

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI KAR
EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető: Prof. Dr. Bódis József
Programvezető: Prof. Dr. Kráncz János Ph.D.
Témavezető: Prof. Dr. Kráncz János Ph.D.



**GYALOGLÁS ÉS TRÉNING DIREKT HATÁSA A
CSONTANYAGCSERE-MARKEREKRE KÜLÖNBÖZŐ
CSONTSŰRŰSÉGŰ NŐKNÉL; SZENZOMOTOROS
TRÉNINGPROGRAM HATÁSELEMZÉSE**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Császárné Gombos Gabriella

Pécs, 2015.

BEVEZETÉS

Az egyensúlyra, harmóniára törekvés és annak fenntartása alapvető az élet minden területén, így a szervezet működésében is. A csontszövet, mint az anyagcsere szempontjából aktív szövet mellett, hogy folyamatos átépülésen megy keresztül, a csontképzés és csontbontás egyensúlyára törekszik. Normál körülmények között ez a két folyamat szoros kapcsolatban áll egymással. Ennek az egyensúlynak a megvalósítása különböző szisztémás és lokális szabályozáson keresztül valósul meg. Természetesen az életkor, a testi növekedés, a csontanyagcsere-betegségek, a mobilitási szint, a terápiás beavatkozások és számos más tényező hatással van a csontanyagcsere egyensúlyára. Míg a csont szerkezetét és erősségét nehéz élő szövetben vizsgálni, addig a csonttömeg jól analizálható. A statikus mutatókkal szemben a csontanyagcsere molekuláris markereinek vizsgálata jó segítség lehet az anyagcsere-egyensúly dinamikájának nyomon követésére.

Idősödő társadalmunkban a csonttrikulás és az abból adódó csonttörés jelentős probléma. A mozgáshiány kihat a csúcs-csonttömeg növekedésére, az elért csontállomány megtartására, a vázizomzat gyengeségére, az elesés, s az ebből adódó törésszám növekedésére. Így az egyensúly nemcsak molekuláris szinten fontos, testünk egyensúlyozó képessége véd bennünket az eleséstől is, emellett esés esetén – jó izomzat és erős csontszövet mellett – a törés valószínűségét csökkenti. Izmaink, izomcsoportjaink egyensúlya segít számos krónikus mozgásszervi probléma kialakulását megelőzni, a hasizmok, a hátizmok, a csípő körüli izmok vagy épp a bokát körülvevő izmok ereje és izomegyensúlya nagyobb állásbiztonsággal jár, csökkentve az elesés miatti csonttörés kockázatát.

CÉLKITŰZÉSEK

Értekezésem három különálló kutatást foglal össze a csonttrikulás témakörén belül. Az első vizsgálat csúcs-csonttömeggel rendelkező, majd a második vizsgálat csökkent csontsűrűséggel rendelkező nőknél végzett mozgásprogram egyszeri, direkt hatását elemzi a csont biokémiai markereire. A harmadik vizsgálat célja csökkent csontsűrűséggel élő nőknél alkalmazott szenzomotoros tréning hatékonyságának vizsgálata funkcionális és stabilitási mutatók alapján.

Kutatásunk során az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

- 1) Kimutatni az egyszeri mozgásprogram / gyógytorna direkt hatását a csont biokémiai markereire csúcs-csonttömeggel rendelkező és csökkent csontsűrűségű nőknél.
- 2) Megvizsgálni, van-e különbség a gyaloglás és a gyógytorna gyakorlatok hatása között a biokémiai markerekre nézve, s az életmód befolyásoló szerepét elemezni.
- 3) Kimutatni a 24 alkalmas szenzomotoros tréning eredményességét a funkcionális és stabilometriás egyensúly-mutatókra, összevetve a tradicionális 10 alkalmas általános gyógytorna gyakorlatok hatékonyságával, így csökkentve az esési rizikót csökkent csontsűrűséggel diagnosztizált nőknél.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az **első vizsgálatba** 50 fiatal nő (átlag életkor 25 ± 2 év) került beválogatásra, akik rendszeres menstruációs ciklussal és feltehetően maximális csúcs-csonttömeeggel rendelkeztek, s önkéntesen vállalták a vizsgálatban való részvételt. Ebből 25 résztvevő speciális mozgásprogramot végzett gyógytornász felügyelete mellett (TG), 60 percen keresztül. A kontroll csoport tagjai (CG) ugyanebben az időben és időtartamban ütemes sétát végeztek kültéren, egyenes felületű járdán.

Laborvizsgálattal meghatározásra került a csontspecifikus alkalikus foszfatáz (BALP), az alkalikus foszfatáz (ALP) és a kollagén keresztláncok C-terminális telopeptidje (CTX/ β -CrossLaps) a beavatkozás előtt és közvetlen utána. A beválogatás során minden résztvevő átesett általános laborvizsgálaton, valamint csontultrahang vizsgálaton az általános csontstátusz felmérése és a csúcs-csonttömeg igazolása céljából. Meghatározásra került a testmagasság, a testösszetétel, valamint egy saját szerkesztésű kérdőív került kitöltésre.

A **második vizsgálatba** 60, csökkent csontsűrűséggel rendelkező nő (átlag életkor $59,1\pm 7,1$ év) került beválogatásra, akik vállalták a vizsgálatban való részvételt, nincs a csontvázrendszer biológiáját befolyásoló betegségük és a csonttritkulást tekintve gyógyszeres kezelésben még nem részesültek. A tréning csoport (RT) 30 főből állt, akik ellenállásos tréningprogramot végeztek 45 percen keresztül. A kontroll csoport (WG) ugyanekkor közepes intenzitású egyenes gyaloglást végzett kültéren.

A vizsgált csontformációs marker a BALP, az elemzett csontreszorpciós marker a CTX, valamint elemzésre került a sclerostin, mely meggátolja az oszteoblaszt aktivitást és elősegíti annak apoptózisát, ezáltal megakadályozza a csontegység „túltöltését” (egyszerű negatív feedback mechanizmus a csontegységben, Wnt jelátvitel gátlás) (Moester 2010). A vizsgálat része volt egy saját szerkesztésű kérdőív kitöltése, testmagasság, testsúly mérése, emellett osteodensitometriás vizsgálat, mely a résztvevők beválogatási kritériumának való megfelelését ellenőrizte.

A **harmadik vizsgálatban** 60 posztmenopauzában lévő nő (átlag életkor $65,3\pm 4,1$ év) vett részt. Az I. csoport (n=20 fő) progresszíven felépített 24 alkalmas szenzomotoros tréningben részesült 3 hónapon keresztül, a II. csoport (n=20 fő) a fizioterápiás osztály protokollját követve 10 alkalmas tréninget kapott, a III. csoport (n=20 fő) pedig beavatkozás nélküli kontroll csoport volt. A fizikális vizsgálat részeként a Berg Balance skála (BBS), a Functional Reach test (FRT), a Timed Up & Go teszt és a One leg standing test (OLST) kerültek

alkalmazásra. A gyógytornász irányította interjú, vérnyomás, testmagasság, testsúly vizsgálata mellett digitális biometriás vizsgálatra (MultiSensor Elektronikus Baropodométer) is sor került, mellyel statikus talpnyomás vizsgálat és test-ingadozás / stabilometriás vizsgálat történt.

A statisztikai analízis az IBM SPSS Statistics 20 szoftver (SPSS Inc, Chicago, IL; version 20.0 for Windows) használatával történt. Az adatokból leíró statisztikai elemzés történt. A matematikai statisztika oldaláról az eloszlás normalitásától függően t-próbát / Wilcoxon-tesztet; kétmintás t-próbát / Mann-Whitney tesztet használtuk, emellett kettő (idő) x három (intervenció) variancia-analízis repeated measures teszt alkalmazására és post hoc elemzésre is sor került, illetve Kruskal-Wallis teszt alkalmazása történt. A korreláció értékelésére Pearson- vagy Spearman-korrelációs koefficienset számoltunk az eloszlástól függően. Az eredményeket $p < 0,05$ mellett tekintettük szignifikánsnak minden változóra vonatkozóan.

EREDMÉNYEK

Az **első vizsgálatban** a résztvevők beavatkozás előtt mért antropometriai és főbb életmódbeli adatait tekintve nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. Az I. táblázat a BALP, CTX és ALP értékeit mutatja a két csoportban a beavatkozás előtt és után, illetve a változás mértékét. A BALP nem-szignifikáns csökkenést jelez a tornát végzők csoportjában ($-4,63\% \pm 13,14\%$), míg a gyaloglók csoportjában szignifikáns csökkenés detektálható ($-7,65\% \pm 13,88\%$). Összevetve a kiindulási és beavatkozás utáni értékeket, szignifikáns csökkenés látszik a CTX értékekben is a torna, illetve a gyaloglás hatására ($-28,89\% \pm 34,82\%$ vs. $-52,54\% \pm 31,75\%$). Az ALP értékek szintén szignifikáns csökkenést mutatnak ($-6,84\% \pm 7,34$ vs. $-4,57\% \pm 4,79\%$) mindkét csoportban.

I. táblázat A BALP, a CTX és az ALP értékei a két vizsgálati mintában

Változó	TG (n = 25)	CG (n = 25)
BALP		
Alapérték [E/L]	79,32 ± 21,83	73,27 ± 17,33
Beavatkozás után [E/L]	75,64 ± 24,45	67,66 ± 18,02
Különbség [E/L]	3,67 ± 10,42	5,61 ± 10,18
<i>p</i>	0,091	0,011
CTX		
Alapérték [pg/mL]	380,36 ± 164,31	319,04 ± 148,43
Beavatkozás után [pg/mL]	270,44 ± 140,89	151,4 ± 63,19
Különbség [pg/mL]	109,92 ± 132,50	167,64 ± 101,33
<i>p</i>	0,001	0,001
ALP		
Alapérték [E/L]	144,82 ± 39,01	150,38 ± 36,34
Beavatkozás után [E/L]	134,91 ± 41,04	143,49 ± 32,98
Különbség [E/L]	9,91 ± 10,64	6,88 ± 7,22
<i>p</i>	0,001	0,001

TG: tornacsoport, CG: kontroll/gyalogló csoport

A csoportok között nem mutatható ki szignifikáns különbség az ALP ($p=0,414$), a BALP ($p=0,678$) és ugyanígy a BALP%-ban kifejezett ($p=0,308$) értékeinek vonatkozásában sem. Ezzel szemben a CTX adatait tekintve szignifikáns különbség detektálható ($p=0,049$), a gyaloglók csoportjában történt nagyobb mértékű változás.

Az életmódbeli faktorokat tekintve a dohányzás, az alkoholfogyasztás és a sportolási szokások az összes vizsgálati alanyra vetítve korreláltak más elemzett mutatókkal, így gyenge negatív korreláció mutatkozott az alkoholbevitel és a BMI között ($r=-0,295$, $p=0,040$), tehát a

nagyobb alkoholbevitel kisebb testsúllyal társult. A dohányzás fordítottan korrelált a tréning utáni BALP szinttel ($r=-0,32$, $p=0,021$). A dohányzás pozitív kapcsolatot mutat a szérumban a foszfát szinttel ($r=0,32$, $p=0,022$), az ALP változás mértékével (előtti és utáni különbségével) ($r=0,43$, $p=0,002$), és a BALP változás mértékével is (előtti és utáni különbség) ($r=0,30$, $p=0,035$). Tehát aki dohányzik, annak kissé alacsonyabb a beavatkozás utáni BALP szintje, magasabb a foszfát-szintje, s nagyobb mértékben csökkent az ALP és BALP értéke. A fizikai aktivitás közepes pozitív korrelációt mutat a T-score értékekkel ($r=0,44$, $p=0,001$), a BMD-vel ($r=0,44$, $p=0,001$), a tréning utáni BALP-értékekkel ($r=0,28$, $p=0,048$), és a CTX értékekben történt változás mértékével ($r=0,37$, $p=0,007$). Így a fizikailag aktívak magasabb BALP szinttel bírnak már ebben a korosztályban is.

A **második vizsgálatban** résztvevő nők életkora 36-69 év (átlag $59,11 \pm 7,01$); a BMI értékük 14,85-39,45 (átlag $27,59 \pm 5,39$). Nem volt szignifikáns különbség a két csoport adatai között az antropometriai adatokat tekintve, kivéve a testmagasságot. A T-score értéke $-4,7$ - $-1,0$ között változott (átlag $-2,11 \pm 0,77$). A II. táblázat ismerteti a BALP, CTX és sclerostin értékeket a mozgásprogramot végzők és a gyaloglók csoportjában a tréning előtt és után. A kezelés előtti BALP értékek $15,9$ - $70,9\%$ között mozogtak (átlag $41,97 \pm 10,99$). A CTX értékek $30,0$ - $685,0$ pg/ml között voltak (átlag $282,16 \pm 152,07$), míg a sclerostin értéke $7,3$ - $69,3$ pmol/l között terjedt (átlag $24,96 \pm 12,65$).

II. táblázat A csontanyagcserét jelző markerek (BALP, CTX és sclerostin) szintje a szérumban a beavatkozás előtt és után, a két érték közti különbség és p-érték

Változó	RG (n = 30)	WG (n = 30)
BALP		
Kiinduló érték [%]	$42,0 \pm 13,5$	$41,8 \pm 7,8$
Beavatkozás utáni érték [%]	$41,7 \pm 11,9$	$42,7 \pm 8,6$
Változás [%]	$0,3 \pm 1,6$	$-0,8 \pm 0,7$
<i>p</i>	<i>0,763</i>	<i>0,069</i>
CTX		
Kiinduló érték [pg/ml]	$316,5 \pm 178,5$	$247,8 \pm 112,8$
Beavatkozás utáni érték [pg/ml]	$288,6 \pm 159,8$	$252,5 \pm 110,3$
Változás [pg/ml]	$27,9 \pm 18,6$	$-4,7 \pm 2,4$
<i>p</i>	<i>0,001</i>	<i>0,489</i>
SCLEROSTIN		
Kiinduló érték [pmol/l]	$26,7 \pm 13,8$	$23,1 \pm 11,2$
Beavatkozás utáni érték [pmol/l]	$30,0 \pm 16,1$	$29,5 \pm 11,7$

Változás [pmol/l]	-3,2 ± 2,3	-6,3 ± 0,5
<i>p</i>	0,191	0,017

RG: ellenállásos tréninget végzők csoportja; WG: gyalogló / kontrollcsoport

A csoportokon belül a beavatkozás hatására bekövetkezett változások elemzésére az eloszlástól függően páros t-próba vagy Wilcoxon-teszt alkalmazása történt. A BALP értékeket tekintve a beavatkozás hatására nem történt szignifikáns változás ($0,8\% \pm 11,78\%$ vs. $-2,02\% \pm 10,0\%$), és nem volt szignifikáns különbség a csoportok közti összevetéskor a beavatkozás hatására az atlasok összevetésekor a független mintás t-tesztet nézve ($p=0,345$). A CTX értékeket tekintve a gyógytorna csoportban szignifikáns csökkenés következett be, míg a kontroll csoportban nem történt szignifikáns változás ($8,82\% \pm 10,45\%$ vs. $-1,9\% \pm 2,19\%$) és szignifikáns különbség volt a csoportok között a Mann-Whitney U-tesztel történt összevetéskor ($p=0,001$). A sclerostin vonatkozásában az RG nem szignifikáns változást mutatott, míg a WG szignifikáns csökkenést jelzett ($-12,23\% \pm 16,72$ vs. $-27,25\% \pm 4,61\%$) és nem-szignifikáns különbség volt a csoportok között a Mann-Whitney tesztel elemezve ($p=0,121$).

Ebben a vizsgálati mintában is elemzésre került a dohányzás, a kávéfogyasztás és a sporttevékenység kihatása, összefüggése a csont biokémiai markereivel. Elmondható, hogy jelen mintában nincs összefüggés a dohányzás és a T-score, a dohányzás és a BALP kiindulási értéke, a dohányzás és a CTX kiindulási értéke között. Ezzel szemben közepes pozitív kapcsolat áll fenn a dohányzás és a sclerostin kiindulási értéke között ($r=0,30$; $p=0,016$). A kávéfogyasztás és a biokémiai markerek, illetve a T-score értékei között egyik esetben sem igazolható szignifikáns korreláció, ellenben a T-score értékek és az 5 éven belül végzett fizikai aktivitás között közepes erősségű pozitív kapcsolat volt kimutatható ($r=0,44$, $p=0,006$). Továbbá kíváncsiak voltunk, hogy van-e különbség az osteoporotikus és osteopeniás résztvevők között a biokémiai markerek kiindulási értékét és a változás mértékét illetően. Sem a BALP, sem a CTX, sem a sclerostin vonatkozásában nem találtunk szignifikáns különbséget az osteoporotikus és osteopeniás résztvevők között ($p>0,05$).

Összevetésre került a csúcs-csonttömegű és a csökkent csontsűrűségű csoport a BALP és CTX értékeinek vonatkozásában. Szignifikáns különbség van a BALP kiindulási és beavatkozás utáni értékei között ($p<0,001$), illetve a CTX kiinduló értékeiben ($p=0,020$) és a két mérés közti differencia mértékében ($p<0,001$). Minden változót tekintve – ahol szignifikáns különbség található – a fiatalok csoportjában volt magasabb az érték. A BALP

%-os arányát tekintve minimális változás detektálható a kezelés hatására az egyes csoportokban. Míg a BALP %-os értéke a fiatalok csoportjában 50% körüli, addig az idősebb csoportban 42% körül mozog. A legnagyobb mértékű változás a gyalogló fiatalok csoportjában történt. A CTX kiindulási értékeit tekintve a fiatalok csoportjában 350 E/l az átlagérték, míg az idősebb korcsoport átlaga 280 E/l. Érdekes különbség a CTX szempontjából a két vizsgálati korosztály összevetése a fizikai aktivitás formáját illetően. Míg a fiataloknál a gyaloglás váltott ki szignifikánsan nagyobb hatást, addig az idősebb korosztálynál a torna.

A **harmadik vizsgálatban** a három csoport antropometriai adatai között (életkor, BMI) nem volt szignifikáns különbség. A résztvevő nők átlag életkora $64,4 \pm 6,1$ év.

A III. táblázat a funkcionális stabilitás értékeit jeleníti meg. Az FRT pontértékei első méréskor az egész vizsgálati mintában 15,3-51,3 pont között voltak, átlag $27,7 \pm 6,7$ pont volt. A csoportokon belüli változást páros t-próbával vagy Wilcoxon-teszttel elemeztük – eloszlástól függően. Míg az I. csoportban szignifikáns változást, 4,1 pontnyi javulást sikerült elérni, addig a II. csoportban 2,6 ponttal, szignifikánsan romlott az érték, a III. csoportban alig történt változás, mindössze 0,5 ponttal változott a teszt eredménye. A csoportok összevetéséből látszik, hogy szignifikáns különbség van a csoportok között.

A TUG teszt értéke az első méréskor az egész vizsgálati mintában 6,28-15,6 pont között volt, az átlag $9,6 \pm 2,4$ pont. Az I. csoportban szignifikáns mértékű javulást sikerült elérni, a II. csoportban romlás következett be, míg a harmadik csoportban nem történt változás. A csoportok között szignifikáns a különbség a változás mértékét vizsgálva.

A BBS pontértékei első méréskor az egész vizsgálati mintában 37-54 pont között voltak, átlag $46,65 \pm 4,09$ pont volt. Az I. csoportban 4,1 pontnyi javulást sikerült elérni, míg a másik két csoportban nem volt jelentős a változás. A csoportok között szignifikáns a különbség. Az OLST teszt esetén az I. vizsgálati csoportban nyitott szemmel 5,3 másodpercet, 25%-ot javult az eredmény, a II. csoportban 1,2-et, míg a III. csoportban 0,7 másodpercet javult a csoportátlag. Csukott szemmel az I. csoportban 3,2 másodperccel, a II. csoportban 0,9 másodperccel javult az érték, míg a III. csoportban 0,6 másodperccel romlott. Szignifikáns javulás volt az I. csoportban nyitott és csukott szemmel vizsgálva, s a csoportok között is szignifikáns a különbség. A vizsgálati minták között a javulás átlagát tekintve szignifikáns különbség mutatkozik.

III. táblázat A funkcionális stabilitást vizsgáló tesztek értékei

Változók	I. csoport	II.csoport	III.csoport
FRT [cm] e	25,3 ± 5,6	31,2 ± 5,2	28,6 ± 9,2
FRT [cm] u	29,4 ± 5,4	28,6 ± 4,8	28,1 ± 8,2
p_1	<0,001	0,031	0,641
ANOVA	$p < 0,001$		
Post hoc test	$p_{1-2} < 0,001; p_{1-3} = 0,002; p_{2-3} = 0,310$		
TUG [sec] e	9,5 ± 2,5	8,3 ± 1,0	11,2 ± 2,6
TUG [sec] u	8,8 ± 1,6	8,4 ± 0,9	11,3 ± 2,7
p_1	0,023	0,571	0,713
ANOVA	$p = 0,022$		
Post hoc test	$p_{1-2} = 0,024; p_{1-3} = 0,395; p_{2-3} = 0,428$		
BBS [pont] e	46,3 ± 3,4	49,1 ± 3,1	44,7 ± 4,9
BBS [pont] u	50,4 ± 3,2	49,7 ± 3,0	43,75 ± 5,5
p	<0,001	0,414	0,090
ANOVA	$p < 0,001$		
Post hoc test ($p_{1-2} = 0,002; p_{1-3} < 0,001; p_{2-3} = 0,373$		
OLST [sec] OE e	21,1 ± 5,9	23,2 ± 6,3	22,6 ± 7,6
OLST [sec] OE u	26,4 ± 5,2	24,4 ± 8,2	23,3 ± 8,2
p_1	0,023	0,124	0,186
ANOVA	0,041		
Post hoc test	$p_{1-2} = 0,014; p_{1-3} < 0,001; p_{2-3} = 0,412$		
OLST [sec] CE e	9,5 ± 4,2	9,3 ± 5,4	10,8 ± 3,4
OLST [sec] CE u	12,7 ± 3,1	10,2 ± 3,2	10,2 ± 4,1
p_1	<0,001	0,213	0,634
ANOVA	0,003		
Post hoc test	$p_{1-2} = 0,003; p_{1-3} < 0,001; p_{2-3} = 0,456$		

e: beavatkozás előtti érték; u: beavatkozás utáni érték; OE: nyitott szemmel; CE: csukott szemmel;

p_1 : Páros t-próba

Mann-Whitney teszttel összevetve a különbségeket, a kapott eredményeket a IV. táblázat ismerteti. A TUG teszt szignifikánsan jobb eredményt mutat az I. csoportban a II. csoporthoz képest. Az FRT tesztre vonatkozóan az I. csoport eredményei szignifikánsan jobbák a II. és III. csoporthoz képest, s ugyanez igaz a BBS és OLST paramétereire nézve is.

IV. táblázat Csoportok közötti változások mértékének összevetése

Változók	I-II. csoport	I-III. csoport	II-III. csoport
TUG			
p	0,036	0,281	0,292
FRT			
p	<0,000	0,003	0,268

BBS			
<i>p</i>	0,002	<0,001	0,131
OLST OE			
<i>p</i>	<0,001	<0,001	0,211
OLST CE			
<i>p</i>	0,003	0,029	0,261

A statikus lábterhelés szempontjából az összes vizsgálat nézve az 50-50%-os terhelés-elosztáshoz képest megközelítően 5% differencia állapítható meg (45-55%) a két végtag között. A második méréskor az I. csoportban a két láb terheléseloszlása közti különbség 1,3%-al csökkent (az eredeti, 7,2-es értékhez viszonyítva 18%-al), addig a II. és III. csoportban növekedett, de egyik csoportban sem érte el a szignifikáns szintet, s a csoportok között sincs szignifikáns különbség.

A stabilometriás mutatókat nézve az egyik legfontosabb mutató a Romberg-index, ami az ellipszis felület mértékét arányosítja a vízuális kontrollt vizsgálva. Minimális változás történt a mutatókban, mindhárom csoportban enyhe csökkenés detektálható, de egyik csoportban sem volt szignifikáns mértékű a változás, s a csoportok összevetésekor sem találtunk szignifikáns különbséget. Az ellipszis felületet vizsgálva minden csoportban csukott szemmel volt magasabb az érték az első vizsgálatkor. A második méréskor az I. csoportban nyitott szemmel 3,5 mm²-et, csukott szemmel 6,2 mm²-et javult az érték, a másik két csoportban romlottak a mutatók, de a változás mértéke sehol sem érte el a szignifikáns szintet, s a csoportok között sem volt szignifikáns a különbség.

Az antero-posterior (AP) átlagsebesség és sebesség-arány szempontjából egyik csoportban sem történt jelentős változás, s a csoportok között sem volt különbség. A medio-lateralis (ML) irányt vizsgálva nyitott szemmel az ML sebesség jelentősen csökkent, csukott szemmel nem sokat változott, s szignifikáns változás történt a csukott/nyitott szemes összehasonlítást illetően az ML átlagsebesség-arány mutatóban ($p=0,003$), bár a csoportok között nem mutatható ki szignifikáns különbség.

Vizsgáltunk korrelációt is az elemzett biometriás mutatók között. Közepes erősségű pozitív kapcsolat mutatható ki az AP és ML irányokban való kitérések között nyitott és csukott szemmel is és az AP-ML átlagsebesség-arányok között is ($r=0,3-07$, $p<0,05$). Két további változó között találtunk szignifikáns korrelációt, így a beavatkozás előtt mért, összes vizsgálati alanyra vonatkozó statikus lábterhelés differencia és az AP átlagsebesség-arány között ($r=0,28$, $p=0,031$), illetve és az ML átlagsebesség-arány között ($r=0,41$, $p=0,001$).

Összevetettük a csoportok közti változás mértékét a biometriás vizsgálat eredményeire vonatkozóan. Nem találtunk különbséget a csoportok között a statikus lábterhelést, az ellipszis felületet elemezve, a Romberg-indexet vizsgálva és az AP átlagsebesség-arány mutatóiban sem. Ellenben az ML átlagsebesség arányban az I. és II. csoport között különbséget találtunk. Összefüggéseket kerestünk a funkcionális tesztek között. Az életkor az összes vizsgálati alanyra nézve a beavatkozás előtti értékeket tekintve 26%-ban befolyásolta a TUG teszt eredményét, közel 40%-ban a BBS értékét.

Vizsgáltuk, van-e összefüggés az ellipszis felület eredményei és a funkcionális tesztek értékei között. A TUG teszt beavatkozás előtti értéke és a nyitott szemmel vizsgált ellipszis felület beavatkozás előtti és utáni értékei között közepes pozitív kapcsolat van, s hasonlóan van kapcsolat a TUG teszt beavatkozás utáni értékei és a nyitott szemes ellipszis felület beavatkozás utáni értéke és annak különbsége között. Az FRT és BBS mutatók és az ellipszis felület között is található kapcsolat.

MEGBESZÉLÉS

A fizikai aktivitás direkt hatása a BALP és CTX szintre

A gyakorlatok hatására létrejött csontforgalom-változást az osteoblasztokban és osteocitákban kiváltódott mechanikai deformáció indítja el (Turner, 2009). Élő szövetben a csontsejtek válasza a mechanikai behatásra gyorsan bekövetkezik, ugyanúgy, mint a gén expresszió és / vagy a csont-turnover markerek fehérje expressziója (Qi, 2009; Mantila Roosa, 2011). Jelen tanulmány megerősítette, hogy fiatal korosztályban a 60 perces, közepes intenzitást nyújtó, célzottan összeállított gyógytorna és a vele összehasonlított ütemes gyaloglás a BALP szintjére azonnali hatással van. Míg a gyógytorna nem váltott ki szignifikáns mértékű csökkenést a BALP értékében, addig a gyaloglás igen, de a két csoportban bekövetkezett változás között nem igazolható szignifikáns különbség. Ezzel szemben a CTX értékei a csúcs-csonttömegű vizsgálati mintában jelentősen csökkentek, a gyaloglók csoportjában szignifikánsan nagyobb mértékben. Vélhetően az ütemes gyaloglás során folyamatosan fennálló axiális irányú terhelés nagyobb ingert biztosít a csontanyagcserére a fiatal korosztályban.

A csökkent csontsűrűségű résztvevőknél ezzel részben megegyező, részben ellentétes eredményt kaptunk. A BALP értékeiben relatíve kismértékű változás következett be mindkét vizsgálati mintában. Azonban a gyógytornát végzőknél szignifikáns csökkenést találtunk a CTX értékekben, míg a gyaloglók csoportjában nem volt szignifikáns a változás. A két csoport, így a két edzési forma között szignifikáns különbség mutatható ki, tehát a gyógytorna jobban csökkentette a CTX szintjét, nagyobb hatást fejtett ki arra.

A tréningprogramok hosszútávú hatékonyságát posztmenopauzális korban lévő nőknél számos meta-analízis vizsgálta, kimutatták, hogy mérsékelt jótékony hatás érhető el specifikus tréningprogramokkal: míg a gyaloglás a csonttömeg csökkenését gyengítheti, az erősítő tréning viszont erőteljes ingert biztosít a csontsűrűség növelésére (Sapir-Koren, 2013). Ez magyarázhatja, hogy miért változott szignifikáns szinten a gyógytornát végzők csoportjában a CTX értéke, s miért kisebb mértékben a gyaloglók csoportjában, hiszen a tornát végzőknél a nagy vázizmokban erőteljes izomaktivitás jött létre, a nagyízületekben jelentős mozgásterjedelmet vett igénybe a torna, míg a gyaloglók csoportjában kismértékű a mozgáspálya kihasználása és a szükséges izomaktivitás sem jelentős. Idősebb korban nagyobb inger szükséges a csont turnover kiváltására, míg a gyaloglás csak fenntartó szereppel bír, a csonttömeg enyhe növeléséhez, megtartásához sokkal intenzívebb erősítő tréning szükséges.

Bár a két vizsgálati mintában alkalmazott terhelés nem volt teljesen szinkronizálva, mégis elmondható, hogy míg fiataloknál az ütemes gyaloglás váltott ki nagyobb hatást a CTX változásában, addig a csökkent csontsűrűségű mintában a különböző testhelyzetben, nagyobb izomcsoportokat működtető gyógytorna okozott szignifikánsan nagyobb változást a CTX-ben. Az izomaktivitás adja a mechanikai stimulus alapját, ami kiváltja a csontformációt, kontrollálva a csont adaptációját a feszüléshez (Rittweger, 2008). Feltehetően a kor előrehaladtával a nagyobb biofizikai stimulust a nagyobb izomkontrakcióval járó terhelés jelenti a csontvázrendszer számára, sokkal inkább, mint a muszkuloszkeletális súly önmagában. A csont erőssége és az életkor-függő csontvázrendszeri terhelés közti összefüggés nőknél nem teljesen tisztázott. Úgy tűnik, hogy az azonos típusú gyakorlatok, melyek a fiatal nőknél fokozzák a csontsűrűséget, hatástalanok lehetnek az időseknél, és fordítva (Zittermann, 2002), mely feltételezést jelen tanulmány is megerősít.

A fizikai aktivitás hatása a sclerostin szintre

A sclerostin értékét csak a csökkent csontsűrűségű résztvevők csoportjában volt módunk vizsgálni. A sclerostin értékei mindkét típusú fizikai terhelés hatására növekedést mutattak, a gyógytornát végzőknél 12%-os, a gyaloglóknál 27%-os emelkedést, a gyaloglóknál detektáltunk szignifikáns hatást, azonban a két csoport között nincs szignifikáns különbség. A mechanikai erőbehatás fő szenzora az osteocyták hálózata, ezek feszülés-változási érzékenysége és az osteoblast-osteoclast funkciójának a finomhangolása eredményezi a csont átalakítását (Turner, 2002). Feltehetően a fizikai terhelés hatására a csontbontás indul meg elsőként, gyorsabban reagálva a mechanikai erőbehatásra, és vele egyidőben, de kisebb mértékben a csontépítés is, így az alkalmazott mechanikai behatás kiváltja az osteocyták által termelt sclerostin-szint emelkedését (Lombardi, 2012). Az alkalmazott mechanikai terhelésre az oszteocitához kötött sclerostin - jelen vizsgálatban - gyorsan reagált.

A sclerostin normál értéke függ az életkortól és a nemtől. Premenopauzában lévő nők sclerostin szintje $24,6 \text{ pmol/l} \pm 5,7 \text{ pmol/l}$, posztmenopauzában $30,3 \text{ pmol/l} \pm 8,8 \text{ pmol/l}$. Saját kutatásunkban a gyógytornát végzők csoportjában $26,7 \pm 13,8 \text{ pmol/l}$, a gyaloglóknál $23,1 \pm 11,2 \text{ pmol/l}$ értéket mértünk. Amrein és mtsai (2012) azt találták, hogy az egészséges felnőttek sclerostin-szintje pozitívan korrelál az életkorral, a BMI-vel. Jelen kutatásban szignifikáns pozitív közepes kapcsolatot találtunk a sclerostin kiindulási értékei és a BMI között, mely szinkronban van Amrein kutatásával. A sclerostin gátlást alkalmazó kezelések

folytatása ígéretes célzott terápiája lehet a különböző eredetű csontvesztésnek **Hiba! A könyvjelző nem létezik..**

A két vizsgálati csoport összevetése

Az első csoport átlag életkora 25 év, míg a másodiké 60 körüli. Mindkét változó értéke közel 19%-al magasabb a csúcs-csonttömegű csoportban (BALP: 19,05; CTX: 19,3%), igazolva a fiatalabb korosztály gyorsabb csontanyagcseréjét. A fizikai aktivitásra történt változás mértéke is meghatározó, bár nem tökéletesen ugyanazt a gyakorlatsort végeztették a két csoporttal, a csúcs-csonttömegű korosztályban jelentős mértékben csökkent a CTX-szint, de a mozgás hatására nagyfokú változás állt be az OP-s vizsgálati csoportban is. Ez mindenképpen alátámasztja a mozgás hatásosságát minden korosztályban a csontanyagcserére nézve, s mindenképpen szükséges és igazolt kiegészítője kell, hogy legyen az osteoporosis gyógyszeres kezelésének.

A posztmenopauzális korban alkalmazott tréningek csökkent hatékonysága a fiatal, egészséges nőkkel összevetve különböző korfüggő változásokkal magyarázhatók, különösen az ösztrogén hiánnyal. Fiatal korban az ösztrogén jótékony hatást gyakorol a vázizomzat és a csontsűrűség integrált kapcsolatára (Thorsen, 1997). Megállapíthatjuk, hogy míg a csúcs-csonttömegű vizsgálati mintában az axiális terhelést adó ütemes gyaloglás volt hatékonyabb a csontturnoverre, addig a csökkent csontsűrűségű csoportban a nagyobb ízületi átmozgatással és relatíve nagy izmok kontrakciójával járó gyógytorna volt effektívebb.

A szenzomotoros tréning hatékonysága

Az értekezésben bemutatott III. vizsgálat megerősíti a gyógytorna gyakorlatok hasznosságát a poszturális balanszra, megerősítve számos korábbi vizsgálat eredményeit (Oliveira, 2014; Alfieri, 2012; Resende, 2008). A vizsgálat célja a szenzomotoros tréning hatékonyságának igazolása volt, összevetve a hagyományos tréninggel és a kontroll csoporttal. Jóllehet a testtartás és egyensúly nem tudatos motoros funkciók, ismert, hogy a testtartási reakciók a környezet követelményeihez való alkalmazkodást és/vagy a motoros tanulást biztosítják (Melzer, 2004). Az idősebb korú emberek nem a reflexválasz használatát tanulják meg, ha a válasz eleséshez vezethet, hanem megtanulják kontrollálni testtartásukat egy szokatlan szenzomotoros környezetben (Nashner, 1976).

A vizsgált biometriás mutatókat illetően nem volt szignifikáns változás a statikus és stabilometriás mutatókban, kivéve az ML átlagsebesség arányt, ami a nyitott szemes ML átlagsebesség csökkenéséből adódik. Az már ismert, hogy a testtartási kilengési paraméterek

érzékenyek a különböző szenzoros körülményekre és változást mutathatnak ML irányban, a totál lengési útban és a lengési területben (Rugelj, 2007). Jelen kutatás csak az ML irányban detektált némi változást. Ám ha megnézzük a tréning-indukálta változásokat a stabilometriás szakirodalmi eredményekben, ellentmondó véleményeket kapunk. Egyes szerzők változásokról számoltak be a stabilometriás eredményeket illetően és összefüggésbe hozták az egyensúly fejlődésével a beavatkozás következményeként (Binda, 2003; Hue, 2004). Ezzel szemben más kutatók nem találtak változásokat a stabilometriás mutatókban tréning hatására (Nagy, 2007; Steadman, 2003).

Ellenőriztük a két alsó végtag *statikus lábterhelését* és aszimmetriát találtunk a testsúlyeloszlásban, hasonlóan Blaszczyk és munkatársai (2000) kutatásához. Az első méréskor az összes vizsgáltra nézve 10% különbséget találtunk a két végtag között. Ez számos okból eredhet, így a két testfél fejlődési eltéréseiből, fennálló scoliosisból, vagy akár a csípő körüli izmok kontraktúrájából. Blaszczyk és munkatársai azt találták, hogy a végtagi terhelés aszimmetria-értékei korreláltak az AP kitérés értékeivel. Jelen kutatásban enyhe korrelációt találtunk a két láb statikus terhelése és az AP kitérés átlagsebesség-aránya között, és közepes erősségűt az ML irányt vizsgálva. A nyitott és csukott szemes lábterhelést elemezve időseknél szignifikánsan nagyobb az alsó végtagi terheléskülönbség csukott szemmel, mint nyitottal, szemben a fiatal korosztállyal, ahol nincs különbség, így többek között a két végtag terhelésében megfigyelt különbségeknek tudható be az idősekre jellemző testtartási stabilitás-csökkenés (Maranhão-Filho 2011). Wang és munkatársai (2012) azt találták, hogy a két alsó végtag aszimmetrikus terhelése kihat a koordináció dinamikájára, így a tömegközéppont elmozdulására is. Feltételezhető, hogy az alsó végtagi súlyeloszlás-deficit befolyásolja az oldalirányú egyensúlyt az adott vizsgálati mintában.

A funkcionális stabilitást jelző értékek alakulása

Az elesési rizikó már megbecsülhető és csökkenthető felügyelt, kihívást jelentő egyensúly- és erősítő tréninggel (Gillespie, 2000; Perry, 2012). A BBS a legjobb és legegyszerűbb mutatója az elesés-rizikónak. A BBS pontszámainak csökkenése összefügg a növekvő esési rizikóval, mely kapcsolat nem lineáris. Így az 54-56 pontszám között minden egyes pont csökkenése 3-4%-al növeli az esési rizikót, 46-54 között 1 pont csökkenése 6-8%-al növeli azt. 36 pontszám alatt közel 100% az esési kockázat (Shumway-Cook, 1997). Jelen értekezés résztvevői 46,65 pontszámmal rendelkeztek, mely 9,35 ponttal marad el az ideálistól, így esési rizikójuk 50,1-66,8%. A szenzomotoros tréninggel 4,1 pontnyi javulást értünk el, míg a 10 alkalmas tréning 0,6 ponttal javított az eredményen. A kontrollcsoportban romlás következett be 0,95 ponttal.

Donoghue szerint (2009) 4 pont szükséges annak megerősítésére, hogy valódi változás történjen (95%-os konfidencia mellett) az eredményekben, ha a kiinduló értékek 45-56 között voltak, mely jelen vizsgálatban teljesült. A csoportok között kimutatható különbség – beleértve a funkcionális egyensúly minden összetevőjét – alapján elmondható, hogy a szenzomotoros tréning alkalmas az egyensúly fejlesztésére csökkent csontsűrűségű nőknél. Az esésmegelőző programok hasonlóak az idősebb korosztály számára kitalált mozgásprogramokhoz. Nagy áttekintő tanulmányok alapján elmondható, hogy a legtöbb mozgásprogram az izomerő növelését, az alsó végtag izmainak és ízületeinek nyújthatóságát, az aerob kapacitás növelését és az egyensúly fejlesztését tűzi ki célul (Turner, 2000; Brown, 1999).

KÖVETKEZTETÉSEK

Jelen értekezés igazolta a gyógytorna, a mozgásterápia direkt hatását és indokoltságát a csökkent csontsűrűséggel élők kezelésében, alátámasztotta, hogy a kellő intenzitású, mértékű és tartalmú fizikai aktivitás (akár egyszeri alkalommal is) képes hatni a csontturnoverre, mely kimutatható változást okoz a biokémiai markerekben.

Soha nem késő elkezdni a fizikai aktivitást,

és bár sok tényező hat a csontanyagcserére, amit nem tudunk befolyásolni, várhatóan az osteopeniában, osteoporosisban elkezdett és fenntartott mozgásterápia – akár a gyógyszeres terápia kiegészítéseként - megelőzheti a nagyfokú csontvesztést, illetve az annak talaján kialakuló csonttörést.

Míg fiataloknál ajánlott a függőleges testhelyzetben, jelentős axiális terhelést biztosító ütemes gyaloglás a csontanyagcsere serkentésére, addig csökkent csontsűrűségnél inkább a nagy ízületi mozgásterjedelemmel járó, nagy izmokat használó, változatos testhelyzetben végzett gyakorlatsor javasolható, mely erőteljesebb hatást vált ki a csontturnoverrel jelző markerekben.

A befolyásolható életmódbeli tényezőket tekintve a dohányzás már fiatal korban is kimutatható negatív hatást vált ki a csontépítésben, s a rendszeres fizikai aktivitás kimutathatóan pozitívan hat a csontsűrűségre még ilyen kisszámú mintán is.

A progresszíven felépített, legalább 3 hónapon át alkalmazott szenzomotoros tréning alkalmas a funkcionális egyensúly mutatókban jelentős változást elérni, de a 10 alkalmas, általános tréning nem váltja ki ezt az eredményt. Az elesés megelőzéséhez egyfajta életmódváltás, az életen át tartó aktív tréning szükséges.

ÚJ EREDMÉNYEK

Csökkent csontsűrűség esetén a komplex, nagy izomcsoportokat és ízületeket átmozgató gyógytorna nagyobb hatással bír a csontbontó markerre, mint a gyaloglás.

A hazai gyakorlatban rutinszerűen alkalmazott 10 alkalmas gyógytorna nem javítja a stabilometriás mutatókat, a funkcionális stabilitást, az egyensúly fejlesztéséhez, a tényleges javuláshoz hosszabb, célirányos gyógytornával eltöltött idő szükséges.

A 3 hónapos szenzomotoros tréning kedvezően befolyásolja a funkcionális stabilitást, javítja az oldalirányú stabilometriás mutatókat, így alkalmas lehet az elesések számának csökkentésére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkám elvégzéséhez számos segítséget, támogatást kaptam.

Szeretném kifejezni köszönetemet Kráncz János professzor úrnak a témavezetői feladatok vállalásáért, segítő támogatásáért.

Nagyon köszönöm Betlehem József dékán úrnak szerteágazó támogatását.

Köszönöm Schmidt Béla tanszékvezető úrnak a kutatás elvégzéséhez nyújtott segítségét, szakmai támogatását.

Köszönöm Szekeres László főorvos úrnak a téma felvetését, s segítségét a laborvizsgálatok lebonyolításában.

Köszönöm Gombosné Papp Juditnak és volt hallgatóimnak, Hauzer Szendrának, Jéger Noéminek, Vass Katának és Szántó Ágotának a kutatások kivitelezésében való aktív közreműködését.

Köszönöm kollégáimnak, a PTE ETK ZKK dolgozóinak a sok biztatást, kitartó támogatást.

Köszönöm szeretteimnek, férjemnek, lányomnak, fiamnak a megértést, az őszinte támogatást és türelmet.

PUBLIKÁCIÓK

Tézissel összefüggő publikációk

- Császárné Gombos G, Bajsz V, Sió E, Tóthné Steinhausz V, Schmidt B, Szekeres L, Kráncz J. The direct effect of specific training and walking on bone metabolic markers in young adults with peak bone mass. Acta Physiol Hung. 2014;101(2):205-215.
- Császárné Gombos G, Sió E, Bajsz V, Schmidt B, Kráncz J. A gyógytorna és a gyaloglás direkt hatása a csontanyagcsere-markerekre és a sclerostin-szintre csontritkulásban. Egészség-akadémia. 2013;4(3):174-186.
- Császárné Gombos G, Fekete J, Tóthné Steinhausz V, Schmidt B, Szekeres L. Célrányos gyógytorna foglalkozás direkt hatása a csontanyagcsere-markerekre fiatal, csúcscsonttömegű felnőtteknél. Magyar Reumatológia. 2010;51(4):291-300.

Tézisek összefüggő főbb absztraktok

- Gombos G, Steinhausz V, Schmidt B, Szekeres L. The direct effect of moderate intensive physical activity on biomechanical markers of bone metabolism among healthy young people. Physiotherapy. 2011;97(S1):eS415.
- Gombos G, Fekete J, Domján P, Schmidt B, Molics B, Boncz I. The effect of one-time physical therapy on biochemical markers of bone metabolism. Value in Health. 2011;14 (7): A303.

Eredeti közlemények

- Pek E, Fuge K, Marton J, Banfai B, Csaszarne Gombos G, Betlehem J. Cross-sectional survey on self-reported health of ambulance personnel. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2015;23(14):1-9.
- Bajsz V, Sió E, Tóthné Steinhausz V, Karamánné Pakai A, Császárné Gombos G. Egy multinacionális cég egészségfelmérése a munkahelyi stressz tükrében. Egészségfejlesztés. 2014;54(5-6): 40-47.
- Sió E, Császárné Gombos G, Rashed A, Mazur M: Szív-műtéten átesett krónikus obstruktív tüdőbetegek perioperatív adatainak elemzése fizioterápiás szempontból. Egészség-Akadémia. 2013;3(3):194-202.
- Czompol O, Csaszarne Gombos G: Foglalkoztató-terapeuták nemzetközi képzése. Mozgásterápia. 2006; 1(1): 24-25.
- Gombos G, Czömpöl O. Inclusion in Zalaegerszeg, Journal of the network for prevention of child maltreatment. Timisoara. 2005;16:40-44.