.3109/02703181.2011.564725



- Sagawa, Y., Turcot, K., Armand, S., Thevenon, A., Vuillerme, N., & Watelain, E. (2011). Biomechanics and physiological parameters during gait in lower-limb amputees: A systematic review. *Gait & Posture*, 33(4), 511-526. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.02.003
- Sawers, A., & Hafner, B. (2018). Validation of the Narrowing Beam Walking Test in lower limb prosthesis users. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. doi:10.1016/j.apmr.2018.03.012
- Sawers, A., & Hafner, B. J. (2018a). A study to assess whether fixed-width beam walking provides sufficient challenge to assess balance ability across lower limb prosthesis users. *Clinical Rehabilitation*, 32(4), 483-492. doi:10.1177/0269215517732375
- Sawers, A., & Hafner, B. J. (2018b). Narrowing beam-walking is a clinically feasible approach for assessing balance ability in lower-limb prosthesis users. *Journal of rehabilitation medicine*. doi:10.2340/16501977-2329
- Sawers, A., & Ting, L. H. (2015). Beam walking can detect differences in walking balance proficiency across a range of sensorimotor abilities. *Gait & Posture*, 41(2), 619-623. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.01.007
- Schafer, Z. A., Perry, J. L., & Vanicek, N. (2018). A personalised exercise programme for individuals with lower limb amputation reduces falls and improves gait biomechanics: A block randomised controlled trial. *Gait & Posture*, 63, 282-289. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.04.030
- Schoene, D., Wu, S. M. S., Mikolaizak, A. S., Menant, J. C., Smith, S. T., Delbaere, K., & Lord, S. R. (2013). Discriminative Ability and Predictive Validity of the Timed Up and Go Test in Identifying Older People Who Fall: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(2), 202-208. doi:10.1111/jgs.12106
- Schoppen, T., Boonstra, A., Groothoff, J. W., de Vries, J., Göeken, L. N., & Eisma, W. H. (1999). The Timed "up and go" test: reliability and validity in persons with unilateral lower limb amputation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80(7), 825. doi:10.1016/S0003-9993(99)90234-4
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up & go test. *Physical Therapy*, 80(9), 896-903. doi:10.1093/ptj/80.9.896
- Sions, J. M., Manal, T. J., Horne, J. R., Sarlo, F. B., & Pohlig, R. T. (2018). Balance-confidence is associated with community participation, perceived physical mobility, and performance-based function among individuals with a unilateral amputation. *Physiother Theory Pract*, 1-8. doi:10.1080/09593985.2018.1490939
- Steinberg, N., Gottlieb, A., Siev-Ner, I., & Plotnik, M. (2018). Fall incidence and associated risk factors among people with a lower limb amputation during various stages of recovery - a systematic review. *Disabil Rehabil*, 1-10. doi:10.1080/09638288.2018.1449258
- Sturk, J. A., Lemaire, E. D., Sinitzki, E., Dudek, N. L., Besemann, M., Hebert, J. S., & Baddour, N. (2018). Gait differences between K3 and K4 persons with transfemoral amputation across level and non-level walking conditions. *Prosthetics and Orthotics International*, 42(6), 626-635. doi:10.1177/0309364618785724
- Thorbahn, L. D. B., Newton, R. A., & Chandler, J. (1996). Use of the Berg balance test to predict falls in elderly persons. (includes commentary). *Physical Therapy*, 76(6), 576.
- Tsang, W. N. W., & Hui-Chan, W. Y. C. (2004). Effect of 4- and 8-wk Intensive Tai Chi Training on Balance Control in the Elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 648-657. doi:10.1249/01.MSS.0000121941.57669.BF
- Vårdhandboken. (2009). Fallprevention - Vanliga Riskfaktorer. Retrieved from [https://www.vardhandboken.se/globalassets/vhb/media/pdf/fallprevention\\_riskfaktorer.pdf](https://www.vardhandboken.se/globalassets/vhb/media/pdf/fallprevention_riskfaktorer.pdf)
- Wong, C., Chihuri, S., & Li, G. (2016). RISK OF FALL-RELATED INJURY IN PEOPLE WITH LOWER LIMB AMPUTATIONS: A PROSPECTIVE COHORT STUDY. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 48(1), 80. doi:10.2340/16501977-2042
- Wong, C. K., Chen, C. C., Blackwell, W. M., Rahal, R. T., & Benoy, S. A. (2015). Balance ability measured with the Berg balance scale: a determinant of fall history in community-dwelling adults with leg amputation. *Journal of rehabilitation medicine*, 47(1), 80-86. doi:10.2340/16501977-1882
- Wong, C. K., Chen, C. C., & Welsh, J. (2013). Preliminary assessment of balance with the Berg Balance Scale in adults who have a leg amputation and dwell in the community: Rasch rating scale analysis. *Physical therapy*, 93(11), 1520-1529. doi:10.2522/ptj.20130009
- Wong, C. K., Ehrlich, J. E., Ersing, J. C., Maroldi, N. J., Stevenson, C. E., & Varca, M. J. (2016). Exercise programs to improve gait performance in people with lower limb amputation: A systematic review. *Prosthetics and Orthotics International*, 40(1), 8-17. doi:10.1177/0309364614546926

Wong, K. C., & Chihuri, T. S. (2018). Impact of vascular disease, amputation level, and the mismatch between balance ability and balance confidence in a cross sectional study of the likelihood of falls among people with limb loss: perception versus reality. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. doi:10.1097/PHM.0000000000001034