



MALMÖ HÖGSKOLA
FAKULTETEN FÖR
HÄLSA OCH SAMHÄLLE

KVALITETSSÄKRING AV BENDENSITOMETRI

NOUR ASSAAD

KVALITETSSÄKRING AV BENDENSITOMETRI

NOUR ASSAAD

Assaad, N. Kvalitetssäkring av bendensitometri. *Examensarbete i laboratorievetenskap 15 högskolepoäng*. Malmö högskola: Fakulteten för hälsa och samhälle, institutionen för Biomedicinsk laboratorievetenskap, 2013.

Osteoporos eller benskörhet, är en folksjukdom som vanligen inträffar i samband med åldrandet. För att kunna diagnostisera, upptäcka och följa frakturnrisk i god tid är det bra om en bentäthetsmätning görs. Bentäthetsmätning eller bendensitometri utnyttjar metoden Dual energy x-ray absorptiometry (DXA). För att kunna bedöma metodens reproducerbarhet rekommenderas att periodvis genomföra en kvalitetssäkring vid bentäthetsmätning, eftersom det är en kvantitativ mätning. Syftet med studien var att kvalitetssäkra metoden för bentäthetsmätning. I studien utvärderades både interindividuella helkroppsmätningar och intraindividuell mätningarna på ländrygg, totalhöft och lårbenshals på 92 redan inbokade patienter. Reproducerbarheten angavs som minsta signifikanta skillnaden (LSC), root mean square standardavvikelse (RMS SD) och variationskoefficient (%CV). Reproducerbarheten i den interindividuella studien var god med låga värden för LSC, RMS SD och %CV. Även i den intraindividuell studien var reproducerbarheten god med låga värden för LSC och RMS SD. %CV understeg de av International Society of Clinical Densitometry (ISCD) rekommenderade maxvärdena, vilka är 1,9 % för ländrygg, 1,8 % för totalhöft och 2,5 % för lårbenshals. Studiens resultat visar att det finns en mycket god reproducerbarhet mellan undersökarna som utför bentäthetsmätning på denna klinik.

Nyckelord: bendensitometri, dual energy x-ray absorptiometry (DXA), interindividuell mätning, intraindividuell mätning, kvalitetssäkring, osteoporos.

QUALITY ASSURANCE OF BONE DENSITOMETRY

NOUR ASSAAD

Assaad, N. Quality assurance of bone densitometry. *Degree Project in Biomedical Laboratory Science 15 Credits*, Malmö University: Faculty for Health and Society, Department of Biomedical Laboratory Science, 2013.

Osteoporosis is a general disease that usually occurs in connection with aging. To diagnose, detect and follow fracture risk in time, it is recommended to do a bone density measurement. Bone density measurements or bone densitometry utilizes the method Dual energy x-ray absorptiometry (DXA). To assess the reproducibility of this method, it is recommended to periodically conduct a quality assurance of bone density measurement, because it is a quantitative measurement. The purpose of the study was to assure the quality of the method for bone density. The study evaluated both inter-individual whole body scans and intraindividual scans of lumbar spine, total hip and femoral neck of 92 already booked patients. The reproducibility was identified as the least significant change (LSC), root mean square standard deviation (RMS SD) and coefficient of variation (%CV).

The reproducibility of the inter-individual study was good, with low values for LSC, RMS SD and % CV. Also the intraindividual study the reproducibility showed a good reproducibility with low values for LSC and RMS SD. The %CV were below the maximal recommended values by the International Society of Clinical Densitometry (ISCD), which are 1,9 % for lumbar spine, 1,8 % for total hip, and 2,5 % for femoral neck. Study results show that there is a very good reproducibility between investigators who perform bone densitometry measurement at this clinic.

Keywords: bone densitometry, dual energy x-ray absorptiometry (DXA), inter-individual measurement, intraindividual measurement, osteoporosis, quality assurance.

FÖRORD

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare vid Bild- och funktions diagnostiskt centrum, klinisk fysiologi och nuklearmedicin, Skånes universitetssjukhus i Lund; Susanne Olsson och Elisabet Åström.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

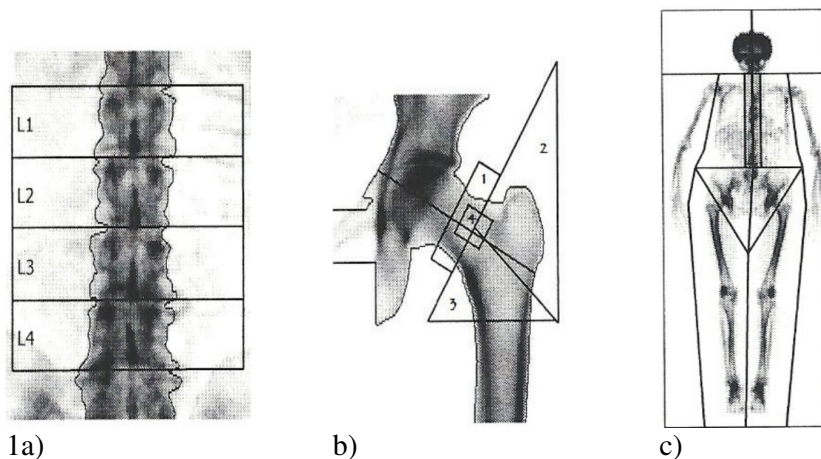
INLEDNING	5
Osteoporos	6
Precisionsbestämning	6
Syfte	7
Hypotes	7
MATERIAL OCH METOD	7
Interindividuell undersökning	7
Intraindividuell undersökning	7
Delstudie 1 – interindividuell validering av helkroppsundersökning	8
Delstudie 2 – intraindividuell validering av ländrygg, totalhöft och lårbenshals	8
Etisk bedömning	8
RESULTAT	8
Delstudie 1– interindividuell validering av helkroppsundersökning	8
Delstudie 2 – intraindividuell validering av ländrygg, totalhöft och lårbenshals	9
BMA 1	10
BMA 2	11
DISKUSSION	12
Slutsats	14
REFERENSER	15
BILAGOR	17

INLEDNING

Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) är den referensmetod som föredras av Världshälsoorganisationen (WHO) för att mäta bentätheten [1-2]. DXA använder två röntgenstrålar med olika energinivåer, 30-50 kiloelektronvolt (keV) och >70 keV. Skillnader i attenuering mellan strålarna som passerar genom kroppens olika vävnader, gör det möjligt att få en god kontrast mellan ben och mjukvävnad. Det medför att man får en kvantitativ mätning av bendensiteten [1]. Strålarna med de lägre energinivåerna, 30-50 keV registrerar attenueringen i ben och eftersom ben innehåller hydroxiapatit (mineraler), absorberar dessa mycket mer strålning än mjukvävnad [1,3]. Strålen med den högre energinivå, > 70 keV, registrerar attenueringen som är mer lika i ben och mjukvävnad [3].

Benmineraltätheten (BMD) som anges i enheten g/cm^2 fås genom att benmineralinnehållet (BMC) som anges i gram divideras med arean eller volymen av benet i cm^2 [1-2].

Den kliniska användningen av DXA har fokuserat på ländrygg, totalhöft, underarm och helkropp. Ländrygg, totalhöft och helkropp visas i figur 1 [2,4].



Figur 1. Visar bilder från a) ländrygg med kotorna L1-L4 b) totalhöft är indelad i 1) lårbenshals, 2) trochanter major, 3) lårbensskaft, 4) wards och c) helkropp.

Några fördelar med DXA är att den är enkel att utföra för såväl undersökare som patient. Det är en icke-invasiv undersökning som är smärtfri. Undersökningstiden är kort och strålningen för både personal och patient är låg [2].

Bendensitometri kan utföras för olika syften, t.ex. för att ställa en diagnos, påbörja en behandling samt kontrollera effekten av behandlingen. Undersökningen kan även utföras för att bedöma frakturrisik. Patienter som kommer till bendensitometri undersökning är framförallt de som ligger i riskzonen för osteoporos (benskörhet), vilka ofta är postmenopausala kvinnor [5-6]. Men även patienter som behandlas med mediciner såsom kortison, eftersom kortison kan påverka bensammansättningen och uppföljning av dessa patienter måste då ske [7].

Felkällor med undersökningen är bland annat felaktig placering av patienten, metall i mätområdet, patient som inte kan ligga stilla, patientvikt över 136 kg (maxvikt för apparaten) och patient med degenerativa sjukdomar.

Osteoporos

Osteoporos betyder benskorhet. Osteoporos är en vanlig sjukdom i samband med åldrande samt i samband med menopausen hos kvinnor. Osteoporos drabbar således fler kvinnor än män. Östrogen, det kvinnliga könshormonet, bromsar bennedbrytningen, vilket leder till att när menstruationen upphör så ökar bennedbrytningen [8].

Osteoporos leder till en ökad risk för benbrott, framförallt av ryggkotor, höfter och underarmar [9]. Ca 80 % av skelettet och bara 20 % av benytan består av kortikalt ben som är hårt och tätt packad och kallas kompakt benvävnad. Resterande, d.v.s. 20 % av skelettet och 80 % av benytan består av trabekulärt ben som är spongiöst/poröst och kallas spongiös benvävnad. Trabekulärt ben täcker mörghålan och omges av kortikalt ben. Kortikalt ben finns främst i långa rörben såsom lårben, underarm och tibia [3,10].

I benvävnad finns osteoblaster och osteoklaster. Osteoblasterna bildar nytt ben och osteoklasterna bryter ner ben då kroppen behöver kalcium. Nybildningen och nedbrytningen ska vara i balans med varandra, men när nedbrytningen blir högre än nybildningen vilket ofta sker vid högre ålder blir benen skörare på grund av benförlust. Detta leder till osteopeni (förstadium till osteoporos) och vidare till osteoporos [9].

Världshälsoorganisationens (WHO's) klassificering av BMD i kategorierna normal, osteopeni, osteoporos och svår (manifest) osteoporos baseras på T-score. T-score är skillnaden mellan uppmätt BMD och medelvärdet av BMD hos unga vuxna dividerat med den unga vuxna populationens standardavvikelse (SD) av BMD, enligt ekvationen:

$$T\text{-score} = \frac{\text{patientens BMD} - \text{medel unga vuxnas BMD}}{1 \text{ SD av unga vuxnas BMD}} [1].$$

Ett uppmätt värde med T-score mellan -1 och 3 klassificeras som normalt, T-score mellan -2,5 och -1 som osteopeni och T-score lägre än -2,5 som osteoporos [2].

Precisionsbestämning

Precision eller reproducerbarhet, är jämförelse mellan upprepade mätningar av samma objekt eller person i en kvantitativ mätning. Skillnaden som kan uppstå mellan två upprepade mätningar uttrycks ofta som precisionsfel (PE) och anges i procent. När det gäller bentätetsmätning innebär det att få samma BMD-värde vid upprepade mätningar hos samma patient en kort tid efter första mätningen [3,11]. PE uttrycks också som root mean square standardavvikelse (RMS SD) och anges i enheten g/cm^2 . Det uttrycks även som procentuell variationskoefficient (%CV), vilket också är ett värde som används för att beskriva precision [3]. För att kunna påvisa om en förändring verkligen har skett vid upprepade mätningar eller om förändringen beror på apparatur eller undersökare måste både PE och minsta signifikanta skillnaden (LSC) vara kända. PE används för att beräkna LSC som är

PE*2,77, vid 95 % konfidensintervall. Det innebär att om förändringen av mätvärdet överstiger denna är det med 95 % säkerhet att förändringen är verklig [2-3].

International Society for Clinical Densitometry (ISCD) rekommenderar att precisionsbestämning av bentäthetsmätning utförs på varje klinik genom att utvärdera reproducerbarheten. Detta görs genom att 15 patienter mäts tre gånger vardera eller 30 patienter mäts två gånger vardera. Enligt ISCD är den minsta acceptabla precision 1,9 % för ländrygg, 1,8 % för totalhöft och 2,5 % för lårbenshals [3].

Syfte

Syftet med studien är att kvalitetssäkra metoden för bentäthetsmätning genom intraindividuell validering för ländrygg och totalhöft samt bestämma interindividuell validering för helkroppsundersökning.

Hypotes

Hypotesen för den intraindividuell valideringen av ländrygg och totalhöft är att undersökarnas PE ska ligga under de av ISCD rekommenderade maxvärdena. Hypotesen för den interindividuell valideringen av helkroppsundersökning är att PE ska bli lågt. (Här finns inga rekommendationer från ISCD).

MATERIAL OCH METOD

Mätningarna utfördes av legitimerade biomedicinska analytiker (BMA) på GE Lunar Prodigy (GE Lunar Corporation, Madison, Wisconsin, USA). Från ISCD:s rekommendationer för precisionsbestämning valdes att utföra två mätningar på 30 registreringar [3]. Urvalet skedde i anslutning till redan inbokade patienter för bentäthetsmätning. Patienterna tillfrågades om medverkan i studien, både muntlig och skriftlig information gavs och de villiga gav sitt samtycke med underskrift.

Interindividuell undersökning

En interindividuell undersökning är en undersökning som görs på samma patient vid samma undersökningstillfälle av två eller flera undersökare.

Intraindividuell undersökning

En intraindividuell undersökning är en undersökning som görs på samma patient vid samma undersökningstillfälle två eller flera gånger av en och samma undersökare.

Totalt ingick 92 patienter i studien, varav några medverkade i mer än en undersökning/validering (interindividuell och intraindividuell).

Dagligen gjordes en kalibrering av utrustningen med hjälp av ett kalibreringsblock och kvalitetskontroll med hjälp av ett ländryggsfantom med lumbalkotor motsvarande L1-L4. När patienten kom på undersökningen togs längden och vikten och patienten informerades om att ta bort störande material som metall, knappar, smycken och byglar i bh från scanningsområdena. Patienten placerades mitt på scannerbordet med armarna längs sidorna. Mätlokaler valdes ut, ett

laserljus markerade startpositionen på mätlokaler och scanningen utfördes. Resultatet analyserades i utvärderingsprogrammet enCORE Version 12.30 som tillhör GE Lunar Prodigy. Regions of interest (ROI), som är specifikt för lokalen man undersökte placerades enligt strikta utvärderingsregler som i figur 1 a, b och c. Har patienten gjort undersökningen tidigare jämfördes bilderna med föregående bildtagning.

Studiens resultat skrevs ut, numrerades, avidentifierades och lades in i en kalkylator som erbjuds av ISCD för uträkning av SD, PE (RMS SD) och LSC. PE (CV och %CV) räknades ut manuellt. Uppmätta värden sattes in i tabeller och spridningsdiagram användes för dessa för att räkna grad av linjärt samband. Formler för kalkyl redovisas i bilaga 1.

Microsoft Office Word 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) användes för tabeller och Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) för statistik.

Delstudie 1 – interindividuell validering av helkroppsundersökning

Två olika BMA utförde undersökningen vardera en gång. Totalt gjordes undersökningen på 30 patienter. Patienten ompositionerades mellan undersökningarna för att jämförelse ska kunna ske och omständigheter likna återbesök. Ompositioneringen skedde genom att patienten lämnar scannerbordet för att sedan återplaceras av nästa BMA innan mätningen upprepades. Bilderna analyserades av respektive BMA som utfört mätningen.

Vid helkroppsundersökning erhöles mätvärden på totalmassa, BMC, lean och fett. Totalmassa är patientens kroppsvikt beräknad med DXA och anges i kilogram (kg). BMC anges i gram. Lean är fettfri vävnad, vilket tillsammans med fett utgör vävnad i gram.

Delstudie 2 – intraindividuell validering av ländrygg och totalhöft

Varje BMA utförde två mätningar på vardera 30 ländryggar och totalhöfter. Med ländrygg avses lumbalkotorna L1-L4, som kan ses i figur 1 a. Totalhöft är indelad i lårbenshals, trochanter major, lårbensskaft och Wards, som kan ses i figur 1 b. Mellan mätningarna fick patienten lämna scannerbordet för att sedan återplaceras och mätning upprepas. Bilderna analyserades av respektive BMA som utfört mätningen.

Etisk bedömning

Patienterna utsattes för samma undersökning två gånger, vilket innebar en något högre stråldos till patienten. Stråldosen motsvarar den som en person i Sverige i genomsnitt får under ett dygn, så kallad naturlig bakgrundsstrålning. En etisk ansökan skickades till etikrådet vid fakulteten för Hälsa och samhälle för bedömning och tillstånd tilldelades (Dnr HS60-2013/362:6).

RESULTAT

Delstudie 1 – interindividuell validering av helkroppsundersökning

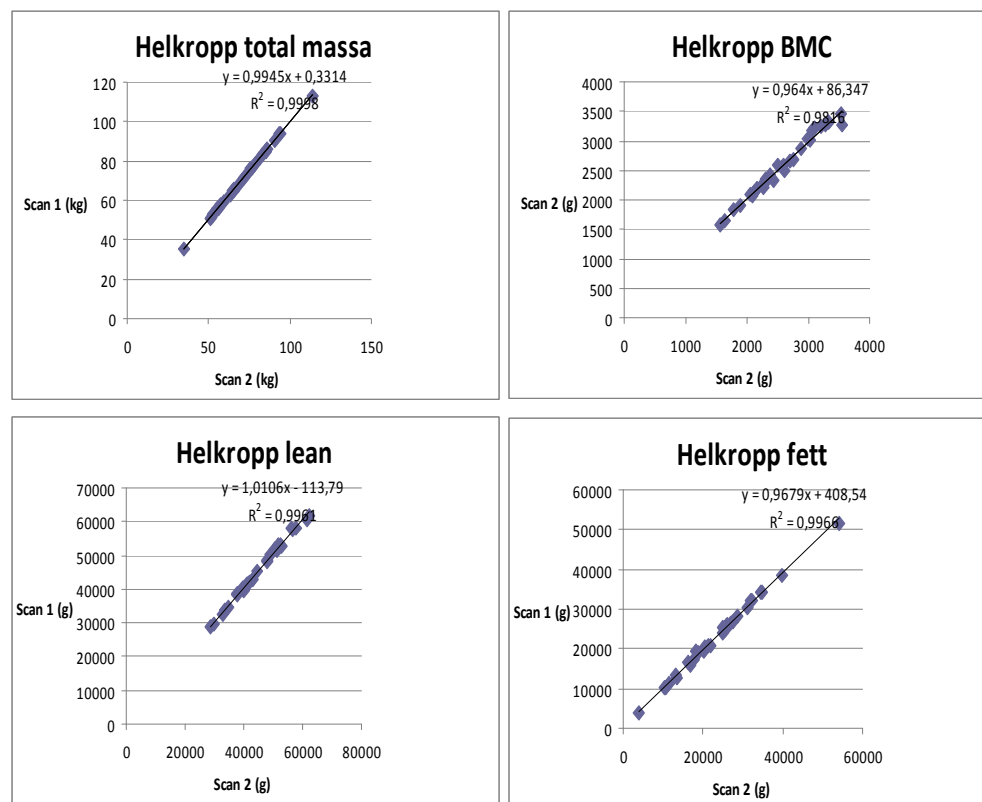
Två BMA utförde helkroppsundersökningen vardera en gång på totalt 30 patienter varav 12 kvinnor och 18 män. Patienterna var mellan 18-86 år med en medelålder av 52 år. I helkroppsundersökningen ingick mätningar på total massa, BMC, lean

och fett. Resultatet av PE (RMS SD och %CV) och LSC för dessa ses i tabell 1. Formler för uträkning visas i bilaga 1.

Tabell 1. Precisionsfel (RMS SD och %CV) och minsta signifikanta skillnaden (LSC) för helkroppsmätningarna (total massa, BMC, lean och fett).

Helkroppsmätningar			
	RMS SD (g/cm ²)	%CV (%)	LSC (g/cm ²)
Totalmassa	0,19	0,21	0,53
BMC	52,572	1,76	145,63
Lean	482,737	0,97	1337,18
Fett	511,47	2,05	1416,77

Grad av linjärt samband mellan scannningarna för helkroppsmätningarna (total massa, BMC, lean och fett) visas i figur 2.



Figur 2. Korrelationskoefficienten för helkropp total massa, $r = 0,9998$, helkropp BMC $r = 0,9908$, helkropp lean $r = 0,9980$ och helkropp fett $r = 0,9983$.

Delstudie 2 – intraindividuell validering av ländrygg och totalhöft

Två BMA utförde vardera två mätningar på ländrygg och totalhöft, vilket innebar 30 ländryggar och 30 totalhöfter, vardera.

BMA 1

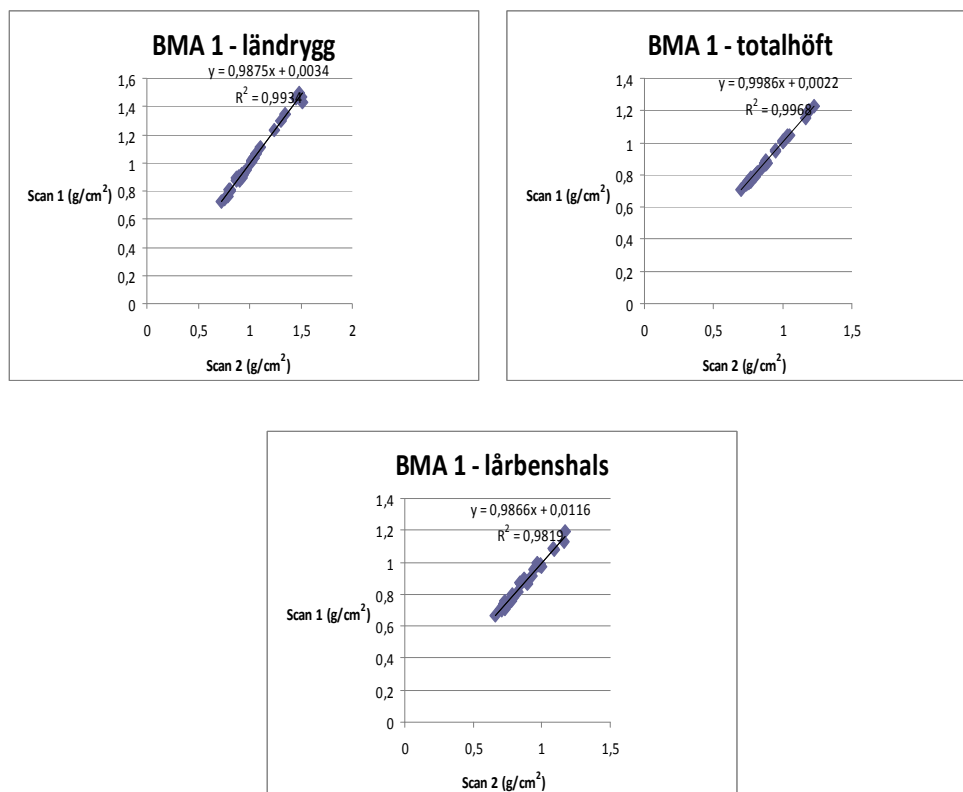
BMA 1:s 30 patienter som medverkade i ländryggundersökningen var mellan 48-81 år med en medelålder av 67 år varav 21 kvinnor och 9 män. Resultatet av PE (RMS SD och %CV) och LSC för ländrygg ses i tabell 2. Formler för uträkning visas i bilaga 1.

BMA 1:s patienter som medverkade i totalhöft- och lårbenshalsmätningar var mellan 50-81 år med en medelålder av 68 år varav 8 kvinnor och 8 män. Resultatet av PE (RMS SD och %CV) och LSC för totalhöft och lårbenshals ses i tabell 2. Formler för uträkning visas i bilaga 1.

Tabell 2. Precisionsfel (RMS SD och %CV) och minsta signifikanta skillnaden (LSC) för ländrygg, totalhöft och lårbenshals utfört av BMA 1 samt rekommenderade %CV enligt International Society for Clinical Densitometry.

BMA 1				
	RMS SD (g/cm ²)	%CV (%)	LSC (g/cm ²)	Rekommende rad %CV
Ländrygg	0,015	1,36	0,042	1,9
Totalhöft	0,006	0,68	0,016	1,8
Lårbenshals	0,013	1,52	0,036	2,5

Grad av linjärt samband mellan BMA 1:s scannningar för ländrygg, totalhöft och lårbenshals visas i figur 3.



Figur 3. BMA 1:s korrelationskoefficient för ländrygg $r = 0,9967$, totalhöft $r = 0,9984$ och lårbenshals $r = 0,9909$.

BMA 2

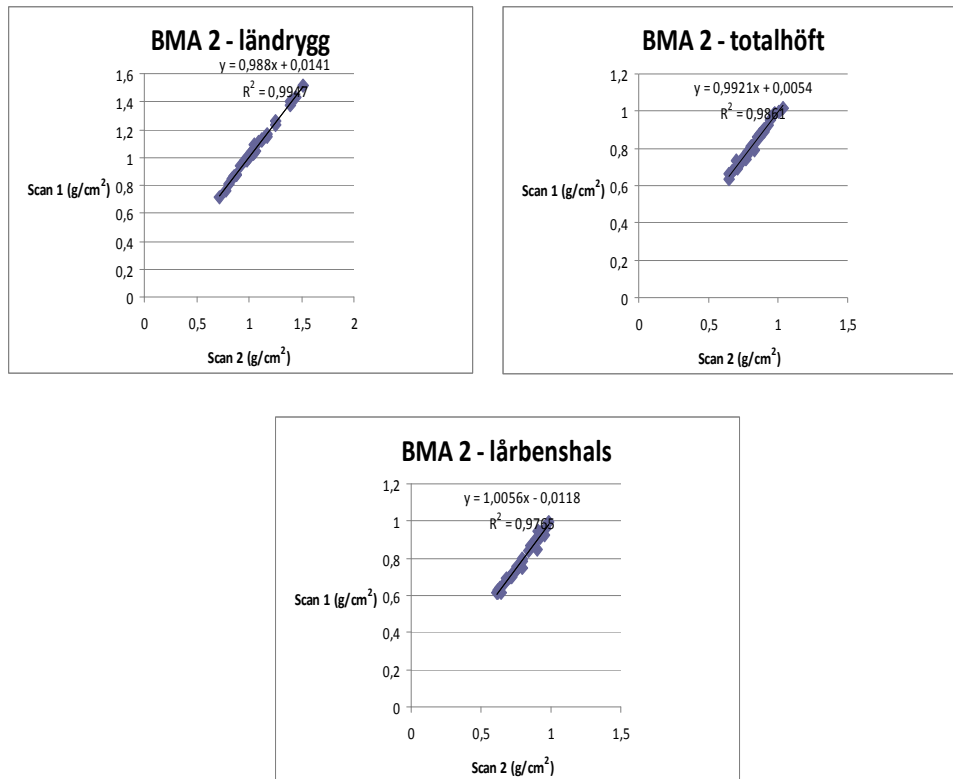
BMA 2:s 30 patienter som medverkade i ländryggundersökningen var mellan 27-93 år med en medelålder av 66 år varav 26 kvinnor och 4 män. Resultatet av PE (RMS SD och %CV) och LSC för ländrygg ses i tabell 3. Formler för uträkning visas i bilaga 1.

BMA 2:s patienter som medverkade i totalhöft- och lårbenshalsmätningar var mellan 27-80 år med en medelålder av 65 år varav 14 kvinnor och 1 man. Resultatet av PE (RMS SD och %CV) och LSC för totalhöft och lårbenshals ses i tabell 3. Formler för uträkning visas i bilaga 1.

Tabell 3. Precisionsfel (RMS SD och %CV) och minsta signifikanta skillnaden (LSC) för ländrygg, totalhöft och lårbenshals utfört av BMA 2 samt rekommenderade %CV enligt International Society for Clinical Densitometry.

BMA 2				
	RMS SD (g/cm ²)	%CV (%)	LSC (g/cm ²)	Rekommende rad %CV
Ländrygg	0,010	0,96	0,028	1,9
Totalhöft	0,009	1,17	0,025	1,8
Lårbenshals	0,013	1,67	0,037	2,5

Grad av linjärt samband mellan BMA 2:s scanningar för ländrygg, totalhöft och lårbenshals visas i figur 4.



Figur 4. BMA 2:s korrelationskoefficient för ländrygg $r = 0,9973$, totalhöft $r = 0,9930$ och lårbenshals $r = 0,9882$.

Tabeller med mätvärden från samtliga scanningar ses i bilaga 2.

DISKUSSION

Som alla undersökningar har bendensitometriundersökningen felkällor som kan inträffa vid mätningen och då är det viktigt att kunna yttra sig om en skillnad mellan två undersökningstillfällen är signifikant eller inte.

Eftersom bentäthetsmätningen är en kvantitativ mätning så är det av vikt att man skiljer mellan verkliga förändringar eller förändringar i utrustning eller undersökarens hantering av patienter. För att undvika dessa krävs en daglig kalibrering av utrustningen samt precisionsbestämning på varje undersökare som ska utföra undersökningen. De fel som undersökaren kan bidra med är t.ex. patientpositionering, analys av bilder, det vill säga ROI:s storlek och placering [3,11]. Alltså beror LSC på instrumenten som används, mätplatsen, undersökaren som positionerar patienten och analyserar resultatet samt det konfidensintervall som används vid beräkning [11].

Det är viktigt att göra en interindividuell validering då en patient som följs med bentäthetsmätning kanske inte får samma undersökare vid varje undersöknings-

tillfälle och då är det mycket viktigt att kliniken har undersökare där reproducerbarheten mellan dem är god. En intraindividuell validering är viktig eftersom patienten kanske kommer till undersökningen och får samma undersökare som tidigare och då måste mätningarna göras på samma sätt för att ge god reproducerbarhet [12].

På Bild- och funktions diagnostiskt centrum, klinisk fysiologi och nuklearmedicin, Skånes universitetssjukhus i Lund gjordes våren 2010 en studie med interindividuell validering på helkroppsmätningar där BMD var utvärderingsparametern och en intraindividuell validering på totalhöft, lårbenshals och ländrygg. Resultatet visade att reproducerbarheten var god med låga värden för LSC och RMS SD samt PE, som angavs i %CV, understeg de av ISCD rekommenderade maxvärdena för totalhöft, lårbenshals och ländrygg, vilka är 1,8 %, 2,5 % och 1,9 % för den enskilde undersökaren. Det finns inga rekommenderade maxvärden för %CV på helkroppundersökningens BMD men resultatet visade att PE är mycket lågt och att undersökarna som ingick i studien utförde undersökningen likartat [13]. Denna studie är en utökad studie för precisionsbestämning av bendensitometri, men med andra undersökare. I studien ingick en interindividuell validering på helkroppsmätningar och intraindividuell validering på totalhöft, lårbenshals och ländrygg. Undersökning på totalhöft och ländrygg utförs vid misstanke eller kontroll av osteoporos eftersom det är de vanligaste mätlokaler för frakturer vid osteoporos [4]. På Bild- och funktions diagnostiskt centrum, klinisk fysiologi och nuklearmedicin, Skånes Universitetssjukhus i Lund diskuteras att lårbenshalsmätningar ska börja användas kliniskt [3,11], genom att då förfina totalhöftmätningarna eftersom totalhöft består av fyra mindre delar. Mätningar på lårbenshals fås ju på köpet när totalhöft undersöks men används ännu inte för diagnostik.

Denna studie visar att reproducerbarheten var mycket god med alla resultat under de av ISCD rekommenderade maxvärdena som nämnts tidigare. Det bekräftar hypotesen att PE skulle vara under de rekommenderade maxvärdena. Både BMA 1 och BMA 2 erhöll värden på ländrygg, totalhöft och lårbenshals under de rekommenderade. BMA 1 har det lägsta PE på mätningar gjorda på både totalhöft och lårbenshals, medan BMA 2 har det lägsta PE på ländrygg. Skulle någon ha PE som inte understeg de av ISCD rekommenderade maxvärdena så hade den behövt mer träning [3].

Skillnaderna mellan scanning 1 och 2 på mätningar kan bero på flera saker. Först och främst som tidigare nämnt så kan det vara hantering av patienterna och på så sätt positioneringen av dem. Även om undersökningstiden är kort så kan vissa personer ha svårt att ligga stilla under en längre tid, och då kan de ha rört lite på sig på andra scanningen och detta kan ha medfört skillnader i mätvärdena mellan scanning 1 och 2. Patienter med t.ex. ledbesvär kan vara svåra att positionera rätt, med begränsad kännedom om patienternas anamnes är det svårt att avgöra om det kan ha betydelse. Cawste SA *et.al.* har diskuterat om skillnader i höger höft beror på att höger höft ligger längst ifrån undersökaren och kan således vara svårare att positionera rätt [13]. Detta kan även vara fallet med BMA 1:s och BMA 2:s mätningar.

Eftersom patienterna följs är det viktigt att vid varje undersökningstillfälle placera mätlokaler likadant så att det ska gå att jämföra mätvärdena med varandra från gång till gång. Det gäller då att mätlokaler ligger rakt och centrerat i bilderna.

En studie [14] säger att det är av betydelse för reproducerbarheten att lårbensskافتet ligger rakt på bilden. För att få en god reproducerbarhet gäller att den nya undersökningen jämförs med den gamla, om sådan finns, så att ROI placeras på samma sätt som tidigare undersökning.

Vid den interindividuella valideringen på helkroppsmätningarna analyserades total massa, BMC, lean och fett, vilket visade låga värden på PE. Detta tyder på att reproducerbarheten mellan undersökarna var god. Cawste SA *et.al.* som gjort en interindividuell validering på helkropp där BMD undersöktes, erhöles också låga värden på PE [13]. Vid helkroppsmätning erhålls resultat på total massa, BMC, lean och fett i en bentäthetsmätning i syfte att kontrollera sammansättningen av fett och muskler på t.ex. patienter som transplanterats. Detta görs även på patienter som går i dialys för att kontrollera vätskeansamlingen. Patienter som behandlas för t.ex. anorexia kontrolleras med bentäthetsmätning. Utebliven menstruation påverkar bentätheten och kroppssammansättningen kan följas med helkroppsmätning. Andra användningsområden för helkroppsmätningar i framtiden kan vara på patienter som går på olika bantningsmetoder. DXA ger värden på fett- och lean-innehåll som tillsammans utgör vävnad och därmed följa sammansättningen/eventuell omfördelning av dessa och studera ifall patienten svarar på bantningsmetoden eller inte.

Slutsats

Reproducerbarheten mellan undersökarna som utför bentäthetsmätning på kliniken var god, med värden under de av ISCD rekommenderade maxvärdena. Samma gäller från tidigare studier på precisionsbestämningar av bendensitometri på Bild- och funktions diagnostiskt centrum, klinisk fysiologi och nuklearmedicin, Skånes Universitetssjukhus i Lund.

REFERENSER

1. Lewiecki EM, Borges JL, (2006). Bone density testing in clinical practice. *Arg Bras Endocrinol Metabol.* 50(4): 586-95.
2. El Maghraoui A, Roux C, (2008). DXA scanning in clinical practice. *QJM Aug*; 101(8): 605-617.
3. The International Society for Clinical Densitometry, i samarbete med Svenska Osteoporossällskapet (2012). Kurs i bentäthetsmätning, 2012, Version 12,0 Swedish version.
4. Blank GM, Fogelman I, (1997). Technical principles of dual energy x-ray absorptiometry precision. *Osteoporos.Int.* 17(5): 768-774.
5. Ross PD, Davis JW, Wasnich RD, Vogel JM, (1991). The clinical application of serial bone mass measurements. *Bone Miner. Mar*; 12(3): 189-199.
6. Blake GM, Fogelman I, (2009). The clinical role of dual energy X-ray absorptiometry. *Eur.J.Radiol. Sep*; 71(3):406-414.
7. Sivri A, Coplu L, (2001). Effect of the long-term use of inhaled corticosteroids on bone mineral density in asthmatic women. *Respirology Jun*;6(2):131-134.
8. Castelo Branco C, (1998). Management of osteoporosis. An overview. *Drugs aging 1998*;12 Suppl 1:25-32.
9. Bono CM, Einhorn TA, (2003). Overview of osteoporosis: pathophysiology and determinants of bone strength. *Eur.Spine J. Ost*; 12 Suppl 2:S90-6.
10. Sand O, Sjaastad Ö, Haug E, Bjålie J, Toverud K (2006) *Människokroppen*. Oslo, Liber.
11. Baim S, Wilson CR, Lewiecki EM, Luckey MM, Downs RW Jr, Lentle BC, (2005). Precision assessment and radiation safety for dual-energy X-ray absorptiometry: position paper of the International Society for Clinical Densitometry. *J.Clin.Densitom. Winter*; 8(4):371-78.
12. Cawste SA, Pearson D, Freen DJ, Maslanka WB, Miller CG, Rogers AT, (1999). Cross-calibration, precision and patient dose measurements in preparation for clinical trials using dual energy X-ray absorptiometry of the lumbar spine. *Br.J.Radiol. Apr*; 72(856):354-362.
13. Karlsson K, Mortensen N, (2010) Precisionsbestämning av bendensitometri. Malmö: Högskola, Fakulteten för hälsa och samhälle (publicerat examensarbete)

14. Pouilles JM, Tremollieres F, Todorovsky N, Ribot C, (1991). Precision and sensitivity of dual-energy x-ray absorptiometry in spinal osteoporosis. *J.Bone Miner.Res. Sep; 6(9):997-1002.*

BILAGOR

Bilaga 1: Formler för kalkyl

Bilaga 2: Tabeller med mätvärden från samtliga scannningar

Bilaga 1

FORMLER FÖR KALKYL

$$1. SD = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$2. RMS SD = \sqrt{\frac{\sum SD^2}{n}} \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

$$3. CV = \frac{SD/patient}{\bar{x} BMD/patient}$$

$$4. \%CV = \sqrt{\frac{\sum CV^2}{n}} \times 100 \text{ (\%)}$$

$$5. LSC = PE \times 2,77 \text{ (vid 95 \% konfidensintervall)}$$

Bilaga 2

Tabell 4. Total massa värdena från helkroppsmätningarna.

Helkropp total massa				
Patient Nr	Ålder	Scan 1 (kg)	Scan 2 (kg)	SD (kg)
1	71	90,7	90,4	0,212
2	40	83,0	83,3	0,212
3	34	76,6	76,5	0,071
4	69	93,2	93,7	0,354
5	28	70,7	70,5	0,141
6	29	94,0	94,0	0,000
7	86	59,4	59,3	0,071
8	71	85,5	85,5	0,000
9	45	35	35,1	0,057
10	67	63,2	63,1	0,071
11	33	113,9	112,9	0,707
12	18	65,4	65,4	0,000
13	64	51,8	51,8	0,000
14	43	50,8	50,9	0,071
15	54	86,0	86,3	0,212
16	65	57,5	57,7	0,141
17	67	84,9	84,5	0,283
18	64	71,7	71,5	0,141
19	71	55,5	55,5	0,000
20	49	56,0	55,9	0,071
21	64	75,1	74,8	0,212
22	71	77,0	76,8	0,141
23	43	67,3	67,1	0,141
24	40	52,8	52,9	0,071
25	61	78,1	78,1	0,000
26	56	75,9	76,0	0,071
27	26	81,0	80,9	0,071
28	44	55,6	55,7	0,071
29	20	65,0	65,0	0,000
30	65	65,3	65,0	0,212

Tabell 5. BMC-värdena från helkroppsmätningarna.

Helkropp BMC				
Patient Nr	Ålder	Scan 1 (g)	Scan 2 (g)	SD (g)
1	71	3278	3271	4,950
2	40	2711	2659	36,770
3	34	3020	3013	4,950
4	69	3338	3313	17,678
5	28	2059	2094	24,749
6	29	2621	2504	82,731
7	86	2122	2149	19,092
8	71	3060	3165	74,246
9	45	1560	1575	10,607
10	67	2167	2178	7,778
11	33	3554	3272	199,404
12	18	2591	2583	5,657
13	64	1632	1638	4,243
14	43	1783	1824	28,991
15	54	2760	2683	54,447
16	65	1893	1900	4,950
17	67	3091	3229	97,581
18	64	2504	2580	53,740
19	71	2385	2414	20,506
20	49	2305	2343	26,870
21	64	2428	2337	64,347
22	71	3537	3469	48,083
23	43	2989	3037	33,941
24	40	2324	2323	0,707
25	61	2162	2182	14,142
26	56	3209	3257	33,941
27	26	2879	2864	10,607
28	44	2273	2284	7,778
29	20	2267	2221	32,527
30	65	2090	2065	17,678

Tabell 6. Lean-värdena från helkroppsmätningarna.

Helkropp lean				
Patient Nr	Ålder	Scan 1 (g)	Scan 2 (g)	SD (g)
1	71	62379	61685	488,611
2	40	49020	50205	837,992
3	34	47921	48745	582,656
4	69	57839	58227	274,357
5	28	42835	42648	132,229
6	29	51746	53011	894,490
7	86	28817	28795	15,556
8	71	48020	48097	54,447
9	45	29630	29733	72,832
10	67	33613	33966	249,609
11	33	56208	58044	1298,248
12	18	44547	45486	663,973
13	64	39449	39894	314,663
14	43	32716	32672	31,113
15	54	51032	51685	461,741
16	65	37851	38426	406,586
17	67	61323	60641	482,247
18	64	42995	42725	190,919
19	71	39930	39657	193,040
20	49	34883	34568	222,739
21	64	50750	51728	691,550
22	71	56679	57645	683,065
23	43	52723	52687	25,456
24	40	40104	40233	91,217
25	61	41205	41591	272,943
26	56	52636	53300	469,519
27	26	51183	51451	189,505
28	44	39804	40519	505,581
29	20	37883	38583	494,975
30	65	41980	42026	32,527

Tabell 7. Fett-värdena från helkroppsmätningarna.

Helkropp fett				
Patient Nr	Ålder	Scan 1 (g)	Scan 2 (g)	SD (g)
1	71	25000	25444	313,955
2	40	31220	30445	548,008
3	34	25613	24725	627,911
4	69	31980	32185	144,957
5	28	25798	25747	36,062
6	29	39676	38490	838,629
7	86	28503	28399	73,539
8	71	34379	34224	109,602
9	45	3801	3765	25,456
10	67	27393	26964	303,349
11	33	54132	51557	1 820,800
12	18	18212	19313	635,689
13	64	10767	10226	382,545
14	43	16295	16448	108,187
15	54	32175	31965	148,492
16	65	17761	17379	270,115
17	67	20442	20620	125,865
18	64	26199	26191	5,657
19	71	13173	13441	189,505
20	49	18846	19026	127,279
21	64	21935	20728	853,478
22	71	16794	15713	764,382
23	43	11624	11363	184,555
24	40	10346	10388	29,698
25	61	34722	34325	280,721
26	56	20074	19468	428,507
27	26	26951	26631	226,274
28	44	13553	12861	489,318
29	20	24846	24162	483,661
30	65	21182	20885	210,011

Tabell 8. BMD-värdena från mätningarna på ländrygg från BMA 1.

Ländrygg				
Patient Nr	Ålder	Scan 1 (g/cm ²)	Scan 2 (g/cm ²)	SD (g/cm ²)
1	60	0,806	0,805	0,001
2	50	1,347	1,346	0,001
3	75	1,483	1,500	0,012
4	67	1,022	1,013	0,006
5	65	0,793	0,764	0,021
6	75	1,501	1,464	0,026
7	81	1,046	1,031	0,011
8	65	1,303	1,301	0,001
9	69	0,726	0,729	0,002
10	78	0,878	0,896	0,013
11	67	1,102	1,107	0,004
12	67	1,047	1,038	0,006
13	69	0,968	0,952	0,011
14	73	1,514	1,435	0,056
15	70	1,016	1,011	0,004
16	49	0,870	0,878	0,006
17	63	0,759	0,743	0,011
18	72	0,929	0,915	0,010
19	81	1,449	1,463	0,010
20	75	0,784	0,763	0,015
21	70	0,897	0,904	0,005
22	48	0,925	0,897	0,020
23	71	1,063	1,067	0,003
24	61	0,944	0,932	0,008
25	66	0,796	0,805	0,006
26	58	0,930	0,922	0,006
27	60	0,811	0,799	0,008
28	67	0,903	0,875	0,020
29	50	1,237	1,234	0,002
30	75	0,934	0,912	0,016

Tabell 9. BMD-värdena från mätningarna för totalhöft och lårbenshals från BMA 1.

Höft Nr	Ålder	Totalhöft			Lårbenshals		
		Scan 1 (g/cm ²)	Scan 2 (g/cm ²)	SD (g/cm ²)	Scan 1 (g/cm ²)	Scan 2 (g/cm ²)	SD (g/cm ²)
1	60	0,882	0,890	0,006	0,926	0,915	0,008
2	60	0,870	0,871	0,001	0,837	0,877	0,028
3	50	1,181	1,188	0,005	1,167	1,191	0,017
4	50	1,168	1,151	0,012	1,163	1,131	0,023
5	75	1,190	1,200	0,007	1,092	1,076	0,011
6	75	1,227	1,223	0,003	1,086	1,090	0,003
7	67	1,034	1,049	0,011	0,941	0,957	0,011
8	67	1,004	1,006	0,001	0,874	0,897	0,016
9	65	0,747	0,758	0,008	0,703	0,703	0,000
10	65	0,772	0,768	0,003	0,701	0,710	0,006
11	75	1,012	1,009	0,002	0,999	0,968	0,022
12	75	1,002	1,017	0,011	0,963	0,999	0,025
13	81	0,766	0,761	0,004	0,723	0,739	0,011
14	81	0,730	0,741	0,008	0,714	0,720	0,004
15	65	0,889	0,870	0,013	0,796	0,780	0,011
16	65	0,945	0,947	0,001	0,846	0,865	0,013
17	67	0,949	0,955	0,004	0,980	0,980	0,000
18	67	1,021	1,019	0,001	0,992	0,987	0,004
19	69	0,798	0,789	0,006	0,770	0,765	0,004
20	69	0,752	0,749	0,002	0,775	0,757	0,013
21	78	0,703	0,707	0,003	0,661	0,671	0,007
22	78	0,742	0,738	0,003	0,732	0,709	0,016
23	67	0,878	0,864	0,010	0,797	0,781	0,011
24	67	0,768	0,780	0,008	0,732	0,716	0,011
25	67	0,847	0,843	0,003	0,821	0,819	0,001
26	67	0,775	0,783	0,006	0,789	0,795	0,004
27	69	0,805	0,807	0,001	0,733	0,758	0,018
28	73	1,050	1,050	0,000	0,893	0,862	0,022
29	70	0,819	0,817	0,001	0,762	0,750	0,008
30	70	0,797	0,799	0,001	0,726	0,730	0,003

Tabell 10. BMD-värdena från mätningarna på ländrygg från BMA 2.

Ländrygg				
Patient Nr	Ålder	Scan 1 (g/cm ²)	Scan 2 (g/cm ²)	SD (g/cm ²)
1	70	0,979	1,000	0,015
2	66	1,024	1,035	0,008
3	72	0,963	0,980	0,012
4	71	0,978	0,980	0,001
5	75	1,034	1,026	0,006
6	71	1,055	1,039	0,011
7	66	0,773	0,760	0,009
8	61	0,877	0,877	0,000
9	80	1,390	1,402	0,008
10	27	1,035	1,049	0,010
11	55	1,172	1,167	0,004
12	93	1,251	1,232	0,013
13	67	1,036	1,027	0,006
14	70	1,002	0,995	0,005
15	75	1,063	1,049	0,010
16	47	1,120	1,121	0,001
17	71	1,120	1,129	0,006
18	74	1,442	1,426	0,011
19	52	0,915	0,941	0,018
20	62	1,393	1,370	0,016
21	63	0,861	0,870	0,006
22	58	1,170	1,149	0,015
23	70	0,840	0,850	0,007
24	61	0,719	0,714	0,004
25	66	0,879	0,871	0,006
26	58	1,094	1,108	0,010
27	73	1,511	1,520	0,006
28	60	0,804	0,807	0,002
29	67	1,250	1,264	0,010
30	67	1,055	1,088	0,023

Tabell 11. BMD-värdena från mätningarna för totalhöft och lårbenshals från BMA 2.

Höft Nr	Ålder	Totalhöft			Lårbenshals		
		Scan 1 (g/cm ²)	Scan 2 (g/cm ²)	SD (g/cm ²)	Scan 1 (g/cm ²)	Scan 2 (g/cm ²)	SD (g/cm ²)
1	70	0,898	0,901	0,002	0,799	0,800	0,001
2	70	0,831	0,794	0,026	0,797	0,750	0,033
3	66	0,756	0,753	0,002	0,742	0,727	0,011
4	66	0,786	0,780	0,004	0,755	0,742	0,009
5	72	0,675	0,679	0,003	0,637	0,642	0,004
6	72	0,646	0,664	0,013	0,616	0,617	0,001
7	71	0,806	0,803	0,002	0,757	0,755	0,001
8	71	0,776	0,764	0,008	0,737	0,729	0,006
9	56	0,705	0,694	0,008	0,681	0,690	0,006
10	56	0,736	0,729	0,005	0,741	0,729	0,080
11	71	0,804	0,813	0,006	0,798	0,781	0,012
12	71	0,667	0,681	0,010	0,721	0,697	0,017
13	66	0,766	0,743	0,016	0,699	0,694	0,004
14	66	0,704	0,731	0,019	0,670	0,662	0,006
15	61	0,905	0,907	0,001	0,911	0,945	0,024
16	61	0,941	0,955	0,010	0,965	0,959	0,004
17	80	1,034	1,019	0,011	0,875	0,866	0,006
18	80	0,971	0,987	0,011	0,841	0,840	0,001
19	27	0,851	0,859	0,006	0,857	0,865	0,006
20	27	0,867	0,875	0,006	0,881	0,875	0,004
21	55	0,829	0,829	0,000	0,896	0,905	0,006
22	55	0,868	0,858	0,007	0,926	0,940	0,010
23	74	0,973	0,985	0,008	0,904	0,848	0,040
24	74	1,005	0,994	0,008	0,922	0,911	0,008
25	65	0,646	0,636	0,007	0,621	0,625	0,003
26	65	0,695	0,693	0,001	0,710	0,698	0,008
27	70	0,898	0,888	0,007	0,956	0,922	0,024
28	70	0,926	0,925	0,001	0,985	0,997	0,008
29	75	0,741	0,735	0,004	0,641	0,615	0,018
30	75	0,714	0,714	0,000	0,619	0,611	0,006