



”Bra” eller ”dålig” balans – Vad är det vi mäter?

Vad är balans? Hur validerar och kvantifierar man förmågan att balansera om man egentligen inte i detalj kan förstå dess uppkomst? Går det att uttala sig generellt kring begreppen ”bra” eller ”dålig” balans/balansförmåga, utan att ta hänsyn till själva kontexten där den studeras? Kan balansförmågan hos barn ses som ett slags ”markör” för andra motoriska kvalitéer eller kognitiva funktioner som t ex koncentrationsförmåga?

*”Balance is something we do,
not something we have..”*



KRISTJAN ODDSSON
IDROTTHÖGSKOLAN I
STOCKHOLM



ÖRJAN EKBLOM
KAROLINSKA
INSTITUTET,
INSTITUTIONEN FÖR
FYSIOLOGI OCH
FARMAKOLOGI

Frågorna kring begreppen ”balans” och ”balansförmåga” är många, så också teorierna kring hur denna balansförmåga fungerar, styrs och eventuellt tränas. Ordet ”balans” används ofta i samband med termer som ”stabilitet”, ”koordination” och ”postural kontroll”. Både inom naturvetenskaplig och beteendevetenskaplig forskning, och även i kliniska sammanhang, diskuteras balans och balansförmåga. Flera olika specialdiscipliner, bl a inom otologi, ortopedi, neurologi, geriatrik, rehabiliteringsmedicin och psykiatri, har sina specifika definitioner och frågeställningar avseende balansförmågan.

Människans upprätta stående är unikt i djurvärlden. Gångsteget, där hälisättningen efterföljs av rullning på fotsulan finns enbart hos homo sapiens (1). Vad det gäller det upprätta ståendet så hävdar flera forskare att ”systemet” är så instabilt så att det egentligen inte borde vara möjligt att stå över huvud taget (2, 3). En alltför liten understödsyta till en nästan två meter lång kropp som har tyngdpunkten över en meter upp i luften. Dessutom har vi ett flertal mer eller mindre instabila ledförbindelser i både bål och nedre extremitet. Det är lite som historien om humlan som inte borde kunna flyga...

Förmågan att kunna stå upprätt eller röra sig utan att falla omkull, kan

alltså inte beskrivas med några enkla fysiologiska eller biomekaniska förklaringsmodeller, utan är en oerhört komplex förmåga där involverade muskler och leder samspelar med omgivningens balanskrav. Människans måste under sin kontroll av hållning och balans upprätthålla en ”steady stance”, ett slags balanskontroll i presensform med hänsyn till rådande förhållanden, samtidigt som den måste *förutse* och *anpassa sig till* förändringar orsakade av både frivilliga och ofrivilliga rörelser (4).

Motorisk kontroll

Den motoriska kontrollen och därmed balansförmågan är beroende av information från flera receptororgan: vestibularisapparaten (huvudposition och rörelser), synsinnet (position och rörelser relaterade till omgivningen) samt somatosensorik, där proprioception ingår (kroppsdelars position och rörelser i förhållande till varandra). Detta afferenta inflöde integreras i olika delar av centrala nervsystemet och genererar motoriska svar som rörelser och balanshållning.

Det är djurstudier från tidigt 1900-tal, bl a genomförda av Sir Charles Sherrington, som ligger till grund för de teorier kring motorisk kontroll som refereras idag. Sherringtons resultat byggde på det man kallar för *reflexeot-*



rier, där stimuli av en receptor resulterar i en respons (ex en monosynaptisk sträckreflex). Han genomförde eleganta djurstudier där dessa stimuli-respons teorier exemplifierades.

Med *hierariska teorier* avseende motorik menas att nervsystemet är uppbyggt i olika nivåer, där den lägsta nivån motsvaras av ryggmärgen, därefter kommer hjärnstam och mellanhjärna. Högst upp i hierarkin styrande över de andra två nivåerna finns storhjärnan.

Synsättet med reflexteorier och hierarkiska teorier präglade fysiologisk forskning inom motorisk kontroll under hela 1900-talet (5). Teorier kring att många rörelser kan utlösas utan sensorisk information, via *centrala motoriska program*, började inte dyka upp förrän under senare hälften av 1900-talet. Flera modellstudier på djur har använts för att studera förekomsten av dessa (6, 7, 8, 9).

Vår motorik och därmed också vår balansförmåga styrs i mycket hög grad av de strategier som nervsystemet använder sig av för att bibehålla kroppen i jämvikt - equilibrium.

Styrmekanismerna, som huvudsakligen anses härröra från hjärnstammen, beskrivs som *feed-forward* (*framförhållning*) respektive *feedback* (*återkoppling*). De utnyttjas främst för att kunna kompensera för olika typer av yttre störningar (10, 11).

Feed-forward kontroll (open loop strategier) används t ex vid frivilliga extremitetsrörelser. Då är kraven på balans och stabilitet förutsägbara och centrala nervsystemet kan förprogrammera en postural anpassning *innan* den tänkta/avsedda rörelsen startar.

I situationer där feedback kontroll utnyttjas, (closed loop strategier), tolkas först afferent signalering från receptorer (sensomotorik och synintryck), innan det motoriska svaret ges (12). Dessutom kan centrala nervsystemet korrigera pågående rörelser "on line", och anpassa dem till rådande krav (13). Feedback kontroll utnyttjas ofta vid plötsliga oförutsedda balansstörningar.

Det är sannolikt att bägge dessa mekanismer interagerar med varandra beroende på balans- och stabilitetskrav i den aktuella situationen.

I ett antal klassiska försök från 1970-och 80-talet visade Nashner och medarbetare att olika typer av balansstörningar genererade olika korrektionssvar, s k "postural sets" (14, 15, 16, 17). Horak and Nashner benämnde dessa posturala balansstrategier som



"ankle strategies", "hip strategies" samt "stepping strategies", beroende på var balanskorrigeringen initierades, (se Bild 1), och de utgör fortfarande idag en av grundstenarna till hur man anser att balanskontrollsystemen fungerar (18).

Balans och balansförmåga

Ur biomekanisk synvinkel befinner sig ett föremål/en kropp i jämvikt/balans om summan av alla verkande krafter och vridande moment på föremålet/kroppen är lika med noll (19, 20). Den punkt i vilken hela föremålets/kroppens tyngd kan anses vara samlad brukar definieras som tyngdpunkten (21, 22, 23, 24). Så länge föremålets/kroppens vertikala tyngdpunktsprojicering befinner sig innanför understödsytan kommer den att stå stabilt. I mekaniska termer är ett föremål/en kropp dessutom stabilare (= balansen bättre) om tyngdpunkten är låg och understödsytan är stor, allt annat lika.

Med föremål kan man tala om statiska betingelser där kraftprojektionerna/vektorerna mellan föremålets tyngdkraft och underlagets kontaktkraft/normalkraft är lika stora och motriktade.

Hos levande varelser däremot, finns det ur mekanisk synpunkt egentligen ingen rent statisk situation, eftersom små rörelser sker även vid stillastående (25). Balanskontrollen hos den stillastående personen kräver att tyngdpunktsprojiceringen faller innanför understödsytan (se Bild 2 nedan).



Bild 1. Ankle-, hip- och stepping strategies

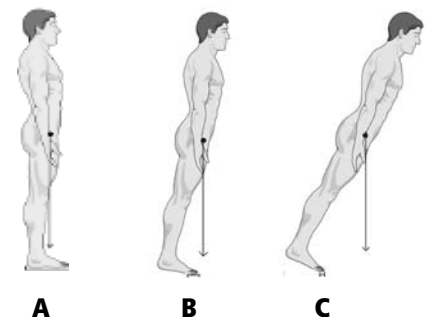


Bild 2. I figur A projiceras mannens tyngdpunkt (•) innanför understödsytan som begränsas av fotens storlek (svart vågrät linje), vilket medför balanskontroll. I figur B håller mannen på att falla framåt då tyngdpunktens vertikala projicering precis passerar understödsytan. I figur C är balansförlusten ett faktum och mannen faller eller måste ta ett steg framåt för att öka understödsytan och därigenom bibehålla balansen.



Tyngdkraftens vridande moment kan då helt motverkas av den motriktade normalkraftens moment. Om tyngdpunkten projiceras utanför understödsytan går det inte att åstadkomma detta vridmoment. För att inte ramla när tyngdpunkten närmar sig "kanten" på understödsytan måste därför personen göra dynamiska korrekationer (= posturalt svaj), genom att utnyttja friktionskraften mot underlaget. Detta beror på att tyngdpunkten skapat vridande moment kring ankelleden som muskulärt måste "neutraliseras" det vill säga en större eller mindre korrigerig mot det statiska jämviktsläget (26). Svajrörelserna sker på ett helt omedvetet plan, sannolikt utlöst via sträckreflexmekanismer från ryggmärg och hjärnstam. Om man blundar ökar svajrörelsernas amplitud, vilket är ett bevis på att synen spelar en stor roll för balansen.

Begreppen "statisk" respektive "dynamisk" balans används i litteraturen för att beskriva balansförmågan stillastående respektive under olika typer av rörelser (27, 28, 29). Denna dikotomi i definitionen av balansbegreppet är som nämnts ovan alltså inte riktigt sann eftersom man i egentlig mening inte kan tala om "statisk" balans.

Mätmetoder

En systematisering av olika tester som används för att studera motorisk kontroll och balans låter sig inte så lätt göras. Det finns sannolikt hundratals. Testerna kan ha olika syften som att t ex mäta motorisk utveckling över tid och/eller att mäta en "bästa-prestation" i en bestämd situation. Vissa av dem teoretiska och bygger på svar från intervjuer och enkäter medan andra är mera praktiska. En grov indelning skulle kunna göras genom att tala om neurofysiologiska- respektive funktionella tester.

Neurofysiologiska tester har en sofistikerad metodik och bygger på att under mer eller mindre förutbestämda situationer studera en eller flera av de afferenta parametrar som integreras i vår balansförmåga (syn-, vestibularis-, proprioception). Registrering av kontaktkrafter och/eller muskelaktivitet ingår ofta och kraftplattor kan användas där mekaniskt känsliga givare möjliggör registrering av reaktionskrafter i tre plan. Vissa kraftplattor är fast monterade i marken medan andra är rörliga med en eller flera frihetsgrader.

- **Center of Pressure, COP**
Ofta studeras *Center of Pressure*, COP, som är den resulterande kraftens angreppspunkt på understödsytan (30, 31, 32). COP kan ses som en "ögonblicklig" balanspunkt/kontaktpunkt, ett resultat av de vridande momenten som verkar kring ankelleden. Man kan uttrycka det som att COP-rörelser huvudsakligen är relaterade till den neuronala aktiviteten kring denna led. (33). Tyngdpunktsprojektionerna kan ses som en tänkt lodlinje från tyngdpunkten rakt ner på understödsytan (34).

COP har inom balansforskningen kommit att användas som en markör för posturalt svaj, alltså en indikator på hur CNS kontrollerar personens positionen av kroppstyngdpunkten (35). Flera olika variabler har studerats, t ex storleken på ytan på svajningarna, medelsvaj under en given tidsperiod och svajhastighet. Svajamplitud i olika riktningar har också studerats (36, 37, 38). En liten amplitud har tolkats som "bra" balans och stor amplitud som "dålig". Dock finns motsägelsefulla resultat som visat på en minskning av COP rörelser hos patienter med Parkinsons sjukdom jämfört med friska (39) och andra studier som visat på en ökad COP-frekvens hos dansare, som sannolikt ändå besitter "bättre" balansförmåga än genomsnittet (40).

- **Clinical Test of Sensory Integration and Balance (CTSIB) / Sensory Organization Test (SOT)**.
Testet bygger på hur försökspersonens balansförmåga reagerar vid sex olika sensoriska förutsättningar och bygger på Nashners klassiska "postural sets" (41). Protokollet har används kliniskt i många olika sammanhang, t ex för att studera balansskillnader mellan vuxna och barn (42), vid olika typer av handikapp hos barn (43), vid cerebral pares (44), epilepsi (45) och hörselproblem (46).

Funktionella tester används för att studera hur personer kan utföra vissa förutbestämda uppgifter som kräver en viss motorik kontroll. Dessa tester mäter ofta många olika motoriska kvalitéer där t ex statisk och dynamisk balansförmåga ingår. Vissa av testerna är utformade för vuxna, andra för barn. Några exempel på ofta använda

och relativt väl utvärderade sådana tester är Bergs Balance Scale (47), Performance-Oriented Mobility Assessment – Balance / POMA (48), Timed Up & Go / TUG (49), Movement Assessment Battery for Children – Movement ABC (50) samt Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency / BOTMP (51).

Balansmätning på skolbarn

Ett funktionellt balanstest som med sin enkelhet är lätt att administrera och därför använts på stora populationer är det s k "Flamingo Test", som finns beskrivet i "Eurofit: Handbook for the Eurofit tests of physical fitness" (52). Flera publicerade rapporter har använt sig av testet (53, 54), som utförs enligt följande:

Testpersonen intar positionen motsvarande Bild 3 nedan och håller den under en minut. Varje gång personen tappar balansen eller tappar taget om benet stannas klockan, som sedan sätts igång när testpersonen är klar att fortsätta. Antalet fall räknas som balansvärde, d v s ju fler desto "sämre" balans. Om personen skulle ramla ner 15 gånger under de första 30 sekunderna avbryts testet.



Bild 3. Det s k Flamingo test enligt Eurofit, 1993.

Inom projektet "Skola - Idrott – Hälsa (SIH) - Studier av ämnet idrott och hälsa, barns fysiska aktivitet, fysiska kapacitet och hälsotillstånd", genomfördes år 2001 en balansmätning på 10-, 13- och 16-åringar. Metodiken modifierades något för att kunna jämföra resultaten med de balansdata som fanns tillgängliga i den s k LIV-90 studien (55). Försökspersonen balanserade på en 3 cm bred, stabil metallprofil, se Bild 4. Kompensationsrörelser med kroppen tilläts, däremot fick personen inte placera det fria benet *mot* stödbenet. Antalet fall under 60 sekunders effektiv tid noterades. Testet utfördes med egna skor och arrangerades i ett särskilt avskilt utrymme, vilket minimerade störningar från omgivningen.

I och med SIH-projektetets breda



Bild 4. Modifierat "Flamingo test" på metallprofil. Det fria benet kunde hållas fritt i valfri position.

tvärvetenskapliga ansats gavs möjlighet att jämföra olika fysiologiska parametrar och antropometriska mått med varandra mellan stora grupper av individer. Avspeglar sig t ex förmågan att balansera i variabler som ålder, kön eller kroppsvikt eller fysisk aktivitetsgrad?

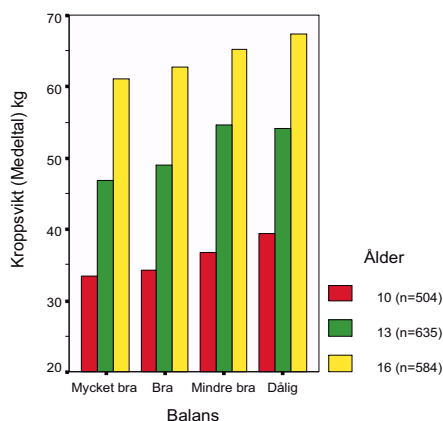
För att få så åldersmässigt homogena grupper som möjligt exkluderades elever som under kalenderåret inte skulle fylla 10-, 13- respektive 16 år. Det innebar att 1723 av de från början 1975 barnen deltog (ca 87% av det ursprungliga antalet), 836 flickor och 887 pojkar.

En gradering av balansförmågan gjordes enligt en fyrgradig skala baserad på antal fall från balansprofilen. Det bästa resultatet som gick att prestera var sålunda 0 fall:

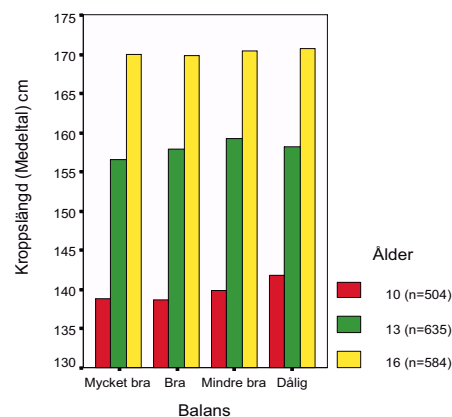
- *Mycket bra balans:* motsvarades av 0 fall på 1 minut (n=635)
- *Bra balans:* motsvarades av 1-3 fall på 1 minut (n=536)
- *Mindre bra balans:* motsvarades av 4-9 fall på 1 minut (n=347)
- *Dålig balans:* motsvarades av över 10 fall på 1 minut (n=205)

Resultat

Ingen större skillnad sågs mellan pojkarnas och flickornas balansförmåga i någon av åldersgrupperna. Balansförmågan förbättrades med stigande ålder. Hos 10-åringarna sågs en mindre spridning mellan de olika prestationsgrupperna jämfört med spridningen



Figur 1. Kroppsvikt.



Figur 2. Kroppslängd

i 16-årsgruppen. Detta gällde båda könen. 48% av de 16-åriga flickorna presterade det bästa resultatet, motsvarande värden var 36% hos 13-åringarna och 27% hos 10-åringarna. 9% av de 16-åriga flickorna hade dålig balans. Motsvarande värden var 11% hos 13-åringarna respektive 20% hos 10-åringarna.

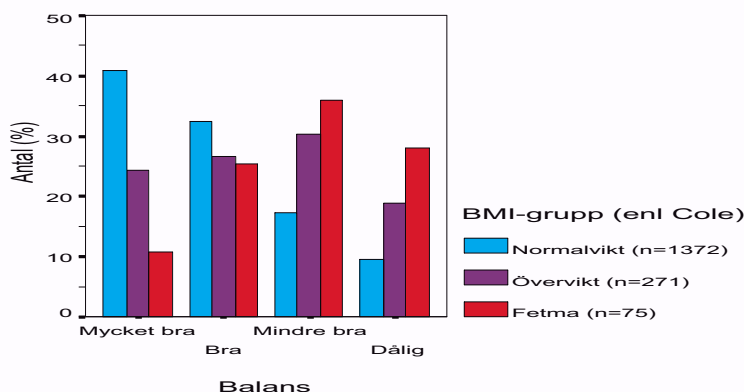
Drygt 50% av de 16-åriga pojkarna presterade det bästa resultatet. Motsvarande värden för 13- och 10-åringar var 36% respektive 20%. I den sämsta balansgruppen hamnade 20% av de 10-åriga pojkarna samt 9% av 13-åringarna och slutligen 6% av 16-åringarna.

I figur 1 och 2 ses balansförmågan hos flickor och pojkar i alla tre ålderskategorierna relaterad till kroppsvikt

respektive kroppslängd. Inom varje åldersgrupp sågs ett svagt samband där elever med högre kroppsvikt hade sämre balans (Figur 1). För kroppslängden inom varje åldersgrupp sågs inte detta samband (Figur 2).

BMI (Body Mass Index), är ett mått på relativ kroppsvikt och räknas ut genom att ta kroppsvikten dividerat med längden i kvadrat. BMI-tabeller för vuxna kvinnor och män, där normalvikt, övervikt respektive fetma kategoriseras, har använts under lång tid. År 2000 publicerade Cole och medarbetare ålders- och könsspecifika gränsvärden för BMI för barn och ungdomar (56). I tabell 1 ses en indelning av barnen i SIH-studien enligt Coles gränsvärden.

Fördelningen hos de 1723 barnen



Figur 3. Balansförmåga och BMI-värde.

Ålder	Övervikt pojkar	Övervikt flickor	Fetma pojkar	Fetma flickor
10	19,84-	19,86-	24-	24,11-
13	21,91-	22,58-	26,84-	27,76-
16	23,90-	24,97-	28,88-	29,43-

Tabell 1. BMI-värden för respektive åldersgrupp och kön.



och ungdomarna i SIH-studien blev enligt följande:

Normalviktiga	80%
Överviktiga	15,6%
Feta	4,4%

I figur 3 ses att ca 40% av de normalviktiga hade en mycket bra balansförmåga medan motsvarande värden i den överviktiga gruppen var 25% och hos gruppen med fetma 10%. Knappt 10% av de normalviktiga hade en dålig balansförmåga. Motsvarande värden för den överviktiga gruppen och gruppen med fetma var knappt 20% respektive 25%.

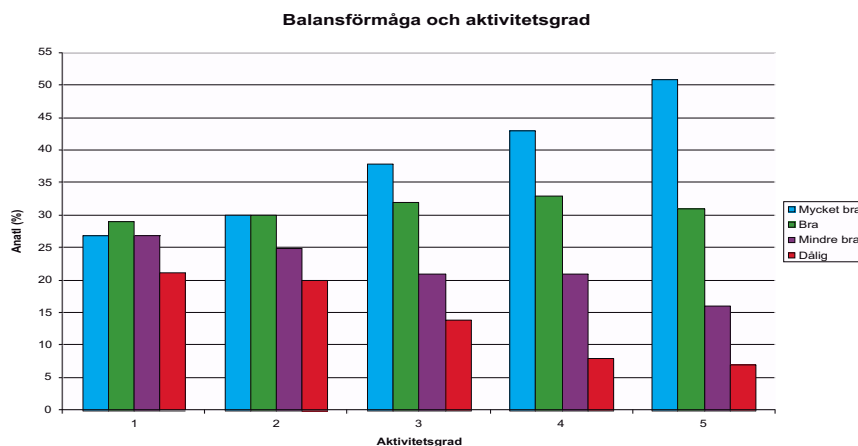
Ett aktivitetsindex räknades fram hos barnen och ungdomarna i SIH-studien, baserat på en mängd enkätfrågor rörande fysisk aktivitet. Bland annat skulle eleverna skatta sin ansträngningsgrad under lektioner i ämnet idrott och hälsa, ange i vilken omfattning de deltog i *organiserad* idrottsaktivitet på fritiden, ange omfattningen av *spontan* fysisk aktivitet, om man cyklade eller gick till skolan, samt hur man skattade sig själv på en skala mellan mycket lite fysiskt aktiv till mycket fysiskt aktiv. Indexet kan ses som ett sammanfattande mått på, eller snarare en indikator på, hur fysiskt aktiv en person är. Indexvärdet för samtliga 1723 barn graderades i fem olika nivåer enligt följande:

- 1 mycket låg aktivitetsnivå 10% av eleverna
- 2 låg aktivitetsnivå 15% av eleverna
- 3 medelhög aktivitetsnivå 46% av eleverna
- 4 hög aktivitetsnivå 16% av eleverna
- 5 mycket hög aktivitetsnivå 13% av eleverna

Figur 4 visar samband mellan balansförmågan och den skattade aktivitetsgraden enligt detta aktivitetsindex hos samtliga elever (n = 1723). Över 50 % av de elever som har mycket högt aktivitetsindex (= 5) har också mycket bra balansförmåga. I samma grupp har ca 7% mycket dålig balansförmåga. I gruppen med mycket lågt aktivitetsindex (= 1), är motsvarande värden drygt 25% respektive 20%.

Avslutande diskussion

Balansmätningarna i SIH-projektet visar att balansförmågan, mätt som förmågan att balansera på en metallprofil under en minut med så få fall som möjligt, blir bättre ju äldre barnen är. Vi har inte sett några större köns-



Figur 4. Balansförmåga och aktivitetsgrad.

skillnader. Det tycks som om övervikt och fetma inverkar negativt på balansen, däremot inte kroppslängd. Gruppen barn och ungdomar som skattar sin fysiska aktivitetsnivå högt har också en bättre balansförmåga. Kausalitet kring dessa samband är svår att härleda och resultaten leder till många och svåra frågeställningar. Leder fetma till sämre balans eller tvärtom? Ger en sämre balansförmåga en minskad lust till fysisk aktivitet och därmed en ökad risk för övervikt och fetma?

Det finns många välgrundade anledningar till att studera balansförmågan hos barn och vuxna. En ökad förståelse kan leda till att man i framtiden bättre kan ställa diagnoser på tillstånd där balansförmågan är försämrad och att man därför effektivare kommer att kunna träna individer med nedsatt balans.

Balansförmågan är försämrad hos många äldre, ett faktum som resulterat i allt fler fallolyckor och osteoporosfrakturer (57,58, 59). Detta är ett samhällsekonomiskt högtintressant ämne eftersom många äldre inte längre klarar eget boende p g a att de inte kan gå eller att de har fallit och skadat sig. Psykologiska faktorer som t ex en ökad rädsla för att falla har visat sig ge balanspåverkan i form av mätbara skillnader i aktiveringsgrad av muskulatur (60).

Det finns andra studier än SIH-studien som antyder att överviktiga barn har sämre balans än normalviktiga (61). Barn med DAMP, ADHD och liknande diagnoser, har ofta en försämrad motorisk kontroll än sina jämnåriga kamrater (62), ett faktum som ofta är förbisett i den kliniska forskningen. Både styrketräning, hållningsövningar och finmotorisk träning skulle sannolikt förbättra symptomen och

självkänslan hos dessa barn (63). Moenilssen och medarbetare har med olika balans- och gångtest, visat att barn med dyslexi har annorlunda resultat gentemot barn utan lässvårigheter (64). Det finns också olika teorier kring att träning av motorik och balansförmåga skulle ha positiva effekter på koncentrations- och inlärningsförmågan hos skolbarn (65).

Inom idrotten har balans- och proprioceptionsträning, som en viktig komponent i rehabiliteringsträning efter allvarliga led- och ledbands-skador, ivrigt debatterats (66, 67, 68, 69). Försämrad balansförmåga, mätt som en ökning av posturalt svaj, har i vissa studier setts som starkt associerad till ökad risk för fotledsdistorsioner (70), medan andra studier ej funnit något sådant samband (71). Det har även gjorts enstaka studier som velat påvisa positiva preventionseffekter av balansträning (72). I detta fall minskade incidensen av allvarliga knäskador hos fotbollsspelare som adderade balans- och koordinationsövningar till sin ordinarie träning.

En mera genomgripande historik och beskrivning av balansbegreppet, samt analyser av balansdata från SIH-projektet, presenteras i en kommande D-uppsats av Kristjan Oddsson, Idrottshögskolan i Stockholm.

Referenser:

Referenslista (72 referenser) kan beställas hos CIF 08-402 22 55 eller hos författaren.