

Att mäta muskelfunktion

Enkla test möjliggör tidig upptäckt av nedsatt fysisk prestationsförmåga

ULLA SVANTESSON

Sammanfattning

Bra muskelfunktion har stor betydelse för hur vi klarar vardagliga aktiviteter. Att noggrant utvärdera muskelfunktion och kroppssammansättning hos äldre personer och hos patienter med olika skador/sjukdomar är av stor vikt. Detta förbättrar möjligheten att individanpassa träning för ett stort antal människor som idag befinner sig i riskzonen att förlora sin autonomi på grund av nedsatt muskelfunktion. I denna artikel diskuteras olika aspekter av muskelfunktion som spänst, elasticitet, explosiv muskelstyrka och muskelfibersammansättning och hur dessa påverkas av åldrande, och sjukdom. Dessutom presenteras ett antal enkla test som är såväl valida som reliabla.

Ulla Svantesson, docent, leg sjukgymnast, Institutionen för neurovetenskap och fysiologi/fysioterapi, Sahlgrenska akademien vid Göteborgs Universitet och Sjukgymnastik- och arbetsterapiverksamheten, Sahlgrenska universitetssjukhuset, Göteborg

GENOM ATT MÄTA muskelstyrka, balans och gångförmåga kan man få en mycket god uppfattning om individens fysiska prestationsförmåga. Vi vet att god muskelfunktion har stor betydelse för att vi skall klara vardagliga aktiviteter och vi vet också att skelettmuskulaturen påverkas av graden av fysisk aktivitet.

Mängden fettfri massa styrs i hög grad av mängden skelettmuskulatur. Man har dock sett att en stor mängd fettfri massa/muskulatur, inte nödvändigtvis leder till bra muskel prestation. Därför är det av stort värde att studera relationen mellan muskelmassa, muskelstyrka och hur väl man kan utnyttja de muskler man arbetat sig till.

Vid åldrandet förändras vår kroppssammansättning. Andelen fett ökar och muskelmassan minskar. Inte enbart musklernas volym minskar. Fett inlagras och muskelfiberfördelningen förändras. Muskulaturens egenskaper försämras och funktionen blir nedsatt. Detta bidrar till den allmänna skörhet som drabbar äldre personer och som successivt leder till nedsatt förmåga att kunna klara sig själv. Risken för komplikationer ökar, bland annat på grund av nedsatt muskelstyrka och balans och risken för att ramla ökar med stigande ålder. Muskulaturen kan dock tränas till bättre funktion också hos mycket gamla.

Förloppet kan således påverkas varför tidig upptäckt borde vara av stort humanitärt och samhällsekonomiskt värde.

Spänst och elasticitet

God muskelstyrka och god spänst (elasticitet) i muskler och senor är viktigt för att vi skall kunna utföra livets dagliga aktiviteter (1). Med god spänst menas att kombinationen av excentriskt och koncentriskt muskelarbete utnyttjas så bra som möjligt. Detta kallas för stretch-shorteningcykeln (SSC) och vi utnyttjar denna typ av muskelarbete då vi till exempel går, springer eller hoppar. Inom de allra flesta idrotter spelar SSC en mycket stor roll för den fysiska prestationsförmågan.

Tidigare studier visar att man kan höja den koncentriska muskelstyrkan avsevärt genom att låta en excentrisk muskelaktivitet direkt föregå en koncentrisk rörelse (2, 3). Den ökade kraften under den koncentriska fasen i en stretch-shorteningcykel (SSC) beror dels på de elastiska egenskaperna i muskler och senor, men även på en reflexmässigt ökad neuromuskulär aktivering (4). Att utnyttja SSC är ett effektivt sätt för kroppen att utveckla kraft.

Unga kvinnor utnyttjar effekten av SSC bättre än unga män, vilket är en indikation på att lägre muskelstyrka kan medföra ett ökat utnyttjande av de elastiska komponenterna. Detta gäller åtminstone vid relativt låga hastigheter såsom vid normal gång. Detta resultat visar sig även i jämförelse mellan vältränade unga och äldre personer, där forskningen tyder på att man inte förlorar möjligheten att utnyttja SSC med stigande ålder (5). Hoppförmågan försämras dock med stigande ålder, liksom de elastiska egenskaperna i muskler och senor.

Explosiv muskelstyrka – power

Muskelnas förmåga att utveckla största möjliga kraft under så kort tid som möjligt kallas explosiv muskelstyrka eller power. Förmågan att kunna utföra ett maximalt vertikalthopp är en mycket god indikator på benens explosiva muskelstyrka (6). En kraftplatta ger unika möjligheter att studera hoppförmågan, inte bara ur ett kvantitativt perspektiv utan också för att studera kvaliteten på hoppet (7).

I en studie av äldre personer som hoppade på en kraftplatta visade det sig att speciellt äld-

re kvinnor hade en sämre hoppförmåga, framför allt beroende på en lägre hastighet i själva upphoppet (7). Slutsatsen är således att både muskelstyrka och förmåga att snabbt kunna utveckla kraft kan vara en bidragande orsak till att framför allt äldre kvinnor har en högre fallrisk.

Det har utförts ett antal studier med tvåbenshopp inom olika idrotter (6, 8, 9, 10, 11). Bosco (4) var en av de första som började studera tvåbenshopp på en kraftplatta, och har med sina studier initierat många intressanta forskningsprojekt. Dokumentation av äldres förmåga att utveckla explosiv muskelstyrka är dock starkt begränsad. Till vår kännedom saknas kunskap om den äldre aktiva idrottarens explosiva kapacitet.

I en nyligen utförd studie på 124 normaltränade unga män och kvinnor har metoden utvärderats med avseende på reliabilitet och validitet i ett examensarbete av C Elam Edwén. Reliabiliteten är mycket god för mätning av hoppförmåga på kraftplatta.

Män hoppade i medeltal 34,4 cm, vilket var signifikant högre än kvinnor, vars motsvarande värde var 22,0 cm.

Exempel på andra parametrar som studerades var hastigheten vid själva upphoppet och kraftutvecklingen under både den excentriska och den koncentriska fasen var för sig. Männen uppvisade signifikant högre värden i samtliga analyserade parametrar.

Hopphöjden korrelerade med såväl längden som vikten på försökspersonerna. Ett ganska svagt samband sågs mellan hopp höjd och aktivitetsnivå i den här gruppen. I en studie av Bojsen-Møller (6) förelåg ett mycket svagt samband mellan hopp höjd och ”stiffness” i muskel/sen-komplexet, vilket också var fallet i en studie av Svantesson (11).

I en test-reteststudie av hoppförmågan, utförd av Slinde och medarbetare (12), uppnåddes en mycket god reliabilitet avseende tvåbenshopp på hoppmatta samt för hopp höjd, mätt med måttband, så kallat Abalakows hopp.

Muskelfibersammansättning

Korhonen (13) studerade muskelfibersammansättningen hos äldre löpare och fann att de vanliga åldersrelaterade förändringarna på fiber nivå förekom även hos dem. Däremot såg

”Det är av stort värde att studera relationen mellan muskelmassa, muskelstyrka och hur väl man kan utnyttja de muskler man arbetat sig till.”

”Gångtest är ett sätt att mäta en persons fysiska kapacitet och är enkelt att utföra.”

de en ökad muskelfiberstorlek hos de äldre löparna i jämförelse med förväntat värde. Muskelstyrkan minskar med stigande ålder (14) men denna nedgång i muskelstyrka, som framför allt gäller explosiv styrka, var mindre än förväntat hos äldre löpare (13). Nedgång i muskelstyrka skiljer sig åt mellan män och kvinnor (15), både koncentrisk och excentrisk muskelstyrka (16, 17), liksom förmågan att snabbt utveckla kraft (power) (7). Muskelstyrkan minskar i högre takt hos kvinnor. Förklaringen kan möjligen finnas i den neuromuskulära aktiveringen eller metabola förhållanden i muskulaturen.

Det vore av stort idrottsmedicinskt intresse att få ökad kunskap om huruvida ett aktivt idrottande i hög ålder kan påverka förmågan att utveckla power. Detta skulle i så fall kunna leda till ökad kunskap om träning för äldre och idrottens betydelse för den enskilde individen på längre sikt.

Handstyrka som mått på prestationsförmåga

Handen är ett av våra mest användbara och komplexa arbetsinstrument. Att mäta handstyrka är en enkel utvärderingsmetod och ger en god uppfattning av den funktionella prestationsförmågan (18). Det finns flera instrument som används för att utvärdera greppstyrka, både inom klinik och forskning, och det finns normalvärden för handstyrka i stora populationer (14, 19, 20). Ett svenskt instrument som de senaste åren blivit allt vanligare är Grippit® (AB Detector, Göteborg, Sverige), som är enkelt att använda och har visat sig ha mycket god reliabilitet (18, 21).

Mätning av handstyrka är ett vanligt och betydelsefullt mått, som används vid utvärdering av handfunktion för att bedöma ADL-förmåga (activities of daily living) och generell styrka i övre extremiteten (21, 22). Thomas Magnusson och medarbetare (23) visade att handstyrkan ökade efter bara åtta veckors generell styrketräning för övre extremiteten. Höga korrelationer har också visats i flera studier mellan handstyrka och muskelstyrka runt axelleden hos friska individer.

Handstyrkans betydelse inom idrottsmedicin är mycket sparsamt studerat. Därför genomförde vi en studie med sextionio elitidrottare, aktiva inom friidrott, fotboll, ishockey

och segling. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan de kvinnliga idrottarna gällande handstyrka. Däremot var de kvinnliga idrottarna, oavsett idrott, betydligt starkare än kontrollpersonerna i motsvarande ålder.

När det gäller de manliga idrottarna fann vi en del intressanta skillnader. Seglarna var starkast, följda av av ishockeyspelarna. Fotbollsspelarna var svagast av idrottarna och uppvisade resultat likvärdiga med kontrollpersonernas. Detta tyder på vikten av allsidig träning och att handstyrkans betydelse för den fysiska prestationsförmågan inte bör underskattas. Studien visade också på höga samband mellan Fettfri massa (FFM) och handstyrka. Bentättheten (BMC) visade också mycket höga korrelationer med handstyrkan!

Gångförmåga som mått på prestationsnivå

Inom sjukgymnastiken används många gånger gångförmåga som ett mått på fysisk prestationsnivå. Gång är en komplex aktivitet som involverar hela kroppen. Koordination, muskelstyrka och balans, samt den sensoriska informationen är viktiga komponenter för att kunna kontrollera och anpassa gången. Det krävs också att man klarar av att initiera och avsluta rörelser samt att ändra hastighet och riktning för att undvika hinder och anpassa sig efter omgivningen. Gånghastigheten bestäms framför allt av stegfrekvensen och steglängden (24).

Gångtest är användbara för att få ett mått på den fysiska prestationsförmågan, att utvärdera och följa upp behandlingsresultat samt för att kunna ge en prognos (25). Gångtest är ett sätt att mäta en persons fysiska kapacitet och är enkelt att utföra.

Gångförmågan mäts ofta genom att tid, längd och hastighet registreras vid gång av olika sträckor. Vanliga gångtest som används för patienter med nedsatt lungkapacitet är sex minuters gångtest (6MW), tolv minuters gångtest (12MW), Incremental Shuttle Walking Test och Endurance Walking test (25, 26, 27).

Andra gångtest som används är fem, tio och 30 meters gångtest då patientens självvalda och maximala hastighet registreras (28). Med några av de längre och betydligt mer tidskrävande gångtesten, exempelvis 6MW och 12MW, får man ett mått på patientens uthål-

lighet och kardiorespiratoriska kapacitet, medan kortare test visar mer på faktorer som vardaglig förmåga, muskelfunktion, balans och koordination (29).

Att kunna gå kortare sträckor med en relativt hög hastighet är viktigt vid vardagliga situationer, som till exempel att gå över ett övergångsställe. I Sverige är en hastighet på 1,4 m/s rekommenderat som en norm för gångare vid signalreglerade övergångsställen (29). Det har också visat sig att när personer uppmanas att gå i självvald hastighet väljer de att gå i den takt som är minst energikrävande för dem (30) vilket i många fall handlar om ca 50 procent av deras maximala kapacitet.

30 meters gångtest har använts i ett fåtal studier, bland annat på patienter med post-polio syndrom, patienter efter stroke och på äldre personer (14, 29, 31). God test-retest reliabilitet av 30 m gångtest hos äldre personer har påvisats i ett examensarbete av H Eriksson och J Snickars (32) och i ett annat arbete hos patienter med KOL av I Eliasson och B Jacobsen (33).

Att skatta mängden muskelmassa

Människokroppen kan delas in på olika sätt. Ett vanligt sätt är att dela upp den i fettfri massa och fettmassa. Mängd fettfri massa styrs i hög grad av mängden skelettmuskulatur, och människans kroppssammansättning kan mätas på olika sätt.

I en analys av 33 idrottare på elitnivå visade det sig att metoden att mäta så kallad bioelektrisk impedans inte är tillförlitlig. Den individuella variationen och risken för felskattning av kroppssammansättningen var mycket stor.

Ett annat sätt att uppskatta mängden muskelmassa, som visat sig mer tillförlitligt är DXA-metoden (34). Man har sett att en stor mängd fettfri massa/muskulatur, inte nödvändigtvis leder till bra muskel prestation (35). Därför är det av stort behov att studera relationen mellan muskelmassa och hur väl man kan utnyttja de muskler man arbetat sig till.

Muskelfunktionen påverkas vid KOL

Att nedsatt muskelfunktion kan vara en allvarlig komplikation vid kroniska tillstånd exemplifieras av KOL. KOL utgör ett växande problem i hela världen och är idag den fjärde vanligaste dödsorsaken.

KOL har många drag av systemsjukdom, det vill säga det är inte bara lungorna som är påverkade. Nedsatt muskelfunktion, undernäring ofta med viktnedgång, ökad risk för kardiovaskulär sjukdom och osteoporos är exempel på systemeffekter som förekommer i varierande grad hos personer med KOL (36).

Den tilltagande graden av dyspné, som är ett huvudsymtom vid KOL, leder till att personer med KOL minskar sin fysiska aktivitet och därmed ofta får nedsatt muskelfunktion. Symtomen är mest framträdande i perifer muskulatur och då främst i benmuskler (37). Studier visar att många avbryter sina aktiviteter på grund av muskeltrötthet och inte av dyspné (38, 39). En ”ond cirkel” uppstår, där den nedsatta muskelfunktionen leder till ytterligare nedsatt fysisk prestationsförmåga.

Muskelfunktion/muskelmassa/ muskelstyrka

Vid KOL har förlust av muskelmassa stor betydelse och är en oberoende faktor för dålig prognos. Förlust av muskelmassa är en starkare prediktor för tidig död än ren vikt förlust (40, 41, 42, 43). Muskulaturen tycks ha en avgörande roll för överlevnaden vid KOL.

Orsaken till varför minskad mängd muskelmassa har större prognostiskt värde än endast vikt förlust är oklar (44). Minskad mängd muskelmassa kan eventuellt vara uttryck för specifika ogynnsamma katabola processer.

En annan, men sällan uppmärksam, förklaring kan ligga i minskad muskelstyrka på grund av minskad muskelmassa i kombination med försämrad neuromuskulär aktivering. Detta leder successivt till förändrade muskulära egenskaper med försämrad muskelfunktion som följd. Detta innebär att förmågan att utnyttja den mängd muskler som man har försämrats, vilket ofta visar sig i vardagliga aktiviteter.

Vid KOL är osteoporos en mycket vanlig systemisk komplikation (45). Osteoporos leder till ökad fraktur risk. Allvarligast är höftfraktur med 25 procent mortalitet inom fyra månader hos drabbade män. För personer med KOL är mortaliteten 70 procent högre än hos befolkningen i stort (46) vid höftfraktur.

Nedsatt muskelfunktion kan öka mortaliteten hos KOL-patienter genom att öka fallrisken och därmed risken för höftfrakturer. Ned-

”Man har sett att en stor mängd fettfri massa/muskulatur, inte nödvändigtvis leder till bra muskel prestation”

”Enkla test bör inkluderas i alla grundundersökningar av patienter med misstänkt muskelsvaghet.”

satt muskelstyrka, försämrade gångförmåga och nedsatt balans är allvarliga varningstecken vid KOL (19, 47). Allt detta visar på behov av enkla test som tidigt kan påvisa bristande muskelfunktion.

Viktigt att testa muskelfunktion i klinik

Att noggrant utvärdera muskelfunktion och kroppssammansättning hos äldre personer och hos patienter med olika skador/sjukdomar förbättrar möjligheten att individanpassa träning för ett stort antal människor som idag befinner sig i riskzonen att förlora sin autonomi.

Om man på ett tidigt stadium, med enkla mätmetoder, identifierar personer med olika sjukdomstillstånd som har nedsatt muskelfunktion och nedsatt fysisk prestationsförmåga så kan åtgärder vidtas innan funktionsnedsättningen blir för svår. Därför bör enkla test inkluderas i alla grundundersökningar av patienter med misstänkt muskelsvaghet. Det finns idag reliabla och valida test som är enkla att utföra. Här nedan presenteras ett antal test som rekommenderas av författaren.

Test av handstyrka

Mätning av handstyrka utförs med Grippit® som är ett väl standardiserat elektroniskt instrument. Testet utförs med deltagaren sittande vid ett bord och benen stadigt i golvet. Underarmen vilar mot bordet, med armbågen i 90 graders vinkel. Handen håller i ett cylinderhandtag.

Deltagaren uppmanas att ta i maximalt i tio sekunder. Maximalt värde och medelvärde på 10 sekunder noteras (18, 23).

Handstyrkan kan även mätas med en enklare apparatur (Jamar), som används inom kliniken på ett flertal platser. En jämförande studie mellan instrumenten har utförts av Svantesson och medarbetare (18).

Att mäta statisk lårmuskelstyrka

Mätning av statisk lårmuskelstyrka utförs med en dynamometer (Stig Starke®) bestående av en trådtöjningsgivare fastsatt runt ankelleden och i väggen bakåt i horisontell riktning.

Försökspersonen sitter med underbenen fritt hängande och knävecken mot kanten av stolen. Höfterna är fixerade med ett bälte. En manschett är fäst kring vristen på det ben som



Tåhävningsstestet utförs stående på ett ben. Antalet korrekt utförda maximala tåhävnningar i rätt takt dokumenteras.

skall testas. Händerna hålls i kors över bröstet. Försökspersonen instrueras därefter att sträcka fram foten och öka spänningen i lårmuskeln maximalt under fem sekunder. Resultatet avläses i newton. Det högsta värdet av tre försök registreras.

Att mäta styrka i vadmuskulaturen

Mätning av muskelstyrka/uthållighet i vadmuskulaturen kan mätas med det så kallade Tåhävningsstestet: Försökspersonen står på ett ben på en skiva som lutar tio grader, med fingertopparna mot väggen, och utför tåhävningsrörelser till maximal uttröttning i en förutbestäm takt (60 beats/min). Antalet tåhävnningar per ben registreras. För detaljerad beskrivning se Svantesson och medarbetare (11).

Har man ingen lutande skiva går det bra att stå på golvet och utföra testet. Men då kan man inte jämföra dessa testvärden med ovan givna referensvärden. Utförs testet på exakt samma sätt varje gång för varje patient uppvisar testet mycket god reliabilitet.

Test av gångförmåga

Trettio meters gångtest kan användas för att mäta gångförmåga. En sträcka på 30 meter uppmäts. Tidräkningen startar då försökspersonen når startlinjen med första foten och avslutas då en fot når mållinjen. Försökspersonen går 30 meter i självvald hastighet och, efter en kort vila, 30 m med maximal hastighet. Tiden mäts och hastigheten räknas ut.

Att mäta maximal kraftutveckling

Maximal kraftutveckling (power) kan mätas med vertikalhopp. Deltagaren står på en hoppmatta/kraftplatta med höftbrett avstånd mellan de skobeklädda fötterna. Händerna hålls i midjan.

Ett hopp utförs i en enda sekvens, där deltagaren startar i en upprätt position, böjer snabbt båda benen till ca 90 grader i knäleden och utför direkt därefter ett maximalt vertikalt upphopp utan att stanna i någon del av rörelsebanan (7, 12). Det högsta hoppet av tre registreras.

Skattning av fysisk aktivitet:

Forskningsspersonen skattar sin fysiska aktivitet under de senaste sju dagarna på en sex-gradig skala utformad för personer över 65 år (48). Till yngre personer används en modifierad version av ovanstående skala.

Nätverk

I den nu etablerade forskningsgruppen vid Göteborgs universitet ingår bland andra professor Sven Larsson, docent, leg dietisterna Frode Slinde och AnnMarie Grönberg, professor Lena Hulthén, leg sjukgymnasterna Cecilia Elam Edwén och Linda Moberg.

Vi samarbetar med professor Per Aagaard, University of Southern Denmark, Dr Peter Magnusson, University of Copenhagen och docent, leg sjukgymnast Margareta Emtner vid Uppsala Universitet.

Referenser

1. Svantesson, U. (2004). Elasticitet i muskler och senor – var står vi idag? Svensk idrottsforskning, 3.
2. Komi, P.V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. J Biomech, 33, 1197-206.
3. Svantesson, U., Grimby, G., & Thomée, R. (1994).

Potentiation of plantar flexion torque following eccentric and isometric muscle actions. Acta Physiol Scand, 152, 287-293.

4. Bosco, C., Viitasalo, J.T., Komi, P.V., & Luthanen, P. (1982). The combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening exercise. Acta Physiol Scand, 114, 557-565.
5. Svantesson, U., & Grimby, G. (1995). Stretch-shortening cycle in plantar flexion in young and old women and men. Eur J Appl Physiol, 71, 272-275.
6. Bojsen-Møller, J., Hansen, P., Aagaard, P., Svantesson, U., Kjaer, M., & Magnusson, P. (2004). Differential displacement of the human soleus and medial gastrocnemius aponeuroses during isometric plantar flexor contractions in vivo. J Appl Physiol, 97, 1908-1914.
7. Caserotti, P., Aagaard, P., Simonsen, E., & Puggaard, L. (2001). Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. Eur J Appl Physiol, 84, 206-212.
8. Kettunen, J.A., Kujala, U.M., Raty, H., & Sarna, S. (1999). Jumping height in former elite athletes. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 79, 197-201.
9. Kubo, K., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (1999). Influence of elastic properties tendon structures on jump performance in humans. J Appl Physiol, 87, 2090-2096.
10. Skurvydas, A., Dudoniene, V., Kalvenas, A., & Zuoza, A. (2002). Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity. Scand J Med Sci Sports, 12, 34-39.
11. Svantesson, U., Österberg, U., Takahashi, H., Thomée, R., & Grimby, G. (1998). Comparison of muscle strength, jumping ability, muscle/tendon stiffness and fatigue in healthy young men. Scand J Med Sci Sports, 8, 252-256.
12. Slinde, F., Suber, C., Suber, L., Elam Edwén, C., Svantesson, U. (2008). Test-retest reliability of three different countermovement jumping tests. JSCR, 22, 1-5.
13. Korhonen, M.T., et al. (2006). Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. J Appl Physiol, 101, 906-917.
14. Sunnerhagen, K.S., Hedberg, M., Henning, G.B., Cider, A., & Svantesson, U. (2000). Muscle performance in an urban population sample of 40- to 79-year-old men and women. Scand J Rehabil Med, 32, 159-67.
15. Musselman, K., & Brouwer, B. (2005). Gender-related differences in physical performance among

- seniors. *J Aging Phys Act*, 13, 239-53.
16. Porter, M.M., Myint, A., Kramer, J.F., & Vandervoort, A.A. (1995). Concentric and eccentric knee extension strength in older and younger men and women. *Can J Appl Physiol*, 429-39.
 17. Poulin, M.J., Vandervoort, A.A., Paterson D.H., Kramer, J.F., & Cunningham, D.A. (1992). Eccentric and concentric torques of knee and elbow extension in young and older men. 17, 3-7.
 18. Svantesson, U., Nordé, M., Andersson, S., & Brodin, E. (2009). Comparison of hand grip strength with the Jamar and the Grippit instruments. *Isokinetics and Exercise Science*, 17, 85-93.
 19. Bäckman, E., Johansson, V., Häger, B., Sjöblom, P., & Henriksson, K.G. (1995). Isometric muscle strength and muscular endurance in normal persons aged between 17 and 70 years. *Scand J rehab Med*, 27, 109-117.
 20. Crosby, C.A., Wehbe, M.A., & Mawr, B. (1994). Hand strength: normative values. *J Hand Surg Am*, 19, 665-70.
 21. Nordenskjöld, U., & Grimby, G. (1993). Grip force in patients with rheumatoid arthritis and fibromyalgia and in healthy subjects, A study with the Grippit instrument. *Scand J Rheumatol*, 22, 14-9.
 22. Rantanen, T., et al. (199). Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, 281, 558-560.
 23. Magnusson, E.T., Sahlberg, M., & Svantesson, U. (2008). The Effect of Resistance Training on Handgrip Strength in Young Adults. *Isokinetic and Exercise Science*, 16, 125-31.
 24. Beauchamp, M.K., Hill, K., Goldstein, R.S., Janaudis-Ferreira, T., & Brooks, D. (2009). Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respiratory Medicine*, 103, 1885-1891.
 25. Solway, S., Brooks, D., Lacasse, Y., & Thomas, S. (2001). A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*, 119, 256-270.
 26. Brown, C., & Wise, R. (2007). Field tests of exercise in COPD: the six-minute walk test and the shuttle walk test. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 7, 217-223.
 27. Campo, L.A., Chilingaryan, G., Berg, K., Paradis, B., & Mazer, B. (2006). Validity and reliability of the modified shuttle walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehab*, 87, 918-22.
 28. Höök, O. *Rehabiliteringsmedicin*. 4th ed. Stockholm: Liber AB; 2001.
 29. Lundgren-Lindquist, B., Aniansson, A., & Rundgren, Å. (1983). Functional studies in 79-year-olds. *Scand J Rehab Med*, 15, 121-31.
 30. Grimby, G. (1983). On the energy cost of achieving mobility. *Scand J Rehab Med*, 9, 49-54.
 31. Willén, C., Sunnerhagen, K.S., Ekman, C., & Grimby, G. (2004). How is walking speed related to muscle strength? A study of healthy persons and persons with late effect of polio. *Med Rehabil*, 85, 1923-8.
 32. Eriksson, M., & Snickers, J. (2010). 30 meter gångtest – test-retest reliabilitet för friska personer över 60 år. Examensarbete i sjukgymnastik. Göteborgs universitet.
 33. Eliasson, I., & Jacobsson, B. (2008). Test-retest reliabilitet för 30 meter gångtest hos patienter med KOL. Examensarbete i sjukgymnastik. Göteborgs universitet.
 34. Svantesson, U., Zander, M., Klingberg, S., & Slinde, F. (2007). Body composition in male elite athletes, comparison of bioelectrical impedance spectroscopy with dual energy X-ray absorptiometry. *J Negat Results Biomed*, 22, 7-1.
 35. Pedersen, A.N., Ovesen, L., Schroll, M., Avlund, K., & Era, P. (2002). Body composition of 80-years old men and women and its relation to muscle strength, physical activity and functional ability. *J Nutr Health Aging*, 6, 413-20.
 36. Killian, K., Leblanc, P., Martin, D., Summers, E., Jones, N., & Cambell, M. (1992). Exercise capacity and ventilatory, circulatory and symptom in patients with chronic airflow limitation. *Am Rev Respir dis*, 146, 935-40.
 37. Mador, M.J. (2002). Muscle mass, not body weight, predicts outcome in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 166, 787-9.
 38. Franssen, F.M.E., Broekhuizen, R., Janssen, P.P., Wouters, E.F.M., & Schools, A.M.W.J. (2005). Limb muscle dysfunction in COPD: effects of muscle wasting and exercise training. *Med Sci Sports Exerc*, 37, 2-9.
 39. Gaffney, F.A., Grimby, G., Danneskiold-Samsøe, B., & Halskov, O. (1981). Adaptation to peripheral muscle training. *Scand J Rehabil Med*, 13, 11-6.
 40. Marquis, K., et al. (2002). Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 166, 809-13.
 41. Schols, A.M., et al. (2005). Body composition and mortality in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr*, 82, 53-9.

42. Schols, A.M., et al. (1998). Weight loss is a reversible factor in the prognosis of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 157, 1791-7.
43. Slinde, F., et al. (2005). Body composition by bioelectrical impedance predicts mortality in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respir Med*, 99, 1004-9.
44. Wouters, E.F. (2006). Muscle wasting in chronic obstructive pulmonary disease: to bother and to measure! *Am J Respir Crit Care Med*, 173, 4-5.
45. Sin, D.D., Man, J.P., & Man, S.F. (2003). The risk of osteoporosis in Caucasian men and women with obstructive airways disease. *Am J Med*, 114, 10-4.
46. Vrieze, A., et al. (2007). Low bone mineral density in COPD patients related to worse lung function, low weight and decreased fat-free mass. *Osteoporos Int*, 18, 1197-202.
47. Schultz, A.B., Ashton-Miller, J.A., & Alexander, N.B. What leads to age and gender differences in balance maintenance and recovery? *Muscle Nerve*, suppl 5, 60-64.
48. Grimby, G. (1986). Physical activity and muscle training in the elderly. *Acta Physiol Scand Suppl*, 711, 233-237.