

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 (PhD) értekezés

Császárné Gombos Gabriella

Pécs, 2015.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	6
2.	Irodalmi háttér	7
2.1.	A csontszövet élettana, átépülésének (remodelling) folyamata	7
2.2.	A csontépítést és -bontást jelző biokémiai markerek.....	8
2.3.	A biokémiai markerek pre-analitikai változékonysága.....	11
2.4.	Növekedés, a csúcs-csonttömeg elérése és változása az élet során	12
2.5.	A csont rövid és hosszú távú válasza a mechanikai terhelésre, a mechanotranszdukció	13
2.6.	Csontritkulás	15
2.7.	A csontritkulással összefüggő gyakorlatok jellemzői és hatásuk a csontokra .	16
2.8.	A szenzomotoros tréning	19
3.	Célkitűzések	22
4.	Anyag és módszer.....	23
4.1.	Anyag és módszer – I. Vizsgálat	23
4.1.1.	Résztvevők	23
4.1.2.	A kutatás tervezése	23
4.1.3.	Laborvizsgálatok	24
4.1.4.	Kvantitatív csontultrahang-vizsgálat (QUS)	25
4.1.5.	Antropometriai mérések	25
4.1.6.	Gyógytornász irányította kérdőív	26
4.2.	Anyag és módszer – II. Vizsgálat.....	26
4.2.1.	Résztvevők	26
4.2.2.	A kutatás tervezése	27
4.2.3.	Laborvizsgálatok	27
4.2.4.	Gyógytornász irányította interjú.....	28
4.2.5.	Osteodensitometria (ODM)	28
4.3.	Anyag és módszer – III. Vizsgálat	30
4.3.1.	Résztvevők	30
4.3.2.	A kutatás tervezése	30
4.3.4.	Vérnyomás vizsgálata.....	33
4.3.5.	Testmagasság, testsúly mérése	33
4.3.6.	Digitális biometriás vizsgálat	34
4.4.	Statisztikai elemzés.....	38

4.5. Etikai vonatkozás.....	38
5. Eredmények	39
5.1. Eredmények - I. Vizsgálat	39
5.1.1. Alapvető karakterisztika.....	39
5.1.2. Csontdenzitometria és laborvizsgálati alapadatok.....	39
5.2. Eredmények - II. Vizsgálat.....	44
5.2.1. Alapvető karakterisztika.....	44
5.2.2. Csont biomarkerek.....	44
5.3. Az I. és II. vizsgálati csoport eredményeinek összevetése.....	49
5.4. Eredmények - III. Vizsgálat	53
6. Megbeszélés.....	63
6.1. A fizikai aktivitás direkt hatása a BALP és CTX szintre	63
6.2. A fizikai aktivitás hatása a sclerostin szintre.....	68
6.3. Az életmód befolyása a vizsgált változókra	70
6.4. A két vizsgálati csoport összevetése.....	72
6.5. A szenzomotoros tréning hatékonysága	72
6.6. A biometriás vizsgálat	73
6.7. A funkcionális stabilitást jelző értékek alakulása.....	77
7. Következtetések.....	80
8. Összefoglalás	81
8.1. Új eredmények, gyakorlati hasznosítás	82
8.2. Jövőbeli távlat.....	82
9. Irodalomjegyzék	83

Rövidítések jegyzéke

25(OH)D	D-vitamin / 25-hydroxy-vitamin D
ANOVA	Analysis of variance, variancia-analízis
ALP	Alkalikus foszfatáz
AP	Antero-posterior
BALP	Bone specific alkaline phosphatase - Csontspecifikus alkalikus foszfatáz
BBS	Berg balance scale – Berg egyensúly skála
BMD	Bone mineral density - csontsűrűség
BMI	Body mass index - testtömeg-index
BMU	Basic multicellular unit - a csont többsejtű alapegysége
BPM	Beat per minute –percenkénti ütés
BUA	Broadband ultrasound attenuation - ultrahang elnyelődése
CE	Closed eyes - csukott szemek
CG	Kontrollcsoport
CoF	Centre of foot - lábsúlypont / lábnyomás középpont
CoP	Centre of pressure – talpi nyomás-középpont / testtömeg-középpont
CTX	Kollagén keresztláncok C-terminális telopeptidje
DEXA	Dual energy x-ray absorptiometry
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay - enzimhez kapcsolt immunoszorbens vizsgálat
DPD	Deoxypyridinolin
FGF	Fibroblast growth factor - fibroblaszt növekedési faktor
FRAX	Fracture Risk Assessment Tool – Törésrizikó vizsgálati eszköz
FRT	Functional reach test – funkcionális elérési teszt
ICTP	Immunoactive carboxy-terminal telopeptide of type I collagen - I. típusú kollagén keresztlövő lánc C-telopeptidje
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire – Nemzetközi Fizikai Aktivitás Kérdőív
KNGF	Holland Fizioterapeuták Szövetsége
LRP5, LRP6	Low-density lipoprotein receptor-related proteins 5, 6

MET	Metabolikus equivalens
ML	Medio-lateral
NTX	Kollagén keresztláncok N- telopeptidje
OC	Osteocalcin
ODM	Osteodensitometria
OE	Open eyes - nyitott szemek
OLST	One leg standing test – egy lábon állás teszt
OP	Osteoporosis
OPG	Osteoprotegerin
PBM	Peak bone mass - csúcs-csontsűrűség
PICP	Szérum I. típusú kollagén karboxiterminális propeptidje
PINP	Szérum II. típusú kollagén aminoterminális propeptidje
PTH	Parathormon
PYD	Pyridinolin
QUI	Quantitative ultrasound index - kvantitatív ultrahang index
QUS	Quantitative ultrasound - Kvantitatív ultrahang
RANK	Receptor activator of nuclear factor kappa B
RANKL	RANK ligand
RG	Ellenállásos gyakorlatokat végző csoport
SMR	Self myofascial release
SMT	Szenzomotoros tréning
SOS	Speed of sound - ultrahang terjedési sebessége
TG	Tréningcsoport
TRAP	Tartrate-resistant acid phosphatase - tartarát rezisztens savi folsav
TS	Tinetti skála
TUG /GUGT	Timed up & Go
WG	Gyalogló csoport
WNT	Wingless jelátviteli út

1. 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 amellet, 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.

2. Irodalmi háttér

2.1. A csontszövet élettana, átépülésének (remodelling) folyamata

Az emberi test vázát a csontváz alkotja, amely védő, mechanikai és metabolikus szerepet tölt be. A csontszövet 3 komponensű: szerves mátrix (oszteoid), ásványi anyagok és csontsejtek építik fel. Az I. típusú kollagén adja a csontmátrix közel 90%-át, a maradék 10%-át más proteinek, úgymint kötőfehérjék, proteoglikánok, oszteokalcin, oszteonektin, növekedési faktorok, alkalikus foszfatáz izoenzim építik fel.¹ A csontban a kollagénfibrillumok között keresztkötések alakulnak ki, ezek a csontbontás során bekerülnek a véráramba, s a vizelettel távoznak, mely a csontbontás mutatójaként használható.² A csontszövet anyagcsere szempontjából aktív szövet, mely az élet során nemcsak felépül (modelling), hanem felnőtt korban folyamatos átépülésen (remodelling) megy keresztül.³ Ennek során az eredeti ép csont szerkezete lebontási és csontképzési folyamatok révén változik. A csontátépülésnek van egy ún. „furatképző-kitöltő” mechanizmusa, az üreget a frissen aktivált oszteoklastok végzik kb. 40-50 $\mu\text{m}/\text{nap}$ sebességgel, majd néhány nappal később megkezdődik annak kitöltése. Az oszteoblasztok koncentrikus lemezeket fektetnek le, átlagban 1 $\mu\text{m}/\text{nap}$ mennyiséget, majd kb. 10 nappal később a kollagénrostok köré lerakódnak a mészsók.⁴ Normál körülmények között a csontbontás / reszorpció körülbelül 10 napot vesz igénybe, melyet a csontépítés / formáció követ, amely akár 3 hónapig is eltarthat.¹ A remodelling felelős a felnőtt csontvázrendszer teljes megújításáért minden 10 évben.⁵ Az állandó csontépülés elengedhetetlen a csontsejtek életképességének fenntartásában, a kalciumanyagcsere-szabályozásban és a csontot ért mikrosérülések eltüntetésében. A csontátépülés a csontképző oszteoblasztok, a belőlük kialakuló oszteociták és a csontbontó oszteoklastok harmonizált tevékenységén alapszik, a csontépítés és -bontás nagyon szoros összhangban van, összekapcsolt (coupling).²

Az ép, felnőtt csontvázban minden oszteoklaszt és oszteoblaszt egy egyedi, átmeneti szerkezethez tartozik, amit alapvető többsejtű egységként - Basic Multicellular Unit (BMU) ismerünk.⁶ Egy egészséges felnőttben megközelítőleg 35 millió BMU található, 3-4 millió BMU képződik évente, és körülbelül 1 millió működik egyidejűleg, az átlagos élettartamuk 6-9 hónap.⁴

A csontépítés és csontbontás fenntartását és szabályozását számos faktor végzi, hormonok, növekedési faktorok, citokinek, prosztaglandinok és helyi mediátorok.² Az öregedés, a testi növekedés, a fokozott vagy csökkent mobilitás mellett egyes metabolikus betegségek, terápiás beavatkozások, és számos más kondíció kihat a csontforgalomra, mely az egyensúly felbomlásához vezethet.³ A szisztémás hatású hormonok közül a legfontosabb a parathormon, mely a csontreszorpció egyik legfontosabb aktivátora, az oszteoklasztok tevékenységét növelve gyorsítja a csontturnóvert. Az aktív D3-vitamin (kalcitriol) a csontrendszer fiziológiás működését és megfelelő mineralizációját biztosítja, fokozza a reszorpciót és elősegíti az oszteoblasztok érését, emellett serkenti a kollagén szintézist. A kalcitonin csontprotektív hatással bír, míg a fibroblaszt növekedési faktor (FGF) a foszfát anyagcserét befolyásolja. Több endokrin faktor is közreműködik a csontanyagcsere-szabályozásban, így a nemi, a növekedési hormonok és a pajzsmirigy hormonjai. A lokális faktorok közül kiemelkedő a RANK / RANK ligand / OPG citokin rendszer, de a gyulladásgátló citokinek, a növekedési faktorok, a csont morfogenetikus proteinjei, a transzformáló növekedési faktor, a prosztaglandinok, a kolóniastimuláló faktorok és az interleukinek is hatással vannak a csontanyagcserére.^{7,8} A RANKL (receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand) a csontvelő-sejtek, az oszteoblasztok és limfociták terméke, az oszteoklasztogenezis legerősebb stimulátora. Tevékenységét az oszteoklasztok sejtfelszíni receptorán, a RANK jelátviteli molekulán keresztül fejt ki. Az OPG az oszteoklaszt stimulációt gátolja.⁹ Ha az OPG mennyisége csökken vagy a RANKL szint nő, a csontbontás fokozódik, ellentétes változásnál csontépítés lesz. A wnt (wingless jelátviteli rendszer) szintén meghatározó a csont élettanában, mivel a wnt fehérjék – más funkcióik mellett - serkentik az oszteoblasztok differenciálódási és érési folyamatait.^{8,9}

2.2. A csontépítést és -bontást jelző biokémiai markerek

Míg a csonttömeg jól mérhető denzitometriával, a csontszerkezet és -erősség élő szövetben kevésbé vizsgálható. A statikus mérések helyett a molekuláris markerek mérése segít megismerni a dinamikus egyensúlyt. A csontátépülés során képződő egyes anyagok a csontanyagcsere specifikus biokémiai markerei,⁷ mely markereket az I. melléklet foglal össze. A csontformációs markerek az aktív oszteoblasztok termékei,

fejlődésük különböző fázisában képződnek, így visszatükrözik az oszteoblasztok funkcióját és a csontképzést. Kimutatásuk szérumból vagy plazmából történhet.³ A csontreszorpciós markerek többnyire a csontkollagén degradációs termékei. Az utóbbi időben kezdték el a klinikumban használni a nem-kollagén fehérjék, mint pl. a csontsialoprotein, és az oszteoklaszt-eredetű enzimek, pl. a katepszin K és L vizsgálatát.¹⁰

Az alkalikus foszfatáz (ALP) egy mindenütt jelenlévő, sejtfelszíni membránhoz kötött tetramer enzim.¹⁰ A csontspecifikus alkalikus foszfatáz (**BALP**) az oszteoblaszt felszínén van jelen, feltehetően onnan kiszakadva kerül a keringésbe,¹⁰ és vélhetően a mineralizációs folyamatokat segíti, de ennek pontos mechanizmusa még nem ismert.² A szérum emelkedett ALP szintjének forrása leggyakrabban a máj és a csont, egészséges felnőtt esetén a szérumban lévő alkalikus foszfatáz közel fele származik a csontból.¹¹ Mivel az alkalikus foszfatáz különböző típusú sejtekből ered, van mód specifikus immunoassay végzésére, így a BALP definiálása annak szénhidrát-tartalma alapján történik, ennek ellenére még mindig marad legfeljebb 15-20% kereszt-reaktivitás a csont és a máj ALP között.¹⁰ A szérumban található fokozott BALP-szint fokozott oszteoblaszt aktivitásra utal.²

A kollagén struktúra intra- és intermolekuláris keresztkötések által stabilizált. A csontban a túlsúlyban lévő keresztkötés a pyridinolin (PYD) és a deoxypyridinolin (DPD). A PYD és DPD keresztkötések a csontbontás során szabadulnak fel, amikor az I. típusú kollagén szétesik. Ezeket a keresztkötések a vese választja ki, így vérből és vizeletből is mérhető.¹² Az I. típusú kollagén keresztkötésű telopeptidjei tartalmaznak N-végződésű és C-végződésű telopeptideket (NTX, **CTX** és ICTP). Amint a kollagén molekulák széthasadnak, a bomlástermékek keresztkötések tartalmaznak, vagy szabad formában vagy N-, illetve C-végződésű kollagén darabhoz csatoltan.¹³ A töredékek különböző kollagénszétesési úton képződhetnek. A CTX és NTX a katepszin K hasadásakor szabadul fel, az ICTP (I. típusú kollagén keresztkötő lánc C-telopeptidje) a metalloproteináz mátrixokból keletkező nagyobb fragmentek.¹⁴ A CTX létezik egy izomerizált beta-CTX formában és egy nem-izomerizált alpha-CTX formában, az izomerizáció összefügg a csont ételkorával.¹⁵ Számos assay célozza meg az I. típusú kollagén karboxi-terminális térhálós régiójában lévő peptid-szekvenciák szerkezeti

variánsainak vizsgálatát, így a CTX vizsgálata is erre alapul.^{16, 17} A CTX az oszteoklaszt-mediálta kollagén-degradáció egyik legérzékenyebb és legszelektívebb markere.¹⁸ Jelenleg talán a beta-CTX-I a leginkább használt keresztkötés elemzési minta.

Az oszteoblasztok és oszteoklasztok mellett az oszteociták szintén fontos szerepet játszanak a remodelling folyamatában, főleg ennek terminális szakaszában bizonyos faktorok kiválasztásával, pl. a **sclerostin** (sclerostin gén szimbóluma: SOST) révén. A sclerostin meggátolja az oszteoblaszt aktivitást és elősegíti annak apoptózisát, ezáltal megakadályozza a csontegység „túltöltését” (egyszerű negatív feedback mechanizmus a csontegységben, Wnt jelátvitel gátlás).¹⁹ A sclerostin az oszteoblaszt funkció és a csontképzés fontos negatív szabályozó tényezője. A sclerostin mérése nagyon hasznos az oszteocita aktivitásának és funkciójának vizsgálatára, így az oszteoporotikus betegek mechanikai terhelésének és a gyógyszeres kezelések eredményességének mérésére is ajánlják.²⁰ A szérum sclerostin-szint az életkorral növekszik mindkét nemből, valószínűleg hozzájárulva az életkor-függő csontformáció csökkenéséhez.²¹ Egészséges felnőtteknél a szérum sclerostin szint pozitívan korrelál az életkorral, a BMI-vel és a BMC-vel és negatívan az oszteokalcinnal és kalciummal.²²

Az estradiol és a PTH, mint kulcsfontosságú csontanyagcsere-szabályozó hormonok lehetnek a sclerostin fontos negatív szabályozói posztmenopauzális nőkben.²³ A szérum sclerostin gyengén asszociál a csontturnover-markerekkel és ez nem változik a gyógyszeres terápiák hatására sem (bisphosphonate és calcitonin).²⁴

Bár az embriogenezis során sok szövet termel SOST mRNA-t, a sclerostin fehérje posztnatálisan csak az oszteocita, a mineralizált hipertrófikus kondrocita és a cementsejtek által termelődik. Sclerosteosis és van Buchem-betegség esetén az oszteociták nem termelnek elég sclerostint, így a csontszövet túlburjánzik, az oszteoblasztok apoptózisa nem következik be.²⁵

Egereknél in vivo tanulmányozták a sclerostin gén (SOST) kiiktatása utáni helyzetet, szignifikáns növekedést találtak a csontsűrűségben, a kortikális és trabekuláris csonttérfogóban és a csontképződés sebességében is.²⁶ A végzett kísérletek megerősítették in vivo és in vitro a sclerostin negatív hatását a csontképzésre. Azonban még kevés adat áll rendelkezésre a sclerostinnak az oszteoklaszt alapú csontreszorpcióra történő hatásáról. A sclerostin-szint mérése nagyon hasznos eszköz lehet az oszteocita

aktivitásának megismeréséhez, továbbá a mechanikai terhelés hatásának vizsgálatára in vivo és az osteoporózis és más csontrendszeri betegségek kezelésének nyomon követéséhez is.²⁰

2.3. A biokémiai markerek pre-analitikai változékonysága

A markerek szintjére több tényező is kihatással lehet, így a diurnális változékonyság, a menstruáció, az évszakonkénti változás, az elfogyasztott ételmisszer, a fizikai aktivitás szintje. A nem kontrollálható faktorok az életkor, a nem, a menopauzális státusz, a jelen törések, a tartós ágyynyugalom, a metabolikus csontbetegségek és a vesefunkció.²⁷ A csontmarker-értékek nagy variabilitást mutathatnak az egyének között is.²⁸

Bár posztmenopauzális nőknél a csont-turnover magasabb szintű, mint premenopauzában, a cirkadián variáció egyforma pre- és posztmenopauzában, s a szexhormonok sincsenek hatással rá.²⁸

A diurnális variáció etiológiája nem ismert. Számos hormon, pl. a PTH, a növekedési hormon, a kortizol diurnális ingadozást mutat, így valószínűleg ez hatással lehet a csontanyagcsere diurnális változására is. A csontformációt és -reszorpciót jelző legtöbb biokémiai marker diurnális és naponkénti ingadozást mutat, a legmagasabb szintet a reggeli órák mutatják, a legalacsonyabb délután, éjjel. A vizeletből mérhető markerek napi variabilitása 20-30% közötti, míg a szérumból mért markerekre kisebb mértékű ingadozás jellemző, kivéve a CTX-értékét, mely akár napi 60%-os ingadozást is mutathat.²⁹ Általánosságban elmondható, hogy a vizeletben mért csontreszorpciós marker-szintek naponkénti ingadozása hasonló a napi ingadozási értékekhez. A szérumból vizsgált csontépítő markerszintek sokkal kisebb ingadozást mutatnak naponként.³⁰

A CTX méréséhez szükséges vér levételét reggel éhgyomorral ajánlott elvégezni azért, hogy elkerülhető legyen a reggeli étkezés utáni nagy CTX-szint csökkenés. A kalciumbevitel-növekedés szintén csökkentheti a csontreszorpciós markerek szintjét, különösen azoknál az embereknél, akiknek a kalcium bevitele korábban alacsony volt.³¹ Feltételezhetően ez a gátló hatás a mellékpajzsmirigy-hormon szekréciója által közvetített. Ezért a reggeli órákban van a mintavétel optimális, ajánlott ideje.³⁰

A tréningprogramok feltehetően megnövelik a csonttömeget oly módon, hogy megváltoztatják az egyensúlyt a csontképződés és csontbontás között, előidézve egy kifizető nettó csontnövekedést. Ugyanakkor a gyakorlatok – melyek növelik a

csonttömeget - nem minden esetben eredményeznek érzékelhető növekedést a szérumban lévő csontépítést és csontbontást jelző markerekben, összevetve a gyakorlatok előtti és utáni értékeket.^{32, 33} A szérumban lévő csont-turnover markerek meghatározásához ajánlott standard protokoll szerint fontos a mérés előtti éjszakai koplalás és 24-48 óra testmozgás-mentes időszak megléte, ezáltal csökkenthető az egyéni belüli, egyének közötti és a biológiai variabilitás.^{28, 34} Így lehetséges annak biztosítása, hogy a csontanyagcsere-markerek szérumban lévő koncentrációjának változása a végzett gyakorlat tényleges hatását mutassa.³⁵

2.4. Növekedés, a csúcs-csonttömeg elérése és változása az élet során

A mechanikai terhelés létfontosságú a csontvázrendszer homeosztázisához.³⁶ Az egyén csúcs-csonttömegének 60%-át pubertás korban szerzi meg,³⁷ csúcs-csonttömegünket általában a húszas, harmincas éveinkre érjük el, s ezután éves szinten veszítünk belőle körülbelül 0,5-1%-ot.³⁸ Serdülőkorban a fizikai aktivitás kifejezetten ajánlott a csonttömeg növelésére,³⁹ különösen a testsúlyterhelés alatt álló csontokra, mely megalapozza a csontvázrendszer egészségét idős korra is.⁴⁰ A csontvázrendszer tömege a gyermekkor és serdülőkor alatt folyamatosan növekszik és 60-80%-ban genetikai/familiáris faktorok által meghatározott.⁴¹ A növekedési időszakban a csontok fejlődésére hatással vannak a hormonális hatások, a fizikai aktivitás, a táplálkozási szokások, a testösszetétel és az életmódbeli faktorok, úgymint a dohányzás és alkoholfogyasztás.^{42,43} McCulloch, Cooper és munkatársaik retrospektív tanulmányai igazolták, hogy az élethosszig tartó fizikai aktivitás - különösen a gyermekkorban - jelentősen megnöveli a csonttömeget felnőtt nőknél.^{44,45} A 30 perces, heti háromszor végzett testsúlyviselő és izomerősítő gyakorlatok hatására 10%-os növekedés érhető el a csontdenzitásban.⁴⁶ A gyermekkorban a fizikai aktivitás stimulálja a csontmodellings folyamatát, növelve a csont méretét, mely nagyobb és erősebb csontot eredményez.⁴⁷ Gyermekkorban a csont-turnover 10-szer gyorsabb lehet, mint felnőttkorban, a csontépítő és csontbontó markerek szintje sokkal magasabb gyermekekben.⁴⁸ Serdülőkorban a csontok növekedése felgyorsul, a növekedési csontanyagcsere-markerek szintje emelkedik, amely a növekedési hormonok hatását tükrözi.¹¹ 16 éves korra a legtöbb gyermek nemi érése befejeződik és a vizsgált alanyok csonttömeg-értéke ebben az

életkorban megegyezik (vagy nagyobb) a saját premenopauzális korban lévő édesanyjuk csonttömegével.⁴⁹

Normál testsúlyú nőknél a testsúlyból és életmódból következtethetünk a csontsűrűsége. A csontegészségnek alapvető feltétele az energia-egyensúly és a minőségi alvás/pihenés.⁵⁰ Fiatal nők testsúlya az életmódbeli tényezők által meghatározott, úgymint fizikai aktivitás, étkezési szokások, és a testsúlyból és az energia-egyensúlyból megjósolható a csontsűrűség (BMD).⁵¹

Míg növekedés alatt nagyon fontos a fizikai aktivitás a csontépítés miatt, felnőttkorban a fontossága a csontok konzerválásában rejlik. A felnőttek csontszövege sokkal jobban reagál az immobilizációra, mint a fokozott terhelésre.⁵² Wolff és mtsai pre- és posztmenopauzális korú nőknél végzett randomizált kontrollált vizsgálata megmutatta, hogy a fizikai tréning megelőzte vagy visszafordította az évi 1%-os csontvesztést a lumbális gerincben és a femurnyakban.⁵³ Azonos terhelés persze nem vált ki egyforma választ a premenopauzában és posztmenopauzában lévő nőknél. Így például a premenopauzális korban lévő nőknél napi 50 vertikális felugrás 5 hónapon át 2,8%-os növekedést eredményezett a femurnyakban, míg a posztmenopauzális korú nőknél nem tapasztaltak változást.⁵⁴

2.5. A csont rövid és hosszú távú válasza a mechanikai terhelésre, a mechanotranszdukció

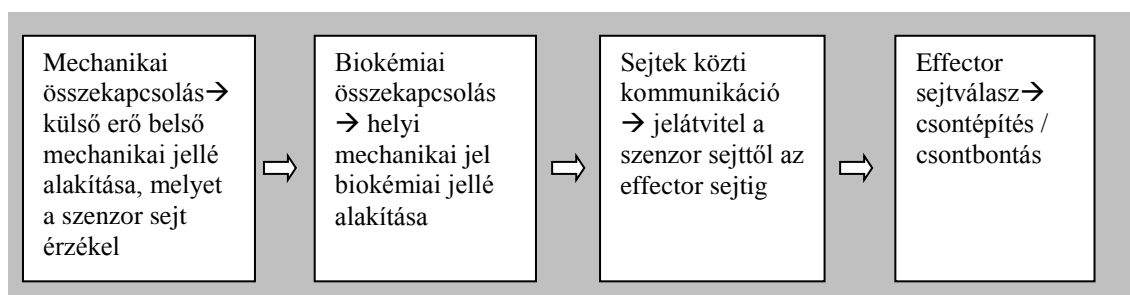
A csont biokémiai markerei, melyek a csontépítés és csontbontás mögött álló sejttaktivitást tükrözik, a fizikai gyakorlatok monitorozásának hasznos eszközei, ennek segítségével a testmozgás okozta mechanizmusok is jól vizsgálhatók.³⁹ Annak a specifikus mechanizmusa, hogy egy fizikai gyakorlat hogyan hat a csontanyagcserére, még nem teljesen tisztázott. A „csontminőség” számos paraméterrel határozható meg, úgymint a mineralizáció mértékével, a mikrofraktúrák számával és eloszlásával, az oszteocita apoptózis arányával és a kollagén állomány változásával.⁵⁵ A fizikai gyakorlatok csontszövetre kifejtett anabolikus hatása összefüggésben áll a mechanikai erő kifejtés alkalmazásával, bár az oszteogenetikus választ más hatások is befolyásolhatják.⁵⁶ A szokásos fizikai terhelésnek mélyreható hatása van a csonttömegre és a csontszerkezetre, amennyiben a helyi mechanikai állapotokban dinamikus változást indukál, mely stimulálja a rezidens csontsejteket.⁵⁷

Frost klasszikus elmélete szerint a csontnak deformációra van szüksége az adaptív csontválasz kiváltásához, melyhez el kell érni a deformáció minimum szintjét. Ezt a folyamatot „mechanostat” névvel illette, melyet az I. táblázat szemléltet. Ha kisfokú, 50-100 $\mu\epsilon$ alatti terhelés éri a csontot, a csont átépülése, remodelációja fokozódik, melynek csontvesztés lesz az eredménye. Normál terhelés esetén a csont anyagcseréje egyensúlyban van, átlagosan 100-2500/3000 $\mu\epsilon$ között, míg csontnövekedés csak nagyobb erőbehatásra következik be. Afiziológiás túlterhelés pedig a csont töréséhez vezethet.^{58, 59}

I.táblázat **A csont válasza a mechanikai feszülésre** (Duncan nyomán)⁶⁰

<i>Alul-használat</i>	<i>Fiziológiás használat</i>	<i>Túl-használat</i>	<i>Patológiás túlhasználat</i>
reszorpció > formáció	reszorpció = formáció	reszorpció < formáció	szövevényes csontformáció
megnövekedett remodeláció - csontvesztés	homeosztázis - csontegyensúly	megnövekedett modelláció - csontnövekedés	mikrosérülés / törés
50-200 $\mu\epsilon$	1500-2500 $\mu\epsilon$	4000-5000 $\mu\epsilon$	→

A kutatók számára fontos kérdés volt annak megállapítása, hogyan alakul át a mechanikai stimulus kémiai jellé a csontban, melyet az 1. ábra szemléltet.



1. ábra **Mechanikai jelátvitel a csontban Duncan nyomán**

Jelen álláspont szerint a csillag-alakú oszteociták a mechanikai jelátalakítók. Ezek a sejtek a csontmártixban helyezkednek el, távoli kapcsolatokkal rendelkeznek egymással és a csontfelszíni oszteoblasztokkal, melyeken keresztül kommunikálnak egymással. Az oszteociták a mechanikai terhelés változására mediátorokat bocsátanak ki, melyekből a legfontosabb a RANK, ami a turnover moderátora. A RANK rendszer vagy segíti vagy

akadályozza az oszteoblasztokat és oszteoklasztokat, mely formációt vagy reszorpciót eredményez.^{61, 62}

A legvalószínűbb, hogy amikor a csont dinamikus vagy statikus mechanikai terhelés alatt áll, a csontmátrixban deformációs válasz generálódik, mely nyíróerőként és feszülésként jelenik meg. Ez nem a sejtmembránban okozott direkt hatás révén, hanem sejtszinten a kanalikuluszokban kiváltott folyadékáramlás útján fejt ki hatását, melyet a csontsejtek hálózata érzékel.⁶³ Robling és munkatársai azt találták állatkísérletükben, hogy a folyadékáramlás a ciklikus terhelés és relaxáció hatására jön létre a csontban, melyet a dinamikus terhelés fokoz, a statikus terhelés ellenben még el is nyomhatja a csontépítést.⁶⁴

2.6. Csontritkulás

A csontritkulás / oszteoporózis (OP) egy szisztematikus, a csontvázrendszert érintő megbetegedés, mely alacsony csonttömeggel és a csontszövet mikroarchitektúrájának károsodásával jellemezhető, ami a csontok törékenységének fokozódásával jár.^{65, 66} Bár a gyakorlatban a diagnosztizálása a csontsűrűség kvantitatív vizsgálatára épül, mely a csontok erősségének legfontosabb meghatározója, a klinikumban a csontritkulásos törésekkel jellemezhető. A leggyakrabban ez a gerincet, a csípőt, az alkar disztális és a felkar proximális részét érinti. Emellett a medence, a borda, a femur disztális vége és a tibia is törhet. Fehér, 50 év feletti posztmenopauzális nők becsült OP prevalenciája 30%.⁶⁷ A valószínűsége, hogy menopauzában egy nőnek ilyen törése legyen Nyugat-Európában 40% vagy több.⁶⁸ Európában 2,7 millióra becsülik az OP-s törések számát, melynek direkt, becsült költsége a 27 európai országban 38,7 billió EUR.⁶⁹ A 65 év feletti, közösségben élő egyének 30%-a, az idősek otthonában élők közel 50%-a elesik évente, fele egynél többször is. Ezeknek az eleséseknek 5%-a jár töréssel, 75 év felett 10% is lehet.⁶⁸ Körülbelül ötből egy 55 év feletti személynek lesz vagy volt csigolyatörése, míg a csípőtáji törés főleg a 70 év feletti korosztályban jelenik meg, a csuklótörés inkább a 40-60 éves korosztályra jellemző, s ezeket a töréseket legtöbbször az elesés váltja ki.⁶⁷ Egy 50 éves nő becsült törés-rizikója csigolyánál 15,6%, csuklónál 16,0%, csípőtájon 17,5%, míg férfinál csípőnél 6%, gerincnél 5%, csuklónál 2,5%.⁶⁷ A törések következményeiként fennmaradhat fájdalom, csökkent ízületi mozgásterjedelem és az önellátás csökkenése. Az elesés rizikófaktorait a II. melléklet tartalmazza.

A csontsűrűség leggyakrabban a T- vagy a Z-score-okkal jellemezhető. A T-score megmutatja, hogy a beteg BMD értéke milyen mértékben tér el az azonos nemű, egészséges, fiatal populáció átlagértékétől, a minta szórásában (standard deviáció) kifejezve. A WHO munkacsoportjának világszerte elismert ajánlása szerint -1 T-score-ig a BMD normálisnak tekinthető, -1 és -2,5 között beszélhetünk csökkent csontsűrűségről (osteopenia), míg a -2,5 alatti T-score esetén csonttritkulásról (osteoporózis), bármely mért ponton.⁷⁰

Az OP multifaktoriális megbetegedés, mely a környezeti és a genetikai faktoroktól függ. A genetikai faktorok becsült szerepe a csontdenzitásban kb. 70%.⁷¹ A primer OP mindkét nemben előfordulhat bármely életkorban, de leggyakrabban menopauza után nőknél jelenik meg,⁷² férfiaknál inkább a magasabb életkorban jellemző.⁷³

2.7. A csonttritkulással összefüggő gyakorlatok jellemzői és hatásuk a csontokra

Két megfontolásból is fontos OP esetén a gyakorlatok végeztetése: maximalizálni kell a csont erősségét és minimalizálni az elesés rizikóját.

A törésre vonatkozó kockázati együttható – a fizika szabályai szerint – az alkalmazott terhelés / törési terhelés aránnyal jellemezhető.⁷⁴ Az alkalmazott terhelést befolyásolja a végzett tevékenység vagy a trauma helye, a behatás helye és iránya, illetve a lágy szöveti védekezés, míg a törési terhelést a csonttömeg, az egész csont geometriai felépítése és a szövet összetétele, így fizikai tulajdonságai.⁷⁵ Ha az alkalmazott terhelés nagyobb a törési terhelésnél, bekövetkezik a törés. Egy 70 éves átlagos csípő-csontsűrűséggel bíró ember csípőtörési rizikófaktora 1,25%-3,00%, állásból eleséskor.⁷⁶

⁷⁷ A csontszövet tökéletesen mechanoszenzitív és a sejtpopuláció kapcsolatban van a mechanikai behatásra bekövetkező csontválasszal, ami alteráló csontanyagcserét eredményez, növelve vagy csökkentve a jelenlévő csontszövet mennyiségét, mely változás a csontszövet geometriai felépítésében és az anyagi tulajdonságaiban is megmutatkozhat.⁷⁸ Tréningprogramokkal mind a számlálóban, mind a nevezőben szereplő értékekre hathatunk, így ha csökkentjük az esés lehetőségét vagy/és növeljük a törzsstabilizáló és az alsó végtagi izmok neuromuszkuláris funkcióját, növeljük a számláló értékét, s ha növeljük a csonttömeget vagy lassítjuk a csontvesztést, a nevezőre vagyunk hatással.

A csontegészség érdekében végzett tréningeknek Drinkwater és társai szerint több alapelvük van, így a specifikusság, a túlterhelés, a megfordíthatóság, a kiinduló értékek és a csökkenő hozadék.⁷⁹ A specifikusság azt jelenti, hogy például az alsó végtagi ellenállásos tréning növeli a csonttömeget a csípőcsontban, de nem a gerincben, vagy ugyanígy az alsó végtag ütköztetésével járó gyakorlatok az alkari csontokban nem rendelkeznek csonttömeg növelő hatással.^{80, 81} Fontos az is, hogy míg más szervrendszerek gyorsan reagálnak a tréningekre, addig a csontszövet lassan és kismértékben (1-2%), s a felül-/túlterhelés a kezdetektől fontos – szemben a lágy szöveti terheléssel, ahol a fokozatosságot hangsúlyozzuk, s az alkalmazott időtartam – míg a mérhető hatás kiváltódik – meglehetősen hosszú.⁸² Míg a neuromuszkuláris és kardiovaszkuláris rendszer tipikusan 4-6 hét alatt már értékelhető módon válaszol a terhelésre, addig a csontszövet minimum 6 hónapos kezelést igényel, hogy elinduljon a mérhető adaptáció, tehát befejeződjön a teljes remodellációs ciklus és elérjen egy kis mennyiségű mineralizációt az új csontszövetben.⁸¹ A csontszövet szempontjából tehát nem törekszünk a lágy szöveteknél megszokott fokozatosságra a sérülés elkerülése miatt, hanem itt azonnal teljes terhelést kell biztosítani, különben nem váltódik ki a megfelelő hatás.⁵⁴ A terhelés során nagyobb intenzitást kell elérni, mint amit a hétköznapi tevékenységeknél kiváltunk. Természetesen az életkort és az egészségi státuszt figyelembe véve a gyakorlatban a terhelés során alkalmazzuk a fokozatosság elvét, hogy elérjük a neuromuszkuláris adaptációt és elkerüljük a nem csont eredetű sérüléseket.⁸¹ A nagy intenzitású erősítő tréningek (>80%-a az egy ismétléses maximumnak) sokkal hatékonyabban növelik a gerinc és a csípő csonttömegét, mint az alacsony-, közepes intenzitású erősítő tréningek.^{83, 84} A megfordíthatóság azt jelenti, hogy a tevékenység megszüntetése megfordítja a gyakorlat kiváltotta csontnövekedést. A kezdeti értékek alapelve azt jelenti, hogy a csontválasz azoknál az egyéneknél nagyobb, akiknek eredetileg is kisebb mértékű a csonttömegük. Így például posztmenopauzában lévő, alacsony csonttömegű nők esetén a tréning által előidézett csonttömeg-növekedés a gerincben és a csípőben kétszer olyan nagy, mint a hasonló korú, normál csonttömegű nőknél.^{85, 86} A csökkenő hozadék elv hasonló a kezdeti érték és a túlterhelés elvhez, tehát a gyakorlatok / terhelés hatására a csont tömege és geometriai adaptációja bekövetkezik, így az ugyanolyan erősségű terhelés már kisebb választ vált ki. Emellett az idősebb csontozat kevésbé érzékeny, mint a fiatalabb.⁸²

Járás során a femur proximális részére nehezedő feszülés egyrészt a testsúlyból adódik, másrészt főleg az abduktor izmok által kiváltott kompressziós erőből.⁸⁷ Fontos megállapítás, hogy a csontvázrendszerre nehezedő terhelés egyrészt a kontrahálódó izmok erejéből, másrészt a testsúlyterheléssel végzett gyakorlatok során keletkező talajreakciós erőből ered.^{84, 88} Rideot a 12-18 év között végzett súlyviselő fizikai aktivitást tartja meghatározónak a posztmenopauzális korban lévő nők lumbalis gerincének és proximális femurjának csontsűrűségére vonatkozóan.⁸⁹ Stear a csontegészség érdekében a talajjal való nagy ütközéssel járó gyakorlatokat (high impact exercise) részesíti előnyben, szemben az állóképességi gyakorlatokkal, mellyel a kardiovaszkuláris betegségek kialakulása előzhető meg.⁹⁰ Bonaiuti és mtsai 1966-1999 között végzett tanulmányokra vonatkozó metaanalízisük kapcsán azt találták, hogy mindenfajta leírt gyakorlatprogram – beleértve az aerobikot, az ellenállásos tréninget vagy a gyaloglást – hatékony a csontvesztés csökkentésére, amennyiben azt legalább egy évig végzik. A gyors gyaloglás a leginkább ajánlott mind prevencióra, mind kezelésre posztmenopauzális korban lévő nők számára, de éppolyan hatékony, mint az aktív napi tevékenységek (bevásárlás, takarítás, kertészkedés, stb.), melynél viszont a compliance kedvezőbb.⁹¹ Whiteford és mtsai 55-80 év közötti férfiaknál vizsgálták az egy évig tartó ellenállásos tréning hatását a combcsont denzitására vonatkozóan, s szignifikáns növekedést találtak, de a kontrollcsoportként szereplő heti 3x30 percben gyalogló férfiaknál is ezzel megegyező eredményt mutattak ki.⁹² További hét publikációt elemeztek Schmitt és mtsai, ahol szintén a végzett gyakorlatok és az OP kapcsolatát vizsgálták. Azt találták, hogy az elesés megelőzésére végzett gyakorlatok az izomerősítés, egyensúly- és tartás-kontroll javításán keresztül növelik a kondíciót, az életminőséget, csökkentik a fájdalom intenzitását és gyakoriságát a gerincben, megelőzik a korfüggő D-vitamin-szint csökkenést (főleg a szabadban végzett gyakorlatok), továbbá megelőzik a kardiovaszkuláris betegségek, a daganat és a depresszió kialakulását.⁹³ Häkkinen szerint a fizikai aktivitás és a tréningprogram jellemzői meghatározzák a BMD-re és a törésmegelőzésre kifejtett hatásukat mind egyénileg vizsgálva, mind az egész populációt tekintve. Alacsony rizikójú nőknél a BMD emelésére az izomerősítés az aerob terheléssel járó ellenállásos tréning alkalmazása nélkül nem hatékony.⁹⁴

Kemmler és mtsai által összeállított, egyénre szabott, főleg high impact gyakorlatokat tartalmazó két éves program (állóképességi-, szokdelési-, erősítő- és nyújthatósági tréning) szignifikáns javulást ért el a csontdenzitásban.⁹⁵ Kelley szerint a népszerűbb és sokkal könnyebben elérhető programok (pl. aerobic, Thai Chi, sétálás) kevésbé hatékonyak a csonttrikulásból adódó törések megelőzésére posztmenopauzában lévő nőknél.⁹⁶

Teherviselő gyakorlatok végzése és ellenállásos / súlyzós edzés ajánlott a csonttömeg fenntartására végig a felnőttkor folyamán az Amerikai Sportorvosi Kollégium (ACSM) ajánlása szerint.⁹⁷ A mechanikai terhelés, amely dinamikus, rövid időtartamú, és a szokásos terhelésnél nagyobb, a csonttömeg és csonterősség maximális növekedését eredményezi.⁹⁸ A mechanikai terhelésre bekövetkező csontválaszt mind a gravitációs erőhatás, mind a harántesíktolt izom által kiváltott kontrakciós erők meghatározzák, és mivel ez a két erő nagymértékben összefügg élő emberben, nehéz meghatározni ezek csontképző hatását szeparáltan.^{99, 100, 101} Egy jól összeállított ugrálós tréning (pl. plyometrikus edzés) során a talajreakciós erő négyszer akkora, mint a testsúly, szemben egy ellenállásos tréninggel, ahol szignifikánsan nem jelentősebb a talajreakciós erő, mint a testsúly.¹⁰² A csontegészség megtartása érdekében végzendő fizikai aktivitási paramétereket, ajánlásokat a III. melléklet tartalmazza.^{103,104}

2.8. A szenzomotoros tréning

Az egyensúly egy komplex motoros, szenzoros és kognitív funkció. Az egyensúly fenntartása egy összehangolt koordináció révén valósul meg a proprioceptív, vesztibuláris és vizuális rendszerből bejövő afferens információk és a tevékenységek kivitelezéséhez szükséges testtartást szabályozó leszálló motoros pályák között.¹⁰⁵

Az egyensúly csökkenése és a megnövekedett test-kilengés fontos rizikófaktorok az elesésre nézve posztmenopauzában.¹⁰⁶ Bár az izom- és a csontvázrendszer szerkezetileg függetlenek, az alacsony csonttömegű nőkben az izomkondíciók is változnak, megváltoztatva a testtartást és a testtömeg-középpont helyét is, ami kihatással lehet az egyensúlyra is.^{107, 108}

A szenzomotoros tréningprogram a testtartási szabályozást és a fokozatos nehezítést hangsúlyozza a szenzomotorium számára a normális motoros működés helyreállítása céljából.¹⁰⁹ Vladimir Janda cseh fiziológus és neurológus szerint a szenzoros és motoros

rendszer nem választható szét az emberi mozgások vonatkozásában, így megalkotta a szenzomotoros rendszer kifejezést. Megállapította, hogy a krónikus mozgásszervi fájdalom szindrómák közös jellemzője egyfajta izomeloszlási / beidegzési zavar - diszbalansz, ami a központi idegrendszer motoros szabályozásának változásából fakad.^{110, 111} Hogy helyreállítsa az izom normális funkcióját és stabilizálja azt, kifejlesztett egy speciális, progresszív, a koordinált mozgásmintákat és a propiocepciót előtérbe helyező módszert, a szenzomotoros tréninget (SMT).

Gyakran a testtartásért felelős izmok feszessé válnak, míg más izmok gyengülnek, megfigyelhető a felső és alsó keresztezett szindróma, illetve a réteg-szindróma. Ezek javítására elsőként a perifériás propioceptív struktúrák normalizálása vezet eredményhez (ízületi vagy lágy szöveti mobilizálás), aztán megfelelő izomegyensúly kialakítása, végül a helyes motoros működés helyreállítása. Janda a motoros tanulásban két alapvető szakaszt különít el. Az első szakaszban a mozgások önkéntes kontrollt igényelnek agykérgi szabályozás mellett, ami a gyakorlatot végző részéről nagy koncentrációt igényel és folyamatos visszajelzést. Amint a beteg megtanulja az új koordinált mozgásmintát, a kéreg alatti terület szabályozza azt, sokkal automatikusabbá válik, kevesebb tudatos gondolkodást igényel. Ennek során „előrecsatolási” mechanizmusok jelennek meg, melyek előkészítik a testet a mozgásra, kontrollálva a mozgás közben működő stabilizáló izmokat. Ebben a mechanizmusban kiemelt szerep jut a haránt hasizomnak (musculus transversus abdominis), ami normál esetben előbb húzódik össze és stabilizál, mint a végtagi izmok. Krónikus mozgásszervi zavarokban ennek munkája késleltetetté válik. Janda szerint ez az automatikus szint elengedhetetlen az ízületek védelmében a dinamikus funkcionális stabilitás során. Ez az alapja a szenzomotoros tréningnek. Nagyon fontos a szenzomotoros input a talaj felől, ami az optimális lábhelyzettel és a szenzoros stimulációval hangsúlyozható. A talp biztosítja a maximális afferens információt állás során. Janda szerint 3 szenzoros inputnak van jelentősége, így a talpnak, az SI (sacroiliacalis) ízületnek és a nyaki gerincnek. A SMT célja ezen propioceptív inputok növelése, hogy a szubkortikális területhez vezető utakat stimulálja és ösztönözze az automatikus koordinált mozgásmintákat. Ezért minden tréning alatt fontos ezeknek az anatómiai képleteknek a pontos beállítása. Elsődlegesen a láb beállítása a legfontosabb, a láb megrövidítése és ennek a helyzetnek a megtartása a legtöbb gyakorlat során. Ilyenkor a rövid talpi izmokat, így főleg az

intrinszik izmokat aktiváljuk, ezt legjobb mezítláb végezni. Hatása növelhető reflexlabdákkal, boka és lábízületi mozgásokkal. A következő a pelvikolumbális – lumboszakrális régió, ebben semleges helyzetet kell felvenni, hogy megfelelő információ jusson ki innen. A köldök enyhe behúzásával ki kell váltani a transzverzus abdominis izom feszülését a gyakorlatok során. A harmadik beállítási szempont a nyaki gerinc nyugalmi helyzetének beállítása, mely során az áll enyhe behúzásával a mély nyaki flexorokat aktiváljuk. A helyes beállítás után kezdődhet a tréning,¹¹¹ melynek progresszióját a IV. melléklet ismerteti.

A propioceptív reflexkör segíti a vázizom-rendszert az egyensúly fenntartásában. Winter szerint mivel testtömegünk 2/3-a a testmagasságunk 2/3-a fölött van, ezért az emberi test alapvetően instabil rendszer, hacsak nem stabilizál az izomrendszer.¹¹² A hirtelen fellépő erőkre válaszolva az izmoknak gyorsan kell reagálniuk a test stabilizálása, az egyensúly fenntartása érdekében.

A gyenge egyensúly összefüggésben állhat ataxiával, derékfájással, cervikobrahiális-szindrómával, boka-, térd-instabilitással vagy térdarthrosissal. Az egyensúlyt fejlesztő tréningek ezen esetekben sikeresen alkalmazhatók. Balogun és munkatársai kimutatták, hogy az instabil eszközökön (pl. egyensúly deszkán) végzett tréning nagyon hatékony eszköz a rehabilitációban, mivel nagyobb alsó végtagi izomerőt eredményez, mint az izotóniás gyakorlatok. Egyensúly szandálon végzett szenzomotoros tréning jelentősen megnöveli a csípő körüli stabilizáló izmok összehúzódnásának sebességét.^{113, 111}

3. Célkitűzések

Értekezésem három különálló kutatást foglal össze a csontritkulás témakörén belül. Az első vizsgálat csúcs-csonttömeggel rendelkező, majd a második vizsgálat csökkent csontsűrűséggel bíró 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 vizsgálni.
- 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.

4. Anyag és módszer

4.1. Anyag és módszer – I. Vizsgálat

4.1.1. Résztvevők

Ötven fiatal nő (átlag életkor 25 ± 2 év) került beválogatásra, akik rendszeres menstruációs ciklussal és feltehetően maximális csúcs-csonttömeggel rendelkeztek, s önkéntesen vállalták a vizsgálatban való részvételt.

Beválasztási kritériumok: 1) női nem, 2) normál menstruációs ciklus, 3) nincs ismerete endokrin vagy metabolikus betegségekről, melyek a csontdenzitást vagy az izomtömeget befolyásolják, 4) normál életvitelt folytat, 5) képes követni az instrukciókat és 6) vállalja a vizsgálatban való részvételt.

Kizárási kritériumok: 1) a csontvázrendszer biológiáját befolyásoló betegség, illetve arra ható gyógyszer szedése, 2) bármely állapot, ami kihat a kalcium- és csontanyagcserére, 3) mozgásszervi érintettség (ortopédiai, reumatológiai), mely kizárja a gyakorlatok végzését, 4) diagnosztizált szív-érrendszeri probléma, kontrollálatlan magas vérnyomás és 5) az elmúlt 6 hónapban csonttörés, terhesség.

A toborzás Zala megyében történt hirdetés és személyes megkeresés útján. A vizsgálat helyszínéül a Hévízgyógyfürdő és Szent András Reumakórház tornaterme, udvara és laboratóriuma szolgált. A kizárási kritériumok megállapítására a jelentkezők fizikális és eszközös vizsgálaton estek át, kiegészítésként laborvizsgálat történt az esetleges metabolikus betegségek kizárására. Az ötven résztvevő véletlenszerűen lett az esetscsoportba és a kontroll csoportba sorolva.

4.1.2. A kutatás tervezése

4.1.2.1. Gyógytorna csoport (TG)

Huszonöt nő (átlag életkor: $25,2 \pm 1,0$ év) az alapos kivizsgálás és vérvétel után, egy előre egyeztetett napon speciális mozgásprogramot végzett gyógytornász felügyelete mellett, 60 percen keresztül. A tréningprogram 10 perces bemelegítéssel kezdődött, majd 20 percben főleg axiális terhelést adó, álló testhelyzetben, 106-133 BPM (percenkénti ütemszám) ritmusú zenére, közepes/erős megterhelést biztosító (low impact/high impact) gyakorlatok végzésére került sor. Ezután 20 percben a nagy izomcsoportokat (gerinc, nagy ízületek) dolgoztató, főleg törzsstabilizáló elemeket tartalmazó gyakorlatok kivitelezése történt változatos testhelyzetekben (fekvő-,

magaskúszó-, mélykúszó-, ülő testhelyzet). A tréning végén 10 perc levezetés következett álló- és járógyakorlatok révén, beleépítve statikus és dinamikus stretching gyakorlatokat is. A résztvevők a vizsgálat előtti héten megismerkedtek a mozgásprogrammal, hogy könnyen tudják követni az instrukciókat.

4.1.2.2. Kontroll csoport (CG)

A kontroll csoport korban és nemben illeszkedően 25 főből állt (átlag életkor: $25,3 \pm 1,4$ év), akik ugyanebben az időben és időtartamban ütemes sétát végeztek kültéren, kijelölt útvonalon, egyenes felületű járdán, sportcipőt viselve. Az ütemet metronóm biztosította, az ütemszám 120 ütés/perc volt, s a résztvevők ezt az ütemet felvéve és fenntartva gyalogoltak 60 percig.

4.1.3. Laborvizsgálatok

Általános csontanyagcserére utaló vizsgálatok történtek, így szérum kalcium (se Ca), szérum foszfát (se P), parathormon (PTH), 25-hydroxy-vitamin D3 [25(OH)D], vizelet Ca/creatinin, Becsült glomeruláris filtrációs ráta (eGFR), Westergren vizsgálat (We), teljes vérkép és vizelet a kizárási kritériumok teljesítéséhez.

A szérum kalcium o-krezolftalein-komplexon, a szérum foszfát molibdat-heteropolisav komplexon volt vizsgálva RX daytona kémia automata (Crumlin, UK) segítségével. A parathormon és a 25-hydroxy-vitamin D3 immunkémiai eljárással került detektálásra (Electro-chemi-luminescence Immunoassay; Liaison DiaSorin; Nicosia, Ciprus). A vérkép vizsgálata Pentra 60 (Polling, Németország) eszközzel, a vizelet vizsgálata tesztsík segítségével (Combi11S Combilyser csikolvasó), míg az üledék elemzése mikroszkóposan történt.

A BALP meghatározása lektines kicsapatásos módszerrel, majd a fotometrázás kémiai automata (Olympus 480; Brea, USA) segítségével történt, míg az ALP ortofoszformonoészter-foszfohidroláz (RX daytona) segítségével optimalizált standard módszerrel lett analizálva.³ Mindkét eljáráshoz kolorimetriás teszt használata történt (Medi-Lab). A vizsgálat AU 480 kémiai automatán történt. A CTX mérése Electro-chemi-luminescence Immunoassay (ECLIA) végzésével történt.^{114, 115} Ezen eljáráshoz a Roche cég szolgáltatta a reagenst, Cobase 411 (Bázel, Svájc) immunkémiai analizátoron végezve a mérést. A variációs koefficiens kevesebb, mint 10% volt.

A vizsgálathoz szükséges vérminta levétele közvetlenül a torna, illetve gyaloglás előtt és a fizikai aktivitás befejezése után történt, a vérvétel technikailag - a gyors mintához jutás miatt - több asszisztens bevonásával zajlott.

Az első vérminta levétele 8.00-8.30 óra között volt, és az egész vizsgálat délelőtt 11.00 óráig befejeződött, minimalizálva a cirkadián ritmus kihatását, mindkét csoportban ugyanazon nap. A résztvevők egy éjszaka koplaltak, illetve nem végeztek sporttevékenységet és fizikai aktivitást legalább 24 órával a vizsgálat előtt. A mintavételt azonban jelentősen nehezítette volna, hogy a vizsgálat a menstruációs ciklus ugyanazon napjára essen minden vizsgált esetén, így ezt a szempontot nem tudtuk figyelembe venni. A vizsgálatra 2011. október hónapban került sor, elkerülve a szélsőséges időjárást (a nagy meleget és hideget).

4.1.4. Kvantitatív csontultrahang-vizsgálat (QUS)

A beválogatás során minden résztvevő átesett csontultrahang vizsgálaton az általános csontstátusz felmérése és a csúcs-csonttömeg igazolása céljából. A vizsgálat Sahara Clinical Bone Sonometer (Hologic INC, USA) segítségével történt, mely fix forrással és detektorral rendelkező, 0,2-0,6 MHz frekvenciával működő QUS készülék. Az analizált csont a calcaneus volt, a kontaktust a vizsgált lábbal gél biztosította. A sebességből és a gyengülésből számított paraméter a kvantitatív ultrahang index (QUI), melyből a szoftver automatikusan kiszámította a sarokcsont ásványianyag tartalmának (g/cm^2) becsült értékét (estimated BMD, eBMD). A QUS az áthaladó ultrahang paramétereinek közegfüggő változásán alapul, így mérhető m/s-ban az ultrahang sebessége (SOS), a frekvenciafüggő gyengülés dB/MHz-ben (BUA), és a két adatból kalkulálható a csont merevsége (stiffness).¹¹⁶

4.1.5. Antropometriai mérések

A testösszetétel a Salus Body Composition Analyzer segítségével a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar Zalaegerszegi Képzési Központjának laborjában került meghatározásra, mely eszköz mérte a vizsgáltak testsúlyát (Body Weight, kg), kiszámolta a BMI (Body Mass Index, kg/m^2) értéket. Emellett megadta a fittségi-index (Fitness Score) mértékét is, melynek átlagos értéke 80 pont.¹¹⁷

A testmagasság mérése Seca medical stadiometer (Birmingham, UK) segítségével történt kevés ruha viselése mellett, cipő nélkül. A vizsgált személy szemmagasságban egy pontra fixált maga előtt, kezek test mellett.

4.1.6. Gyógytornász irányította kérdőív

Saját szerkesztésű kérdőív került összeállításra, melyben az életmódbeli faktorokra és egészségi státuszra vonatkozó kérdések szerepeltek (sport, dohányzás, alkohol-fogyasztás, gyógyszeresedés, betegségek, első menstruáció ideje, stb.), emellett kitöltésre került a Nemzetközi Fizikai Aktivitás Kérdőív (IPAQ)¹¹⁸ rövid változata is.

4.2. Anyag és módszer – II. Vizsgálat

4.2.1. Résztvevők

Összesen hatvan, 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. Mivel újonnan diagnosztizált résztvevőkre volt szükség, így a Zala Megyei Kórház Reumatológia osztálya által szervezett szűrőprogram keretében zajlott a résztvevők beválogatása, előzetesen bevonva több zalaegerszegi háziorvost is a friss, kezeletlen esetek feltárása érdekében. A vizsgálat kivitelezése a Zala Megyei Kórházban zajlott.

Beválasztási kritériumok: 1) női nem, 2) újonnan diagnosztizált oszteoporózis /-pénia 3) endokrin- vagy anyagcsere-betegség ismeretének hiánya, amely kihatna a csontdenzitásra vagy az izomzatra, 4) normál életvitel, aktivitás, 5) vizsgálati feltételek elfogása és követése és 5) ha általánosságban egészségesnek vallja magát.

Kizárási kritériumok: 1) bármely, a kalcium- és csontanyagcserét befolyásoló állapot (kivételem a kalcium és a D-vitamin pótlás), 2) ismert metabolikus vagy anyagcsere-betegség, vesebetegség, májbetegség, 3) hormonpótló terápia, 4) valamilyen fizikai károsodás (ortopédiai, reumatológiai), mely megakadályozza a fizikai tevékenység kivitelezését, 5) az elmúlt 6 hónapban bármely eredetű csonttörés, 6) diagnosztizált kardiovaszkularis betegség, illetve nem kontrollált magas vérnyomás, 7) az elmúlt egy évben tartósan szedett gyógyszer – szteroid (kortikoszteroid, gyulladáscsökkentő,

immunszuppresszív, nemi hormon), tiroid hormon, vízajtó, antikoaguláns és az utolsó fél évben antibiotikum.

A csökkent csontállománnyal rendelkező kiszűrt mintából (352 fő) a beválogatási és kizárási kritériumok teljesülése után (44 fő lett kizárva) véletlenszerűen lett a vizsgálatba bevonva 60 fő, akik szintén véletlenszerűen kerültek az eset- vagy a kontroll csoportba. A vizsgálatot követően a betegeknél az adekvát antiporotikus gyógyszeres kezelés beállítása szükség szerint megtörtént.

4.2.2. A kutatás tervezése

4.2.2.1. Ellenállásos gyakorlatokat végző csoport (RG)

A tréning csoport harminc főből állt (átlag életkor: $60,1 \pm 6,8$ év). A mozgásprogram 8 perc bemelegítést tartalmazott, mely dinamikus, a nagy ízületeket átmozgató, a nagy izomcsoportokat igénybe vevő gyakorlatokból állt, lépéseket, lépéselemeket, szökdeléseket, nyújtózásokat és stretchinget is beleépítve.¹¹⁹ A fő rész közel 30 perces törzsstabilizáló gyakorlatokat tartalmazott, melyet az V. melléklet ismertet. A gyakorlatok kivitelezése 8-12 ismétlésszámmal, 3 sorozatban történt, a sorozatok között 20 másodperces szünetekkel, s a különböző gyakorlatok között 2 perc szünet volt biztosítva. A mozgásprogramot 7 perces levezetés zárta, mely gyaloglásból, statikus és dinamikus stretching-elemekből állt. A gyakorlatok összeállításánál az ízületvédelmi szempontokat (bordák, csukló) figyelembe vettük. A résztvevők előzetesen megismerték a feladatokat, s gyakorolták a kivitelezést.

4.2.2.2. Gyalogló/kontroll csoport (WG)

A kontroll csoportot 30 fő (átlag életkor: $58,1 \pm 7,1$ év) alkotta, akik közepes intenzitású egyenes gyaloglást végeztek (megközelítőleg 3-6 MET –metabolikus equivalens)²⁵ adott ritmusra (100 lépés/perc), mely ritmust metronóm biztosította. Ezt a ritmust felvéve és fenntartva kültéren gyalogoltak, tréningcipőt és tréningruhát viselve, egyenes talajon, kellemes időjárási viszonyok között. A résztvevőknek előzetesen szintén volt alkalma megismerkedni a vizsgálati körülményekkel.

4.2.3. Laborvizsgálatok

A gyaloglásnak és a mozgásprogramnak a csontmarkerekre kifejtett direkt hatásának elemzése érdekében a vérminta összegyűjtése közvetlenül a beavatkozás előtt és

közvetlenül utána (0-5 perc) történt, a gyors mintához jutás érdekében több asszisztens bevonásával. Az első vérminta vételre 8.00-8.30 óra között került sor, hogy a cirkadián ritmusból adódó különbségeket leredukáljuk, melyet egy éjszakás koplalás előzött meg, illetve a résztvevők nem végezhettek a vizsgálat előtti 24 órában fizikai aktivitást, sporttevékenységet.

A vizsgált csontformációs marker, így a csontspecifikus alkalikus foszfatáz (BALP) és az elemzett csontreszorpciós marker, így a CTX / β -CrossLaps laboratóriumi analizálásának módja az I. vizsgálatban ismertetettel megegyezik. A szérum sclerostin (SOST) szint meghatározása kvalitatív Sandwich ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay; HRP/TMB Biomedica által kifejlesztve; Vienna, Ausztria) segítségével, a cég ajánlása szerint történt.¹²⁰ Az intra-assay CV 5-6%, az inter-assay CV 2-6%.

4.2.4. Gyógytornász irányította interjú

A vizsgálat része volt egy saját szerkesztésű kérdőív kitöltése személyes kikérdezés formájában, mely a demográfiai adatok és a tanulmányhoz szükséges anamnézis felvételét foglalta magába. Ennek során a korábbi és fennálló betegségek (pl. hipertónia, kardiovaszkuláris betegségek, diabétesz, tüdőasztma, artritisz, sebészi beavatkozások, autoimmun betegségek, szédülés, stb.), a gyógyszerfogyasztás, illetve az életmódbeli faktorok (diéta, dohányzási, alkohol-, kávéfogyasztási szokások) kikérdezése történt meg. A fizikai aktivitás felmérésére szintén az IPAQ rövid kérdőívet használtuk. A testmagasság mérése Seca orvosi stadiométer (Birmingham, UK) segítségével történt kevés ruha viselése mellett, cipő nélkül. A vizsgált személy szemmagasságban egy pontra fixált maga előtt, kezek test mellett. A testsúlyt Omron digitális mérlegen (Osaka, Japan) néztük.

4.2.5. Osteodensitometria (ODM)

Kettős energiájú röntgenabszorpciometriás (DEXA) technikával történt a csont ásványi anyagának meghatározása LUNAR DPX densitometer segítségével (Lunar Radiation Corporation, Madison, WI, USA), használva a standard protokollt.¹²¹ A vizsgálat a résztvevők beválogatási kritériumoknak való megfelelését támasztotta alá vagy éppen vetette el. A mérés az I-IV. lumbalis gerinccsigolyákon és a femur nyakon történt.

Mivel jelentős különbség lehet a csípő és a gerinc T-score értékei között (10 vizsgáltból 4 értékei disszonánsak DEXA-val vizsgálva a csípő és gerinc értékeire vonatkoztatva, s csak 54%-nál egybehangzó a vélemény),¹²² ezért a lelet értékelésénél elsősorban az összesített T-score értéket vettük figyelembe.

4.3. Anyag és módszer – III. Vizsgálat

4.3.1. Résztvevők

Összesen 60 posztmenopauzában lévő, csökkent csontsűrűséggel rendelkező nő (átlag életkor $65,3 \pm 4,1$ év) véletlenszerűen 3 csoportba osztva.

Beválasztási kritériumok: 1) női nem, 2) diagnosztizált oszteoporózis /-pénia, 3) szakorvosi javallat, 4) normál életvitel, 5) vizsgálati feltételek elfogása és követése.

Kizárási kritériumok: 1) egyensúlyra kiható neurológiai és vesztibuláris betegségek, 2) szédülés, fülzúgás jelenléte, 3) mozgásszervi betegségek, melyek alsó végtagi deformitással járnak, illetve bármely alsó végtagi instabilitás, 4) kognitív érintettség, 5) korrígalatlan látászavar, 6) kezeletlen hipertónia vagy ortosztatikus hipotenzio, 7) egyensúlyra kiható gyógyszerfogyasztás (nyugtató és altató szerek), 8) alkoholbetegség, 9) III. fokú obezitás és 10) ha korábban részt vett szenzomotoros tréningen.

Az I. csoport (n = 20 fő) a bevezetőben ismertetett szempontokat követve, progresszíven felépített 24 alkalmas szenzomotoros tréningen vett részt 3 hónapon keresztül (heti 2x45 perc). A második csoport (n = 20 fő) a fizioterápiás osztály protokollját követve 10 alkalmas (5 hét, heti 2x30 perc) tréningben részesült. A tréningprogram általános gerincmobilizáló, a törzs és alsó végtag izmait célzó, erősítő és nyújtó gyakorlatokat, szenzomotoros tréning elemeket tartalmazott változatos testhelyzetben (fekvő, ülő, álló), fokozatosan nagyobb terhelést biztosítva. A III. csoport (n = 20 fő) pedig kontroll csoportként szerepelt, ők nem részesültek adott időszakban semmilyen fizioterápiás kezelésben. A résztvevők toborzása majd a vizsgálat és kezelés lefolytatása a Zala Megyei Kórház Fizioterápiás osztályán és a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar Zalaegerszegi Képzési Központjának laborjában folytak 2014 őszén.

4.3.2. A kutatás tervezése

A fizikális vizsgálat részeként az egyensúly felmérése, az egyensúly kontrollálása és a helyváltoztatás képességének vizsgálata alapvető jelentőségű csonttrikulás esetén. A Tinetti-skála (TS) egyensúly része, a Berg-féle egyensúly skála (BBS), a Funkcionális elérési teszt (FRT) és a Timed Up & Go (TUG) tesztek megbízható és validált mérőeszközök az egyensúly és az egyensúly-kontroll vizsgálatára.⁶⁷ A TS és a BBS is

az egyensúly tesztelésére lett kifejlesztve, de míg a TS-nél csak két válaszlehetőség van, addig a BBS négy válasz-kategóriát kínál, így a BBS árnyaltabb és kifinomultabb elemzésre alkalmas, ezért a BBS tesztet választottuk a vizsgálathoz.

4.3.2.1. Berg-féle egyensúly skála (BBS)

A BBS egy teljesítmény-orientált, validált és megbízható egyensúlymérő eszköz idősebb egyének számára.^{123, 124} A skála 14 tevékenység méréséből áll, melyeket 0-4 szám között pontozunk. A 0 azt jelenti, hogy az egyén nem képes kivitelezni a feladatot, míg a 4-es pontszámnál a komplex feladatot teljesen függetlenül kivitelezi a vizsgált személy. A maximális pontszám 56 lehet. A tételek között van egyszerű mobilitási feladat is, pl. közlekedés, leülés, de sokkal nehezebb feladatokat is tartalmaz, pl. 360 fokos megfordulás, egy lábon állás. A BBS három fő elemből áll: 1) képesség a testtartás fenntartására, 2) képesség a mozgás elindítására adott testtartásból és 3) külső zavarokra való reakció vizsgálata. A BBS skála más funkcionális mérésekkel közepes-magas korrelációt mutat fogyatékossgal élő idős embereknél, így a TUG teszttel, a Barthel-indexxel, a Fugl-Meyer teszt motoros és egyensúly al-skálájával, a Tinetti-egyensúly skálával.¹²⁵

4.3.2.2. Funkcionális elérési teszt (FRT)

A tesztet Duncan és munkatársai fejlesztették ki 1990-ben, egyszerű kivitelezésű teszt, mely méri a stabilitás határát a tevékenység kezdetétől és megjósolja a relatív esési kockázatot az idős embereknél. A Funkcionális elérési / karhossz teszt a személy által elérhető maximális távolság, mialatt fenntartja a stabil álló helyzetet. A vizsgált személy fal mellé áll (nem hozzáérve), lábai vállszélességben vannak, az egyik karját megemeli 90°-os flexióba, keze ökölben. Arra utasítjuk, hogy próbáljon meg előre nyújtózni amennyire csak lehetséges anélkül, hogy a lábai elemelkednének vagy elveszítené az egyensúlyát, s cm-ben lemérjük a nyújtózás mértékét - a III. metakarpofalangeális ízület helyét bejelölve. Három mérést végzünk, s annak átlagát tekintjük. A teszt képes megjósolni a visszatérő elesést, de az elesők és nem elesők között nem differenciál. Idős férfiaknál vizsgálva, ha a teszt értéke kevesebb 15 cm-nél, fokozott esési kockázatot jelez.¹²⁶

4.3.2.3. Timed Up & Go teszt (TUG)

Eredetileg az idős emberek egyensúlyának mérésére fejlesztették ki és 5 fokozatban értékelték az elesés rizikóját a vizsgáló érzékelése alapján. Podsiadlo és társa módosította a tesztet, így a kivitelezés időtartamának mérése történik, s egy alap mobilitási képességet vizsgáló teszt.¹²⁷ A megbízható és validált teszt alkalmas az otthonában élő, gondozóházakban ellátott vagy akár kórházi környezetben lévő idősebb korosztályú emberek egyensúlyának, funkcionális mobilitásának vizsgálatára. A TUG teszt ordinális skálán időtartamot vizsgál, a személy képességét méri a következő cselekvési sorrend végrehajtása során: felszólításra felállás egy kartámlás székről, gyaloglás három métert előre a fal felé, megfordulás a fal érintése nélkül, vissza gyaloglás és leülés. A TUG feltárja az idős emberek közötti különbségeket az elesésre való hajlam alapján.¹¹³

4.3.2.4. One leg standing test (OLST) / Standing on one leg / Egy lábon állás teszt

Az egy lábon állás teszt a szenzomotoros tesztek között alapeszt, mely bármely személynél egyszerűen elvégezhető, akinek nincs akut problémája. Időseknél - bár nehézséget okozhat a teszt kivitelezése - jól jelzi a lépcsőn vagy sötétben járás járásbiztonságát. A vizsgált egyén egyenesen áll egy vízszintes felszínen mezítláb, kezei mellkasa előtt keresztezve. Megkérjük, emelje fel egyik lábát, tartsa meg az egyensúlyát nyitott szemmel, közben fixáljon egy szemmagasságban lévő pontra.¹²⁸ Majd fixáljon erre a pontra, csukja be a szemét és ugyanígy emelje meg egyik, majd másik lábát és tartsa meg. Végezhetjük csak a domináns lábon csak vagy mindkét lábon felváltva is, mert nincs szignifikáns különbség a két végtag között.¹²⁹ Jelen vizsgálatban így a domináns végtagon mértük. Hiba, ha leteszi a lábát, elemelkednek a karjai, meg akar ragadni valamit, a támasz lába meginog. Továbbá, ha túlzott testsúlyáthelyezés van a támaszlábra, ha Trendelenburg-pozitivitás áll fenn (ferde a medence, álló láb medencéje feljebb van), erős remegés lép fel a bokában, lábban, ha testtartási zavar észlelhető (magnövekedett lumbális lordózis, torakolumbális izmok hipertónusa, vállak nincsenek egyvonalban, fej előrehelyezett).¹¹¹ Egyszeri gyakorlás utáni három vizsgálati eredmény átlagát számítjuk.

4.3.3. Gyógytornász irányította interjú

A beválasztási / kizárási kritériumoknak való megfelelés érdekében végeztünk egy személyes kikérdezést, ennek főbb rögzített paraméterei egyrészt a demográfiai adatok, másrészt a kórelőzmény kérdésköre volt. Így az életkor, menopauza ideje, terhesség, szülés száma mellett a korábbi és jelen betegségek, esetleges panaszok, korábbi törések, műtétek, gyógyszerfogyasztás kikérdezése zajlott. Emellett hangsúlyt kapott a látásbeli érintettség (látászavar, szemüveg viselése), s az egyensúly-patológia kikérdezése is.

4.3.4. Vérnyomás vizsgálata

Heine Gamma G5 (Heine Optotechnik GmbH&Co.KG, Herrsching, Germany) vérnyomásmérő segítségével történt ülő testhelyzetben, nyugalomban, bal karon a prekardium magasságában, alkar szupinált helyzetében az esetleges kezeletlen magas vérnyomás kiszűrésére.

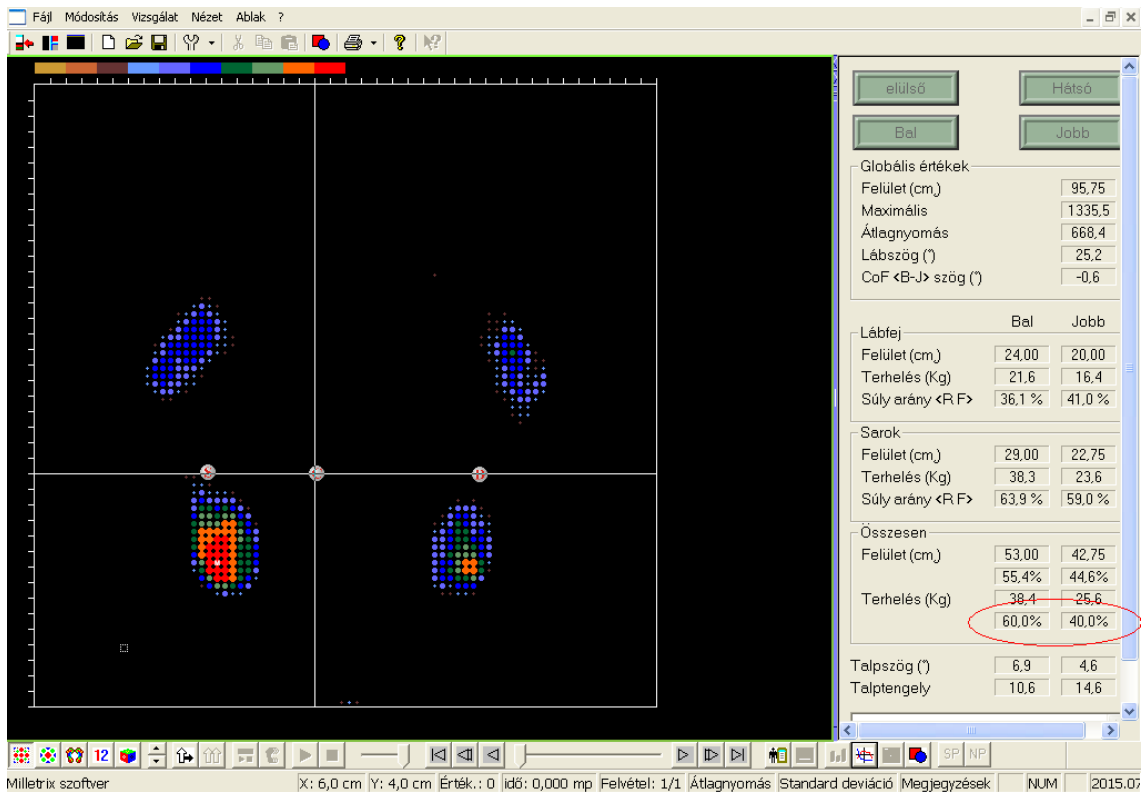
4.3.5. Testmagasság, testsúly mérése

A testmagasság mérése Seca orvosi stadiométer (Birmingham, UK) segítségével történt kevés ruha viselése mellett, cipő nélkül. A vizsgált személy szemmagasságban egy pontra fixált maga előtt, kezek test mellett. A testsúlyt Omron digitális mérlegen (Osaka, Japan) néztük.

4.3.6. Digitális biometriás vizsgálat

A vizsgálat a MultiSensor Elektronikus Baropodométer (Diagnostic Support s.r.l. Postural Biomedicine, Róma) eszköz segítségével történt. Az alrendszer egy moduláris elektronikus baropodometriás detekciós platform, mely 160x40 cm-es, benne 25600 szenzor van, cm²-ként 4 érzékelővel, mely egy személyi számítógéphez csatlakozik, s a Milletrix szoftver segítségével megtörténik az adatfeldolgozás.¹³⁰ Az eszköz számos mérés kivitelezésére alkalmas, jelen tanulmányban a statikus talpnyomás vizsgálatot és a test-ingadozást, azaz a stabilometriás vizsgálatot végeztük el.

A *statikus talpnyomás vizsgálat* egy, erre a célra kialakított, csendes szobában zajlik, így megakadályozza a betegek figyelmének elterelését az értékelés során. A résztvevők a vizsgálat előtt 5 percig széken ülve pihennek, majd a cipő levétele után néhány percet sétálnak, hogy a láb „elfelejtse” a lábbelivel kapcsolatos információt. A statikus talpnyomás vizsgálat során a személy elhelyezkedik a platformon a lábak természetes helyzetében, arccal előre tekint, szemmagasságban fixál egy pontra, felveszi az egyenes testtartást, mindkét talpfelületén egyformán támaszkodik cipő nélkül. A vállak nincsenek hátra vagy felhúzva, a karok a test mellett, egyszer belélegez, majd kilélegez, nyel egyet, s ebben a helyzetben mozdulatlanul maradva áll 5 másodpercig a platformon. A vizsgálat legfontosabb mutatói a CoF (Centre of foot) szög (jobb-bal talpankénti nyomásközpon), a lábszög tengelye, a teljes százalékos felület és a teljes százalékos terhelés, azaz a teljes talpi felületen érzékelt átlagnyomás. A C vagy CoP (Centre of pressure) a nyomásközéppont vagy testtömeg-középpont helyét mutatja, lásd 2. ábra. A testsúlyunk a két lábon normál esetben 50-50%-ban oszlik meg. Mivel jelen vizsgálatban nem az alsó végtagi mozgásszervrendszeri problémák elemzésére fókuszáltunk, így ebből a vizsgálatból a két láb esetleges aszimmetrikus terhelését emeltük ki, tehát a jobb láb 50%-tól való eltérését néztük abszolút értékben kifejezve.



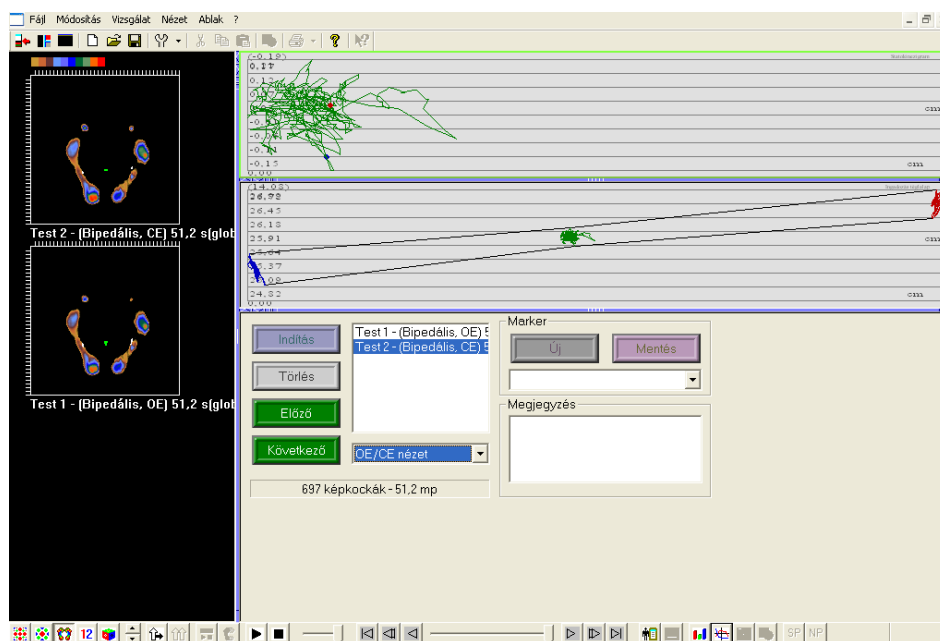
2. ábra A statikus talpnyomás vizsgálat mutatói (a bekarikázott részben az általunk feldolgozott mutatók)

A *test-ingadozás / stabilometriás vizsgálat* során az elhelyezés annyiban különbözik, hogy a sarkak 2 cm-re el vannak választva, míg a lábak 30°-os szöget zárnak be (előzetes sablon használatával), karjai oldalt, tenyerek előre néznek. A vizsgált személy a platformon állva néz nyitott szemmel (OE) maga előtt egy távoli pontot, összpontosít, légzése nyugodt, ajkait zárja, laza testhelyzetben áll, majd csukott szemmel (CE) folytatja. A bipedális mérés időtartama egyezményesen 51,2 másodperc nyitott és csukott szemmel.

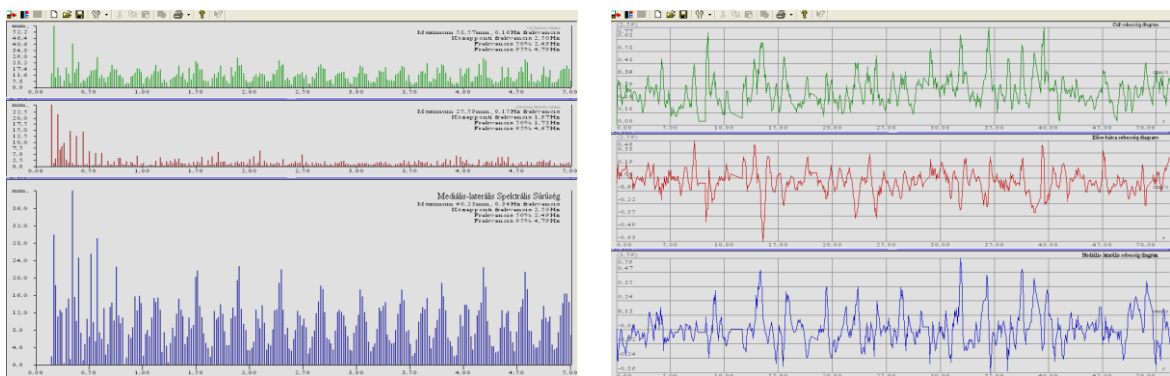
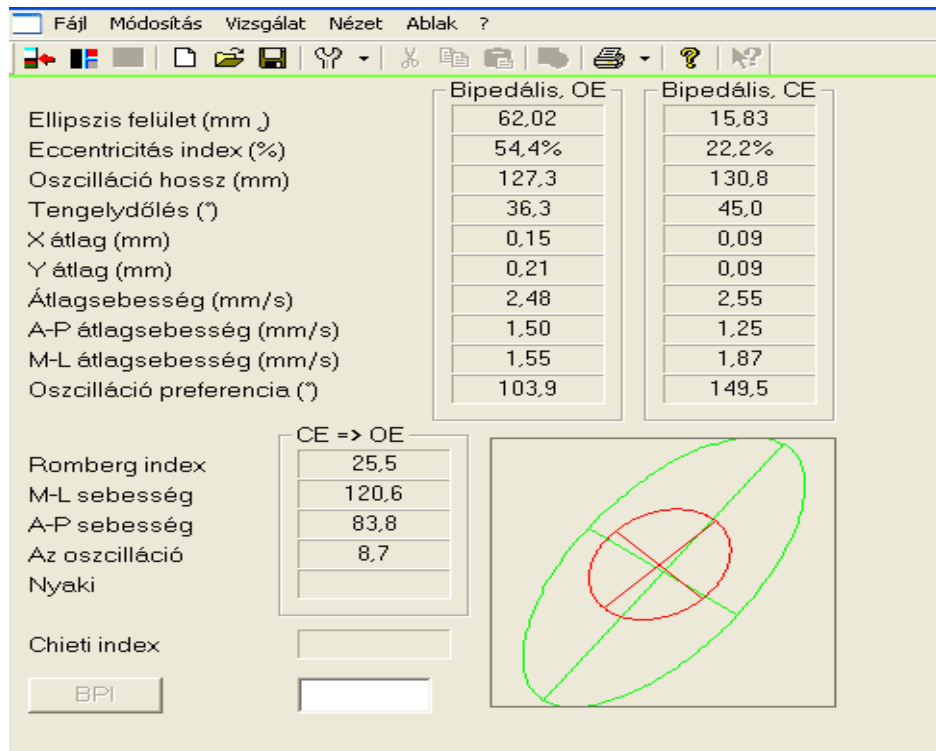
A rendszer az egyensúlyt a nyomáspontok középpontjának diszlokációja révén vizsgálja, ennek antero-posterior (AP) és medio-lateralis (ML) oszcillációjáról gyűjt adatokat a talp alatt lévő platformból, mellyel az egyensúly és az esetleges proprioceptív zavarok (Romberg-index) vizsgálhatók. Ha a testtömeg-középpont elmozdul, akkor annak pillanatnyi pozícióját rögzíti a gép az x és y koordináták által, ami megfelel a talpak érintkező felületén lévő eredő erővel.

A vizsgált mutatók: Romberg-index – a csukott és nyitott szemmel végzett vizsgálatban kapott konfidencia ellipszis felülete közötti összefüggés (x100). A mutató 100-nál

nagyobb értékei a csukott szemmel tapasztalható nagyobb oszcillációra utalnak, és fordítva. Ez a mutató a csukott szemmel tapasztalható oszcilláció túlzott mértékű növekedésének értékelését teszi lehetővé; ugyanakkor vizuális vagy vesztibularis zavar mutatója is lehet. Az átlagsebesség az ingadozás pályájának teljes hossza és a felvétel másodpercben kifejezett teljes időtartamának hányadosa alapján számítható ki. A mutató magas értéke az oszcillációk növekedésére utal. Az AP átlagsebesség az y tengely mentén, míg az ML átlagsebesség az x tengely mentén számított sebesség átlaga. Az ellipszis felület a konfidencia ellipszis felülete (cm²), mely érték általában 1-nél kisebb,¹³⁰ lásd 3 és 4. ábra.



3. ábra A stabilometriás vizsgálat mutatói



4. ábra A stabilometriás vizsgálat eredményeinek megjelenítése a Milletrix szoftver révén

Az ML átlagsebesség-arány – akárcsak a Romberg-index, a nyitott szemmel, illetve a csukott szemmel végzett vizsgálat során tapasztalt oldalirányú átlagsebesség aránya alapján fejezhető ki ($CE/OP \times 100$), míg az AP átlagsebesség-arány a sagittális síkra vonatkozik. Ez a mutató az OE és a CE feltételek mellett tapasztalt oldalirányú átlagos sebesség-ingadozások értékeléséhez használható. A csukott szemmel kapott oszcillációs értékek általában magasabbak, mivel a vizuális információ fontos szerepet játszik a testtartás kiigazításában, korrekációjában.¹³⁰

4.4. Statisztikai elemzés

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, átlag \pm szórás (SD) számolására került sor. A matematikai statisztika oldaláról az adatok eloszlásának ellenőrzése Kolmogorov-Smirnov teszttel, míg a variancia homogenitás vizsgálata Levene-féle F-teszttel történt. Az eloszlás normalitásától függően folytonos változónál paraméteres páros t-próbát vagy nem normál eloszlás esetén nem paraméteres Wilcoxon-tesztet alkalmaztunk a csoportokon belüli elemzéshez. A klinikai paraméterek elemzésekor a csoportok közti összevetésnél az átlagok összehasonlítására a parametrikus kétmintás t-próbát vagy a nemparametrikus Mann-Whitney tesztet használtuk. A 3 csoport összevetésekor vagy ANOVA analízist és Scheffé-féle post hoc elemzést végeztünk vagy a Kruskal-Wallis teszt alkalmazása történt. A korreláció értékelésére Pearson- vagy Spearman-korrelációs koefficiens számoltunk az eloszlástól függően. Az eredményeket $p < 0,05$ mellett tekintettük szignifikánsnak minden változóra vonatkozóan.

4.5. Etikai vonatkozás

A kutatások etikai engedélyezését egyrészt a PTE Orvostudományi Klinikai Központ Regionális Kutatás-etikai Bizottsága (HIV3384), másrészt a Szombathelyi Regionális Tudományos és Kutatás-etikai Bizottság (46/2011), illetve a Zala Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Szakigazgatási Szerve (097/00365-2/2012) végezte. A betegek minden esetben írásbeli és szóbeli tájékoztatást kaptak a vizsgálatról, írásban beleegyeztek a kutatásban való részvételbe. OP esetén a vizsgálat befejeztével a megfelelő indikáció alapján elkezdődött a gyógyszeres terápia.

5. Eredmények

5.1. Eredmények - I. Vizsgálat

5.1.1. Alapvető karakterisztika

A II. táblázat a résztvevők beavatkozás előtt mért antropometriai és főbb életmódbeli adatait mutatja. Nem volt szignifikáns különbség egyik alapvető paramétert tekintve sem a két csoport között.

II. táblázat A csoportok alapvető karakterisztikája

<i>Változó</i>	<i>TG (n = 25)</i>	<i>CG (n = 25)</i>	<i>p</i>
Életkor [év]	25,2 ± 1,0	25,3 ± 1,4	0,902
Testmagasság [cm]	168,6 ± 5,9	168,4 ± 4,9	0,897
Testsúly [kg]	61,12 ± 9,1	62,1 ± 7,9	0,682
BMI	21,75 ± 3,0	22,6 ± 3,5	0,349
Első menstruáció ideje [év]	13,2 ± 1,7	12,9 ± 1,1	0,504
Fizikai aktivitás [kcal/hét] ^a	3221 ± 408	3275 ± 382	0,735
Alkalmi alkohol fogyasztás [%] ^b	68	72	0,180
Dohányzás [%]	10	11	0,602

TG: tornacsoport, CG: kontroll/gyalogló csoport

^a az IPAQ kérdőív alapján

^b alkoholfogyasztásnál nem fogyaszt vagy alkalmi fogyasztó volt csak a mintában

5.1.2. Csontdenzitometria és laborvizsgálati alapadatok

Az alapvető oszteodenzitometriás értékeket a III. táblázat ismerteti. Egyik vizsgált paraméter között sem volt szignifikáns különbség a csoportok között. A T-score értékek és a sarok ásványi-anyag tartalma a normál tartományba esett. Nem volt szignifikáns különbség a két csoport között a vérvizsgálat vonatkozásában sem.

III. táblázat A csontultrahang és az általános laborvizsgálat alapadatai

Változó	TG (n = 25)	CG (n = 25)	p
<i>Kvantitatív csontultrahang - calcaneus (QUS)</i>			
T-score	0,2 ± 1,0	-0,1 ± 1,0	0,260
BMD [g/cm ²]	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,240
QUI	107,9 ± 18,8	101,6 ± 18,7	0,241
BUA	83,6 ± 16,2	77,7 ± 16,3	0,203
SOS	1572,3 ± 31,4	1562,8 ± 32,6	0,301
<i>Vérvizsgálat</i>			
PTH [pmol/L]	5,0 ± 1,6	5,3 ± 1,6	0,530
25(OH)D [ng/mL]	37,6 ± 11,2	34,0 ± 12,5	0,305
Se Ca [mmol/L]	2,4 ± 0,0	2,4 ± 0,4	0,890
Se P [mmol/L]	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0,231
ALP tréning előtt [E/L]	144,8 ± 39,0	150,3 ± 36,3	0,605
BALP tréning előtt [E/L]	79,3 ± 21,8	73,2 ± 17,3	0,284
CTX tréning előtt [pg/mL]	380,3 ± 164,3	319,0 ± 148,4	0,173
<i>Vizeletvizsgálat</i>			
Ca [mmol/L]	3,1 ± 1,9	2,6 ± 1,4	0,270

TG: tornacsoport, CG: kontroll/gyalogló csoport

A IV. táblázat a BALP, CTX és ALP értékeit mutatja a két csoportban a beavatkozás előtt és után, illetve a változás mértékét. Jelen vizsgálatban az ALP és BALP értékei E/l-ben, míg a CTX értékei pg/ml-ben vannak megadva (a BALP értékeit %-ban kifejezve is számoltuk, hogy a későbbiekben a II. vizsgálatnál összevethetőek legyenek az eredmények). A BALP nem-szignifikáns csökkenést jelez a tornát végzők csoportjában (-4,63% ± 13,14%), míg a gyaloglók csoportjában szignifikáns csökkenés detektálható (-7,65% ± 13,88%), lásd 5. ábra.

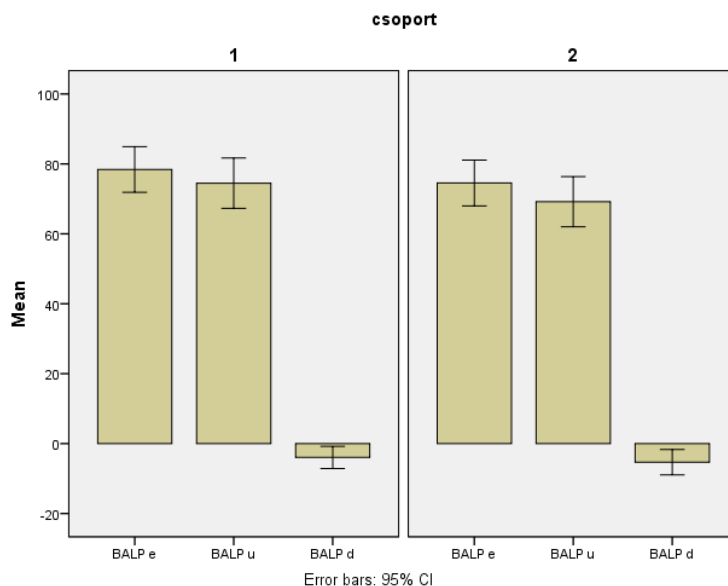
Összevetve a kiindulási és beavatkozás utáni értékeket, szignifikáns csökkenés látszik a CTX értékekben is a torna, illetve a gyaloglás hatására (-28,89% ± 34,82% vs. -52,54% ± 31,75%), lásd 6. ábra.

Az ALP értékek szintén szignifikáns csökkenést mutatnak (-6,84% ± 7,34 vs. -4,57% ± 4,79%) mindkét csoportban.

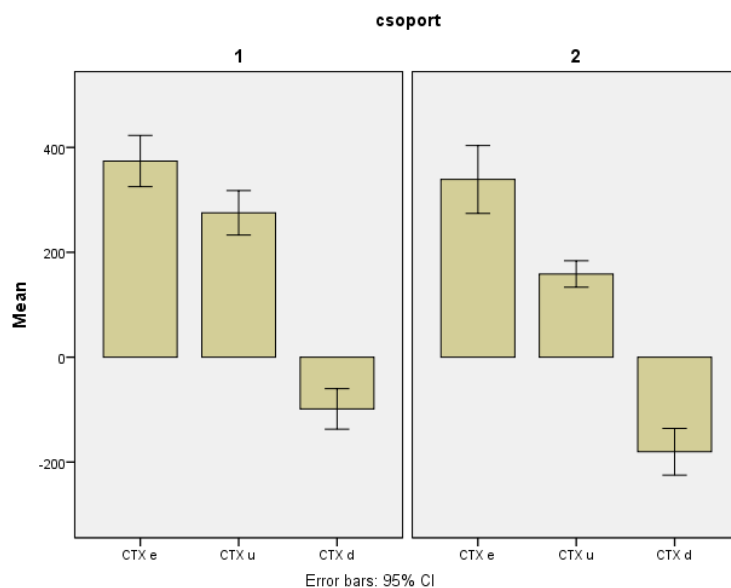
IV. táblázat A BALP, a CTX és az ALP értékei a két vizsgálati mintában

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>	<i>0,091</i>	<i>0,011</i>
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>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>
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>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>

TG: tornacsoport, CG: kontroll/gyalogló csoport



5. ábra A BALP értékei a beavatkozás előtt, után, s a változás mértéke a csoportokban (1: TG/ tornacsoport, 2: CG / kontroll/gyalogló csoport)



6. ábra A CTX értékei a beavatkozás előtt, után, s a változás mértéke a csoportokban (1: TG/ tornacsoport, 2: CG / kontroll/gyalogló csoport)

Mivel a minták normál eloszlást mutattak és a szóráshomogenitás teljesült, így független mintás t-próbával elemeztük a kiindulási és a beavatkozás utáni értékek különbségének átlagát. A csoportok között nem mutatható ki szignifikáns különbség az ALP ($t = 0,828$, $p = 0,414$), a BALP ($t = -0,419$, $p = 0,678$) és ugyanígy a BALP%-ban kifejezett ($t = -1,034$, $p = 0,308$) értékeinek vonatkozásában sem. Ezzel szemben a CTX adatait tekintve szignifikáns különbség detektálható ($t = -1,964$, $p = 0,049$), 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 szérum 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 magassabb BALP szinttel bírnak már ebben a korosztályban is.

5.2. Eredmények - II. Vizsgálat

5.2.1. Alapvető karakterisztika

A II. számú vizsgálati minta jellemzőit az V. táblázat mutatja. A résztvevő nők életkora 36 - 69 év, átlag $59,11 \pm 7,01$ év; 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, átlaga $-2,11 \pm 0,77$.

V. táblázat A csoportok alapvető karakterisztikája

Változó	RG (n = 30)	WG (n = 30)	p
Életkor [év]	$60,1 \pm 6,8$	$58,1 \pm 7,1$	0,265
Testmagasság [cm]	$162,7 \pm 5,7$	$158,7 \pm 6,3$	0,014
Testsúly [kg]	$70,0 \pm 12,1$	$72,1 \pm 14,9$	0,539
BMI [kg/m ²]	$26,4 \pm 4,6$	$28,6 \pm 5,9$	0,117
T-score	$-2,2 \pm 0,6$	$-2,0 \pm 0,8$	0,269
PTH [pmol/L]	$4,8 \pm 1,7$	$5,3 \pm 2,2$	0,508
25-OH-D [nmol/L]	$24,3 \pm 11,5$	$28,2 \pm 18,0$	0,438
Nyugalmi pulzusszám [ütés/perc]	$76 \pm 5,3$	$72 \pm 5,8$	0,560
Alkalmi alkohol fogyasztás [%] ^a	36,6	26,6	0,591
Kávéfogyasztás [%] ^{a, b}	66,6	83,3	0,176
Dohányzás [%] ^a	10	16	0,456
Fizikai aktivitás [kcal/hét] ^c	3075 ± 1546	3150 ± 1687	0,795

RG: ellenállásos tréningprogramot végzők csoportja, WG: gyalogló / kontrol csoport BMI: testtömegindex, PTH: parathormon, 25(OH)D: 25-hydroxy vitamin D.

^a Kérdőívben közölt adatok alapján (alkoholnál csak ilyen kategória volt a vizsgáltak között)

^b minimum egy csésze erős kávé/nap

^c Nemzetközi Fizikai Aktivitás Kérdőív (IPAQ) alapján

5.2.2. Csont biomarkerek

A VI. 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, az átlag $41,97 \pm 10,99\%$. A CTX értékek 30,0 - 685,0 pg/ml között voltak, az átlag $282,16 \pm 152,07$ pg/ml, míg a sclerostin értéke 7,3 - 69,3 pmol/l között terjedt, átlaga $24,96 \pm 12,65$ pmol/l.

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

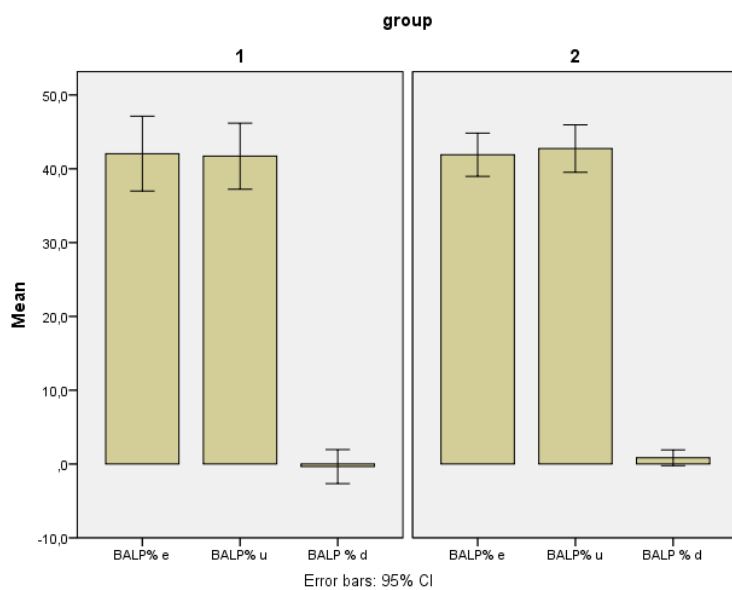
<i>Változó</i>	<i>RG (n = 30)</i>	<i>WG (n = 30)</i>
BALP		
Kiinduló érték [%]	42,0 ± 13,5	41,8 ± 7,8
Beavatkozás utáni érték [%]	41,7 ± 11,9	42,7 ± 8,6
Változás [%]	0,3 ± 1,6	-0,8 ± 0,7
<i>p</i>	<i>0,763</i>	<i>0,069</i>
CTX		
Kiinduló érték [pg/ml]	316,5 ± 178,5	247,8 ± 112,8
Beavatkozás utáni érték [pg/ml]	288,6 ± 159,8	252,5 ± 110,3
Változás [pg/ml]	27,9 ± 18,6	-4,7 ± 2,4
<i>p</i>	<i>0,001</i>	<i>0,489</i>
SCLEROSTIN		
Kiinduló érték [pmol/l]	26,7 ± 13,8	23,1 ± 11,2
Beavatkozás utáni érték [pmol/l]	30,0 ± 16,1	29,5 ± 11,7
Változás [pmol/l]	-3,2 ± 2,3	-6,3 ± 0,5
<i>p</i>	<i>0,191</i>	<i>0,017</i>

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

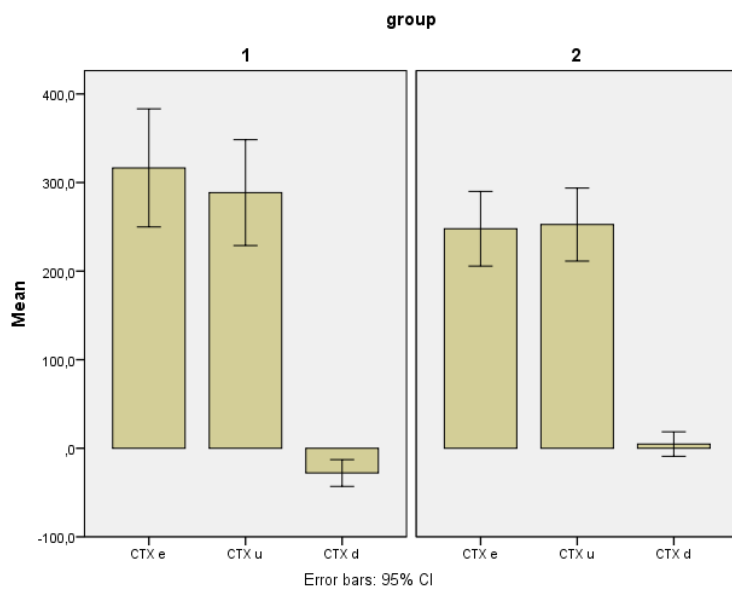
A csoportokon belül a beavatkozás hatására bekövetkezett változások elemzésére az eloszlástól függően páros t-próba vagy Wilcoxon-teszt alkalmazása történt.

A BALP értékeket tekintve a beavatkozás hatására nem történt szignifikáns változás (0,8% ± 11,78% vs. -2,02% ± 10,0%), lásd 7. ábra. A CTX értékeket tekintve a gyógytorna csoportban szignifikáns csökkenés következett be, míg a kontroll csoportban nem történt szignifikáns változás (8,82% ± 10,45% vs. -1,9% ± 2,19%), melyet a 8. ábra szemléltet.

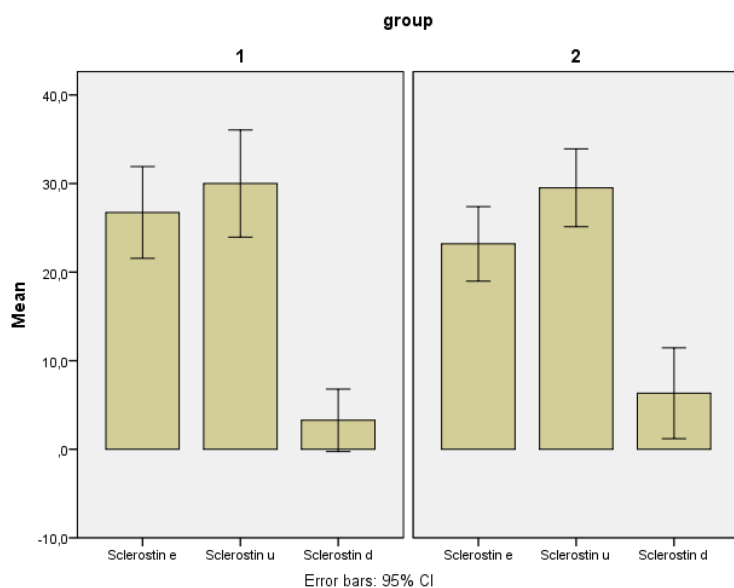
A sclerostin vonatkozásában az RG nem szignifikáns változást mutatott, míg a WG szignifikáns csökkenést jelzett (-12,23% ± 16,72 vs. -27,25% ± 4,61%), melyet a 9. ábra jelenít meg.



7. ábra A BALP értékei a beavatkozás előtt, után, és a változás mértéke a csoportokban (1: RG, 2: WG)



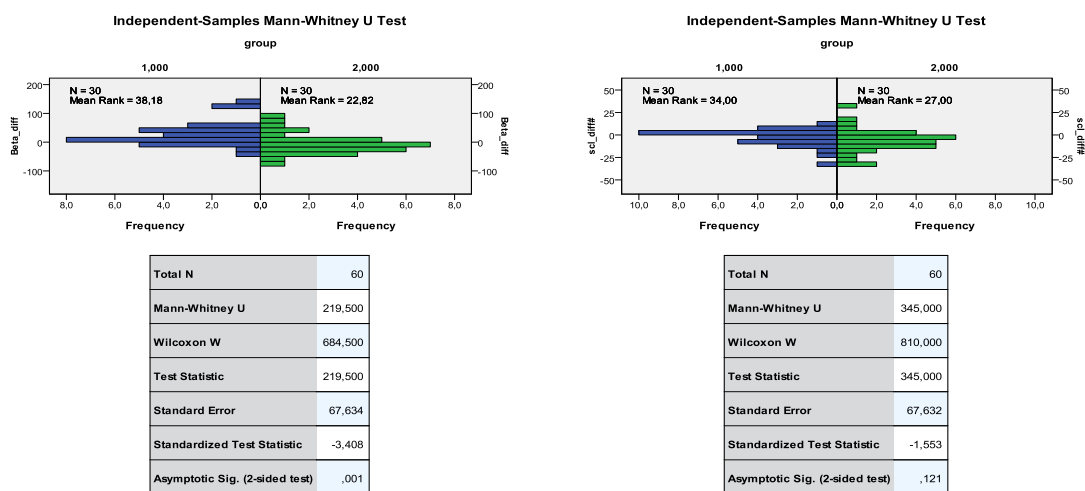
8. ábra A CTX értékei a beavatkozás előtt, után, és a változás mértéke a csoportokban (1: RG, 2: WG)



9. ábra A sclerostin értékei a beavatkozás előtt, után, és a változás mértéke a csoportokban (1: RG, 2:WG)

A normál eloszlás vizsgálata alapján parametrikus próbával - független mintás t-próbával - vetettük össze a BALP értékek különbségét, ahol $t = 0,956$, $p = 0,345$, így nincs szignifikáns különbség a csoportok között.

Ennek nemparametrikus párját, Mann-Whitney U-tesztet alkalmaztunk a CTX és sclerostin változók esetén, melyet a 10 ábra szemléltet. Szignifikáns különbség detektálható a CTX értékek változását illetően ($p = 0,001$), míg a sclerostin esetén nem mutatható ki szignifikáns különbség a csoportok között ($p = 0,121$).



10.ábra A CTX és a sclerostin változásának összevetése Mann-Whitney teszttel

A vérben mérhető sclerostin kiindulási és beavatkozás utáni értékei, valamint a CTX és BALP hasonló értékei közötti korrelációkat a VII. táblázat tartalmazza.

VII. táblázat A vizsgált paraméterek közti összefüggések megjelenítése^a

	BALPu	BALPk	CTXe	CTXu	CTXk	Scler.e	Scler.u	Scler.k	t.súly	t.mag.	életkor
BALPe	0,916		0,542	0,551		-0,260			-0,362		
BALPu			0,543	0,555		-0,279			-0,366		
BALPk											
CTXe.				0,967	0,303					0,313	
CTXu										0,314	
CTXk							-0,259	0,353		0,270	
Scler.e							0,565	0,316			
Scler.u								-0,514			
Scler. k											
t.súly											
t.mag.											
PTH					-0,369						0,393
T-score							0,330		0,324		

^a p < 0,05

e: beavatkozás előtt, u: beavatkozás után, k: különbség

A többi vizsgált paraméter között nem volt kimutatható szignifikáns kapcsolat.

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 ($r = 0,309$; $p = 0,016$). 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 oszteoporotikus és oszteopeniás 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 oszteoporotikus és oszteopeniás résztvevők között ($p > 0,05$).

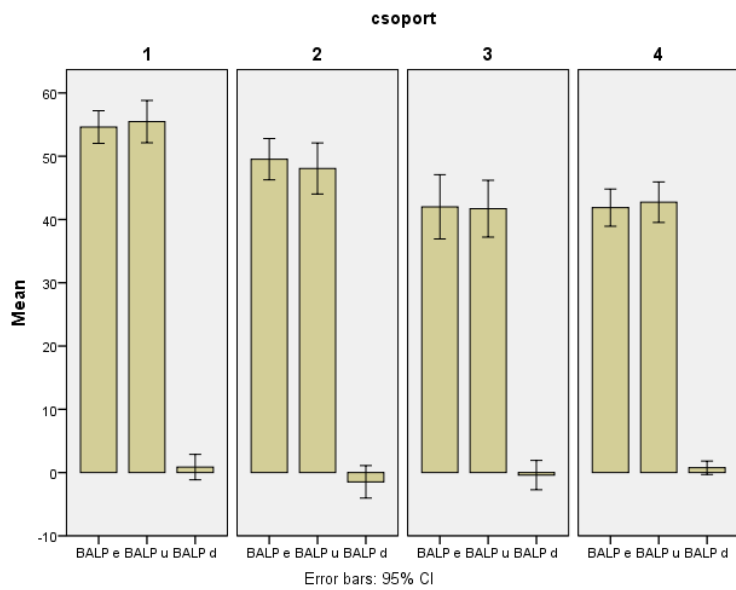
5.3. Az I. és II. vizsgálati csoport eredményeinek összevetése

Az VIII. táblázat a csúcs-csonttömegű és a csökkent csontsűrűségű csoport összevetését mutatja a BALP és CTX értékeinek vonatkozásában, összevetve a kiindulási értékeket, a beavatkozás utáni értékeket és a két mérés közti differenciát. Szignifikáns különbség látható a BALP %-ban kifejezett kiindulási és beavatkozás utáni értékei között, illetve a CTX kiinduló értékeiben és a két mérés közti differencia mértékében. Minden változót tekintve – ahol szignifikáns különbség található – a fiatalok csoportjában volt magasabb az érték.

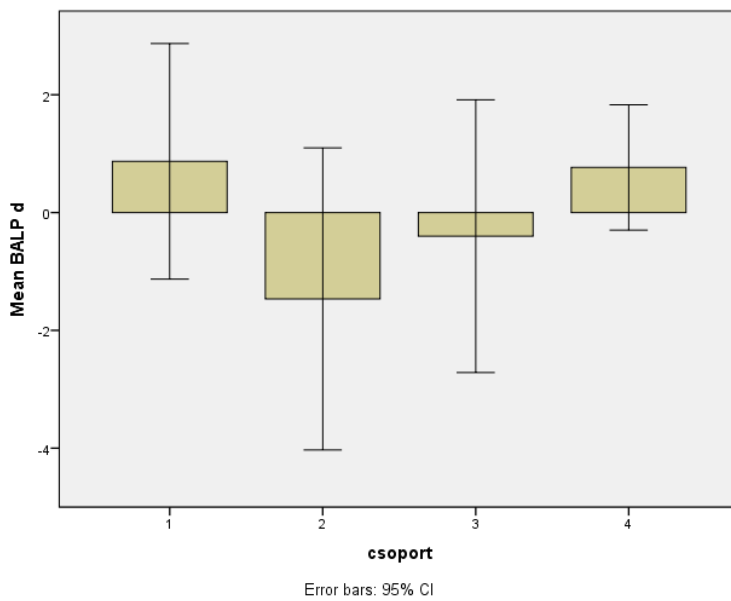
VIII. táblázat A két vizsgálati korcsoport összevetése

<i>Változók</i>	<i>p</i>
BALP kiinduló érték	<0,001
BALP beavatkozás után	<0,001
BALP differencia	=0,782
CTX kiinduló érték	=0,020
CTX beavatkozás után	=0,145
CTX differencia	<0,001

A 11. ábra a négy csoport, a csúcs-csonttömegű és csökkent csontsűrűségű, gyógytornát végzők és gyaloglók csoportjainak BALP %-os arányát jeleníti meg. 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 12. ábrán látható, hogy a legnagyobb mértékű változás a gyalogló fiatalok csoportjában történt.

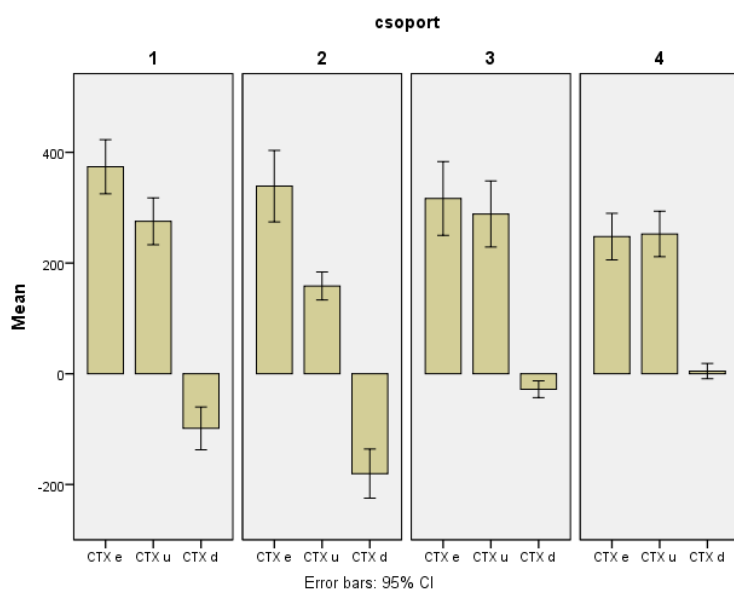


11. ábra A BALP értékek %-os megjelenítése a beavatkozás előtt, után és a változás mértéke (1: tornázó fiatalok, 2: gyalogló fiatalok, 3: tornázó idősek, 4. gyalogló idősek; e: beavatkozás előtti adat, u: beavatkozás utáni adat, d: differencia)

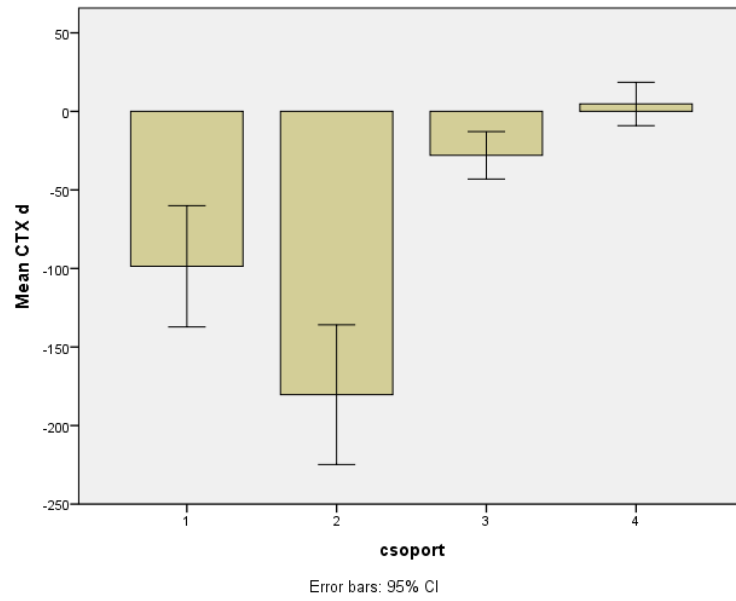


12. ábra A BALP %-os értékek változása a négy vizsgálati csoportban (1: tornázó fiatalok, 2: gyalogló fiatalok, 3: tornázó idősek, 4. gyalogló idősek; e: beavatkozás előtti adat, u: beavatkozás utáni adat, d: differencia)

A 13. ábra a négy csoport, a csúcs-csonttömegű és csökkent csontsűrűségű, gyógytornát végzők és gyaloglók csoportjainak CTX értékeit jeleníti meg. 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 14. ábrán jól látható a jelentős különbség a CTX változásának mértékét illetően a fiatalabb csoport javára.



13.ábra A CTX értékeinek megjelenítése a beavatkozás előtt, után és a változás mértéke (1: tornázó fiatalok, 2: gyalogló fiatalok, 3: tornázó idősek, 4. gyalogló idősek; e: beavatkozás előtti adat, u: beavatkozás utáni adat, d: differencia)



14. ábra A CTX változása a négy vizsgálati csoportban
(1: tornázó fiatalok, 2: gyalogló fiatalok, 3: tornázó OP csoport, 4. gyalogló OP csoport)

5.4. Eredmények - III. Vizsgálat

A három csoport antropometriai adatai között (életkor, BMI) nem volt szignifikáns különbség. A résztvevő nők átlag életkora $64,4 \pm 6,1$ év (I. csoport: $63,2 \pm 7,6$ év, II. csoport: $64,9 \pm 4,8$ év, III. csoport: $65,2 \pm 6,2$ év; életkor: $p = 0,265$, BMI: $p = 0,587$).

Az FRT, a TUG, a BBS és az OLST tesztek kiindulási és beavatkozás utáni értékeit, illetve a változás mértékét a X. táblázat ismerteti mindhárom vizsgálati csoportra vonatkoztatva.

Az FRT pontértékei első méréskor az egész vizsgálati mintában $15,3 - 51,3$ pont között változtak, átlag $27,7 \pm 6,7$ pont volt. A csoportokon belüli változást páros t-próbával, a csoportok közti összevetést ANOVA analízissel, illetve Scheffé-féle post hoc teszttel elemeztük. 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., apost hoc elemzés igazolja az I. és II., illetve az I. és III. csoportok közti különbségeket. Az FRT értékeket a 15. ábra vizuálisan is megjeleníti.

X. táblázat A funkcionális stabilitást vizsgáló tesztek értékei

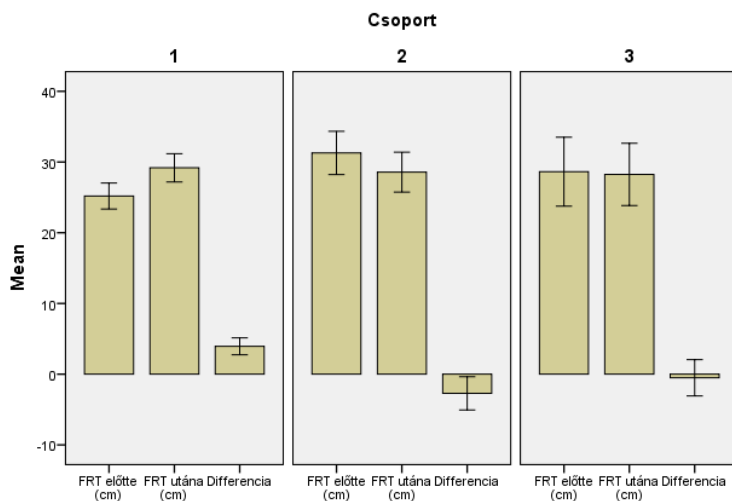
Változók	I. csoport	II.csoport	III.csoport
FRT [cm] e	$25,3 \pm 5,6$	$31,2 \pm 5,2$	$28,6 \pm 9,2$
FRT [cm] u	$29,4 \pm 5,4$	$28,6 \pm 4,8$	$28,1 \pm 8,2$
<i>p</i>	<0,001	0,031	0,641
ANOVA	<i>p</i> < 0,001		
Post hoc test	<i>p</i>₁₋₂ < 0,001; <i>p</i>₁₋₃ = 0,002; <i>p</i>₂₋₃ = 0,310		
TUG [sec] e	$9,5 \pm 2,5$	$8,3 \pm 1,0$	$11,2 \pm 2,6$
TUG [sec] u	$8,8 \pm 1,6$	$8,4 \pm 0,9$	$11,3 \pm 2,7$
<i>p</i>	0,023	0,571	0,713
ANOVA	<i>p</i> = 0,022		
Post hoc test	<i>p</i>₁₋₂ = 0,024; <i>p</i>₁₋₃ = 0,395; <i>p</i>₂₋₃ = 0,428		
BBS [pont] e	$46,3 \pm 3,4$	$49,1 \pm 3,1$	$44,7 \pm 4,9$
BBS [pont] u	$50,4 \pm 3,2$	$49,7 \pm 3,0$	$43,75 \pm 5,5$
<i>p</i>	<0,001	0,414	0,090
ANOVA	<i>p</i> < 0,001		
Post hoc test (<i>p</i>₁₋₂ = 0,002; <i>p</i>₁₋₃ < 0,001; <i>p</i>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
<i>p</i>	0,023	0,124	0,186
ANOVA		0,041	
<i>Post hoc test</i>	$p_{1-2} = 0,014; p_{1-3} < 0,001; p_{2-3} = 0,412$		
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
<i>p</i>	<0,001	0,213	0,634
ANOVA		0,003	
<i>Post hoc test</i>	$p_{1-2} = 0,003; p_{1-3} < 0,001; p_{2-3} = 0,456$		

e: beavatkozás előtti érték; u: beavatkozás utáni érték

OE: nyitott szemmel; CE: csukott szemmel

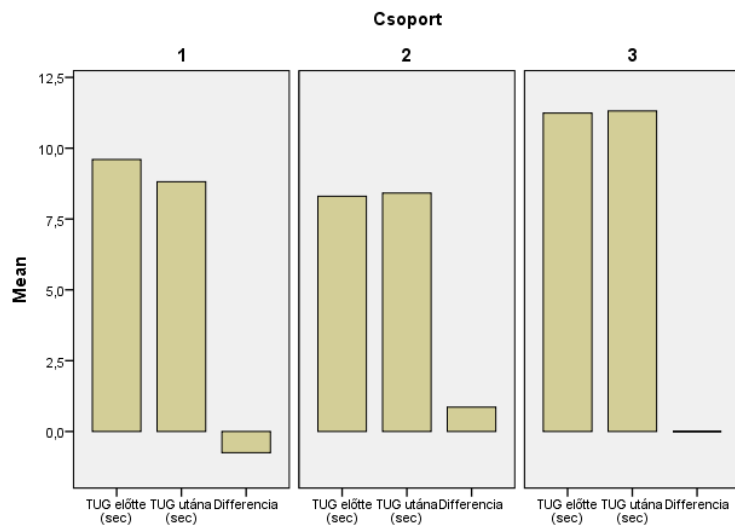
p: páros t-próba



Error bars: 95% CI

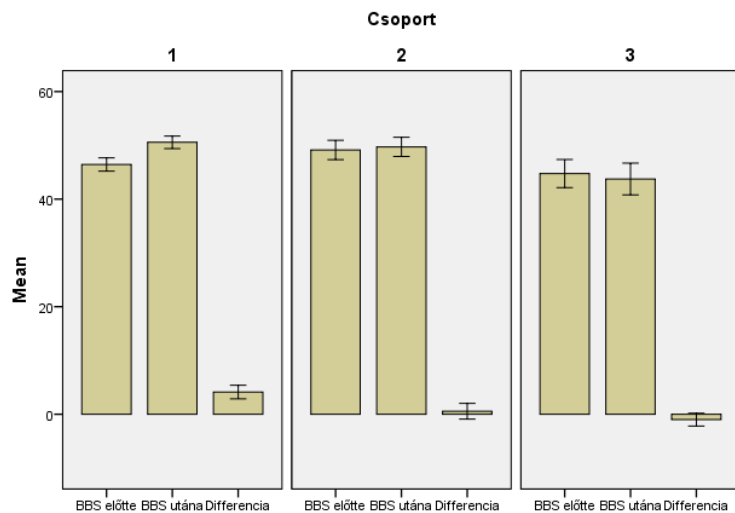
15. ábra Az FRT teszt kezelés előtti és utáni értékei és a változás mértéke

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. és III. vizsgálati csoportban alig történt változás, lásd 16. ábra. A csoportok között szignifikáns a különbség a változás mértékét vizsgálva.



16. ábra A TUG teszt kezelés előtti és utáni értékei és a változás mértéke

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, lásd 17. ábra. A post hoc elemzés alapján megállapítható, hogy az I. csoport a másik két csoport eredményeivel összevetve is javulást mutat.



Error bars: 95% CI

17. ábra A BBS teszt kezelés előtti és utáni értékei és a változás mértéke

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.

A XI. táblázat a biometriás vizsgálat főbb mutatóit tartalmazza. 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. Míg 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, lásd 18. ábra.

A stabilometriás mutatókat nézve az egyik legfontosabb mutató a Romberg-index, ami az ellipszis felület mértékét arányosítja a vizuális 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, lásd 19. ábra. 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 AP átlagsebesség és sebesség-arány szempontjából egyik csoportban sem történt jelentős változás, s a csoportok között sem volt különbség. Az 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, bár a csoportok között nem mutatható ki szignifikáns különbség, lásd 20. ábra.

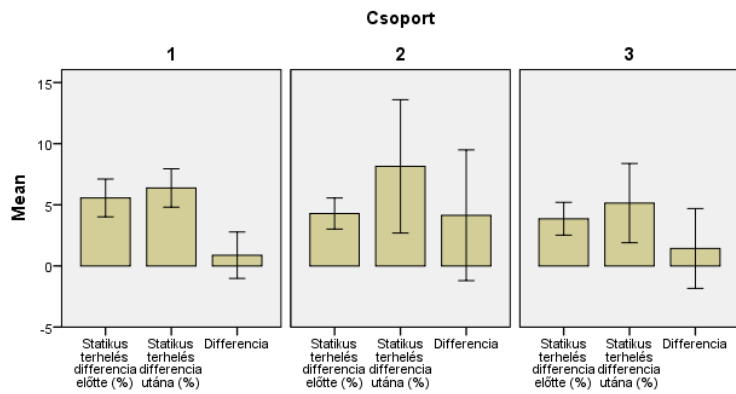
XI. táblázat A statikus és a stabilometriás vizsgálat eredményei

<i>Változók</i>	I.csoport	II.csoport	III.csoport
Statikus lábterhelés differencia [%] e	7,2 ± 4,1	4,2 ± 2,0	3,5 ± 2,1
Statikus lábterhelés differencia [%] u	5,9 ± 5,2	8,2 ± 6,6	5,1 ± 5,5
<i>p</i> ₁	0,136	0,270	0,470
<i>p</i> ₂		0,846	
Romberg-index e	121,6 ± 31,7	115,5 ± 39,1	120,5 ± 44,2
Romberg-index u	117,7 ± 27,2	114,1 ± 41,7	114,9 ± 48,0
<i>p</i> ₁	0,134	0,509	0,237
<i>p</i> ₂		0,697	
Ellipszis felület OE [mm ²] e	53,0 ± 30,3	58,5 ± 39,4	48,7 ± 28,4
Ellipszis felület OE [mm ²] u	49,5 ± 31,4	65,9 ± 47,4	72,2 ± 45,8
<i>p</i> ₁	0,238	0,975	0,218
<i>p</i> ₂		0,829	
Ellipszis felület CE [mm ²] e	64,5 ± 48,4	67,6 ± 66,4	58,7 ± 42,9
Ellipszis felület CE [mm ²] u	58,3 ± 43,0	75,2 ± 52,08	83,0 ± 49,5
<i>p</i> ₁	0,393	0,826	0,096
<i>p</i> ₂		0,507	
AP átlagsebesség OE [mm/s] e	2,12 ± 0,2	2,46 ± 0,8	2,25 ± 0,2
AP átlagsebesség OE [mm/s] u	2,23 ± 0,6	2,17 ± 0,3	2,25 ± 0,2
<i>p</i> ₁	0,324	0,235	0,688
<i>p</i> ₂		0,197	
AP átlagsebesség CE (mm/s) e	2,25 ± 0,3	2,54 ± 0,4	2,39 ± 0,9
AP átlagsebesség CE [mm/s] u	2,36 ± 0,3	2,60 ± 0,4	2,48 ± 1,1
<i>p</i> ₁	0,061	0,243	0,712
<i>p</i> ₂		0,081	
AP átlagsebesség-arány [mm/s] e	106,1 ± 48,4	103,2 ± 12,2	106,9 ± 96,1

AP átlagsebesség-arány	105,8 ± 32,2	119,8 ± 38,7	110,2 ± 51,9
[mm/s] u			
<i>p</i> ₁	0,385	0,157	0,836
<i>p</i> ₂		0,278	
ML átlagsebesség OE	2,8 ± 0,3	2,3 ± 0,4	2,63 ± 0,7
[mm/s] e			
ML átlagsebesség OE	2,57 ± 0,2	2,7 ± 0,5	2,9 ± 0,4
[mm/s] u			
<i>p</i> ₁	0,052	0,130	0,631
<i>p</i> ₂		0,283	
ML átlagsebesség CE	2,9 ± 0,4	2,7 ± 0,3	3,1 ± 0,6
[mm/s] e			
ML átlagsebesség CE	2,95 ± 0,4	2,9 ± 0,5	3,3 ± 0,5
[mm/s] u			
<i>p</i> ₁	0,512	0,130	0,471
<i>p</i> ₂		0,452	
ML átlagsebesség- arány [mm/s] e	103,5 ± 34,8	117,3 ± 28,5	117,8 ± 31,1
ML átlagsebesség- arány [mm/s] u	114,7 ± 40,7	107,4 ± 44,1	113,7 ± 40,4
<i>p</i> ₁	0,003	0,509	0,569
<i>p</i> ₂		0,066	

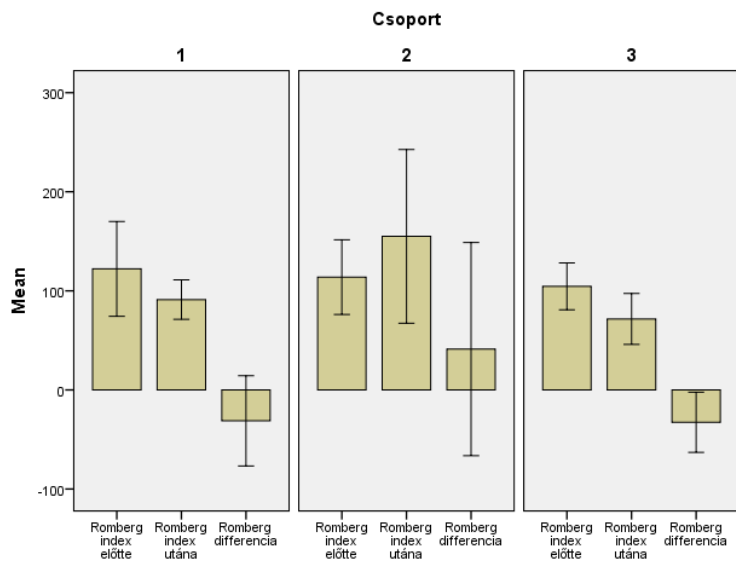
OE: nyitott szemmel; CE: csukott szemmel

*p*₁: Páros t-próba / Wilcoxon teszt értéke; *p*₂: csoportok közti összevetés (Kruskal-Wallis teszt értéke)



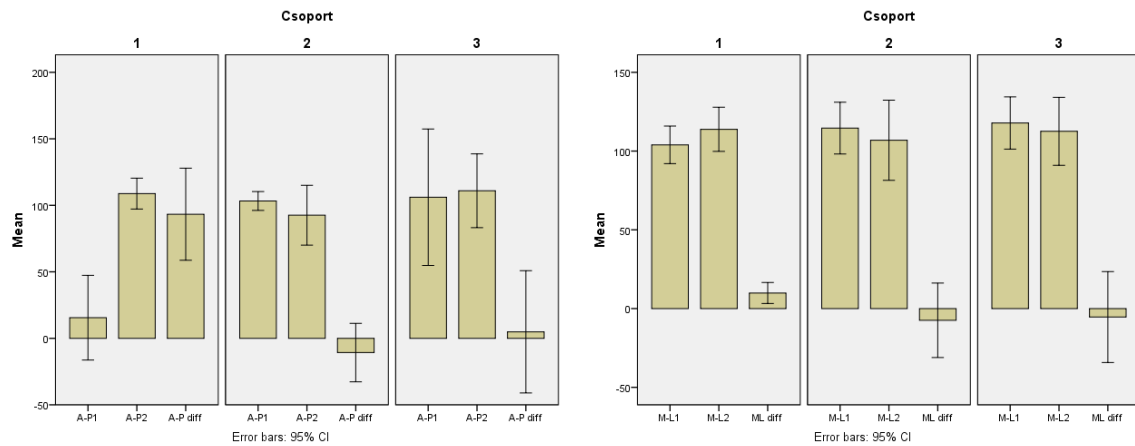
Error bars: 95% CI

18. ábra A statikus lábterhelés differencia beavatkozás előtti és utáni értékei és a változás mértéke a csoportokban



Error bars: 95% CI

19. ábra A Rombert index értéke a csoportokban beavatkozás előtt és után, és a változás mértéke



20. ábra Az AP és ML irányú kitérések beavatkozás előtti és utáni értékei és a változás mértéke a csoportokban

A kutatás kiegészítéseként összefüggést kerestünk 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-arányt nézve sem, lásd XII. táblázat. Ellenben az ML átlagsebesség arányban az I. és II. csoport között különbséget találtunk.

XII. táblázat A statikus és stabilometriás eredmények csoportonkénti összevetése

<i>Változók</i>	I-II. csoport	I-III. csoport	II-III. csoport
Statikus lábterhelés differencia (%)			
<i>p</i>	0,690	0,893	0,510
Ellipszis felület nyitott szemmel (mm²)			
<i>p</i>	0,512	0,178	0,725
Ellipszis felület csukott szemmel (mm²)			
<i>p</i>	0,671	0,590	0,861
AP sebesség (mm/s)			
<i>p</i>	0,422	0,342	0,482
ML sebesség (mm/s)			
<i>p</i>	0,034	0,092	0,725
Romberg-index			
<i>p</i>	0,580	0,621	0,429

Összefüggéseket kerestünk a funkcionális tesztek között, melyet a XIII. táblázat részletez. 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.

XIII. táblázat A funkcionális tesztek és az életkor közti összefüggés bemutatása^a

	TUGe	TUGu	TUGk	FRTe	FRTu	FRTk	BBSe	BBSu	BBSk
életkor	0,51	0,57			-0,27		-0,63	-0,53	
TUGe		0,69	0,33				-0,49	-0,42	
TUGu			-0,28			0,30	-0,40	-0,63	0,34
TUGk						-0,30			
FRTe					0,63	0,41		0,26	
FRTu						-0,36	0,35	0,61	-0,36
FRTk								-0,43	0,41
BBSe								0,57	0,26
BBSu									-0,59

^a p < 0,05

e: beavatkozás előtt, u: beavatkozás után, k: különbség

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 szemmel vizsgált ellipszis felület beavatkozás utáni értéke és annak különbsége között. Az FRT és BBS mutatók és az ellipszis felület között is található kapcsolat, melyet a XIV. táblázat ismertet.

XIV. táblázat Az ellipszis felület eredményeinek összevetése a funkcionális tesztek eredményeivel^a

	TUGe	TUGu	FRTk	FRTu	BBSk	BBSu
EFOEe	0,40					
EFOEu	0,49	0,45				0,31
EFOEk		0,27		0,34		0,38
EFCEe				0,27		
EFCEu						
EFCEk						0,35

^ap < 0,05

e: beavatkozás előtt, u: beavatkozás után, k: különbség

EF: ellipszis felület; OE: nyitott szemmel, CE: csukott szemmel

6. Megbeszélés

6.1. A fizikai aktivitás direkt hatása a BALP és CTX szintre

A gyakorlatok hatására létrejött csontforgalom-változást az oszteoblasztokban és osteocytákban kiváltódott mechanikai deformáció indítja el.¹³¹ Élő szövetben a csontsejtek válasza a mechanikai behatásra gyorsan bekövetkezik, ugyanúgy, mint a gén expresszió és / vagy csont-turnover markerek fehérje expressziója.^{132, 133} Ismert, hogy az oszteoblaszt prekursor által kiváltott alkalikus foszfatáz expresszió átmenetileg emelkedik a mechanikai terhelést követő fél órán belül és 24 órával később megy vissza a kiindulási értékekre.¹³⁴ Jelen tanulmány megerősítette, hogy fiatal korosztályban a 60 perces, közepes intenzitást nyújtó, célzottan összeállított gyógytorna és a vele összehasonlított ütemes gyaloglás a csontspecifikus alkalikus foszfatáz 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.¹³⁵ 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 intenzívebb, a gyaloglásnál nagyobb hatékonyságú 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.¹³⁶ 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,¹³⁶ mely feltételezést jelen tanulmány is megerősít.

Az előző tanulmányok különböző fizikai aktivitás rövid távú hatásairól számoltak be, így vizsgálták a gyaloglás,^{137, 138, 139} a futás,^{140, 141} az ellenállásos tréning,^{142, 143, 35, 144} a 42 km-es maraton futás,^{145, 146, 147} a kerékpározás^{148, 149, 150} és az egyéb fizikai aktivitás¹⁵¹ hatásait a csont turnover-re.

A **gyaloglást** tekintve Tosun és mtsai szignifikáns ALP-szint csökkenésről számoltak be 24 órával az élénk gyaloglás után, míg a hasonló gyakorlatok, például futószalagon gyaloglás 30 percig 5 kg-os hátizsákkal szignifikáns emelkedést mutatott az ALP szintben a vizsgált 9 egészséges nőnél.¹³⁸ Welsh és mtsai ezzel szemben tíz egészséges fiatal férfi biokémiai markereit elemezték a 30 perces élénk futószalagozás előtt és 32 órával utána, és nem találtak változást sem az osteokalcin (OC), sem az ALP szintben a vizsgált értékekben.¹³⁹ A vizeletből vizsgált crosslinkek emelkedést mutattak a torna

napján és a következő napon. Így a mérsékelt testmozgás stimulálhatta a csontreszorpciót 32 órán belül. Maïmoun és mtsai 3 csoportot elemeztek (aktív, közepesen aktív idősök és aktív fiatalok) ütemes gyaloglás előtt és után és azt találták, hogy a CTX szint változatlan maradt mindhárom csoportban, míg a BALP értéke csak a közepesen aktív idős csoportban emelkedett. A többi csoportban nem találtak közvetlen hatást a csontturnoverre.¹³⁷

A *futást* tekintve Thorsen and Zittermann végeztek vizsgálatokat, melyben a futás hatását nézték a csont biokémiai markereire. Thorsen és mtsai szignifikáns csökkenést detektáltak a PICP (szérum I. típusú kollagén karboxiterminális telopeptidje) értékében 1 órával a 45 perces futás után fiatal nőknél, majd növekedést 24 és 48 óra múlva. Szignifikáns növekedést találtak az ICTP értékében 24 és 72 óra múlva. Így a fiatal nők az emelkedő csont kollagén turnover biokémiai jeleit mutatták az egyszeri, közepes állóképességi edzés hatására.¹⁴⁰ Zittermann és mtsai tanulmányában a PICP szint szignifikánsan alacsonyabb lett a 60 perces futás után, összehasonlítva a pihenéssel, továbbá a szérum CTX-szint markánsan csökkent 3 órával a gyakorlat befejezése után.¹⁴¹

Crespo és mtsai 18 elit maraton futót vizsgáltak, és megnövekedett ALP és csökkent TRAP-szintet találtak közvetlen a futam után és 24 órával később.¹⁴⁵ A megemelkedett ALP szint a verseny után 24 órával is fennmaradt, mely azt sugallta, hogy a gyakorlat intenzív és tartós hatást eredményezett az osteogenetikus kapacitásban. Malm és mtsai 23 futót analizáltak szintén maraton futás után.¹⁴⁷ Az OC-szint csökkent a futás után azonnal és 1, 3, majd 5 nappal később is, bár csak a nőknél. A BALP szintje szintén csökkent 5 napig a maratont futó nők körében. Langberg és mtsai a PICP és az ICTP szintjének változásról számoltak be 17 maratont futó férfínál közvetlen a futás után.¹⁴⁶ A gyakorlat utáni átmeneti kollagén formáció-csökkenés után a szintek emelkedtek a következő napokban, a tetőzés 3 nappal a maraton futás után volt, majd visszatért a bazális értékekre 5 nappal az edzés után.

A séta a gravitációs erőbehatást kihasználva mérsékelt terhelést okoz a csontvázrendszerre nézve, így ez a gyakorlattípus kevésbé hatékony a csonttritkulás megelőzésében, míg az *erősítő gyakorlatok* úgy tűnik megfelelő hatékonyságú inger

biztosítanak a csonttömeg fokozása és fenntartása érdekében idős korban is.¹⁵² Ezzel összecseng jelen tanulmány vizsgálati eredménye is. Kristoffersson és mtsai szerint a rövid ideig végzett maximális erő kifejtéssel járó munka nem okozott jelentős változást a csontanyagcserében (OC, PICP és ICTP) 5 és 60 perccel a gyakorlat befejezése után.¹⁴³ Whipple és mtsai közepes intenzitású, 45 perces ellenállásos tréning direkt hatását vizsgálták 9 egészséges, edzetlen férfin,¹⁴⁴ s a beavatkozás szignifikáns növekedést eredményezett a csontépítő és csontbontó biokémiai markerekben 8 órával a gyakorlat után, míg a szérumban a NTX érték csökkent, a BALP és PICP változatlan maradt, majd 24 óra múlva az értékek visszaálltak a kiindulási szintre. Ashizawa és mtsai tizennégy edzetlen egyént vizsgáltak, akik 7 ellenállásos gyakorlatot végeztek 3x10 ismétléssel,¹⁴² s a PICP szignifikánsan csökkent 1 nappal az edzés után, a BALP szintje 2 nap múlva 13%-al, 3 nap múlva 9%-al csökkent, míg az OC változatlan maradt. Ez az eredmény feltételezi, hogy a csont korai válasza az egyszeri ellenállásos tréningre a csontképző és -bontó markerek szintjében egy átmeneti csökkenést eredményez. Első tanulmányunkban a csontképző és formációt jelző vizsgált változók változásának iránya ezzel megegyezik, a változók csökkenést jeleztek a kivitelezett gyakorlatok hatására.

A **kerékpározásnak** úgy tűnik nincs pozitív hatása a BMD-re.¹⁴⁸ Maïmoun és mtsai hét férfi kerékpározó csontmarkereit értékelték 50 perces edzés után.¹⁴⁹ Az OC és az I. típusú C-telopeptid szétesését jelző termékek átmenetileg növekedtek a kerékpározás hatására, a BALP szintén emelkedett 30 és 50 perc múlva, s a pihenés után mért értékek visszatértek eredeti szintjükre. Wallace és mtsai nyolc férfi atlétát vizsgáltak 30 perces kerékpározás után, s azt találták, hogy a gyakorlat nem változtatta meg a szérumban az OC szintjét, bár a csontformáció más markereit, úgymint a BALP és PICP értékeit átmenetileg megnövelte a gyakorlat végére.¹⁵⁰ Hasonló emelkedést tapasztaltak az ICTP értékében a gyakorlatok végén, mely emelkedés hosszan megmaradt.

Guillemant és mtsai 12 kiválóan edzett elit férfi triatlonistát vizsgáltak 60 perces, a VO₂max 80%-án tartott tréninggel, s azt találták, hogy a CTX elkezdett folyamatosan emelkedni 30 perccel a tréning elkezdése után és szignifikánsan emelkedett a pihenés 120. percéig, míg a BALP nem szignifikáns változást mutatott.¹⁴⁸

Egyéb sporttevékenységet tekintve Brahm és mtsai tizenkét egészséges egyént vizsgáltak 30 perces egylábás térdhajlítás végzése után,¹⁵¹ s a PICP és BALP növekedését találták a tréning után közvetlenül, majd 60 perccel a gyakorlat végzése után normalizálódtak az értékek. Szemben az OC-vel, mely azonnal emelkedett a tréning hatására, majd 60 perc múlva visszatért az eredeti értékére. Az ICTP szintje ehhez hasonlóan 60 perc múlva normalizálódott.

Tanulmányunkban az I. vizsgálati mintában a sporttevékenység pozitívan korrelál a T-score és kalcaneusz BMD értékével. Hasselstrøm és mtsai szerint gyermekeknél nem csak a fizikai aktivitás napi időtartama, hanem annak intenzitása is összefüggést mutat a sarokcsont BMD-vel.¹⁵³ A gyermekkorban és a serdülőkorban végzett fizikai aktivitás a kalcaneusz BMD legerősebb előrejelzője.¹⁵⁴

Banfi és mtsai szerint a rövid ideig végzett gyakorlatok elégtelenek a csont biokémiai markereinek megváltoztatására, továbbá a csontépítő markerek sokkal szenzitívebbek, mint a reszorpciót jelzők, és az oszteoblaszt és/vagy oszteoklaszt funkció stimulálása gyakorlatfüggő, de a válasz nem azonnali.³⁴ Jelen kutatásban a reszorpciót jelző biokémiai marker minden csoportban érzékenyen reagált a behatásra, azonnali hatás volt detektálható, a fiatalabb csoportban a vizsgált csontépítő marker is jelentősen változott.

Ha megnézzük, milyen irányban változnak a szérum biokémiai markerek a fizikai behatásokra, meglepő eredményeket kapunk. Körülbelül azonos számban található kutatás, mely a BALP értékekre nézve növekedést,^{151, 149, 150} csökkenést^{142, 147} és változatlan értékeket detektált^{148, 137, 139} a tréningprogram befejeztével. A helyzet hasonló a CTX értékek vonatkozásában is (növekedés,¹⁴⁹ csökkenés¹⁴¹ és változatlan eredmény^{148, 137} is fellelhető). Más biokémiai markerek vonatkozásában is hasonló eredményeket publikáltak a fent idézett szerzők. A PICP és ICTP értékeknél hasonló az eloszlás, azonos arányú az emelkedés, csökkenés és változatlanság.

A szakirodalomban gyakran elemzett marker az OC. A fizikai terhelésre bekövetkező eredmények azonban itt is hasonlóak a fentiekhez. Főként változatlan, de emelkedhet vagy csökkenhet is a mutató (növekedett,^{149, 140} csökkent^{151, 147} és változatlan maradt^{142, 143, 138, 150, 139}).

6.2. 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 oszteoblaszt-oszteoklaszt funkciójának a finomhangolása eredményezi a csont átalakítását.¹⁵⁵ 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 oszteociták által termelt sclerostin-szint emelkedését.¹⁵⁶ A sclerostin, miután kiválasztódott, az oszteocita kanalikulusaiban utazva a csont felületére jut, ahol az LRP5 és LRP6 coreceptorokhoz kötődik, így megakadályozza a Wnt-jelátvitelt, ezáltal csökkenti az oszteoblasztogenezist és a csontképződést.^{157, 158} Az alkalmazott mechanikai terhelésre az osteocytához kötött sclerostin - jelen vizsgálatban - gyorsan reagált.

A sclerostin normál értéke függ az életkortól és a nemtől.¹⁵⁹ 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 azt találták, hogy az egészséges felnőttek sclerostin-szintje pozitívan korrelál az életkorral, a BMI-vel és negatívan az OC-val és kalciummal.²² 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.¹⁶⁰

Ardawi és mtsai tanulmánya bizonyítja, hogy még a kicsi változás a fizikai terhelésben (8 héten keresztül heti 4 nap / 120 perc hetente) is szignifikáns csökkenést váltott ki a sclerostin szintben, míg a csontformációs markerek emelkedtek a kontrollhoz képest.¹⁶¹ Spatz és munkatársai igazolták, hogy a 90 napos ágynyugalom hatására a csont ásványi anyag tartalma szignifikáns csökkenést mutatott, a szérum sclerostin-szint pedig szignifikánsan emelkedett már a 28. napon (29%), miközben a PTH szint csökkent, de

nem szignifikáns mértékben. A szérumban csont turnover markerek változatlanok maradtak, míg a vizeletben mért csont-reszorpciós értékek és a kalcium emelkedett szignifikánsan.¹⁶² Gaudio és munkatársai posztmenopauzális nőket néztek, akik minimum 6 hónappal ezelőtt stroke miatt váltak immobilissá. Azt találták, hogy az immobilis betegek szignifikánsan magasabb szérumban sclerostin szinttel rendelkeznek, mint a kontroll, emellett megnövekedett csontturnover jellemezte őket (szignifikánsan magasabb csontreszorpciós markerek (CTX), mint formációs (BALP)). A sclerostin negatívan korrelált a BALP értékével ($r = -0,911$, $p < 0,0001$), és pozitívan a CTX-el ($r = 0,391$, $p = 0,012$).¹⁶³ Jelen kutatásunkban szintén negatív közepes korrelációt tudunk kimutatni a BALP és sclerostin értékei között.

Bergström és mtsai posztmenopauzális nőket edzettek 1 éven keresztül (3x30 perc gyors gyaloglás, illetve 1 vagy 2 óra aerobic hetente), az OPG szignifikánsan emelkedett, a RANKL és a sclerostin nem változott szignifikáns mértékben, a CTX és a BALP csökkenő tendenciát mutatott a kontrollhoz képest, de ez kismértékű és nem szignifikáns mértékű volt. A szerzők igazolták az OPG-vel összefüggő, RANKL és sclerostin-független, tréning-indukálta posztmenopauzális csontvesztés gátlását.¹⁶⁴ Lombardi és mtsai atlétákat vizsgáltak, nőkben magasabb sclerostin-szintet találtak, a sclerostin-szint magasabb volt a súlyviseléssel járó edzéseket végző férfiaknál, szemben a nem súlyviselő edzéseket végzőkkel, nőknél magasabb BALP aktivitást figyeltek meg, emellett a fiatal elit atléták (nemtől függetlenül) különös fiziológiai modellt mutattak a sclerostin szintre vonatkozóan: az alkalmazott terhelés növelte a marker koncentrációját, a magas csontturnover arányát tanúsítva¹⁵⁶

Érdekes kutatási eredmény született Sheng és mtsai által, miszerint a vizsgált 260 egészséges kínai posztmenopauzális nőnél a szérumban sclerostin szint szignifikánsan magasabb azoknál, akiknek nincs OP-ja, szemben az OP-s nőkkel. Ezzel a tendenciával megegyezik a jelen kutatásban talált eredmény is, miszerint az OP-val bíró résztvevőknél a sclerostin kiindulási értéke (27,3 pmol/l) alacsonyabb volt az oszteopéniás alcsoporttal (32,1 pmol/l) összevetve. Emellett Sheng tanulmányában a szérumban sclerostin pozitívan korrelált a kalkulált zsírszövettel és az egész testben, a lumbális gerincben és a csípőben mért csontsűrűséggel.¹⁶⁵ Jelen kutatásban nem találtunk összefüggést a T-score és a szérumban sclerostin szint között (beavatkozás előtti értéket tekintve, s az összes résztvevőre vonatkoztatva), a sclerostin és a testsúly között

pedig éppen nem szignifikáns a gyenge kapcsolat ($r = 0,24$, $p = 0,057$). Rogers és munkatársai az ellenállásos és plyometrikus tréninget vetették össze, s azt a megállapítást tették, hogy a szérum-markerek szintje az egyszeri gyakorlatok hatására változott, illetve nem tudtak szignifikáns különbséget kimutatni a két tréningprogram között.³⁵

6.3. Az életmód befolyása a vizsgált változókra

A *dohányzás* egy rizikófaktor, mely részben kihat a BMD-re.⁵¹ Annak ellenére, hogy kiterjedt kampány folyik Magyarországon is a dohányzás visszaszorítására, a naponta dohányzók száma 2012-ben férfiaknál 32,3%, nőknél 23,5%.¹⁶⁶ A csonttörések számának növekedése összefügg a dohányzással férfiaknál, nőknél egyaránt.¹⁶⁷ Bár a törések számának emelkedéséhez vezető út nem kizárólag a BMD-től függ, a BMD a törések 23%-át magyarázza.¹⁶⁷ További fontos tényező dohányzóknál a törési rizikó növekedésében a magasabb esési kockázat, az alacsonyabb átlagos BMI, a direkt toxikus hatás a csontra, a csökkent Ca felszívódás, a megnövekedett kortizol-szint, az alacsonyabb kalcitrop hormonok és a csökkent ösztadiol.¹⁶⁸ A nikotin direkt a csontsejtekre hat, csökkenti az oszteogenetikus aktivitást, de más faktorokon keresztül is kihat, ami a remodellációban fontos, pl. angiogenezis. A másik csontfüggő faktor, mely a dohányzás révén károsodik, az a kollagén-anyagcsere.¹⁶⁹ Jelen vizsgálati csoportjaink viszonylag kedvező képet mutatnak, mivel a fiatalok csoportjában 10-11%-os, az idősebb csoportban 13%-os a dohányzók aránya. Crosbie azt tapasztalta, hogy a jelenleg is dohányzóknak alacsonyabb a BMD-je, mint a dohányzást abbahagyóknak, s a korábban dohányzóknak alacsonyabb, mint a soha nem dohányzóknak.¹⁷⁰ Bár tényként kezeljük, hogy a dohányzás csökkenti a BMD-t, jelen tanulmányunkban a csúcs-csonttömegű vizsgálati mintában nem találtunk összefüggést a dohányzás és a sarokcsont ásványi anyag tartalma között, magyarázható ez a minta relatíve kis számával, a dohányzás szempontjából fiatal átlagéletkorral, illetve a fennálló dohányzás viszonylag rövid (átlag 5 év) időtartamával. Ellenben negatív korrelációt találtunk a tréning utáni BALP értékkel, tehát minél többet dohányzik valaki, a BALP értéke annál alacsonyabb. Pozitív korrelációt kaptunk a dohányzás és az ALP és BALP változás mértéke között, ami azt tükrözi, hogy aki naponta dohányzik, annak sokkal jobban

lecsökkent a csontépítő-marker szintje. Mindez alátámasztja már ebben a korban és ilyen kis mintán is a dohányzás kedvezőtlen hatását a csontépítésre a fiatal korosztályban.

Bár a II. vizsgálati mintában nem találtunk kapcsolatot a dohányzás és a CTX szintje, illetve a T-score között, azonban a jelenleg is dohányzók és a sclerostin kiindulási értéke között találtunk közepes erősségű pozitív kapcsolatot, ami azt jelenti, hogy a dohányzás közel 10%-ban magasabb sclerostin szintet produkál, így gátolva a csontépítést. A többi értékben nem volt kimutatható korreláció. A vizsgálat azonban nem terjedt ki a passzív dohányzás, a fiatalabb életkorban történt dohányzás elemzésére, ezért mélységében nem elemeztük ezt a kérdéskört.

A nagy mennyiségű **alkohol** fogyasztóknál gyakoribb az osteopenia, és az alkohol növeli a törési kockázatot is.¹⁷⁰ Az I. vizsgálati mintában negatív kapcsolatot találtunk az alkoholbevitel és a BMI között, tehát az alkoholt fogyasztók jelen esetben kisebb testsúlyúak. A fiatalok között jóval nagyobb arányú volt a bevallottan, rendszeresen, legalább heti 2-3 alkalommal alkoholt fogyasztók száma, míg a II. vizsgálati csoportban kisebb számban és kizárólag alkalmilag fogyasztókat találtunk. A II. mintában nem volt kimutatható korreláció az alkoholfogyasztás és az egyéb elemzett változók között.

Elkeserítő adat, hogy a csúcs-csonttömegű vizsgálati csoport 38%-a egyáltalán nem **sportol**, nem végez fizikai aktivitást jelenleg, elmondásuk szerint a középiskola utáni kötelező testnevelés óra óta nem sportolnak. Greendale és mtsai korrelációt találtak az élethosszig végzett fizikai aktivitás és a BMD között.¹⁷¹ Jelen I. számú vizsgálati mintában a fizikai aktivitás szintén pozitívan korrelált a T-score értékével, a BMD-vel, a tréning utáni BALP értékkel és a CTX-értékben történt változással, ami tovább erősíti a fizikai aktivitásnak nemcsak a hosszú távú, hanem a rövid távú, biokémia markerekkel is alátámasztható hatékonyságát. Az életre szóló ásványi-anyag tartalom felhalmozása pubertáskor körül történik,¹⁷² így az ebben az időszakban végzett fizikai aktivitás kihat az egész életre, s a folyamatos fizikai aktivitás fenntartása is megtérül, hiszen összefüggést találtunk csökkent csontsűrűségű vizsgálati mintában is az elmúlt 5 évben végzett fizikai tevékenység és a T-score értékek között. A végzett fizikai aktivitás 19%-ban meghatározta a T-score értéket.

6.4. A két vizsgálati csoport összevetése

A következőkben a két végzett kutatás mutatóit vetjük össze. 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, mivel az OP-s csoportban a csontok védelme miatt vannak nem ajánlott gyakorlatok is (gerincvédelem, bordavédelem), s az időtartam is különbözött. Ettől függetlenül látható, hogy 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 OP 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.¹³⁵ Fiatal felnőtteknél a femurban a legtöbb lakuna oszteocitával kitöltött, a kor előrehaladtával az üres lakunák aránya (mutatva az oszteociták csökkenését) fokozatosan emelkedik.¹⁷³

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.

6.5. A szenzomotoros tréning hatékonysága

Az értekezésben bemutatott III. vizsgálat megerősíti a gyógytorna gyakorlatok hasznosságát a poszturális balanszra, megerősítve számos korábbi vizsgálat eredményeit.^{174, 175, 176} A vizsgálat célja a szenzomotoros tréning hatékonyságának igazolása volt, összevetve a hagyományos tréninggel és a kontroll csoporttal, feltételezve, hogy a kihívással járó tevékenységek ismétlése, gyakoroltatása kiváltja a

motoros tanulás folyamatát. A tréningválasz specifikussága vizsgálható az izomkontrakció, az ízületi mozgásterjedelem mértékével és a testtartás vizsgálatával.¹⁷⁷ 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.¹⁰⁵ Az idősebb korú emberek nem a reflexválasz használatát tanulják meg, ha a válasz eleséshez vezethet, hanem megtanulják kontrollálni testtartásukat egy szokatlan szenzomotoros környezetben, hiszen számos idős ember, aki az első vizsgálat alkalmával elesett, a visszaméréskor korigálni tudta testtartási válaszait és fenntartotta normál stabilitását.¹⁷⁸

6.6. A biometriás vizsgálat

Az elesés gyakoriságát 30-60% között jelzik a posztmenopauzában lévő nők között.^{179, 180, 181} OP hatására számos változás történhet a testben, amelyek zavarhatják a testtartás-szabályozást.¹⁸¹ Ismeretes, hogy a csonttrikulálás gerincdeformitáshoz vezethet, mint például a csigolya kompressziója miatt a háti kifózis fokozódik, amely megváltoztatja a gerinc szerkezetét, ami a törzsextenzorok gyengülését okozza, ami aztán csökkenti a fizikai mobilitást és mozgékonytágot. A kutatások azt mutatják, hogy a súlyos kifotikus testtartás esetén a test tömegközéppontja előre helyeződik, ami már a stabilitás megtartását veszélyeztetheti.^{179, 181}

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.¹⁸² 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.^{183, 184} Ezzel szemben más kutatók nem találtak változásokat a stabilometriás mutatókban tréning hatására.^{185, 186}

Az öregedéssel az egyensúly ellenőrzése is módosul. Ez több alrendszer változásával jár együtt, így az izomválasz-összhanggal, a testtartás-kontrollhoz szükséges szenzoros

input változásával és muszkuloszkeletális változásokkal. Woollacott és munkatársa fiatal és idős korosztályt hasonlított össze az izomválasz együttműködést tekintve egy hátrafelé kilengés alkalmával (EMG-vel vizsgálva). Azt találták, hogy időseknél megnövekedett a tibialis anterior izom latenciaideje, s a normális disztáltól proximál felé haladó izomaktivitás időszakosan teljesült csak, így pl. a m. quadriceps femoris előbb vált aktívvá, mint a lábizmok.¹⁸⁷ Idősebb emberek az agonista izmok mellett szignifikánsan több antagonist izmot is koaktiváltak, válaszul a platform mozgására.¹⁸⁸ Míg több szenzoros input esetén nem különbözik jelentősen a fiatal és idős vizsgálati alany eredménye, addig a csak vesztibuláris inputra támaszkodó helyzetben jelentősen romolhat az egyensúly. A mozgásszervrendszeri változásokat illetően az izomerő szignifikánsan csökken az életkor előrehaladtával, így például a dorzálflexorok izomerő-csökkenése kihat az egyensúly mutatókra.¹⁸⁷ A proximális izomcsoportok (csípő, térd körüli izmok) kifáradása nagyobb deficitet generál a poszturális kontrollban, mint a boka körüli izmok vagy a hasizmok kifáradása.^{189, 190} A „boka és csípő stratégia” kifejezés gyakran használt a két lábon állás során a poszturális-kontroll fenntartásának leírására, specifikus tevékenységeken keresztül. A függőleges két lábon állás kontrollálása pillanatonkénti korrekcióval tartható fenn, főleg időseknél jellemző ez. A korrekciós mechanizmus bokában típusosan a fiatal populációra jellemző, míg a csípőstratégia általában idősekre.¹⁸⁹ Winter és mtsai írták le a boka és csípő stratégiák hasznosítását két lábon állás során a tömegközéppont elmozdulásával kapcsolatban, mind AP és ML arányban. Megállapították, hogy a boka flexorok és extensorok nagy szerepet játszanak a tömegközéppont AP irányú kilengésének minimalizálásában, a csípő ab-, adduktorok pedig vélhetően az ML irányt ellenőrzik.¹⁹¹ Az AP irányú kilengés növekedése mögött a boka és csípő körüli izmok kifáradását találták, míg az ML irányú kilengési sebesség növekedése mögött a csípő körüli izmok kimerülését figyelték meg.¹⁹² Az oldalirányú stabilitás elvesztése után nehéz visszaszerezni azt, mert a korrekciós lépés oldalra aligha lehetséges. Ezen túlmenően bizonyított, hogy az egyensúly kontroll csökkenése az időseknél elsősorban az oldalirányú instabilitást befolyásolja.¹⁹³ Melzer és munkatársai tanulmányukban nem találtak szignifikáns különbséget a testtömeg-középpont elemzésekre alapozva az elesők és nem elesők között, de jelentős ML kilengést találtak a korábban elesők között állásban.^{107, 107} Jelen kutatásban a vizsgálati mintát tekintve az oldalirányú kilengés volt kissé nagyobb

mértékű az AP irányú kilengéssel összevetve (az összes résztvevőre nézve közel 16%-al nagyobb), mely feltételezi a csípő körüli izmok gyengeségét. Ezért a szenzomotoros tréningprogram összeállításánál nagy gondot fordítottunk a csípő körüli izmok, kiemelten a gluteuszok erősítésére és nyújtására is. Feltehetően ennek is köszönhető, hogy az I. csoportban a tréning hatására 8%-al (majdnem szignifikáns mértékben) csökkent a nyitott szemmel vizsgált ML átlagsebesség, ami a szemkontroll melletti nagyobb stabilitást feltételezi. A terápiás beavatkozások során az elesés megelőzésben fontos az oldalirányú instabilitás csökkentése, azaz az oldalirányú stabilizálás fejlesztését fontos hangsúlyozni a fizioterápiás kezelések során,¹⁹⁴ melyet saját vizsgálatunk is alátámaszt.

Ellenőriztük a két alsó végtag *statikus lábterhelését* és aszimmetriát találtunk a testsúlyeloszlásban, hasonlóan Blaszczyk és munkatársai kutatásához.¹⁹⁵ Az első méréskor az összes vizsgáltra nézve 10% különbséget találtunk a két végtag között. Ez számos okból eredhet, így a két testfél fejlődési eltéréséből, fennálló gerincferdülésből, 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.¹⁹⁵

Feltételezhető, hogy az alsó végtagi súlyeloszlás-deficit befolyásolja az oldalirányú egyensúlyt az adott vizsgálati mintában. Wang és munkatársai azt találták, hogy a két alsó végtag aszimmetrikus terhelése kihat a koordináció dinamikájára, így a tömegközéppont elmozdulására is.¹⁹⁶

A Romberg-index tekintetében az összes vizsgált eredményét nézve - mindkét vizsgálat alkalmával - 100 feletti értéket kaptunk, ami a csukott szemmel vizsgált nagyobb oszcillációra utal. A beavatkozás nem befolyásolta jelentős mértékben a Romberg-indexet. A jó egyensúly függ az egyén motoros kontrolljától és a testtartásra vonatkozó

inputoktól, s azok sebességétől. A bemenetek a proprioceptív rendszerből, a vestibularis és vízuális rendszerből származnak. Normál esetben ezek a rendszerek megosztják a feladatot, kemény felszínen állva a proprioceptív érzékelés 70%-ban, a vestibuláris 20%-ban, míg a vízuális 10%-ban befolyásoló tényező.¹⁹⁷ Puha felszínen már másként oszlik meg, a vestibuláris érzékelés 70%-ot tölt be, a vízuális 20%, s a proprioceptív érzékelés mindössze 10%-ot.¹⁹⁸ Érdekes, hogy egyes szerzők úgy vélik, a szem zárásakor az egyébként egészséges egyén jelentősen veszít a poszturális kontrolljából, akár 50-65%-ot is, összehasonlítva a nyitott szemes mérésével.¹⁹⁹ Jelen vizsgálatban az összes résztvevőt bevonva a beavatkozás előtti nyitott és csukott szemes ellipszis felületet összehasonlítva 19%-al magasabb értéket találtunk csukott szemmel nézve. Black és munkatársai 132 egészséges felnőttet vizsgálva nem találtak a Romberg tesztben statisztikailag szignifikáns különbséget nemre és életkorra vonatkoztatva, számos vizsgálatnál a látásnak jelentős szerepe volt a stabilitásban, de nem az összes személynél.²⁰⁰ Ha a csukott és nyitott szemes vizsgálatnál jelentős a különbség vagy az AP irányban fokozott a kilengés, az cerebelláris jelet feltételez.¹⁹⁹ Az I. vizsgálati csoportban az ellipszis felület értékei javuló tendenciát mutattak, szemben a másik két csoport mutatóival, de nem zárható ki a véletlenszerűség sem.

A szenzomotoros tréning gyakorlatainak progressziójakor különös figyelmet fordítottunk arra, hogy először alacsony ismétlésszámmal végeztessük a gyakorlatokat, mert a feladatok kivitelezése hosszabb időt vesz igénybe, mint ahogy ez a motoros tanulás első fázisára jellemző.^{201, 202} A tréning második részében annak ellenére, hogy az ismétlésszám növekedett, a kivitelezés időtartama csökkent, ami a motoros tanulás 2-3. fázisára jellemző.

Idős korban a csontsűrűség csökkenése növeli a csonttörés előfordulását. Az elesés rizikójának ismerete, s az eleséstől való félelem szándékosan csökkentheti a napi tevékenységek végzését, mely így az életminőségben is visszatükröződhet.²⁰² Ezért is nagyon fontos olyan nem-invazív módszerek alkalmazása, melyek a testtartási stabilitás szintjét növelik. Az egyik ilyen lehetőség az egyensúly kontroll fejlesztésére a rendszeres fizikai aktivitás, azon belül is célzottan a szenzomotoros tréning segítségével.

6.7. A funkcionális stabilitást jelző értékek alakulása

Az elesési rizikó már megbecsülhető és csökkenthető felügyelt, kihívást jelentő egyensúly- és erősítő tréninggel.^{203, 204} A törés valószínűségének számszerűsítésére a WHO Törési rizikó vizsgálati eszközt (Fracture Risk Assessment Tool / FRAX[®]) dolgozta ki, mely számos nyelven elérhető.²⁰⁵ Az értékelést követően a program a törési kockázatot megbecsli (lehet a BMD ismeretével és annak hiányában is), s így a vizsgált személyt be lehet sorolni alacsony, közepes vagy magas kockázatú csoportba.

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.²⁰⁶ Egy specifikus, egy éves otthonápolási esésmegelőzési programmal 12 ponttal javították a BBS összpontszámát.²⁰⁷ 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 4 pont szükséges annak megerősítésére, hogy valódi változás történjen (95%-os konfidencia mellett) az eredményekben, ha a kiinduló értékek 45-56 között voltak,²⁰⁸ mely jelen vizsgálatban teljesült. Egy nyugdíjas otthonban végzett vizsgálatban azt találták, ha a teljes pontszám kevesebb, mint 45 pont, az elesési valószínűség 2,7-szeresére növekszik.¹²⁴ A BBS-skála 82%-os pontossággal előre jelezheti, hogy az idősek otthonában melyik lakónál várható esés.²⁰⁹

A csoportok között kimutatható különbség – beleértve a funkcionális egyensúly minden összetevőjét – alapján elmondható, hogy a szenzomotoros tréning alkalmas az egyensúly fejlesztésére csökkent csontsűrűségű nőknél.

Vaillant és munkatársai az egyensúlyt, koordinációt fejlesztő gyakorlatok hatását vizsgálták OP-s betegeken, ahol az egyik csoportban kiegészítették a gyakorlatokat kognitív feladatokkal is. A TUG teszt és az OLST eredményeiben mindkét csoportban szignifikáns javulást találtak, míg a kognitív feladatokkal kiegészített gyakorlatok nem eredményeztek hatásvövedést.²¹⁰ Jelen vizsgálat eredménye részben összecseng az említett kutatási eredménnyel, miszerint a szenzomotoros tréning javítja az egy lábón

állás teszt eredményét. Érdekesség, hogy míg Briggs és Iverson szerint az egy lábon állás normál értéke 60-69 éves korosztálynak nyitott szemmel 55,9 sec, csukott szemmel 24,6 sec,^{211,212} addig Bohannon szerint ugyanennek a korosztálynak nyitott szemmel 22,5 sec, csukottal 10 sec.²¹³ Korosztályonként tehát különböző időtartam tekinthető fiziológiásnak, míg a 20-39 évesek képesek megállni 30 másodperc feletti időtartamban egy lábon, addig a 60-69 éves egyének nyitott szemmel $22,5 \pm 8,6$ másodpercig tudják átlagosan megtartani az egyensúlyukat, csukott szemmel pedig $10,2 \pm 8,6$ másodpercig.¹⁹⁹ A jelen vizsgálati mintában résztvevők ennek megfelelnek, 22 sec átlaggal bírtak első vizsgálatkor nyitott szemmel, majd 24,7-re javult az összérték. Jelentős változás csak az I. csoportban történt, ahol 21,1-ről 26,4 másodpercre emelkedett az időtartam. A csukott szemes mérést tekintve első méréskor kissé alatta maradt az átlag a normál értéknek, 9,8 sec volt, második méréskor 11 sec, s az I. csoport itt is szignifikáns javulást ért el, ami megerősíti az alkalmazott szenzomotoros tréning hatékonyságát a vizsgált funkcionális egyensúlymutatóra.

Az FRT értéke a vizsgálati mintában a kezelés előtt 27,7 cm volt, ez 11 cm-el, 27,1 %-al kevesebb, mint az FRT normál értéke, ami ebben a korosztályban férfiak esetén 38 cm, nőknél 35 cm.¹²⁶ Az I. vizsgálati csoportban 1,7 cm-el, 6,1%-al javult a mutató, de még mindig a normál alatt maradt jelentős mértékben. Az FRT vizsgálja az esés rizikóját az alábbi pontozás szerint: 25 cm alatt normál az érték, nem áll fenn az elesés rizikója, 15-25 cm között megduplázódik az esési rizikó, 15 cm alatt négyszeres, 2 cm vagy az alatt nyolcszoros esési rizikó áll fenn.^{126, 199} Jelen mintában az átlagot tekintve nem áll fenn esési rizikó, persze egyes vizsgálati alanyok kivételt képezhetnek.

A vizsgálati mintában a TUG teszt során az átlagos idő 6,28 - 16,6 másodperc volt, az átlag $9,6 \pm 2,4$ másodperc. Ha tovább tart 20 másodpercnél, akkor jelzi az elesési rizikó növekedését,¹²⁷ ugyanúgy, mint az is, ha nem tud felállni a székből kéztámasz használata nélkül.¹⁹⁵ Jelen mintában tehát - a teszt alapján - nem kell tartanunk fokozott esési kockázattól, sőt annak értéke javítható a tréning révén.

Az életkor fontos tényező, amely hozzájárul a testtartási kontroll változásaihoz. Az életkor és egyensúly vizsgálat vonatkozásában azt tapasztalták, hogy 45-55 éves korig a

vizsgált nők az egyensúlyi mutatókban jó teljesítményt nyújtanak, míg e felett a teljesítmény fokozatos romlása figyelhető meg.²¹⁴ Fokozott poszturális oszcilláció látható idősebb nőknél, mint az 55 évnél fiatalabb korosztályban, ami összhangban van a megnövekedett számú alkartörésekkel is.²¹⁵ A vízuális kontrollra nagyon nagy szükség van a testtartás megtartásához, különösen az idősebb személyek esetén.

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.^{216,217}

Jelen tanulmány erőssége az I. és II. vizsgálati csoportok homogenitása, az alapbetegségek, gyógyszerzedés, egyéb zavaró körülmény alapos kivizsgálása és kizárása. A kutatás korlátja, hogy a gyógytorna és a gyaloglás rövid távú hatását elemezte csak, egyszeri mintavételi lehetőség állt rendelkezésre.

7. 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 oszteopéniában, OP-ban 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. Emellett célszerű lenne a fizioterápiás gyakorlatban a funkcionális stabilitás és eszközös egyensúly vizsgálatokat is minél szélesebb körben alkalmazni.

8. Összefoglalás

Az már jól ismert, hogy a fizikai tevékenység, különböző sporttevékenység végzése jó hatással van a csont anyagcseréjére.

Vizsgálatunk célja volt kimutatni az egyszeri alkalommal végzett gyógytorna direkt hatását a csont biokémiai markereire csúcs-csonttömeeggel rendelkező és csökkent csontsűrűségű nőknél, összehasonlítani a gyaloglás és a gyógytorna gyakorlatok egyszeri hatását a biokémiai markerekre nézve, s az életmód befolyásoló szerepét vizsgálni. A csúcs-csonttömegű csoportban a gyaloglás jelentős hatással bírt mind a csontépítést jelző BALP értékére, mind a csontbontást jelző CTX-re, míg a gyógytorna mindkét mutatóra kisebb hatást fejtett ki. Jelen tézis tehát megerősíti, hogy az axiális terhelést biztosító, közepes megterheléssel járó ütemes gyaloglás pozitívan hat a csúcs-csonttömegű korosztályban, a csontanyagcserét jelző biokémiai markerekben azonnali, kimutatható változást idéz elő.

A csökkent csontsűrűségű résztvevőknél a BALP értékeiben relatíve kismértékű változás következett be mindkét mozgásforma esetén, viszont a gyógytorna - az ellenállásos tréning - sokkal jobban csökkentette a CTX szintjét, mint a gyaloglás. A vizsgálat elsőként elemezte a sclerostin-szint változását direkt módon gyaloglás, illetve gyógytorna hatására, s igazolta ezeknek a hatékonyságát. Menopauza környékén, illetve diagnosztizált csontvesztés esetén nemcsak a gyógyszeres kezelés biztosítása fontos a betegek számára, hanem a rendszeresen végzett, betanított, célirányos gyógytorna gyakorlatsor végzése is elengedhetetlen, hiszen ennek alkalmazása direkt módon mérhető változásokat idéz elő a vizsgált biokémiai mutatókban.

Továbbá vizsgáltuk a fokozatosan nehezedő 3 hónapos szenzomotoros tréning eredményességét a funkcionális és stabilometriás egyensúly-mutatókra, összevetve a tradicionális 10 alkalmas általános gyógytorna gyakorlatok hatékonyságával. Míg a 3 hónapos szenzomotoros tréning kedvező változásokat idézett elő az egyensúly mutatókban, a poszturális kontrollban, addig a 10 alkalmas általános gyógytorna mérsékelt hatást eredményezett.

8.1. Új eredmények, gyakorlati hasznosítás

- Csökkent csontsűrűség esetén a komplex, nagy izomcsoportokat és ízületeket átmozgató gyógytorna nagyobb hatással bír a csontbontó markerre, így a CTX-re, mint a gyaloglás.
- A 3 hónapos szenzomotoros tréning kedvezően befolyásolja a funkcionális stabilitást, javítja az oldalirányú stabilometriás mutatókat, így alkalmas lehet az elesések számának csökkentésére.
- A hazai gyakorlatban rutinszerűen alkalmazott 10 alkalmas gyógytorna-kezelés nem javítja kielégítő mértékben a stabilometriás mutatókat és a funkcionális stabilitást, az egyensúly fejlesztéséhez, a tényleges javuláshoz hosszabb, célirányos gyógytornával eltöltött idő szükséges.

8.2. Jövőbeli távlat

Jelen tézis számos új és fontos ismeretet biztosított. Ellenben nem adott információt a biokémiai markerek változásáról órák, napok elteltével a gyógytorna hatására, kiemelten a sclerostin-szint változását tekintve, illetve a hosszútávú hatást nem vizsgálta. Fontos lenne megkeresni a módját a funkcionális és eszközös egyensúly vizsgálatok, a szenzomotoros tréning népszerűsítésének és hosszútávú alkalmazásának az érintett populációban Magyarországon is, például betegklubokon vagy más idősellátást nyújtó intézeteken keresztül.

9. Irodalomjegyzék

-
- ¹ Watts NB. Clinical utility of biochemical markers of bone remodeling. *Clin Chem.* 1999;46(8):1359-1368.
- ² Szűcs J. A csontszövet anatómiája In: Lakatos P. (szerk) A kalciumháztartás és a csontszövet anyagcsere-betegségei. Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest. 1999. pp 17-39.
- ³ Seibel MJ. Biochemical markers of bone turnover part I: Biochemistry and variability. *Clin Biochem Rev.* 2005;26(4):97-122.
- ⁴ Szendrői M. (szerk) Ortopédia. Semmelweis Kiadó. Budapest. 2005. pp 7-11.
- ⁵ Manolagas SC. Birth and death of bone cells: basic regulatory mechanisms and implications for the pathogenesis and treatment of osteoporosis. *Endocr Rev.* 2000;21(2):115-137.
- ⁶ Parfitt AM. Osteonal and hemi-osteonal remodeling: the spatial and temporal framework for signal traffic in adult human bone. *J Cell Biochem.* 1994; 55(3):273–286.
- ⁷ Poór Gy. A csontszövet felépítése és fiziológiás működése. In: Poór Gy. A reumatológia tankönyve (szerk) Medicina. Budapest. 2008. pp.270-275.
- ⁸ Johnson ML, Kamel MA. The Wnt signaling pathway and bone metabolism. *Curr Opin Rheumatol.* 2007;19(4):376-382.
- ⁹ Milat F, Ng KW. Is Wnt signalling the final common pathway leading to bone formation? *Mol Cell Endocrinol.* 2009;310(1-2):52-62.
- ¹⁰ Garnero P, Delmas PD. Assessment of the serum levels of bone alkaline phosphatase with a new immunoradiometric assay in patients with metabolic bone disease. *J Clin Endocrinol Metab.* 1993;77(4):1046-1053.
- ¹¹ Calvo MS, Eyre DR, Gundberg CM. Molecular basis and clinical application of biological markers of bone turnover. *Endocr Rev.* 1996;17(4):333–368.
- ¹² Seibel MJ, Robins SP, Bilezikian JP. Urinary pyridinium crosslinks of collagen: specific markers of bone resorption in metabolic bone disease. *Trends Endocrinol Metab.* 1992; 3(7):263-270.
- ¹³ http://www.medscape.org/viewarticle/489598_3 Accessed 14.08.2013.
- ¹⁴ Garnero P, Ferreras M, Karsdal MA, et al. The type I collagen fragments ICTP and CTX reveal distinct enzymopatic pathways of bone collagen degradation. *J Bone Miner Res.* 2003;18(5):859-867.
- ¹⁵ Fledelius C, Johnsen AH, Cloos PA, Bonde M, Qvist P. Characterization of urinary degradation products derived from type I collagen. Identification of a beta-isomerized Asp-Gly

sequence within the C-terminal telopeptide (alpha1) region. *J Biol Chem.* 1997; 272(15):9755-9763

¹⁶Garnero P, Gineyts E, Riou JP, Delmas PD. Assessment of bone resorption with a new marker of collagen degradation in patients with metabolic bone disease. *J Clin Endocrinol Metab.* 1994;79(3):780–785.

¹⁷Christgau S, Rosenquist C, Alexandersen P, et al. Clinical evaluation of the Serum CrossLaps One Step, ELISA a new assay measuring the serum concentration of bone-derived degradation products of type I collagen C-telopeptides. *Clin Chem.* 1998;44(11):2290–2300.

¹⁸Avbersek-Luznik I, Gmeiner Stopar T, Marc J. Activity or mass concentration of bone-specific alkaline phosphatase as a marker of bone formation. *Clin Chem Lab Med.* 2007;45(8):1014-1018.

¹⁹Moester MJ, Papapoulos SE, Löwik CW, van Bezooijen RL. Sclerostin: current knowledge and future perspectives. *Calcif Tissue Int.* 2010;87(2):99–107.

²⁰ <http://www.tecomedical.com/downloads/pdf/Sclerostin%20%28e%29%20%284%29.pdf>
Accessed 11.07.2013.

²¹Mödder UI, Hoey KA, Amin S, et al. Relation of age, gender, and bone mass to circulating sclerostin levels in women and men. *J Bone Miner Res.* 2011;26(2):373-379.

²²Amrein K, Amrein S, Drexler C, et al. Sclerostin and its association with physical activity, age, gender, body composition, and bone mineral content in healthy adults. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012;97(1):148-154.

²³Mirza FS, Padhi ID, Raisz LG, Lorenzo JA. Serum sclerostin levels negatively correlate with parathyroid hormone levels and free estrogen index in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;95(4):1991-1997.

²⁴Eastell R, Hannon R. Biomarkers of bone health and osteoporosis risk. *Proc Nutr Soc.* 2008;67(2):157-162.

²⁵van Bezooijen RL, Bronckers AL, Gortzak RA, et al. Sclerostin in mineralized matrices and van Buchem disease. *J Dent Res.* 2009;88(6):569–574.

²⁶Li X, Ominsky MS, Niu QT, et al. Targeted deletion of the sclerostin gene in mice results in increased bone formation and bone strength. *J Bone Miner Res.* 2008;23(6):860–869.

²⁷Hannon R, Eastell R. Preanalytical variability of biochemical markers of bone turnover. *Osteoporos Int.* 2000;11Suppl6:S30-44.

²⁸Seibel MJ, Meier C. Biochemical markers of bone turnover – Basic biochemistry and variability. In: Adler RA. (ed) *Osteoporosis. Pathophysiology and Clinical Management.* 2nd ed. Humana Press. New York. 2012. pp 97-130.

-
- ²⁹Wichers M, Schmidt E, Bidlingmaier F, Klingmüller D. Diurnal rhythm of CrossLaps in human serum. *Clin Chem*. 1999;45(10):1858–1860.
- ³⁰Singer FR, Eyre DR. Using biochemical markers of bone turnover in clinical practice. *Cleve Clin J Med*. 2008;75(10):739-750.
- ³¹Kenny AM, Prestwood KM, Biskup B, et al. Comparison of the effects of calcium loading with calcium citrate or calcium carbonate on bone turnover in postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2004;15(4):290–294.
- ³²Ryan AS, Treuth MS, Rubin MA, et al. Effects of strength training on bone mineral density: hormonal and bone turnover relationships. *J Appl Physiol*. 1994;77(4):1678–1684.
- ³³Vainionpää A, Korpelainen R, Väänänen HK, et al. Effect of impact exercise on bone metabolism. *Osteoporos Int*. 2009;20(10):1725–1733.
- ³⁴Banfi G, Lomardi G, Colombini A, Lippi G. Bone metabolism markers in sports medicine. *Sports Med*. 2010;40(8):697–714.
- ³⁵Rogers RS, Dawson AW, Wang Z, Thyfault JP, Hinton PS. Acute response of plasma markers of bone turnover to a single bout of resistance training or plyometrics. *J Appl Physiol*. 2011;111(5):1353-1360.
- ³⁶Lanyon L, Skerry T. Postmenopausal osteoporosis as a failure of bone's adaptation to functional loading: a hypothesis. *J Bone Miner Res*. 2001;6(11):1937-1947.
- ³⁷Bailey DA. The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study: bone mineral acquisition during the growing years. *Int J Sport Med*. 1997;18Suppl3:S191-194.
- ³⁸Bonjour JP, Theintz G, Law F, Slosman D, Rizzoli R. Peak bone mass. *Osteoporosis Int*. 1994;4Suppl1:7-13.
- ³⁹Maïmoun L, Sultan C. Effects of physical activity on bone remodeling. *Metabolism*. 2011;60(3):373-388.
- ⁴⁰Velez NF, Zhang A, Stone B, et al. The effect of moderate impact exercise on skeletal integrity in master athletes. *Osteoporos Int*. 2008;19(10):1457-1464.
- ⁴¹Zmuda JM, Cauley JA, Ferrell RE. Recent progress in understanding the genetic susceptibility to osteoporosis. *Genet Epidemiol*. 1999;16(4):356-367.
- ⁴²Gilsanz V, Wren T. Assessment of bone acquisition in childhood and adolescence. *Pediatrics*. 2007;Suppl2:S145-149.
- ⁴³Bennell K, Khan K, McKay H. The role of physiotherapy in the prevention and treatment of osteoporosis. *Man Ther*. 2000;5(4):198-213.
- ⁴⁴McCulloch RG, Bailey DA, Houston CS, Dodd BL. Effects of physical activity, dietary calcium intake and selected lifestyle factors on bone density in young women. *CAMJ*. 1990;142(3):221-227.

-
- ⁴⁵Cooper C, Cawley M, Bhalla A, et al. Childhood growth, physical activity, and peak bone mass in women. *J Bone Miner Res.* 1995;10(6):940-947.
- ⁴⁶Morris FL, Naughton GA, Gibbs JL, Carlson JS, Wark JD. Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res.* 1998;12(9):1453-1462.
- ⁴⁷Bradney M, Pearce G, Naughton G, et al. Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density, and bone strength: a controlled prospective study. *J Bone Miner Res.* 1998; 13:1814-1821
- ⁴⁸Rauchenzauner M, Schmid A, Heinz-Erian P, et al. Sex- and age-specific reference curves for serum markers of bone turnover in healthy children from 2 months to 18 years. *J Clin Endocrinol Metab.* 2007; 92(2):443–449.
- ⁴⁹Matkovic V, Jelic T, Wardlaw GM. Timing of peak bone mass in Caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis. Inference from a cross-sectional model. *J Clin Invest.* 1994;93(2):799-808.
- ⁵⁰Elgán C, Fridlung B. Bone mineral density in relation to body mass index among young women: a prospective cohort study. *Int J Nurs Stud.* 2006;43(6):663-672.
- ⁵¹Kanis JA, Johnell O, Oden A, et al. Smoking and fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2005;16(2):155-162.
- ⁵²Specker BL. Evidence for an interaction between calcium intake and physical activity on changes in bone mineral density. *J Bone Miner Res.* 1996;11(10):1539-1544.
- ⁵³Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HC, Kostense PJ, Twisk JW. The effect on exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 1999;9(1):1-12.
- ⁵⁴Bassey EJ, Rothwell MC, Littlewood JJ, Pye DW. Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Min Res.* 1998;13(12):1805-1813.
- ⁵⁵Leeming DJ, Henriksen K, Byrjalsen I, et al. Is bone quality associated with collagen age? *Osteoporos Int.* 2009;20(9):1461-1470.
- ⁵⁶Maïmoun L, Sultan C. Effect of physical activity on calcium homeostasis and calcitropic hormones: a review. *Calcif Tissue Int.* 2009;85(4):277-286.
- ⁵⁷Price JS, Sugiyama T, Galea GL, et al. Role of endocrine and paracrine factors in the adaptation of bone to mechanical loading. *Curr Osteoporos Rep.* 2011;9(2):76-82.
- ⁵⁸Frost HM. Bone „mass” and the „mechanostat”: a proposal. *Anat Rec.* 1987;219(1):1-9.
- ⁵⁹Frost HM. Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 4. Mechanical influences on intact fibrous tissue. *Anat Rec.* 1990;226(4):433-439.

-
- ⁶⁰Duncan RL, Turner CH. Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. *Calcif Tissue Int.* 1995;57(5):344-358.
- ⁶¹Seeman E. Invited Review: Pathogenesis of osteoporosis. *J Appl Physiol.* 2003;95(5):2142-2151.
- ⁶²Khosla S, Oursler MJ, Monroe DG. Estrogen and the skeleton. *Trends Endocrinol Metab.* 2012;23(11):576-581.
- ⁶³Owan I, Burr DB, Turner CH, et al. Mechanotransduction in bone: osteoblasts are more responsive to fluid forces than mechanical strain. *Am J Physiol.* 1997;273(3Pt1):C810-815.
- ⁶⁴Robling AG, Duijvelaar KM, Geevers JV, Ohashi N, Turner CH. Modulation of appositional and longitudinal bone growth in the rat ulna by applied static and dynamic force. *Bone.* 2001;29(2):105-113.
- ⁶⁵Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, et al. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis Int.* 2013;24(1):23-57.
- ⁶⁶[No authors listed] Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. *Am J Med.* 1993;94(6):646-650.
- ⁶⁷Smits-Engelsman BCM, Bekkering GE, Hendriks HJM. Clinical practice guidelines for physical therapy in patients with osteoporosis. https://www.fysionet-evidencebased.nl/images/pdfs/guidelines_in_english/osteoporosis_practice_guidelines_2003.pdf Accessed 15.03.2013.
- ⁶⁸Kanis JA, Johnell O, Oden A, et al. Long-term risk of osteoporotic fracture in Malmö. *Osteoporosis Int.* 2000;11(8):669-674.
- ⁶⁹Hernlund E, Svedbom A, Ivergård M, et al. Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Arch Osteoporos.* 2013;8(1-2):8-136.
- ⁷⁰[No authors listed] Consensus development conference: prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am J Med.* 1991;90(1):107-110.
- ⁷¹Eisman JA. Genetics of osteoporosis. *Endocr Rev.* 1999;20(6):788-804.
- ⁷²Riggs BL, Wahner HW, Melton LJ, et al. Rates of bone loss in the appendicular and axial skeletons of women. Evidence of substantial vertebral bone loss before menopause. *J Clin Invest.* 1986;77(5):1487-1491.
- ⁷³Gagnon C, LiV, Ebeling PR. Osteoporosis in men: its pathophysiology and the role of teriparatide in its treatment. *Clin Interv Aging.* 2008;3(4):635-645.
- ⁷⁴Goulet RW, Goldstein SA, Ciarelli MJ, et al. The relationship between the structural and orthogonal compressive properties of trabecular bone. *J Biomech.* 1994;27(4):375-389.

-
- ⁷⁵Hayes WC, Piazza SJ, Zysset PK. Biomechanics of fracture risk prediction of the hip and spine by quantitative computed tomography. *Radiol Clin North Am.* 1991;29(1):1-18.
- ⁷⁶Hayes WC, Myers ER, Robinovitch SN, et al. Etiology and prevention of age-related hip fractures. *Bone.* 1996;18(1Suppl):77S-86S.
- ⁷⁷Courtney AC, Wachtel EF, Myers ER, Hayes WC. Age-related reductions in the strength of the femur tested in a fall-loading configuration. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(3):387-395.
- ⁷⁸Thomsen JS, Ebbesen EN, Mosekilde L. Predicting human vertebral bone strength by vertebral static histomorphometry. *Bone.* 2002;30(3):502-508.
- ⁷⁹Drinkwater BL. Exercise in the prevention of osteoporosis. *Osteoporos Int.* 1993;3(Suppl1):S169-171.
- ⁸⁰Winters-Stone KM, Snow CM. Musculoskeletal response to exercise is greatest in women with low initial values. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(10):1691-1696.
- ⁸¹Korpelainen R, Keinänen-Kiukaanniemi S, Heikkinen J, Väänänen K, Korpelainen J. Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporos Int.* 2006;17(1):109-118.
- ⁸²Beck BR, Winters-Stone KM. Exercise in the prevention of osteoporosis-related fractures. In: Adler RA. (ed) *Osteoporosis. Pathophysiology and Clinical Management.* 2nd ed. Humana Press. New York. 2012. pp 207-239.
- ⁸³Maddalozzo GF, Snow CM. High intensity resistance training: effects on bone in older men and women. *Calcif Tissue Int.* 2000;66(6):399-404.
- ⁸⁴Kerr D, Morton A, Dick I, Prince R. Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *J Bone Miner Res.* 1996;11(2):218-225.
- ⁸⁵Chien MY, Wu YT, Hsu AT, Yang RS, Lai JS. Efficacy of a 24-week aerobic exercise program for osteopenic postmenopausal women. *Calcif Tissue Int.* 2000;67(6):443-448.
- ⁸⁶Iwamoto J, Takeda T, Otani T, Yabe Y. Effect of increased physical activity on bone mineral density in postmenopausal osteoporotic women. *Keio J Med.* 1998;47(3):157-161.
- ⁸⁷Lovejoy CO. Evolution of human walking. *Sci Am.* 1988;259:118-125.
- ⁸⁸Pettersson U, Nordström P, Lorentzon R. A comparison of bone mineral density and muscle strength in young male adults with different exercise levels. *Calcif Tissue Int.* 1999;64(6):490-498.
- ⁸⁹Rideot CA, McKay HA, Barr SI. Self-reported lifetime physical activity and areal bone mineral density in healthy postmenopausal women: the importance of teenage activity. *Calcif Tissue Int.* 2006;79(4):214-222.
- ⁹⁰Stear SJ, Prentice A, Jones SC, Cole TJ. Effect of calcium and exercise intervention on the bone mineral status of 16-18-y-old adolescent girls. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(4):985-992.

-
- ⁹¹Bonaiuti D, Shea B, Iovine R, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002;(3):CD000333.
- ⁹²Whiteford J, Ackland TR, Dhaliwal SS, et al. Effects of a 1-year randomized controlled trial of resistance training on lower limb bone and muscle structure and function in older men. *Osteoporos Int.* 2010;21(9):1529-1536.
- ⁹³Schmitt NM, Schmitt J, Dören M. The role of physical activity in the prevention of osteoporosis in postmenopausal women – An update. *Maturitas.* 2009;63(1):34-38.
- ⁹⁴Häkkinen A, Sokka T, Kotaniemi A, Hannonen P. A randomized two-year study of the effects of dynamic strength training on muscle strength, disease activity, functional capacity, and bone mineral density in early rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum.* 2001;44(3):515-522.
- ⁹⁵Kemmler W, Lauber D, Weineck J, et al. Benefits of 2 years of intense exercise on bone density, physical fitness, and blood lipids in early postmenopausal osteopenic women: results of the Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study (EFOPS). *Arch Intern Med.* 2004;164(10):1084-1091.
- ⁹⁶Kelley GA. Exercise and regional bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analytic review of randomised trials. *Am J Phys Med Rehabil.* 1998;77(1):76-87.
- ⁹⁷Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, et al. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(11):1985–1996.
- ⁹⁸Turner CH. Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone.* 1998;23(5):399–407.
- ⁹⁹Judex S, Carlson KJ. Is bone's response to mechanical signals dominated by gravitational loading? *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(11):2037–2043.
- ¹⁰⁰Robling AG. Is bone's response to mechanical signals dominated by muscle forces? *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(11):2044–2049.
- ¹⁰¹Kohrt WM, Barry DW, Schwartz RS. Muscle forces or gravity: what predominates mechanical loading on bone? *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(11):2050–2055.
- ¹⁰²Weeks BK, Beck BR. The BPAQ: a bone-specific physical activity assessment instrument. *Osteoporos Int.* 2009;19(11):1567–1577.
- ¹⁰³<http://dynaweb.ebscohost.com/Detail?id=AN+113815&sid=a66c7c57-e1ae-4592-9981-eb48238cdb73 @sessionmgr11#weight-bearing-exercise> 2015.02.14.
- ¹⁰⁴http://www.acsm.org/AM/Template.cfm?Section=ACSM_Fit_Society_Page&CONTENTID=6128&TEMPLATE=/CM/ContentDisplay.cfm&zbrandid=399&zidType=CH&zid=1001437&zsubscriberId=73833690 Accessed 23.11.2014.
- ¹⁰⁵Rugelj D. The effect of functional balance training in frail nursing home residents. *Arch Gerontol Geriatr.* 2010;50(2):192-197.

-
- ¹⁰⁶Sinaki M, Brey RH, Hughes CA, Larson DR, Kaufman KR. Balance disorder and increased risk of falls in osteoporosis and kyphosis: significance of kyphotic posture and muscle strength. *Osteoporos Int.* 2005;16(8):1004-1010.
- ¹⁰⁷Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age Ageing.* 2004;33(6):602-607.
- ¹⁰⁸Ersoy Y, MacWalter RS, Durmus B, Altay ZE, Baysal O. Predictive effects of different clinical balance measures and the fear of falling on falls in postmenopausal women aged 50 years and over. *Gerontology.* 2009;55(6):660-665.
- ¹⁰⁹Page P. Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *J Bodyw Mov Ther.* 2006;10(1):77-84.
- ¹¹⁰Janda V. Muscles and motor control in low back pain: assessment and management. In: Twomey LT, Taylor JR. (eds) *Physical therapy of the low back.* Churchill Livingstone. New York. 1987; pp. 253-278.
- ¹¹¹Janda V, Vavrova M. Sensory motor stimulation. In: Liebenson C. (Ed.) *Rehabilitation of the spine: a practitioner’s manual (2nd ed).* Williams & Wilkins. Baltimore. 1996; pp. 319-328.
- ¹¹²Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3(4):193-214.
- ¹¹³Bullock-Saxton JE, Janda V, Bullock MI. Reflex activation of gluteal muscles in walking. An approach to restoration of muscle function for patients with low-back pain. *Spine.* 1993;18(6):704-708.
- ¹¹⁴Qvist, P, Christgau, S, Pedersen BJ, Schlemmer A, Christiansen C. Circadian variation in the serum concentration of C-terminal telopeptide of type I collagen (serum CTx): effects of gender, age, menopausal status, posture, daylight, serum cortisol, and fasting. *Bone.* 2002;31(1):57-61.
- ¹¹⁵Bergmann P, Body JJ, Boonen S, et. al Evidence-based guidelines for the use of biochemical markers of bone turnover in the selection and monitoring of bisphosphonate treatment in osteoporosis: a consensus document of the Belgian Bone Club. *Int J Clin Pract.* 2009;63(1):19-26.
- ¹¹⁶Horváth Cs. Osteodensitometria. In: Lakatos P. (szerk) *A kalciumháztartás és a csontszövet anyagcsere-betegségei.* Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest. 1999. pp 208-226.
- ¹¹⁷Biospace Salus Body Composition Analyzer, User’s Manual. 2002. Biospace Co. Ltd. Seoul.
- ¹¹⁸Craig CL, Marshall AL, Sjöström M et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(8):1381-1395.
- ¹¹⁹Taylor A, Bell J, Lough F. Cardiac Rehabilitation. In: Pryor JA, Prasad SA. (eds) *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems. Adults and paediatrics.* Churchill Livingstone. (3rd ed) 2002; pp.493-516.

-
- ¹²⁰ Biomedica Medizinprodukte GmbH & Co KG Web site. <http://www.bmgrp.com/index.php?id=2697>. Accessed 11.11.2013.
- ¹²¹Lang TF. Bone mineral assessment of the axial skeleton: Technical aspects. In: Adler RA. (ed) Osteoporosis. Pathophysiology and Clinical Management. 2nd ed. Humana Press. New York. 2012. pp 23-50.
- ¹²²Mounach A, Abayi DA, Ghazi M. et al. Discordance between hip and spine bone mineral density measurement using DXA: prevalence and risk factors. *Semin Arthritis Rheum.* 2009;38(6):467-471.
- ¹²³Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can.* 1989;41(6):304-311.
- ¹²⁴Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 1992;83(Suppl2):S7-11.
- ¹²⁵Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther.* 2002;82(2):128-137.
- ¹²⁶Duncan PW, Studenski S, Chandler J, Prescott B. Functional Reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol.* 1992;47(3):M93-98.
- ¹²⁷Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & GO": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-148.
- ¹²⁸Liebenson C. Sensory-Motor Training, Part II. *Dynamic Chiropractic.* 2001;19(13):1-6.
- ¹²⁹Bohannon RW, Larkin PA, Cook AC, Gear J, Singer J. Decrease in timed balance test scores with aging. *Phys Ther.* 1984;64(7):1067-1070.
- ¹³⁰Milletrix Software 2.0 verzió. 2006. Felhasználói kézikönyv.
- ¹³¹Turner CH. Bone strength: current concepts. *Ann N Y Acad Sci.* 2006;1068:429–446.
- ¹³²Qi MC, Zou SJ, Han LC, Zhou HX, Hu J. Expression of bone-related genes in bone marrow MSCs after cyclic mechanical strain: implications for distraction osteogenesis. *Int J Oral Sci.* 2009;1(3):143–150.
- ¹³³Mantila Roosa SM, Liu Y, Turner CH. Gene expression patterns in bone following mechanical loading. *J Bone Miner Res.* 2011;26(1):100–112.
- ¹³⁴Qi MC, Hu J, Zou SJ, et al. Mechanical strain induces osteogenic differentiation: Cbfa1 and Ets-1 expression in stretched rat mesenchymal stem cells. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37(5):453–458.
- ¹³⁵Sapir-Koren R, Livshits G. Is interaction between age-dependent decline in mechanical stimulation and osteocyte-estrogen receptor levels the culprit for postmenopausal-impaired bone formation? *Osteoporos Int.* 2013;24(6):1771-1789.

-
- ¹³⁶Rittweger J. Ten years muscle-bone hypothesis: What have we learned so far? – Almost a festschrift. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2008;8(2):174-178.
- ¹³⁷Maïmoun L, Simar D, Caillaud C, et al. Response of calcitropic hormones and bone turnover to brisk walking according to age and fitness level. *J Sci Med Sport.* 2009;12(4):463-467.
- ¹³⁸Tosun A, Bölükbaşı N, Cingi E, Beyazova M, Unlü M. Acute effects of a single session of aerobic exercise with or without weight-lifting on bone turnover in healthy young women. *Mod Rheumatol.* 2006;16(5):300-304.
- ¹³⁹Welsh L, Rutherford OM, James I, et al. The acute effects of exercise on bone turnover. *Int J Sports Med.* 1997;(4):247-251.
- ¹⁴⁰Thorsen K, Kristoffersson A, Hultdin J, Lorentzon R. Effects of moderate endurance exercise on calcium, parathyroid hormone, and markers of bone metabolism in young women. *Calcif Tissue Int.* 1997;60(1):16-20.
- ¹⁴¹Zittermann A, Sabatschus O, Jantzen S, et al. Evidence for an acute rise of intestinal calcium absorption in response to aerobic exercise. *Eur J Nutr.* 2002;41(5):189-196.
- ¹⁴²Ashizawa N, Ouchi G, Fujimura R, et al. Effects of a single bout of resistance exercise on calcium and bone metabolism in untrained young males. *Calcif Tissue Int.* 1998;62(2):104-108.
- ¹⁴³Kristoffersson A, Hultdin J, Holmlund I, Thorsen K, Lorentzon R. Effects of short-term maximal work on plasma calcium, parathyroid hormone, osteocalcin and biochemical markers of collagen metabolism. *Int J Sports Med.* 1995;16(3):145-149.
- ¹⁴⁴Whipple TJ, Le BH, Demers LM, et al. Acute effects of moderate resistance exercise on bone cell activity. *Int J Sports Med.* 2004;25(7):496-501.
- ¹⁴⁵Crespo R, Revilla M, Villa LF, et al. Transient dissociation of bone metabolism induced by high performance exercise: a study in elite marathon runners. *Calcif Tissue Int.* 1999;64(4):287-290.
- ¹⁴⁶Langberg H, Skovgaard D, Asp S, Kjaer M. Time pattern of exercise-induced changes in type I collagen turnover after prolonged endurance exercise in humans. *Calcif Tissue Int.* 2000;67(1):41-44.
- ¹⁴⁷Malm HT, Ronni-Sivula HM, Viinikka LU, Ylikorkala OR. Marathon running accompanied by transient decreases in urinary calcium and serum osteocalcin levels. *Calcif Tissue Int.* 1993;52(3):209-211.
- ¹⁴⁸Guillaume G, Chappard D, Audran M. Evaluation of the bone status in high-level cyclist. *J Clin Densitom.* 2012;15(1):103-107.
- ¹⁴⁹Maïmoun L, Manetta J, Couret I, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. *Int J Sports Med.* 2006;27(2):105-111.

-
- ¹⁵⁰Wallace JD, Cuneo RC, Lundberg PA, et al. Responses of markers of bone and collagen turnover to exercise, growth hormone (GH) administration, and GH withdrawal in trained adult males. *J Clin Endocrinol Metab.* 2000;85(1):124-133.
- ¹⁵¹Brahm H, Piehl-Aulin K, Saltin B, Ljunghall S. Net fluxes over working thigh of hormones, growth factors and biomarkers of bone metabolism during short lasting dynamic exercise. *Calcif Tissue Int.* 1997;60(2):175-180.
- ¹⁵²Gómez-Cabello A, Ara I, González-Agüero A, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G. Effects of training on bone mass in older adults. *Sports Med.* 2012;42(4):301-325.
- ¹⁵³Hasselstrøm H, Karlsson KM, Hansen SE, et al. Peripheral bone mineral density and different intensities of physical activity in children 6-8 years old: the Copenhagen School Child Intervention study. *Calcif Tissue Int.* 2007;80(1):31-38.
- ¹⁵⁴Pettersson U, Nilsson M, Sundh V, Mellström D, Lorentzon M. Physical activity is the strongest predictor of calcaneal peak bone mass in young Swedish men. *Osteoporos Int.* 2010;21(3):447-455.
- ¹⁵⁵Turner CH, Robling AG, Duncan RL, Burr DB. Do bone cells behave like a neuronal network? *Calcif Tissue Int.* 2002;70(6):435-442.
- ¹⁵⁶Lombardi G, Lanteri P, Colombini A, Mariotti M, Banfi G. Sclerostin concentrations in athletes: role of load and gender. *J Biol Regul Homeos Agents.* 2012;26(1):157-163.
- ¹⁵⁷Silverman SL. Sclerostin. *J Osteoporosis.* 2010;doi: 10.4061/2010/941419.
- ¹⁵⁸Kneissel M. The promise of sclerostin inhibition for the treatment of osteoporosis. *IBMS BoneKEy.* 2009;6:259-264.
- ¹⁵⁹ http://www.tecomedical.com/cms/bone-metabolism-product_details_sclerostin_elisa.phtml Accessed 06.08.2013.
- ¹⁶⁰Gaudio A, Pennisi P, Bratengeier C, et al. Increased sclerostin serum levels associated with bone formation and resorption markers in patients with immobilization-induced bone loss. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;96(5):2248-2253.
- ¹⁶¹Ardawi MS, Rouzi AA, Qari MH. Physical activity in relation to serum sclerostin, insulin-like growth factor-1, and bone turnover markers in healthy premenopausal women: a cross-sectional and a longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012;97(10):3691-3699.
- ¹⁶²Spatz JM, Fields EE, Yu EW, et al. Serum sclerostin increases in healthy adult men during bed rest. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012;97(9):E1736-1740.
- ¹⁶³Gaudio A, Pennisi P, Bratengeier C, et al. Increased sclerostin serum levels associated with bone formation and resorption markers in patients with immobilization-induced bone loss. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;96(5):2248-2253.

-
- ¹⁶⁴Bergstöm I, Parini P, Gustafsson SA, Andersson G, Brick J. Physical training increases osteoprotegerin in postmenopausal women. *2012;30(2):202-207.*
- ¹⁶⁵Sheng Z, Tong D, Ou Y, et al. Serum sclerostin levels were positively correlated with fat mass and bone mineral density in central south Chinese postmenopausal women. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2012;76(6):797-801.
- ¹⁶⁶http://www.oefi.hu/dohanyzas_tarsadalmi_terhe_OEFI_2012.pdf Accessed 22.03.2015.
- ¹⁶⁷Ward KD, Klesges RC. A meta-analysis of the effects of cigarette smoking on bone mineral density. *Calcif Tissue Int.* 2001;68(5):259-270.
- ¹⁶⁸Nitz JC, Stock L, Khan A. Health-related predictors of falls and fractures in women over 40. *Osteoporos Int.* 2013;24(2):613-621.
- ¹⁶⁹Ma L, Zheng LW, Sham MH, Cheung LK. Uncoupled angiogenesis and osteogenesis in nicotine-compromised bone healing. *J Bone Miner Res,* 2010;25(6):1305-1313.
- ¹⁷⁰Crosbie D, Reid DM. Osteoporosis. *Surgery.* 2006;24(11):386-387.
- ¹⁷¹Greendale GA, Barrett-Connor E, Edelstein S, Ingles S, Haile R,.: Lifetime leisure exercise and osteoporosis. The Rancho Bernardo study. *Am J Epidemiol.* 1995;141(10):951-959.
- ¹⁷²Bailey DA, McKay HA, Mirwald RL, Crocker PR, Faulkner RA. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the university of Saskatchewan bone mineral accrual study. *J Bone Miner Res.*1999;14(10):1672-1679.
- ¹⁷³Dunstan CR, Somers NM, Evans RA. Osteocyte death and hip fracture. *Calcif Tissue Int.* 1993;53(Suppl1):S113-S116.
- ¹⁷⁴Oliveira MR, da Silva RA, Dascal JB, Teixeira DC. Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: a randomised controlled trial. *Arch Gerontol Geriatr.* 2014;59(3):506-514.
- ¹⁷⁵Alfieri FM, Riberto M, Gatz LS, et al. Comparison of multisensory and strength training for postural control in the elderly. *Clin Interv Aging.* 2012;7:119-25.
- ¹⁷⁶Resende SM, Rassi CM, Viana FP. Effects of hydrotherapy in balance and prevention of falls among elderly women. *Rev. Bras. Fisioter.* 2008;12(1):57-63.
- ¹⁷⁷McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance.* (5th ed) Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia. 2001; pp 376-399.
- ¹⁷⁸Nashner LM. Adapting reflexes controlling the human posture. *Exp Brain Res.* 1976;27(26):59-72.
- ¹⁷⁹Barrett-Connor E, Weiss TW, McHorney CA, Miller PD, Siris ES. Predictors of falls among postmenopausal women: results from the National Osteoporosis Risk Assessment (NORA). *Osteoporos Int.* 2009;20(5):715-722.

-
- ¹⁸⁰Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med.* 1988;319(26):1701-1707.
- ¹⁸¹Silva RB, Costa-Paiva L, Oshima MM, Morais SS, Pinto-Neto AM. Frequency of fall and association with stabilometry parameters of balance in postmenopausal women with and without osteoporosis. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2009;31(10):496-502.
- ¹⁸²Rugelj D, Sevšek F. Analysis of postural sway data of elderly subjects. WSEAS. *Trans Signal Process.* 2007. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2007corfu/papers/540-403.pdf> Accessed 03.11.2014.
- ¹⁸³Binda SM, Culham EG, Brouwer B. Balance, muscle strength, and fear of falling in older adults. *Exp Aging Res.* 2003;29(2):205-219.
- ¹⁸⁴Hue OA, Seynnes O, Ledrole D, Colson SS, Bernard PL. Effects of a physical activity program on postural stability in older people. *Aging Clin Exp Res.* 2004;16(5):356-362.
- ¹⁸⁵Nagy E, Feher-Kiss A, Barnai M, et al. Postural control in elderly subjects participating in balance training. *Eur J Appl Physiol.* 2007;100(1):97-104.
- ¹⁸⁶Steadman J, Donaldson N, Kalra L. A randomized controlled trial of an enhanced balance training program to improve mobility and reduce falls in elderly patients. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51(6):847-852.
- ¹⁸⁷Woollacott MH, Shumway-Cook A. Changes in posture control across the life span – a systems approach. *Phys Ther.* 1990;70(12):799-807.
- ¹⁸⁸Manchester D, Woollacott M, Zederbauer-Hylton N, Marin O. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *J Gerontol.* 1989;44(4):M118-127.
- ¹⁸⁹Gribble PA, Hertel J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(6):641-646.
- ¹⁹⁰Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(1):49-56.
- ¹⁹¹Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol.* 1996;75(6):2334–2343.
- ¹⁹²Bisson EJ, McEwen D, Lajoie Y, Bilodeau M. Effects of ankle and hip muscle fatigue on postural sway and attentional demands during unipedal stance. *Gait Posture.* 2011;33(1):83-87.
- ¹⁹³Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol.* 1994;49(2):M72-84.
- ¹⁹⁴Kirchner M, Schubert P, Getrost T, Haas CT. Effect of altered surfaces on postural sway characteristics in elderly subjects. *Hum Mov Sci.* 2013;32(6):1467-1479.

-
- ¹⁹⁵Blaszczyk JW, Prince F, Raiche M, Hébert R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. *J Biomech.* 2000;33(10):1243-1248.
- ¹⁹⁶Wang Z, Newell KM. Phase synchronization of foot dynamics in quiet standing. *Neurosci Lett.* 2012;507(1):47–51.
- ¹⁹⁷ Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol.* 2002;88(3):1097-1118.
- ¹⁹⁸Horak FB. Role of the vestibular system in postural control. In: Herdman SJ. *Vestibular rehabilitation, 3rd Edition. Contemporary perspectives in rehabilitation.* E.A. Davis Company. Philadelphia. 2007; pp 32-53.
- ¹⁹⁹Maranhão-Filho PA, Maranhão ET, da Silva MM, Lima MA. Rethinking the neurological examination I. *Arq Neuropsiquiatr.* 2011;69(6):954-958.
- ²⁰⁰Black FO, Wall C, Rockette HE, Kitch R. Normal subject postural sway during the Romberg test. *Am J Otolaryngol.* 1982;3(5):309-318.
- ²⁰¹Halsband U, Lange RK. Motor learning in man: a review of functional and clinical studies. *J Physiol Paris.* 2006;99(4-6):414-424.
- ²⁰²Janura M, Krhutová Z, Svoboda Z, Novosad P. The effect of exercise on bone mineral density, bone markers and postural stability in subjects with osteoporosis. *InTech.* 2012. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/29557.pdf> Accessed 14.05.2015.
- ²⁰³Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;15(2):CD007146.
- ²⁰⁴Perry SB, Downey PA. Fracture risk and prevention: a multidimensional approach. *Phys Ther.* 2012;92(1):164-178.
- ²⁰⁵<https://www.shef.ac.uk/FRAX/tool.jsp?lang=en> Accessed 03.04.2014.
- ²⁰⁶Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL, Gruber W. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther.* 1997;77(8):812-819.
- ²⁰⁷Whitney SL, Marchetti GF, Ellis JL, Otis L. Improvements in balance in older adults engaged in a specialized home care falls prevention program. *J Geriatr Phys Ther.* 2013;36(1):3-12.
- ²⁰⁸Donoghue D, Physiotherapy Research and Older People (PROP) group, Stokes EK. How much change is true change? The minimum detectable change of the Berg Balance Scale in elderly people. *J Rehab Med.* 2009; 41(5):343-346.
- ²⁰⁹Bogle Thorbahn LD, Newton RA. Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons. *Phys Ther.* 1996;76(6):576-585.
- ²¹⁰Vaillant J, Vuillerme N, Martigné P, et al. Balance, aging, and osteoporosis: effects of cognitive exercises combined with physiotherapy. *Joint Bone Spine.* 2006;73(4):414-418.

-
- ²¹¹Briggs RC, Gossman MR, Birch R, Drews JE, Shaddeau SA. Balance performance among noninstitutionalized elderly women. *Phys Ther.* 1989;69(9):748-756.
- ²¹²Iverson BD, Gossman MR, Shaddeau SA, Turner ME. Balance performance, force production, and activity levels in noninstitutionalized men 60 to 90 years of age. *Phys Ther.* 1990;70(6):348-355.
- ²¹³Bohannon RW, Larkin PA, Cook AC, Gear J, Singer J. Decrease in timed balance test scores with aging. *Phys Ther.* 1984; 64(7):1067-1070.
- ²¹⁴El Haber N, Erbas B, Hill KD, Wark JD. Relationship between age and measures of balance, strength and gait: linear and non-linear analyses. *Clin Sci (Lond).* 2008;114(12):719-727.
- ²¹⁵Naessen T, Lindmark B, Lagerström C, Larsen HC, Persson I. Early postmenopausal hormone therapy improves postural balance. *Menopause.* 2007;14(1):14-19.
- ²¹⁶Turner PA. Osteoporosis- its causes and prevention: an update. *Physiother Theory Pract.* 2000;16(3):135-149.
- ²¹⁷Brown AP. Reducing falls in elderly people: a review of exercise interventions. *Physiother Theory Pract.* 1999;15(2):59-68.

10. Saját publikációk jegyzéke

10.1. Az értekezés alapjául szolgáló publikációk és kongresszusi előadások

10.1.1. Eredeti közlemények

1. Császárné Gombos G, Bajsz V, Sió E, Tóthné Steinhausz V, Schmidt B, Szekeres L, Kránicz 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.
2. Császárné Gombos G, Sió E, Bajsz V, Schmidt B, Kránicz J. A gyógytorna és a gyaloglás direkt hatása a csontanyagcsere-markerekre és a sclerostin-szintre csonttritkulásban. *Egészség-akadémia.* 2013;4(3):174-186.
3. Császárné Gombos G, Fekete J, Tóthné Steinhausz V, Schmidt B, Szekeres L. Célirányos gyógytorna foglalkozás direkt hatása a csontanyagcsere-markerekre fiatal, csúcscsonttömegű felnőtteknél. *Magyar Reumatológia.* 2010;51(4):291-300.

10.1.2. Kongresszusi absztraktok

1. Császárné Gombos G, Gombosné Papp J. Szenzomotoros tréning hatásvizsgálata csökkent csontsűrűségű nőknél, gyaloglás és tréning közvetlen hatása a csontmarkerekre. Magyar Osteoporosis és Osteoarthrológiai Társaság Osteológiai Kongresszusa. Balatonfüred. 2015.05.28-30.

-
2. Császárné Gombos G, Bajsz V, Sió E, Gombosné Papp J, Szekeres L. Gyaloglás és gyógytorna direkt hatása a csontanyagcsere-markerekre osteoporosisban. MGYT IX. Kongresszusa. Nyíregyháza. 2013.08.29-31.
 3. Császárné Gombos G, Bajsz V, Szekeres L. Van-e direkt hatása a gyógytornának a csont biokémiai markereire? Magyar Osteoporosis és Osteoarthrológiai Társaság Osteológiai Kongresszusa. Balatonfüred. 2012. 05.31-06.02.
 4. Császárné Gombos G, Szekeres L, Fekete S. Célrányos gyógytorna foglalkozás direkt hatása a csontanyagcsere markerekre fiatal csúcs-csonttömegű felnőtteknél. Magyar Gyógytornászok Társasága VIII. Kongresszusa. Pécs. 2011.11.20-22.
 5. 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. World Confederation for Physical Therapy 2011 Congress. 20-23 Jun 2011. Amsterdam. Netherlands. Physiotherapy. 2011;97(S1):eS415.
 6. 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. ISPOR 14th Annual European Congress. 5-8 Nov 2011. Madrid. Spain. Value in Health. 2011;14 (7): A303.

10.2. Egyéb közlemények és kongresszusi előadások

10.2.1. Eredeti közlemények

1. 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.
2. 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.

-
3. Sió E, Császárné Gombos G, Rashed A, Mazur M: Szívműtéten átesett krónikus obstruktív tüdőbetegek perioperatív adatainak elemzése fizioterápiás szempontból. Egészség-Akadémia. 2013;3(3):194-202.
 4. Czompol O, Csaszarne Gombos G: Foglalkoztató-terapeuták nemzetközi képzése. Mozgásterápia. 2006; 1(1): 24-25.
 5. Gombos G, Czömpöl O. Inclusion in Zalaegerszeg, Journal of the network for prevention of child maltreatment. Timisoara. 2005;16:40-44.

10.2.2. Hazai kongresszusi absztraktok

1. Császárné G, Vizsy M. Ülőmunka következtében kialakult krónikus derékfájdalom kezelése aktív technikák alkalmazásával. A Magyar Gerincgyógyászati Társaság 2015. évi tudományos ülése, Bükkfűdő 2015. 12. 4-6.
2. Borsos Zs, Császárné Gombos G, Hegyiné Csiszár I, Némethiné Gergály E, Schmidt B. Az alsó végtag pozicionálásának kihatása a posztoperatív vérzésre térdprotézis műtét után. Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2015. évi közös Kongresszusa. Sárvár. 2015. 06.11-13.
3. Mazur M, Rashed A, Alotti N, Sió E, Karamánné Pakai A, Császárné Gombos G. Pre - és posztoperatív fizioterápia jelentősége nyitott szívműtéten átesett COPD-s betegeknél. Magyar Kardiológusok Társasága 2013. évi Tudományos Kongresszusa. Balatonfüred. 2013.05.8-11.
4. Sió E, Császárné Gombos G, Rashed A, Bajsz V, Mazur M. Pre- és posztoperatív fizioterápia jelentősége nyitott szívműtéten átesett COPD-s betegeknél. Magyar Gyógytornászok Társasága IX. Kongresszusa. Nyíregyháza. 2013.08.29-31.

-
5. Mazur M, Rashed A, Sió E, Karamánné Pakai A, Császárné Gombos G, Alotti N: Pre- és posztoperatív fizioterápia jelentősége nyitott szívűtéten átesett COPD-s betegeknel. Magyar Szívsebészeti Társaság XIX. Kongresszusa. Hévíz. 2012. 11.08-10.
 6. Mazur M, Sió E, Pakai A, Császárné Gombos G, Aref R: Az expectoratio és a mély légzési gyakorlatok jelentősége nyitott szívűtéten átesett COPD-s betegeknel, Magyar Egészségügyi Szakdolgozók XLIII. Országos Kongresszusa. Szolnok. 2012.08.23-25.
 7. Császárné Gombos G, Tóthné Steinhausz V, Németh Zs, Hegyiné Csiszár I, Némethiné Gergály E, Schmidt B: Van - e hatása a pozicionálásnak és egy PNF - mozgásminta alkalmazásának a csípőprotézissel műtött betegek posztoperatív vérzés - mennyiségére? Magyar Ortopéd Társaság LV. Kongresszusa. Győr. 2012.06.14-15.
 8. Molics B, Éliás Zs, Gombos G, Bohner-Beke A, Sebestyén A, Schmidt B, Kránicz J, Boncz I. A fizioterápiás jellegű tevékenységek BNO szerinti megoszlása. Magyar Epidemiológiai Társaság VI. Kongresszusa. Pécs. 2011. 11. 25-26. Magyar Epidemiológia. 2011;8(4):S63.
 9. Császárné Gombos G, Cseh A. Gyenge törzsizomzatú 10-14 éves gyerekek David koncepcióval és hydrobic módszerrel történő kezelésének összehasonlítása. Magyar Gyógytornászok Társasága VI. Kongresszusa. Debrecen. 2007.11.08-10.
 10. Császárné Gombos G. A foglalkoztató-terapeuta szerepe a multidiszciplináris team-ben. Magyar Gyógytornászok Társasága V. Kongresszusa. Sopron. 2005.11.17-19.
 11. Csaszarne Gombos G, Imrei Gy. A bokaízületi szalagsérülések fizioterápiás vonatkozásai. Magyar Gyógytornászok Társasága III. Kongresszusa. Szeged. 2001.11.15-17.

10.2.3. Nemzetközi kongresszusi absztraktok

1. Gombos G, Borsos Z, Sió E, Bajsz V, Steinhausz V, Szabó J, Boncz I, Schmidt B. The effect of positioning the lower extremities on postoperative bleeding after total knee replacement. *Value in Health*. 2015. 18:(7) p. A634.
2. Gombos G, Vizsy M, Sió E, Bajsz V, Steinhausz V, Szabó J, Boncz I, Schmidt B. Using active techniques to handle chronic low back pain caused by sedentary work. *Value in Health*. 2015.18:(7) p. A635.
3. Steinhausz V, Sió E, Gombos G, Bajsz V, Tóth E, Sömjén K, Ács P, Boncz I. New Possibility for testing the dynamic stability of the trunk and lower extremities. *Value in Health*.2015. 18:(7) p. A636.
4. Sió E, Bajsz V, Mazur M, Molics B, Boncz I, Gombos G. The efficiency of preoperative physiotherapy in patients with chronic obstructive pulmonary disease undergoing open heart surgery. *Value in Health*. 2013;16(7):A366
5. Turcsanyi K, Pakai A, Szabó J, Oláh A, Gombos G, Gresz M, Molics B, Boncz I. The regional distribution of disabled pensioners of Hungary. *Value in Health*. 2012;15(7):A305.
6. Molics B, Gombos G, Ágoston I, Kránicz J, Schmidt B, Nót L, Cs. Horváth Z, Gresz M, Boncz I. The distribution of outpatient physiotherapy services in Hungary. *Value in Health*. 2012;15(7):A524.
7. Gombos G, Steinhausz V, Bajsz V, Sió E, Turcsanyi K, Molics B, Boncz I, Schmidt B. The effect of positioning and PNF-exercise to postoperative bleeding after hip replacement. *ISPOR 15th Annual European Congress*. 3-7 Nov 2012. Berlin. Germany. *Value in Health*. 2012;15(7):A517-A518.
8. Tóthné Steinhausz V, Császárné Gombos G, Schmidt B. The effect of positioning and PNF-exercise on postoperative bleeding after hip replacement. *IPNFA Meeting*. Budapest. 13 Oct 2012.

-
9. Steinhausz V, Gombóc K, Gombos G. Effect of moderate-intensity exercise training and diet on body composition and exercise capacity in obese children. World Confederation for Physical Therapy 2011 Congress. 20-23 Jun 2011. Amsterdam. Netherlands. *Physiotherapy*. 2011;97(1):eS1173.
 10. Turcsanyi K, Domján P, Pakai A, Gombos G, Ágoston I, Vas G, Molics B, Éliás Z, Kriszbacher I, Boncz I. Inequalities in the utilization of home hospice services in Hungary. ISPOR 14th Annual European Congress. 5-8 Nov 2011. Madrid. Spain. *Value in Health*. 2011;14(7):A342.
 11. Tothne-Steinhausz V, Gombocz K, Lemle Z, Stahl P, Ferenczi A, Bogane Fater Zs, Balog E, Csaszarne Gombos G, Kriszbacher I, Schmidt B. Effect of moderate-intensity exercise training and diet on body composition and exercise capacity in obese children. *Value in Health*. 2009;12(7):A376.
 12. Gombos G, Czompol O. Experiences abroad of the Joint Action Participants: Occupational therapy contributing to an inclusive society. Public Awareness Meeting Bucharest. Romania. 2005.

10.3. Könyv, könyvfejezet

1. Császárné Gombos G. Mozgásszervi problémák vizsgálat - speciális tesztek. In: Melczer Csaba (szerk.) *Fittségi és egészségügyi állapotfelmérő vizsgálatok*. 137 p. Pécs. PTE ETK. 2015. pp. 35-102. (ISBN:978-963-642-827-3)
2. Bajsz V, Császárné Gombos G, Sió E, Töröcsik M.(szerk.) *Fizikai aktivitás a kiegyensúlyozott, energikus munkavégzésért: Szolgáltatási kézikönyv vállalatoknak*. Pécs. PTE ETK. 2014. (ISBN:978-963-642-674-3)
3. Bajsz V, Császárné Gombos G (szerk), Sió E, Tóthné Steinhausz V. *Mozgásszervi betegségek megelőzése: Képzési és tanácsadási kézikönyv*. Pécs. PTE ETK. 2014. 329 p. (ISBN:978-963-642-653-8)

-
4. Bajsz Viktória, Császárné Gombos Gabriella (szerk), Sió Eszter. Mozgásszervi betegségek megelőzése: Tréningtematika. Pécs: PTE ETK. 2014. 415 p. (ISBN:978-963-642-657-6)
 5. Császárné Gombos G, Tóthné Steinhausz V, Schmidt B. A csípő-endoprotézis utáni posztoperatív vérmentés, a posztoperatív pozicionálás és egy kiegészítő gyógytorna- gyakorlat hatásának elemzése. In: Ács Pongrác (szerk.). Tudományos szemelvények a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar Fizioterápiás és Sporttudományi Intézetének jelenéből. Pécs: PTE ETK. 2014. pp. 29-45. (ISBN:978-963-642-659-0)
 6. Sió E, Mazur M, Rashed A, Császárné Gombos G. Preoperatív fizioterápia hatékonysága nyitott szívűműtét utáni légzésfunkciós értékek változására COPD-s betegeknél. In: Ács Pongrác (szerk.). Tudományos szemelvények a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar Fizioterápiás és Sporttudományi Intézetének jelenéből. Pécs. PTE ETK. 2014. pp.109-117. (ISBN:978-963-642-659-0)

11. Köszönetnyilvánítás

Munkám elvégzéséhez számos segítséget, támogatást kaptam.

Szeretném kifejezni köszönetemet Kránicz 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 Szandrának, Jéger Noéminek, Vass Katának és Szántó Ágotának a kutatások kivitezésében 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.

12. Mellékletek

I. melléklet A csontanyagcsere legfontosabb specifikus biokémiai markerei^{3,10,217,217,217}

Csontformációs biokémiai markerek

Rövid név	Név	alkaline / alkalikus	Mechanizmus, eredet, megjegyzés
BALP (/BAP)	Bone-specific phosphatase – Csontspecifikus foszfatáz (szérum)	alkaline / alkalikus	Osteoblastok speciális terméke Eredet: csontszövet
ALP	Alkaline phosphatase – (Teljes) alkalikus foszfatáz (szérum)	alkaline / alkalikus	Egyes vizsgálatok akár 20%-kereszt-reaktivitást is mutatnak a máj izoenzimjével
PICP	C-terminal propeptide of type I procollagen – I. típusú kollagén C-terminális propeptid (szérum)		Kollagén-alapú; A proliferálódó osteoblast és fibroblast specifikus terméke. Eredet: csontszövet, lágy szövetek, bőr
PINP	N-terminal propeptide of type I procollagen – I. típusú kollagén N-terminális propeptid (szérum)		Kollagén-alapú A proliferálódó osteoblast és fibroblast specifikus terméke, és részben a csont extracelluláris mártixát építi fel. Eredete: csontszövet, lágy szövetek, bőr
OC	Osteocalcin – Oszteokalcin (szérum)		Osteoblast specifikus terméke. Immunreaktív formában van jelen a vérben; ezek főként a csontreszorpcióból származnak. Eredet: csontszövet, vérlemezkék

Csontreszorpciós biokémiai markerek

Csontkollagén degradációs termékek

PYD	Pyridinoline crosslinks (vizelet, szérum)	/	Pyridinium	Eredet: csont, porc, ín, érfal A legmagasabb koncentrációban a porcban és a csontban van kollagén, a bőrben csak érett kollagén található.
DPD	Deoxypyridinoline (vizelet, szérum)	/	Free Lysyl-pyridinoline	Eredet: csont, fog A legmagasabb koncentrációban a csontban van, a bőrben és porcban csak érett kollagén található.
CTX-MMP, ICTP	Carboxy-terminal telopeptide of type I collagen / Crosslinked telopeptides of type I collagen / (szérum)	cross-linked		Eredet: csont, bőr Kollagén alapú Minden szövet tartalmaz I. típusú kollagént, a legmagasabb valószínűséggel a csontból származik.
CTX-I	Carboxyterminal telopeptide of type I collagen (vizelet - α - β ; szérum – csak β)	cross-linked		Minden szövet tartalmaz I. típusú kollagént, legnagyobb valószínűséggel a csontból származik. A kollagén-molekula öregedésével megjelenik a β -aspartyl.
NTX-I	Aminoterminal telopeptide of type I collagen (vizelet, szérum)	cross-linked		Minden szövet tartalmaz I. típusú kollagént, a legmagasabb valószínűséggel a csontból származik.

Hyp /OHP	Hydroxyproline (teljes és dializálható) (nem nagyon specifikus) (vizelet)	és nagyon Kollagén-alapú Minden fibrilláris kollagénben és részben kollagén-proteinben, újonnan szintetizált fehérjékben Eredet: csont-, porcszövet, lágy szövetek, bőr Jelen van az összes fibrilláris kollagénben és részben a kollagén fehérjékben, beleértve a C1q és elasztint is. Megjelenik az újonnan szintetizált és érett kollagénben, azaz mind a kollagén szintézisnél, mind a szövetek lebontásakor megjelenik a vizeletben a hidroxiprolin.
GGHL / GHL	Hydroxylysine-glycosides (vizelet, esetleg szérum)	Eredet: csontszövet, lágy szövetek, bőr, szérum összetevői A hidroxilizin kollagénben glikozilezve van a szövettípustól függően.
HELP	Collagen I alpha 1 heliocidal peptide (vizelet)	Minden szövet tartalmaz I. típusú kollagént. Degradációs fragment származhat az I. típusú kollagén helikális részéből (alfa-1 lánc, AA 620-633). Szoros korrelációt mutat más kollagén-lobomlási markerekkel, így a klinikai gyakorlatban nincs specifikus előnye a vizsgálatának.
Csontmátrix nem-kollagén proteinjei		
BSP /	Csont-sialoprotein	Eredet: csont, fog; hipertrófiás porc
IBSP	Bone Sialoprotein (BSP) (szérum)	Savas, foszforizált glikoprotein, oszteoblasztok és oszteoklaszt-szerű sejtek által szintetizált, a csont meghatározott extracelluláris mátrixában van. Úgy tűnik, kapcsolatban van az oszteoklaszt működésével.

OPN	Osteopontin		Eredet: csont, más szövetek; Osteoblastok lehorgonyzásában van szerepük.
ufOC,	Osteocalcin	fragments /	Eredet: csont
U-Mid-OC, U-LongO C	Osteocalcin (vizelet)	fragmentumok	Bizonyos életkor-módosított OC-töredékek szabadulnak fel reszorpció során, így a csontbontás jelzőjének tekinthetők.
Oszteoklaszt enzimek			
TRAP /	Tartrate-resistant	acid	Eredet: csont, vér
TRAcP	phosphatase 5 -	Tartarát	Hat izoenzim található az emberi szövetekben (oszteoklasztok, vérlemezkék, vörösvértestek). Ez a típus (5b) túlsúlyban van a csontokban.
	rezisztens savi foszfatáz (plazma, szérum)		
CTS	Cathepsin (K és L)	(plazma, szérum)	K. elsődlegesen az oszteoklasztokban L: makrofágokban, oszteoklasztokban Oszteoklaszt termeli (emellett elasztin, kollagén, zselatin bontás katalizátora, fehérjebontó enzim) A katepszin K egy cisztein proteáz, alapvető szerepet játszik a csont oszteoklasztok által közvetített csont-mátrix lebontásban. Cathepsin L-nek a makrofágokhoz hasonló feladata van. Vérből való vizsgálatuk jelenleg értékelés alatt áll.

II.melléklet **Az alacsony csontdenzitás rizikótényezői**⁶⁷

Rizikófaktorok, melyekre nem tudunk hatni:	Rizikófaktorok, melyekre tudunk hatni:
magas életkor	fizikai gyakorlatok hiánya
női nem	alacsony testsúly, gyors súlyvesztés
korábbi osteoporotikus törés	D-vitamin hiány – napfény vagy kiegészítő kezelés hiányában
pozitív családi anamnézis, anyának csípőtáji törése	étkezéssel bevitt kalcium hiánya
genetikai hajlam, főleg a limitált max. BMD	túlzott alkohol bevitel
vékony testalkat	túlzott koffein, fehérje, rostok vagy só fogyasztása
etnikai eredet, a fehér rassz nagyobb törésrizikójú	túlzott cigaretta fogyasztás
nőknél: késői menarche, hosszú amenorrhoea, korai menopausa (természetes megjelenéssel vagy sebészeti beavatkozás hatására)	

III.melléklet **DynaMed és az ACSM ajánlása a csontegészség megtartása érdekében a fizikai aktivitásra vonatkozóan**

Csontegészség megtartása érdekében végzendő fizikai aktivitás:

- 1) közepes intenzitású fizikai aktivitás minimum 30 percig heti legalább 5 (vagy több) napon, vagy
- 2) nagy intenzitású fizikai aktivitás 3 (vagy több) nap egy héten minimum 20 percig.

Felnőttkorban a csontegészség fenntartásának feltételei az alábbiak:

- 1) a fizikai aktivitás módja: teljes testsúlyterheléssel végzett gyakorlatok (tenisz, lépcsőn járás felfelé, jogging, gyaloglás), egyéb tevékenységek, melyek tartalmazznak ugrálást/felugrásokat (kosárlabda, kézilabda) és ellenállásos tréninget (súlyemelés);
- 2) intenzitása: közepestől a nagy intenzitásig;
- 3) frekvenciája: súlyviselő gyakorlatok 3-5-ször hetente, súlyterhelés 2-3-szor;
- 4) időtartama: 30-60 perc/nap, mely legideálisabb esetben tartalmazza a súlyviselő gyakorlatokat, az ugrálással járó és az ellenállásos gyakorlatokat, így minden nagy izomcsoport erősítése megtörténik;
- 5) időseknél a testsúlyterheléses és ellenállásos gyakorlatok mellett kiemelt jelentőséget kapnak az egyensúlyt fenntartó gyakorlatok az elesés megelőzése miatt (pl. Tai Chi).

A már diagnosztizált osteoporosis esetén végezhető gyakorlatok a következők:

- 1) 4-6 gyakorlat, mely az alsó végtagot saját testsúllyal erősíti, ezt 5-8-szor kell végezni, s mindezt a programcsomagot 1-3-szor ismételni. Heti bontásban 2-3-szor javasolt ismételni, esetleg ellenállásként súly-mellény használható (tömege 10 font = kb. 4,5 kg). Terápiás szalag vagy gumicső használható a mozgásterjedelem növelésére;
- 2) kerülni kell az ütközéssel járó gyakorlatokat, ezen felül a gerinc flexióját ellenállással szemben, a gerinc extenzióját, a gerincben magas kompressziós erővel járó gyakorlatokat és a gyors gerincrotációkat.

A holland guideline is megerősíti a fizikai aktivitás pozitív hatását a csonttömegre pre- és posztmenopauzában egyaránt, míg az OP enyhe formájában limitált bizonyítékot találtak erre. A fizikai aktivitásnak pozitív hatása van az esésmegelőzésben is. Fontos fejleszteni az izomműködést, az egyensúlyt és egyensúly-kontrollt és a járásmintát az elesés megelőzésében.⁶⁷

IV. melléklet **A szenzomotoros tréning (SMT) progressziója és kiegészítő eleme**

A SMT progressziója során 3 szakaszt különböztethető meg. Minden szakaszon belül nehezíthetünk a testhelyzetek változtatásával (pl. ülés → állás), az alátámasztás csökkentésével, illetve egyre instabilabb eszközök alkalmazásával, emellett nyitott majd csukott szemmel végeztetve azokat. Minden gyakorlatnak ki kell váltania az automatikus és reflexes izomválaszt és stabilizációt, újabb és újabb kihívást biztosítva a testtartás kontrollálására.

1) Statikus fázis: a hangsúly a medence stabilizálásának, a „core” izmoknak a fejlesztésén van. Ezek a core izmok a multifidus izmok, a transversus abdominis, a medencefenék izmai és a diaphragma. A medence stabilizálása nélkül a végtagi mozgások kompenzálódnak valahol a kinematikus láncban. Ez az elv a „proximális stabilitás a disztális mobilitásért” elv. A disztális / végtagi diszfunkcióért felelős lehet a proximális / pelvicolumbalis zavar, pl. egy térdprobléma hátterében állhat egy csípő körüli izomgyengeség. A pozícióban a progressziót megvalósíthatjuk, ha előbb két lábon, majd egy lábon állásban végeztetjük a gyakorlatokat, aztán előre kilépés helyzetében stabilizáltatunk. Ekkor a törzs előredől, miközben az SI ízület és a nyak neutrális helyzetben marad. Az alátámasztás oldaláról nézve előbb a kemény alátámasztási felületet alkalmazzuk, majd a puha felszínt, végül az egy irányban, majd minden irányban instabil felszíneket, mellyel az izomkontrakció sebessége és a motoros input növelhető. Ebben a statikus fázisban a betegnek kihívást jelent a súlypontjának a megtartása. Ezek a súlypontáthelyezések alkalmazhatók a reflexes és automatikus testtartási reakciók kiváltására, így megtanítva a beteget a medence stabilizálására funkcionális helyzetben.

2) Dinamikus fázis: akkor lépünk ebbe a fázisba, ha a beteg képes megtartani a medence stabilitást előre kilépett helyzetben különböző körülmények között. A dinamikus fázisban elkezdhetők a stabil medence tartása melletti felső és alsó végtagi mozgások, fokozatosan ellenállását is adagolva azokra. Például ilyen gyakorlat az állásban kirúgás előre az elasztikus szalag megnyújtásával, miközben a támasz láb ischiocruralis izomzata is aktiválódik, és ezalatt a felső és alsó végtag működése aktiválja a transversus abdominis izmot.

3) Funkcionális fázis során a testtartást funkcionálisan fejlesztjük végtagi mozgásokkal összekötve stabilizált medence mellett. Ilyen mozgás lehet a sétálás, guggolás, kitörés, lépések, ugrások és a futás is.¹⁰⁹

Janda ajánl egy egyensúly-szandál viselést is ebben a szakaszban (a kemény talpfelszín alatt egy félbevágott, teniszlabda méretű kemény labda, s úgy kell rajt járni, hogy a szandál ne érjen le, napi 5x3 percig. Ezzel a gluteus maximus és medius izom-összehúzódnak sebessége 200%-al növelhető. Később tovább kombinálhatók a gyakorlatok, pl. kitörés instabil felszínről, közben szalag a kézben, stb. A gyakorlatok kivitelezése, minősége a fontos, nem a mennyisége, darabszáma. Janda általában nem ismétlésszámot ajánl, hanem fáradásig végezze a beteg az adott gyakorlatot vagy időtartamot adunk meg. A cél alapvetően nem az izom/ ízület helyi erősítése, hanem az izom reakciójának a növelése és az izomszövet állóképességének javítása. A kifáradás első jelekor (kezdeti égő érzés vagy valamilyen kompenzáció megjelenése a mozgás kivitelezése során) abba kell hagyni a további kompenzációk elkerülése végett, ami a diszfunkciót elősegíti. Az SMT javítja a propriocepciót, az izomerőt és a testtartást az alsó végtag rehabilitációjában is.¹⁰⁹

Ha az egyensúly különböző tulajdonságait szeretnénk hangsúlyozni, akkor az alábbiakban ismertetett gyakorlat-típusokat érdemes beleépíteni a szenzomotoros tréningbe:

- 1) fejrotáció a horizontális síkban és a test tengelye körül (pl. megfordulás, felállás, egy szék körbejárása a szék érintése és dőlés nélkül, egy tárgy felvétele a földről, stb.).
- 2) súlypont emelkedés a stabilitás határán (pl. tárgy elérése kartávolságon túl, nyújtózni előre tárggyal a kézben, megtenni egy teljes fordulatot).
- 3) gyaloglás akadályokon át, vékony vonalon (gyaloglás egy tele pohár vízzel, tandem járás előre, 8 cm-es akadályokon átlépés).
- 4) puha felületen gyakorlatok (fellépés puha felszínre, járás rajt, állás a puha felszínen).
- 5) lépcsőzés (felfelé, lefelé).¹⁰⁵

Ráhangolásképpen a SMT kiegészíthető a talpak masszírozásával, a lábízületek átmozgatásával, az alsó végtag stretching gyakorlataival (alkalmazva az SMR hengert) és izomerősítéssel (főleg a csípő körüli izmokat hangsúlyozva).

V.melléklet A II. vizsgálat fő részének gyakorlatanyaga

Gyakorlat megnevezése	Kiinduló helyzet	Gyakorlat kivitelezése	Ism.szám
Vállhíd	Háton fekvés, lábak talpra húzva, sarkak stabil-traineren ökölnyi távolságban, karok oldalt, tenyértámasz.	Medenceemelés hasizom, farizom feszítésével lassan, megtartás, majd váltott térdnyújtás (közben törzsizmok stabilizálása), lassú visszaengedés.	4x/oldal
Hasizomgyakorlat (izometriás)	Hátonfekvés, csípő, térd derékszögben hajlítva, megemelve.	Egyik láb talaj felé engedés hajlított térdel, közben ellentétes kar fej mellé emelés, 2 sec megtartás, majd ellenoldal.	4x/oldal
Kar-láb emelés	Alkartámasz, térd a csípő alatt, törzsstabilizáció, gerinc egyenes, medence stabil.	Ellentétes kar-láb emelés, végtagokkal nyújtózás, has feszes.	4x/oldal
Plank helyzet / Alkartámaszban törzsstabilizáció	Statikus alkartámasz, hasizom, törzsizom erős feszítése.	Egyik alsó végtag elemelése a talajtól, végtag hosszabbítása, kitartás 2 másodpercig.	4x/oldal
Oldalsó törzhíd	Oldalfekvés, alkartámasz, csípő, térd hajlítva, csípővel egyvonalban, hasizom, hátizom feszítés.	Medence kiemelése oldalra, 2 másodpercig kitartás.	2 6x/oldal
Ülésben törzsdöntés	Fizioballon ülve, terpeszben talptámasz, kezekben kék színű thera-band.	Törzsdöntés 45 fokban, karok flektálva kb. 150 fokban, széthúzás (adductio), 2 másodperces kitartás, lassú visszaengedés.	8x
Állásban térdhajlítás	Csípőszéles terpeszben állás, törzsizmok feszesek.	Guggolás a talaj szintjéhez viszonyítva 1/3-ad távolságig, térd a láb felett marad, karok előreemelés 2 ütemben, 2 ütemben visszaengedés.	8x

Kitörés hátra	Csípőszéles terpeszben állás, törzsizmok stabilak	Egyik lábbal hátralépés, hajlított térd talaj fölé közelítése, kitérés 2 másodpercig majd vissza	4x/oldal
Állásban törzsfordítás	Állásban 1 kg-os súlyzó mindkét kézben	Kilépés előre, közben karok 90 fokos flexióba emelése, kisfokú törzsfordítás a kilépő láb oldalára, majd ellenoldalra, visszalépés, kar leengedése	4x/oldal
Oldalsó kitörés	Terpeszállás, karok vállmagasságban (vállflexio).	Oldalra kitörés váltott lábbal, kar oldadra emelése, majd visszaállítás.	4x/oldal

7. sz. melléklet

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÁSA ÉS NYILATKOZAT A DOLGOZAT
EREDETISÉGÉRŐL**

Alulírott

név: Császárné Gombos Gabriella Edit

születési név: Gombos Gabriella Edit

anyja neve: Varga Magdolna

születési hely, idő: Nova, 1969.06.09.

**Gyaloglás és tréning direkt hatása a csontanyagcsere-markerekre különböző csontsűrűségű
nőknél; szenzomotoros tréningprogram hatáselemzése**

című doktori értekezésemet a mai napon benyújtom a Pécsi Tudományegyetem
Egészségtudományi Kar Egészségtudományi Doktori Iskola PR3 / M6
Programjához/témacsoportjához.

Témavezető neve: Prof. Dr. Kráncz János

Egyúttal nyilatkozom, hogy jelen eljárás során benyújtott doktori értekezésemet
- korábban más doktori iskolába (sem hazai, sem külföldi egyetemen) nem nyújtottam be,
- fokozatszerzési eljárásra jelentkezésemet két éven belül nem utasították el, - az elmúlt két
esztendőben nem volt sikertelen doktori eljárásom,
- öt éven belül doktori fokozatom visszavonására nem került sor,
- értekezésem önálló munka, más szellemi alkotását sajátomként nem mutattam be, az
irodalmi hivatkozások egyértelműek és teljeseek, az értekezés elkészítésénél hamis vagy
hamisított adatokat nem használtam.

Dátum: Pécs, 2016. március 18.



doktorjelölt aláírása