



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΟΣΤΩΝ»

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Π. ΛΥΡΙΤΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΑΘΗΣΕΩΝ ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ «Θ.ΓΑΡΟΦΑΛΙΔΗΣ»

ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ : ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΙΣΜΗΝΗ ΔΟΝΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΟΚΤΑΠΟΔΑΣ

*«Επίδραση των πτώσεων στα κατάγματα του περιφερικού σκελετού σε
ηλικιωμένους ασθενείς»*

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ : ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΙΣΜΗΝΗ ΔΟΝΤΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑΣ ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2017

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό της διπλωματικής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ομότιμο Καθηγητή Ορθοπαιδικής ΕΚΠΑ, κ. Γεώργιο Π. Λυρίτη για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγηση του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Καθηγήτρια Πειραματικής Χειρουργικής Έρευνας ΕΚΠΑ, διευθύντρια του Εργαστηρίου Έρευνας Παθήσεων Μυοσκελετικού Συστήματος “Θ. Γαροφαλίδης” και επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, κα. Ι. Δοντά για την εμπιστοσύνη και τη συμβολή της στη διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την ηθική στήριξή της.

Βιογραφικό σημείωμα

Προσωπικά στοιχεία

Ονοματεπώνυμο: Οκταποδάς Ιωάννης

Διεύθυνση: Αγγέλου Μεταξά 16, Γλυφάδα, τ.κ.16675, Αθήνα.

Τηλ: 210-9646192, 6945-909393

e-mail: g.oktapodas@gmail.com

Ημερομηνία γέννησης: 30-11-1967

Τόπος γέννησης: Κωνσταντινούπολη

Οικογενειακή κατάσταση: Έγγαμος, πατέρας ενός κοριτσιού.

Σπουδές-τίτλοι

2006: Τίτλος Ειδικότητας Ορθοπαιδικού Χειρουργού

1993: Πτυχίο Ιατρικής Σχολής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Λίαν Καλώς)

1985: Εισαγωγή στην Ιατρική Σχολή του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών κατόπιν εισαγωγικών εξετάσεων

1985: Αποφοίτηση με άριστα, απ' το Ζωγράφειο Λύκειο

Επαγγελματική εμπειρία

2012- 2014: Επιθεωρητής Ιατρός Δ.Ε.Υ.Υ (Διεύθυνση Επιθεώρησης Υπηρεσιών Υγείας) ΥΠ.Ε.Δ.Υ.Φ.Κ.Α. (Υπηρεσία Ελέγχου Δαπανών Υγείας Φορέων Κοινωνικής Ασφάλισης)

2009-2012: Πρόεδρος Α'Βάθμιας Υγειονομικής Επιτροπής Νοτίου Αττικής, Ο.Α.Ε.Ε.

2008-2009: Τακτικό Μέλος Α'Βάθμιας Υγειονομικής Επιτροπής Νοτίου Αττικής, Ο.Α.Ε.Ε.

2007-2008: Αναπληρωματικό Μέλος Α'Βάθμιας Υγειονομικής Επιτροπής Νοτίου Αττικής, Ο.Α.Ε.Ε.

2007-2012: Ελεγκτής ιατρός Ο.Α.Ε.Ε.

2006-2007: Καθηγητής στα Ι.Ε.Κ Αναβύσσου

2006- : Ελεύθερος Επαγγελματίας, ιδιωτικό ιατρείο στην Γλυφάδα Αττικής, συνεργάτης Βιοκλινικής Πειραιά

2001-2006: Ιατρός Α'. Ορθοπαιδικής Κλινικής Ασκληπιείο Βούλας

1998-1999: Ιατρός Γυν/κής Κλινικής Αντικαρκινικού Ινστιτούτου Θεσ/νίκης Θεαγένειο

1995-1997: Ιατρός Χειρουργικής Κλινικής 424 Γ.Σ.Ν.Ε. Θεσ/νίκη

1993-1995: Υπηρεσία Υπαίθρου στο Άγιο Περιφερειακό Ιατρείο Κάσου – Δωδ/νήσου (Προϊστάμενος Υγειονομικού Σταθμού)

Επιμορφώσεις-επάρκεια

9-13/10/2009: Η οστεοπόρωση το 2009. Από την έρευνα στην κλινική πρακτική. Π.Γ.Ν. «ΑΤΤΙΚΟΝ».

2005: Ενέργεια Συνεχιζόμενης Επαγγελματικής Κατάρτισης «ΣΚΟΛΙΩΣΗ-ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ, ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ» (κωδ.Υ03-Υ.18-ΥΕ339) συνολικής διάρκειας 40 ωρών στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υγεία-Πρόνοια»2000-2006[E(2001)583] του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης από το Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης «Γ.Ν.Π.Α. ΑΓΛΑΪΑ ΚΥΡΙΑΚΟΥ»

14/9/2004-13/9/2005: Παιδοορθοπαιδική στο Γ.Ν.Π.Α.-ΑΓΛΑΪΑ ΚΥΡΙΑΚΟΥ

19/1/2004-19/7/2004: Αθλητικές Κακώσεις στο Γ.Ν.Α –ΚΑΤ

5/11/2002-4/5/2003: Πλαστική Χειρουργική στο Ε.Α.Ν.Π-ΜΕΤΑΞΑ

2003: Παρακολούθηση Ενέργειας Κατάρτισης «ΚΑΡΔΙΟΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΖΩΟΓΟΝΗΣΗ» συνολικής διάρκειας 25 ωρών στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υγεία-Πρόνοια»2000-2006[E(2001)583] του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης στο Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης (Υ.17)

Ξένες γλώσσες

2002: FCE –CAMBRIDGE - Καλή γνώση Αγγλικής Γλώσσας

2009: C1-TOMER (ANKARA UNIVERSITESI) Άριστη γνώση Τουρκικής Γλώσσας

Γνώσεις Πληροφορικής

Πολύ καλή γνώση λειτουργικών συστημάτων (Microsoft Office, Word, Internet Explorer, Powerpoint, κ.λ.π)

Επιστημονική Δραστηριότητα

Δημοσιευμένες Ερευνητικές Εργασίες-Ανακοινώσεις σε Επιστημονικά Συνέδρια-Επιμορφωτικές Δράσεις

Journal of Bone and Joint Surgery, British Volume, 2004 vol.86-B no. SUPP II 184
INTRAMEDULLARY NAILING IN OPEN TIBIAL FRACTURES

Ετήσιο Συνέδριο Ενδομυελικών Ηλώσεων. Αθήνα 20-21 Ιανουαρίου 2006:
Αντιμετώπιση περιτροχαντηρίων καταγμάτων με ενδομυελική ήλωση trochanteric και long gamma nail. Εμπειρία και αποτελέσματα 5ετίας.

61^ο Πανελλήνιο Ορθοπαιδικό Συνέδριο (Με τη συμμετοχή της British Trauma Society). Αθήνα 2005: *Επιπλοκές στις αναθεωρήσεις ολικών αρθροπλαστικών του ισχίου.*

59ο Πανελλήνιο Ορθοπαιδικό Συνέδριο (με διεθνή συμμετοχή). Αθήνα 15 - 19 Οκτωβρίου 2003: *Ενδομυελική ήλωση στα Ανοικτά Κατάγματα Κνήμης.*

58ο Πανελλήνιο Ορθοπαιδικό Συνέδριο και 5ο Πανελληνικό Συνέδριο (με τους Έλληνες της διασποράς). Θεσσαλονίκη 22 - 27 Οκτωβρίου 2002: *Μελέτη Επιβίωσης Ολικών Αρθροπλαστικών Γόνατος 20ετίας. Αίτια αποτυχίας.*

1996 Σεπτ.-Δεκ. Σειρά εισηγήσεων: Σε συνεργασία με την κοινοπραξία Τ.Α.Β.Δ Θεσ/νίκης «ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ», ως εισηγητής, στο πρόγραμμα κατάρτισης «Κατάρτιση σε θέματα κοινωνικής βοήθειας του Ε.Π. «Καταπολέμηση του Αποκλεισμού από την Αγορά Εργασίας» Υποπρόγραμμα 2:Μετανάστες-Παλλινოსτούντες-Πρόσφυγες του Υπουργείου Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων

Συμμετοχή ως σύνεδρος σε πλήθος Ημερίδων, Δημερίδων, Εκπαιδευτικών Σεμιναρίων και Συνεδρίων (Τοπικά, Πανελλαδικά και Διεθνή).

Μέλος Επιστημονικών Εταιρειών

Ελληνικό Ίδρυμα Οστεοπόρωσης (ΕΛ.Ι.ΟΣ)

Ελληνική Εταιρεία Χειρουργικής Ορθοπαιδικής και Τραυματολογίας (Ε.Ε.Χ.Ο.Τ.).

Κοινωνική δραστηριότητα

2003 Ιούλιος-Σεπτέμβριος: «Σχέδιο Αντιμετώπισης ΣΟΑΣ (SARS)» του Υπουργείου Υγείας Πρόνοιας στο τμήμα Αεροϋγιονομείου-Ελ. Βενιζέλος

1993-1995: Επιμορφωτικά προγράμματα πληθυσμού σε θέματα υγείας (Κάσος Δωδ/νήσου)

1990: Μέλος των «Γιατρών του Κόσμου»

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή έχει σκοπό την βιβλιογραφική ανασκόπηση της επίδρασης των πτώσεων στα κατάγματα του περιφερικού σκελετού σε ηλικιωμένους ασθενείς. Ο πληθυσμός των ατόμων άνω των 65 ετών αυξάνεται συνεχώς, γεγονός που καθιστά τις πτώσεις ένα μείζον πρόβλημα υγείας αναφορικά με τη νοσηρότητα, τη θνητότητα, και το κόστος της υγείας των κοινωνικών υπηρεσιών.

Σύμφωνα με τη Διεθνή Στατιστική Ταξινόμηση Νόσων και Συναφών Προβλημάτων Υγείας, η πτώση είναι ένα απρόσμενο συμβάν όπου ένα άτομο πέφτει στο έδαφος από το ίδιο ή ένα ψηλότερο επίπεδο. Ένας πιο πρόσφατος ορισμός καθορίζει την πτώση ως μια απροσδόκητη κάθοδο από όρθια, καθιστή ή κατακεκλιμένη θέση, με το ύψος της καθόδου να είναι μικρότερο ή ίσο του ενός μέτρου. Οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει πως το ποσοστό των ατόμων που υφίστανται τουλάχιστον μια πτώση σε περίοδο ενός χρόνου ποικίλει από 28 - 35% σε ηλικίες μεγαλύτερες των 65 ετών έως 32 - 42% σε άτομα ηλικίας 75 ετών και άνω. Ακόμα και τα υγιή ηλικιωμένα άτομα έχουν ετήσια συχνότητα πτώσεων 15%. Τα άτομα που έχουν ήδη υποστεί μια πτώση έχουν 66% πιθανότητα να πέσουν το επόμενο έτος.

Ένα σημαντικό ποσοστό των πτώσεων οδηγούν σε τραυματισμούς (36%), κατάγματα (3.4% έως 19%), χρήζουν ιατρικής βοήθειας (8 έως 19%) και επηρεάζουν τον τρόπο ζωής δημιουργώντας σοβαρή κοινωνικοοικονομική επιβάρυνση. Ακόμη και χωρίς κάποιο σοβαρό τραυματισμό, οι πτώσεις μπορεί να προκαλέσουν πόνο, απώλεια αυτοπεποίθησης και φόβο για μια νέα πτώση. Οι σωματικές και ψυχολογικές συνέπειες των πτώσεων μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη λειτουργικότητα, νοσηρότητα και περιορισμένη κοινωνικότητα, πρόωρη ιδρυματοποίηση και ανικανότητα/αναπηρία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η συντριπτική πλειοψηφία των πτώσεων δεν οδηγούν σε κάταγμα, ακόμα και σε γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα, υποδεικνύοντας πως τα χαρακτηριστικά της πτώσης έχουν καθοριστικό ρόλο στην πρόκληση ή μη κατάγματος. Πέραν από την αντοχή των οστών, ο μηχανισμός της πτώσης, η ενέργεια κρούσης από την πτώση και η απορρόφηση ενέργειας από τους μαλακούς ιστούς που βρίσκονται στο σημείο πρόσκρουσης, έχουν καθοριστικό ρόλο στα οστεοπορωτικά κατάγματα.

Η ποιότητα των οστών περιλαμβάνει μια ιεραρχία ιδιοτήτων που εκτείνονται από το μακροσκοπικό επίπεδο έως και τη νανοκλίμακα. Έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνικές για την μέτρηση των ιδιοτήτων αυτών. Η πυκνομετρία, οι εικόνες υψηλής ανάλυσης (ακτινογραφία, αξονική τομογραφία) και η μαγνητική τομογραφία μπορούν να μετρήσουν την γεωμετρία και την αρχιτεκτονική των οστών. Η επιμετάλλωση και η σύνθεση των ιστών μπορούν να αξιολογηθούν με τη χρήση μικροακτινογραφίας, τον μετασχηματισμό Fourier της υπέρυθρης φασματοσκοπίας και την μικροφασματοσκοπία Raman. Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων (FE) ανάλυση, είναι μια μέθοδος απεικόνισης που επιτρέπει τον υπολογισμό της ισχύος των οστών.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει πολυάριθμες επιδημιολογικές μελέτες για τους παράγοντες κινδύνου των πτώσεων. Οι παράγοντες κινδύνου των πτώσεων διαχωρίζονται σε ενδογενείς και εξωγενείς. Στους ηλικιωμένους ασθενείς, μια πτώση μπορεί να αποτελεί μη ειδική ένδειξη μιας οξείας νόσου όπως πνευμονία, ουρολοίμωξη ή έμφραγμα του μυοκαρδίου ή να οφείλεται σε οξεία επιδείνωση μιας χρόνιας ασθένειας. Οι ενδογενείς παράγοντες αφορούν τα άτομα και περιλαμβάνουν την προχωρημένη ηλικία, τις χρόνιες νόσους, την νοητική εξασθένηση, τη βάρδια και τις διαταραχές ισορροπίας. Οι εξωγενείς παράγοντες περιλαμβάνουν τη χρήση φαρμάκων, περιβαλλοντικούς κινδύνους και επικίνδυνες δραστηριότητες. Τα προβλήματα ισορροπίας και βάρδια αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα κινδύνου πτώσεως των ηλικιωμένων όπως έχει αναφερθεί σε πολλές μελέτες. Παρόλα αυτά, δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα πλήρως πως τα προβλήματα ισορροπίας και βάρδια επηρεάζουν την κινητικότητα και την κοινωνική δραστηριότητα των ατόμων.

Καθώς με την γήρανση του πληθυσμού, τα προβλήματα που σχετίζονται με τις πτώσεις κλιμακώνονται, καθίσταται αναγκαία μια αποτελεσματική παρέμβαση για την πρόληψη των πτώσεων. Μία στρατηγική για την πρόληψη των πτώσεων όμως για να είναι αποτελεσματική πρέπει να είναι αποδεκτή και εύκολα εφαρμόσιμη από τον πάσχοντα πληθυσμό στην καθημερινή πρακτική. Όπως επίσης, αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική.

Τα προγράμματα πρόληψης των πτώσεων αποσκοπούν στην αύξηση της λειτουργικής ικανότητας, την μείωση του αριθμού των πτώσεων, την πρόληψη των πτώσεων καθώς και στη μείωση των τραυματισμών που οφείλονται σε αυτές.

Όταν όμως οι πτώσεις οφείλονται σε ιατρικά προβλήματα, αυτά θα πρέπει να διαγνωστούν και να γίνουν οι κατάλληλες παρεμβάσεις.

Παρόλο που σε μελέτες έχει βρεθεί πως μόνο η τροποποίηση του οικιακού περιβάλλοντος δεν μειώνει τις πτώσεις, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες εμπλέκονται περίπου στις μισές του αριθμού των πτώσεων που γίνονται στο σπίτι. Οι επαγγελματίες υγείας πρέπει να αξιολογούν το σπίτι του ασθενούς και να κάνουν τις ανάλογες τροποποιήσεις για την μείωση ή και εξάλειψη των κινδύνων.

Η άσκηση επίσης στους ηλικιωμένους επηρεάζει διάφορους παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν στην πρόληψη των πτώσεων και των τραυματισμών αφού επιβραδύνει τη βιολογική διαδικασία της γήρανσης και τροποποιεί τους παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με διάφορες ασθένειες. Επίσης, η άσκηση μπορεί να μεταβάλλει τις ήδη υπάρχουσες συνέπειες ορισμένων ασθενειών αλλά και να επηρεάσει έμμεσα κάποιες από αυτές, όπως τις ψυχολογικές επιπτώσεις των νόσων. Τέλος, η άσκηση δυναμώνει τους μυς και βελτιώνει την ισορροπία.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iii
Βιογραφικό σημείωμα	v
Περίληψη	ix
Περιεχόμενα	xiii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xvii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xix
1. Πτώση	1
Ορισμοί	1
Επιδημιολογία	3
Επιπτώσεις	3
Συχνότητα	4
Τοποθεσία	6
Νοσηρότητα	6
Θνητότητα	7
Φύλο	7
2. Ο μηχανισμός της πτώσης	9
Κατάγματα ισχίου	10
Θέση πρόσκρουσης	11
Δυναμική ενέργεια της πτώσης	12
Απορρόφηση ενέργειας	12
Επιφάνεια πρόσκρουσης	14
Ισχύς των οστών	14
Κατάγματα άνω άκρου	15
Ο μηχανισμός της πτώσης	16
Κατεύθυνση της πτώσης	17
3. Τα χαρακτηριστικά του οστού που υφίσταται κάταγμα (αντοχή του οστού)	22
Ορισμός της οστικής πυκνότητας	23
Η γεωμετρία του οστού	24

Μικροαρχιτεκτονική του οστού	25
Μικροβλάβες	26
Μέτρηση της οστικής πυκνότητας	27
Γεωμετρία και μικροαρχιτεκτονική	27
Dual Energy X-ray absorptiometry	28
HR-pQCT Imaging	30
Ανάλυση Οστικής Πυκνότητας	31
Ανάλυση της δομής του δοκιδωτού οστού	31
Ανάλυση της δομής του φλοιώδους οστού	31
Υπολογισμός της ισχύος των οστών	32
Συσχέτιση καταγμάτων	32
High-resolution magnetic resonance imaging (HR-MRI)	33
HR-MRI του σπογγώδους οστού	34
MRI του φλοιώδους οστού	35
Ιστομορφομετρία	35
4. Προδιαθεσικοί παράγοντες πτώσεων στους ηλικιωμένους ασθενείς	38
Τα χαρακτηριστικά της βάρδιας των ηλικιωμένων	39
Ενδογενείς παράγοντες	43
Ίλιγγος, ζάλη και ισορροπία στάσης	45
Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια	45
Καταρράκτης	46
Νόσος Αλτσχάιμερ	46
Νόσος Πάρκινσον	47
Διαβήτης τύπου 2	48
Παχυσαρκία	49
Καρδιαγγειακή νόσος	50
5. Εξωτερικοί παράγοντες κινδύνου πτώσεων στους ηλικιωμένους ασθενείς	51
Χρήση φαρμάκων	51
Ψυχοτρόπα φάρμακα	51
Αντιχολινεργικά φάρμακα	52
Παράγοντες κινδύνου πτώσεων στο σπίτι	52
6. Κατάγματα σε ηλικιωμένους ασθενείς ως επακόλουθα πτώσεων	61
7. Ιατρικές παρεμβάσεις για την πρόληψη των πτώσεων ηλικιωμένων	63
Καρδιαγγειακές παρεμβάσεις	64
Ορθοστατική υπόταση	64

Φαρμακευτική αγωγή	65
Φαρμακευτική αγωγή για την ενίσχυση των οστών	66
Συμπληρώματα βιταμίνης D	67
8. Παρέμβαση στο περιβάλλον για την πρόληψη πτώσεων ηλικιωμένων	67
Βοηθήματα	71
Εκπαιδευτικά προγράμματα επιμόρφωσης	72
9. Άσκηση ως μέσο πρόληψης των πτώσεων σε ηλικιωμένους	72
Συμπεράσματα	81
Βιβλιογραφία	83

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Μοντέλο πρόσκρουσης του μηριαίου που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας κρούσης που απαιτείται για την θραύση του μηριαίου οστού ενός ηλικιωμένου ατόμου (Robinovitch et al., 1991; Van den Kroonenberg et al., 1995). Η μάζα (m) αντιπροσωπεύει τη δραστική μάζα του μέρους του σώματος που κινείται στο κατακόρυφο επίπεδο πριν από την κρούση. Θεωρείται ίση με το ήμισυ της μάζας του σώματος. Η γραμμική ακαμψία (k) αντιπροσωπεύει τον μαλακό ιστό που καλύπτει το ισχίο και την καμπτική ακαμψία του σώματος, συμπεριλαμβανόμενης της δράσης των μυών. Ισούται με 90,440 και 71,060 N/m στους άντρες και τις γυναίκες, αντίστοιχα. Για μετατόπιση x προς τα κάτω και με επιτάχυνση της βαρύτητας ίση με $g=9.8 \text{ m/s}^2$, η δύναμη κρούσης είναι $F=kx$ (τροποποιημένη από Smeesters et al., 2000).14

Εικόνα 2 Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων σε ασθενείς με κάταγμα του εγγύς βραχιόνιου ($n=112$) και της ομάδας ελέγχου ($n=108$) (%). Στις εικόνες Α έως Ν, ο ασθενής κοιτά προς την αριστερή πλευρά της εικόνας και το κάταγμα πραγματοποιείται στο αριστερό χέρι (τροποποιημένη από Pavlaven et al., 2000).19

Εικόνα 3 Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων σε ασθενείς με κάταγμα του αγκώνα ($n=65$) και της ομάδας ελέγχου ($n=108$) (%). Στις εικόνες Α έως Ν, ο ασθενής κοιτά προς την αριστερή πλευρά της Εικόνας ζ και το κάταγμα πραγματοποιείται στο αριστερό χέρι (τροποποιημένη από Pavlaven et al., 2000).20

Εικόνα 4 Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων σε ασθενείς με κάταγμα του καρπού ($n=110$) και της ομάδας ελέγχου ($n=108$) (%). Στις εικόνες Α έως Ν, ο ασθενής κοιτά προς την αριστερή πλευρά της εικόνας και το κάταγμα πραγματοποιείται στο αριστερό χέρι (τροποποιημένη από Pavlaven et al., 2000).21

Εικόνα 5. Μηχανισμός πτώσης σε διάφορες ηλικιακές κατηγορίες. Για τα άτομα κάτω των 60 ετών, οι πτώσεις χαμηλής ενέργειας είναι υπεύθυνες για λιγότερο από το 30% των καταγμάτων. Καθώς αυξάνεται η ηλικία, ο ρόλος των χαμηλής ενέργειας πτώσεων γίνεται πιο σημαντικός και είναι ο κύριος μηχανισμός για άτομα μεγαλύτερα των 85 ετών (τροποποιημένη από Bergstrom et al., 2007).22

Εικόνα 6. Διάφορες συνιστώσες της αντοχής των οστών και την αντοχή σε θραύση, από το μοριακό έως το μακροσκοπικό επίπεδο. Η οστική ανακατασκευή είναι ο κοινός παράγοντας αυτών των στοιχείων (τροποποιημένη από Torres-del-Pliego et al., 2013).27

Εικόνα 7. Αριθμός δημοσιεύσεων που χρησιμοποίησαν HR-pQCT (τροποποιημένη από Cheung et al., 2013).30

Εικόνα 8. HR-pQCT εικόνες της αριστερής κερκίδας ενός ατόμου που υπέστη κάταγμα χαμηλής ενέργειας στη δεξιά κερκίδα (πάνω σειρά) και ενός ατόμου χωρίς κάταγμα, ίδιας ηλικίας (κάτω σειρά). Το σχήμα απεικονίζει 2D τομές σε αποχρώσεις του γκρι, και μια 3D απεικόνιση, όπου το

πορώδες του φλοιού επισημαίνεται με πράσινο (τροποποιημένη από Nishiyama and Shane, 2013)	31
Εικόνα 9. Σύγκριση των HR- pQCT και HR-MRI σε μια μετεμμηνοπαυσιακή γυναίκα με οστεοπενία. Επάνω σειρά : HR- pQCT της κερκίδας και της κνήμης. Κάτω σειρά : HR-MRI στα ίδια σημεία του σκελετού (τροποποιημένη από Patsch et al., 2011).	35
Εικόνα 10. Κυλινδρικό δείγμα οστού στην τρεφίνη του οστεοτρύπανου (τροποποιημένη από Pinto et al., 2012).	37
Εικόνα 11. Στάδια βάδισης (τροποποιημένη από http://orthopatras.gr/public/UserFiles/File/kliniki%20askisi/clinical%20examination%20of%20walking.pdf).	42
Εικόνα 12. Πιθανοί μεσολαβητές της συσχέτισης παχυσαρκίας και πτώσεων στα ηλικιωμένα άτομα (τροποποιημένη από Mitchell et al., 2015).	50
Εικόνα 13. Ποσοστό πτώσεων στους χώρους του σπιτιού (τροποποιημένη από Rosen et al., 2013).	54
Εικόνα 14. Χαρακτηριστικά κατάλληλων υποδημάτων (τοποποιημένη από Shein, 2015).	56
Εικόνα 15. Μπάρες και αντιολισθητικά πατάκια στην μπανιέρα (τροποποιημένη από University of Minnesota).	70
Εικόνα 16. Σωστή τοποθέτηση των χαλιών στη σκάλα και κιγκλιδώματα (τροποποιημένη από University of Minnesota).	71
Εικόνα 17. Σήκωμα από καρέκλα με το ένα χέρι (πρόγραμμα εξάσκησης Otago) (τροποποιημένη από OTAGO Exercise Programme).	77
Εικόνα 18. Περπάτημα σε διαφορετικές κατευθύνσεις (πρόγραμμα εξάσκησης Otago) (τροποποιημένη από OTAGO Exercise Programme).	78
Εικόνα 19. Συσχέτιση ασκήσεων με το βαθμό κινδύνου πτώσης (τροποποιημένη από Kaniewski et al., 2015).	80

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Εισήγηση : τα χαρακτηριστικά της πτώσης που καθορίζουν την πιθανότητα κατάγματος σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο	10
Πίνακας 2. Μηχανισμός πρόσκρουσης των ασθενών με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, τον αγκώνα, τον καρπό και της ομάδας ελέγχου.	16
Πίνακας 3 Κατεύθυνση της πτώσης των ασθενών με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, τον αγκώνα, τον καρπό και της ομάδας ελέγχου.	18
Πίνακας 4. Ιστομορφομετρικές παράμετροι όπως ορίστηκαν από την ASBMR.	36
Πίνακας 5. Ιστομορφομετρικά ευρήματα σε διάφορες νόσους των οστών.	38
Πίνακας 6. Περίληψη των παραγόντων πτώσεως από 12 μελέτες στις οποίες μελετήθηκαν προσεκτικά ηλικιωμένα άτομα μετά από πτώση και προσδιόρισαν την “πιο πιθανή” αιτία. Ο μέσος όρος υπολογίστηκε από το σύνολο 3684 πτώσεων στις 12 μελέτες. Το εύρος αναφέρεται στα ποσοστά που αναφέρθηκαν στις 12 μελέτες (34).	39
Πίνακας 7. Κοινές αιτίες πτώσεων στους ηλικιωμένους.	44
Πίνακας 8. Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων στους εξωτερικούς χώρους	58
Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά του κοινωνικού περιβάλλοντος όπου παρατηρήθηκαν πτώσεις σε εξωτερικούς χώρους.	59
Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των πτώσεων	60
Πίνακας 11. Φυσικές συνέπειες των πτώσεων. (Τα ποσοστά αναφέρονται σε 87 μελέτες.)	62
Πίνακας 12. Ποσοστό καταγμάτων που οφείλονται σε πτώσεις.	63
Πίνακας 13. Παρεμβάσεις στο χώρο του σπιτιού.	69
Πίνακας 14. Παραδείγματα ασκήσεων για την βελτίωση της ισορροπίας ηλικιωμένων ατόμων (Tiedemann et al 2011).	74
Πίνακας 15. Ασκήσεις για την βελτίωση της ισορροπίας ηλικιωμένων ατόμων.	75

1. Πτώση

Ορισμοί

Οι πτώσεις των ηλικιωμένων αποτελούν ένα μείζον πρόβλημα της δημόσιας υγείας, αναφορικά με τη νοσηρότητα, τη θνητότητα και το κόστος της υγείας και των κοινωνικών υπηρεσιών (Rizzo et al., 1998).

Στις επιδημιολογικές μελέτες και στις μελέτες παρέμβασης που αφορούν πτώσεις, είναι σημαντικό να εξετάζεται προσεκτικά ο ορισμός της πτώσης που χρησιμοποιείται. Στις περισσότερες μελέτες η πτώση ορίζεται ως μια ακούσια πράξη, κατά την οποία υπάρχει κάποια μορφή επαφής με το έδαφος. Οι περισσότερες μελέτες αποκλείουν τις πτώσεις που οφείλονται σε τροχαία ατυχήματα και σε κάποια μορφή βίας. Επίσης, κάποιες μελέτες αποκλείουν πτώσεις οι οποίες προκαλούνται άμεσα από συγκοπή ή από κάποιο οξύ εγγενές περιστατικό, όπως ένα εγκεφαλικό επεισόδιο, ενώ σε άλλους ορισμούς συμπεριλαμβάνονται και αυτές οι πτώσεις.

Στη βιβλιογραφία ένας από τους πρώιμους ορισμούς ήταν πως το αποτέλεσμα της πτώσης είναι η κατακόρυφη γραμμή που διέρχεται από το κέντρο μάζας του ανθρώπινου σώματος να καταλήγει σε ένα επίπεδο χαμηλότερο από το κέντρο στήριξης και η διόρθωση αυτής της πράξης δεν πραγματοποιείται εγκαίρως (Isaacs, 1985). Ενώ αυτός ο ορισμός περιγράφει τη μηχανική διαδικασία της πτώσης δεν είναι ένας πρακτικός ορισμός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελέτες. Η Tinetti, το 1988, όρισε την πτώση ως ένα γεγονός κατά το οποίο το άτομο ακούσια βρίσκεται σε ηρεμία στο έδαφος ή σε κάποιο άλλο χαμηλότερο επίπεδο, τονίζοντας όμως ότι δεν αποτελεί αποτέλεσμα κάποιου εγγενούς περιστατικού (όπως εγκεφαλικό επεισόδιο) ή άλλου κινδύνου (Tinetti et al., 1988). Ο Nevitt όρισε την πτώση ως την προσγείωση του ατόμου σε χαμηλότερο επίπεδο, το πάτωμα ή το έδαφος, ή την πτώση σε ένα αντικείμενο όπως μια καρέκλα ή μια σκάλα (Nevitt et al., 1991).

Οι έρευνες του προγράμματος «Αδυναμία και Τραυματισμοί: Συνεργατικές μελέτες για τις τεχνικές παρέμβασης» (Frailty and Injuries: Co-operative Studies of Intervention Techniques (FICSIT)), όρισαν την πτώση ως την απρόσμενη

κατάσταση χαλάρωσης στο έδαφος, το πάτωμα ή σε κάποιο άλλο χαμηλότερο επίπεδο (Ory et al., 1993). Ο ορισμός αυτός, όμως, είναι γενικός και περιλαμβάνει και παραπατήματα, και για το λόγο αυτό κάποια κέντρα FICSIT χρησιμοποιούσαν τροποποιημένους ορισμούς στις μελέτες τους. Για παράδειγμα, το τμήμα της Ατλάντα χρησιμοποιούσε τον ορισμό του FICSIT καθώς και έναν πιο περιορισμένο ορισμό, ο οποίος αποκλείει κάθε μορφή παραπατήματος (Wolf et al., 1996). Σε μια μελέτη παρέμβασης 15 εβδομάδων για το Tai-Chi, υπήρξε μια σημαντική μείωση των πτώσεων χρησιμοποιώντας τον ορισμό του FICSIT ενώ με τη χρήση του τροποποιημένου ορισμού η μείωση που παρατηρήθηκε δεν ήταν τόσο σημαντική. Αυτό τονίζει πως μια μικρή αλλαγή στον ορισμό μπορεί να αλλάξει τα αποτελέσματα μιας έρευνας.

Ο ορισμός της πτώσης, σύμφωνα με την Διεθνή Στατιστική Ταξινόμηση Νόσων και Συναφών Προβλημάτων Υγείας (The International Classification of Diseases (ICD 9)), είναι ένα απρόσμενο συμβάν όπου ένα άτομο πέφτει στο έδαφος από το ίδιο ή ένα ψηλότερο επίπεδο (WHO, 1977). Ένας πιο πρόσφατος ορισμός καθορίζει την πτώση ως μια απροσδόκητη κάθοδο από όρθια, καθιστή ή κατακεκλιμένη θέση, με το ύψος της καθόδου να είναι μικρότερο ή ίσο του ενός μέτρου (Kannus et al., 1999).

Οι πτώσεις μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους. Μια πτώση μπορεί να έχει εξήγηση (όπως ένα παραπάτημα ή ένα εγγενές γεγονός όπως συγκοπή) ή να είναι ανεξήγητη, όταν δεν υπάρχει κάποια προφανής αιτία. Μια πτώση μπορεί να είναι εγγενής, όπου κάποιο γεγονός ή κατάσταση επηρεάζει τον ορθοστατικό έλεγχο, η εξωγενής, όπου κάποιος περιβαλλοντικός παράγοντας είναι η κύρια αιτία της πτώσης. Ο διαχωρισμός των πτώσεων σε τυχαίες και μη τυχαίες αν και χρησιμοποιείται ορισμένες φορές, θεωρείται παραπλανητικός γιατί οι τυχαίες πτώσεις θεωρούνται καθαρά τυχαία περιστατικά ενώ άλλοι παράγοντες, όπως περιβαλλοντικοί, και μεταβλητές που αφορούν το άτομο μπορεί να εμπλέκονται. Μια άλλη ταξινόμηση των πτώσεων εξαρτάται από το αν η πτώση προκαλεί τραυματισμό ή όχι και η διάκριση αυτή των πτώσεων είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί οι παράγοντες κινδύνου για τα δύο είδη πτώσης διαφέρουν (Nevitt et al., 1991, Koski et al., 1996).

Τα άτομα που πέφτουν μπορούν και αυτά να ταξινομηθούν σε κατηγορίες. Ένα άτομο που πέφτει ορίζεται συνήθως ως κάποιος που έχει πέσει τουλάχιστον μια

φορά σε μια συγκεκριμένη περίοδο, συνήθως ένα χρόνο ή έξι μήνες. Ένα άτομο που πέφτει επαναλαμβανόμενα ορίζεται ως κάποιος που έχει πέσει δυο ή περισσότερες φορές μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, ορισμένα στοιχεία υποδηλώνουν πως τα άτομα που έχουν πέσει μόνο μια φορά έχουν πιο πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τα άτομα που δεν έχουν υποστεί κάποια πτώση, παρά με εκείνα που έχουν πέσει δυο φορές. Ο Lord και οι συνεργάτες του έδειξαν πως οι φυσιολογικές παράμετροι της ευαισθησίας της οπτικής αντίθεσης, του χρόνου αντίδρασης, της ταλάντωσης του σώματος και της ισχύος του τετρακέφαλου ήταν παρόμοιες στα άτομα που δεν είχαν υποστεί πτώση και στα άτομα που έπεσαν μια φορά, όμως ήταν χειρότερες στα άτομα που έπεσαν δυο ή περισσότερες φορές (Lord et al., 1994). Για το λόγο αυτό κάποιοι ερευνητές ορίζουν ως άτομα που έχουν υποστεί πτώση όσους έχουν πέσει περισσότερες από δυο φορές και ως επαναλαμβανόμενες πτώσεις τα τρία ή περισσότερα περιστατικά μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Η διαφοροποίηση μεταξύ ατόμων που έχουν πέσει μέχρι δυο φορές και ατόμων με επαναλαμβανόμενες πτώσεις είναι αρκετά σημαντική. Υπάρχουν ενδείξεις πως τα άτομα με επαναλαμβανόμενες πτώσεις βιώνουν συνήθως πιο ελαφρύς τραυματισμούς, ενώ τα άτομα που βιώνουν λιγότερες των δυο πτώσεων είναι πιο επιρρεπή σε μείζονος σημασίας τραυματισμούς, ως συνέπεια της πτώσης (Koski et al., 1996).

Επιδημιολογία

Επιπτώσεις

Πολυάριθμες μελέτες έχουν δημοσιευτεί σχετικά με την ετήσια επίπτωση των πτώσεων, οι οποίες όμως παρουσιάζουν αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα. Η διαφοροποίηση αυτή των αποτελεσμάτων οφείλεται στην ασυνέπεια της μεθοδολογίας, όπως η επιλογή διαφορετικών πληθυσμιακών ομάδων και η χρήση διαφορετικού ορισμού για την πτώση. Ένα ακόμα σοβαρό πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι ότι αρκετά άτομα δεν θυμούνται πλήρως την πτώση. Ο Cummings και οι συνεργάτες του έδειξαν πως σε σύγκριση με τις προοπτικές μελέτες, οι αναδρομικές μελέτες υποεκτιμούν την συχνότητα των πτώσεων κατά ένα ποσοστό 13% με 32% αναλόγως την χρονική περίοδο που μεσολαβεί από την πτώση (Cummings et al., 1988). Ακόμη και σε προοπτικές μελέτες η μεθοδολογία

της συλλογής δεδομένων μπορεί να επηρεάσει την συχνότητα. Μια πρόσφατη Ιαπωνική μελέτη, η οποία πραγματοποιήθηκε σε τρεις παρόμοιες ομάδες ηλικιωμένων ανδρών, έδειξε πως η παρακολούθηση σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (μέσω ερωτηματολογίων και μέσω τηλεφωνικής επικοινωνίας) οδήγησε σε διαφορετικά αποτελέσματα (Fujimoto et al., 2000). Μετά από μηνιαία και τριμηνιαία παρακολούθηση των περιστατικών η συχνότητα που υπολογίστηκε ήταν 20.5% και 15.9% αντίστοιχα, ενώ με τη συλλογή των δεδομένων μια φορά στο τέλος του χρόνου η συχνότητα που υπολογίστηκε ήταν σημαντικά χαμηλότερη, 6.4%. Οι διαφοροποιήσεις αυτές δεν παρατηρήθηκαν σε ομάδες γυναικών.

Συχνότητα

Παρά της δυσκολίας που υπάρχουν, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές καλά σχεδιασμένες πληθυσμιακές μελέτες τις δεκαετίες του ογδόντα και του ενενήντα, οι οποίες μας έδωσαν αξιόπιστες εκτιμήσεις για τις επιπτώσεις των πτώσεων. Το ποσοστό των ατόμων που υφίστανται τουλάχιστον μια πτώση σε περίοδο ενός χρόνου ποικίλει από 28 - 35% σε ηλικίες μεγαλύτερες των 65 ετών (Prudham and Evans, 1981, Campbell et al., 1981, Blake et al., 1988) έως 32 - 42% σε άτομα ηλικίας 75 ετών και άνω (Tinetti et al., 1988, Downton and Andrews, 1991). Ακόμα και τα υγιή ηλικιωμένα άτομα έχουν ετήσια συχνότητα πτώσεων 15% (Gabell et al., 1985). Τα άτομα που έχουν ήδη υποστεί μια πτώση έχουν δυο τρίτα/66% πιθανότητα να πέσουν το ερχόμενο/επόμενο έτος (Nevitt et al., 1989) και περισσότερο από το 50% των κατοίκων σε ιδρύματα έχουν τουλάχιστον μια πτώση σε χρονικό διάστημα ενός έτους (Tinetti and Speechley, 1989). Μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Αυστραλία πρότεινε πως το ετήσιο ποσοστό πτώσεων σε άτομα ηλικίας άνω των 70 ετών είναι 49% (Hill et al., 1999) και υπάρχουν στοιχεία τα οποία δηλώνουν πως η συχνότητα πτώσεων αυξάνεται με την ηλικία (Kanpus et al., 1999). Περίπου τα μισά άτομα που έχουν υποστεί μια πτώση, θα πέσουν ξανά (Tinetti and Speechley, 1989, Rubenstein et al., 1994). Οι πτώσεις παρουσιάζουν υψηλό επιπολασμό μεταξύ των ηλικιωμένων, ακόμη και μεταξύ εκείνων που είναι ενεργοί και υγιείς, και αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα γηριατρικά σύνδρομα που μπορούν να προληφθούν (Ganz et al., 2007). Οι γυναίκες με οστεοπόρωση και υψηλό κίνδυνο καταγμάτων, παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα πτώσεων (51.1%) (Silva et al., 2009). Ένα σημαντικό

ποσοστό των πτώσεων οδηγούν σε τραυματισμούς (36%) (Swanenburg et al., 2010), κατάγματα (3.4% έως 19%) (Cruz et al., 2012, Swanenburg et al., 2010, Sai et al., 2010), χρήζουν ιατρικής βοήθειας (8 έως 19%) (Swanenburg et al., 2010, Sai et al., 2010) και επηρεάζουν τον τρόπο ζωής δημιουργώντας σοβαρή κοινωνικοοικονομική επιβάρυνση (Peel, 2000). Επιπλέον, οι ηλικιωμένοι (Swanenburg et al., 2010, Sai et al., 2010) και οι γυναίκες (Ganz et al., 2007, Ersoy et al., 2009) με οστεοπόρωση που αντιμετωπίζουν μια ή περισσότερες πτώσεις στη διάρκεια ενός έτους έχουν σημαντικά αυξημένες πιθανότητες να υποστούν νέο επεισόδιο την επόμενη χρονιά. Έτσι, η παρακολούθηση των πτώσεων μεταξύ των ηλικιωμένων αποτελεί ένα πρωτεύον ζήτημα (Peel, 2000), και για το λόγο αυτό η λήψη του ιστορικού πτώσεων είναι καθοριστικής σημασίας για τη λήψη αποφάσεων (Kunkel et al., 2011, Alexandre et al., 2012, Perracini et al., 2012).

Το ποσοστό των ατόμων άνω των 65 ετών έχει αυξηθεί δραματικά την τελευταία δεκαετία και αναμένεται να αυξηθεί εκθετικά τις επόμενες δεκαετίες. Εν μέρει, το γεγονός αυτό οφείλεται στην αύξηση του προσδόκιμου επιβίωσης, το οποίο αναμένεται να προσεγγίσει τα 80,7 έτη για τους άντρες και τα 85,2 έτη για τις γυναίκες μέχρι το 2033 (O'Neill et al., 2012). Στο παρελθόν, οι πτώσεις που επηρεάζουν το μέρος αυτό του πληθυσμού αφορούσαν πτώσεις στο έδαφος κυρίως στο σπίτι ή σε κάποιο οικείο περιβάλλον (Mathers and Weiss, 1998). Καθώς, ο πληθυσμός των ατόμων αυτών είναι πλέον υγιέστερος και πιο δραστήριος κινδυνεύει και από άλλου είδους πτώσεων.

Ακόμη και χωρίς κάποιο σοβαρό τραυματισμό, οι πτώσεις μπορεί να προκαλέσουν πόνο, απώλεια αυτοπεποίθησης και φόβο για μια νέα πτώση (Stel et al., 2004, Tinetti, 1994). Οι σωματικές και ψυχολογικές συνέπειες των πτώσεων μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη λειτουργικότητα, νοσηρότητα και περιορισμένη κοινωνικότητα, πρόωγη ιδρυματοποίησης και ανικανότητα/αναπηρία (Stel et al., 2004, Tinetti, 1994). Οι ηλικιωμένοι που έχουν πέσει ή έχουν υποστεί κάποιο τραυματισμό από πτώση θεωρούν πως έχει χειροτερέψει η ποιότητα ζωής τους (Salkeld et al., 2000, Foley et al., 2012).

Τοποθεσία

Από τα άτομα που πέφτουν, περίπου το 65% των γυναικών και το 44% των αντρών πέφτουν μέσα στο σπίτι τους και περίπου το 25% των αντρών και το 11% των γυναικών πέφτουν στον κήπο τους. Μέσα στο σπίτι οι περισσότερες πτώσεις παρατηρούνται στα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα δωμάτια, όπως μπάνιο, κουζίνα και τραπεζαρία (Campbell et al., 1990). Άτομα μικρότερα των 75 ετών είναι πιο πιθανό να πέσουν σε εξωτερικό χώρο από τα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, και οι πτώσεις σε εσωτερικούς χώρους οφείλονται κυρίως σε αδυναμία ενώ οι πτώσεις σε εξωτερικούς οφείλονται στην επιβαρυμένη υγεία πιο ενεργών ατόμων (Bath and Morgan, 1999). Οι περισσότερες πτώσεις συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ μόνο το 20% συμβαίνουν τη νύχτα (Campbell et al., 1990). Οι κρύες μέρες και η χειμερινή περίοδος αυξάνει το ποσοστό των πτώσεων στις γυναίκες (Campbell et al., 1988) και τη συχνότητα καταγμάτων (Bastow et al., 1983, Jacobsen et al., 1999, Douglas et al., 2000). Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Αμερική έδειξαν πως τα ποσοστά της πτώσης είναι παρόμοια σε διάφορες φυλές (Means et al., 2000, Schwartz et al., 1999), αν και στη Χαβάη, οι γυναίκες από την Ιαπωνία πέφτουν λιγότερα συχνά από τις άλλες φυλές (Davis et al., 1999).

Νοσηρότητα

Τα κατάγματα είναι η κύρια αιτία νοσηρότητας στους ηλικιωμένους (Hausdorff et al., 2001). Το 2002, η θεραπεία των οστεοπορωτικών καταγμάτων στις ΗΠΑ κόστισε 3.2 δισεκατομμύρια δολάρια, τα οποία αποτελούν το 18% του συνολικού κόστους που σχετίζεται με την οστεοπόρωση (U.S. Department of Health and Human Services, 2004). Η αύξηση των καταγμάτων με την ηλικία δεν οφείλεται σε έναν μόνο παράγοντα αλλά στον συνδυασμό της εξασθένησης του σκελετού, της αύξησης των πτώσεων και στη τροποποιημένη φύση των πτώσεων (Stone et al., 2003).

Θνητότητα

Οι τυχαίοι τραυματισμοί αποτελούν την πέμπτη αιτία θανάτου των ηλικιωμένων (μετά τις καρδιαγγειακές νόσους, τον καρκίνο, το εγκεφαλικό και τις πνευμονικές νόσους) και οι πτώσεις είναι υπεύθυνες για τα δυο τρίτα των θανάτων αυτών. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα τρία τέταρτα των θανάτων που οφείλονται σε πτώσεις συμβαίνουν στο 13% του πληθυσμού άνω των 65 ετών.

Οι πτώσεις των ηλικιωμένων αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας και αποτελούν την κύρια αιτία ακούσιων θανατηφόρων και μη θανατηφόρων τραυματισμών σε άτομα ηλικίας 65 ετών και άνω (Gallagher et al., 2007, Kalyani et al., 2010). Στις Ηνωμένες Πολιτείες περίπου το 30% των ατόμων άνω των 65 ετών και το 50% των ατόμων άνω της ηλικίας των 80 ετών πέφτουν κάθε χρόνο, και σχεδόν/περίπου το 10% των πτώσεων αυτών καταλήγουν σε σοβαρούς τραυματισμούς (Gallagher et al., 2007, Chang et al., 2004, Close, 2005). Η οικονομική επιβάρυνση που οφείλεται στις πτώσεις και στους τραυματισμούς που προκαλούν υπολογίζεται στα 20 δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο, και προβλέπεται πως θα αυξηθεί/ανέλθει στα 54.9 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2020 (Stevens et al., 2006, Davis et al., 2010, CDC 2013). Πέραν της οικονομικής επιβάρυνσης, οι πτώσεις επηρεάζουν αρνητικά την υγεία, τη συμπεριφορά και την ποιότητα ζωής των ατόμων αυξάνοντας το φόβο για μια ενδεχόμενη πτώση. Ο φόβος για μια ενδεχόμενη πτώση είναι πιθανό να προκαλέσει περιορισμό της δραστηριότητας, μείωση της κινητικότητας, αύξηση της κοινωνικής απομόνωσης και απώλεια της ανεξαρτησίας (Chang et al., 2004, Rosen et al., 2011).

Φύλο

Οι περισσότερες πτώσεις των ηλικιωμένων είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης προδιαθεσικών και εκλυτικών παραγόντων. Οι προδιαθεσικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την αυξημένη ηλικία, το φύλο, τις αλλαγές στην δύναμη και την ισορροπία που σχετίζονται με την ηλικία, τα προβλήματα των αισθήσεων και τις χρόνιες νόσους. Οι εκλυτικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την οξεία νόσο, τη λήψη φαρμάκων, τα συμπτώματα του ουροποιητικού συστήματος, την υπόταση και την μυϊκή αδυναμία (Berry and Miller, 2008). Ο κίνδυνος της πτώσης μπορεί να επιδεινωθεί από ακατάλληλα υποδήματα και περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως βρεγμένα πατώματα, καιρικές συνθήκες και χαμηλός φωτισμός (Nachreiner et

al.,2007). Επειδή οι ηλικιωμένοι άντρες και γυναίκες διαφέρουν στην συμπεριφορά, στις ιατρικές παθήσεις και τις σωματικές λειτουργίες, οι παράγοντες κινδύνου καθώς και οι τραυματισμοί που σχετίζονται με τις πτώσεις διαφέρουν ανάλογα με το φύλο. Οι γυναίκες, για παράδειγμα, εξαιτίας της μικρότερης μυϊκής δύναμης των κάτω άκρων και την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης οστεοπόρωσης, πιστεύεται πως βιώνουν μεγαλύτερο αριθμό πτώσεων και διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να τραυματιστούν ή να υποστούν κάταγμα από την πτώση σε σύγκριση με τους άντρες (Tinetti et al., 1995).

Οι άντρες παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά πτώσεων όταν βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους και όταν συμμετέχουν σε έντονες δραστηριότητες. Οι γυναίκες και οι άντρες παρουσιάζουν παρόμοια ποσοστά πτώσεων σε εσωτερικούς χώρους, όμως οι γυναίκες έχουν μεγαλύτερα ποσοστά τραυματισμών από πτώσεις σε εσωτερικούς χώρους.

Σύμφωνα με τον Li και τους συνεργάτες του (Li et al., 2006) οι άντρες ανέφεραν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό πτώσεων σε εξωτερικούς χώρους σε σύγκριση με τις γυναίκες. Τα αυξημένα ποσοστά πτώσεων των αντρών ήταν αξιοσημείωτα σε χώρους αναψυχής όπως γήπεδα γκολφ, δάση και πάρκα. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες οι οποίες έδειξαν πως αυξημένες δραστηριότητες τον ελεύθερο χρόνο συνδέονται με πτώσεις σε εξωτερικούς χώρους (Li et al., 2006, Bath and Morgan, 1999, Bergland et al., 1998). Επιπλέον, οι άντρες που έπεσαν σε εξωτερικό χώρο ανέφεραν πως μεγαλύτερα ποσοστά παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια έντονης δραστηριότητας, όπως πεζοπορία, τένις και τρέξιμο σε σύγκριση με τις γυναίκες. Σε αντίθεση, οι γυναίκες παρουσίασαν τα ίδια ποσοστά πτώσεων με τους άντρες σε εξωτερικούς χώρους όπως πεζοδρόμια, δρόμους και κράσπεδα.

Ακόμη και στην ίδια ηλικία, οι άντρες και οι γυναίκες παρουσιάζουν αρκετές διαφορές στα σωματικά χαρακτηριστικά και στη συμπεριφορά. Επιπλέον, οι γυναίκες ανέφεραν υψηλότερα επίπεδα σωματικού πόνου και μεγαλύτερη χρήση ψυχοτρόπων φαρμάκων σε σύγκριση με τους άντρες, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να έχουν μικρότερη βαθμολογία σε λειτουργικές δοκιμασίες (βαδίσματος, ισορροπίας, SPPB (Short Physical Performance Battery)) σε σύγκριση με τους άντρες.

Από μελέτες (Nachreiner et al., 2007, Berg et al., 1997) έχει βρεθεί πως το 53% των πτώσεων συμβαίνουν σε εξωτερικούς χώρους. Παρόλο που οι άντρες έχουν μεγαλύτερο ποσοστό πτώσεων σε εξωτερικούς χώρους, το ποσοστό των πτώσεων στους εσωτερικούς χώρους ήταν παρόμοιο και για τα δυο φύλα. Οι πτώσεις που παρατηρούνται σε εσωτερικούς χώρους πιο συχνά συμβαίνουν στο σαλόνι, το υπνοδωμάτιο και την κουζίνα (Nachreiner et al., 2007, Campbell et al., 1990), Επιπλέον, οι γυναίκες αναφέρουν μεγαλύτερα ποσοστά πτώσεων στην κουζίνα και κατά τις δουλειές του νοικοκυριού. Όσον αφορά τον χρόνο έκθεσης, όταν οι συμμετέχοντες στις μελέτες ρωτήθηκαν αν είχαν πραγματοποιήσει κάποια ελαφριά οικιακή δουλειά, όπως ξεσκόνισμα ή πλύσιμο των πιάτων, κατά τη διάρκεια των τελευταίων επτά ημερών, το 84.2% των αντρών απάντησε ναι έναντι 98,0% των γυναικών ($p < 0.001$).

Το περπάτημα αποτελεί την κυρίαρχη δραστηριότητα από όλες στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας και το 36% με το 63% των πτώσεων τόσο στους άντρες όσο και στις γυναίκες προκαλούνται κατά τη διάρκεια περιπάτων (Tinetti et al., 1995, Berg et al., 1997, Yasumura et al., 1996, Milat et al., 2011, Kwan et al., 2011). Αν και ήταν προφανές στις μελέτες πως οι άντρες περπατούσαν περισσότερο από τις γυναίκες δεν παρατηρήθηκε διαφορά στα ποσοστά πτώσεων μεταξύ των δυο φύλων κατά τη διάρκεια περπατήματος σε εξωτερικούς χώρους. Παρόλα αυτά, τα υψηλά ποσοστά πτώσεων που οφείλονται στο περπάτημα σε εξωτερικούς χώρους είναι πιθανό να οδηγήσουν σε περιορισμό της σωματικής δραστηριότητας των ατόμων που είναι επιρρεπή σε πτώσεις, με αποτέλεσμα τη μείωση της ανεξαρτησίας και της κινητικότητας τους και την αύξηση του αριθμού των ηλικιωμένων ατόμων που μένουν περιορισμένα στο σπίτι (Li et al., 2006, Tinetti et al., 1990).

2. Ο μηχανισμός της πτώσης

Το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των πτώσεων δεν οδηγούν σε κάταγμα, ακόμα και σε γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα, υποδεικνύει πως τα χαρακτηριστικά της πτώσης έχουν καθοριστικό ρόλο στην πρόκληση ή μη κατάγματος. Πέραν από την αντοχή των οστών, ο μηχανισμός της πτώσης, η

ενέργεια κρούσης από την πτώση και η απορρόφηση ενέργειας από τους μαλακούς ιστούς που βρίσκονται στο σημείο πρόσκρουσης έχουν καθοριστικό ρόλο στα οστεοπορωτικά κατάγματα (Cummings and Nevit, 1989).

Κατάγματα ισχίου

Οι Cummings και Nevitt πρότειναν τη θεωρία για το πως οι πτώσεις μπορούν να προκαλέσουν κατάγματα στο ισχίο (Cummings and Nevit, 1989). Υποστήριξαν λοιπόν, πως για να προκληθεί κάταγμα θα πρέπει το άτομο που πέφτει να έχει τέτοιο προσανατολισμό ώστε το σημείο πρόσκρουσης να εντοπίζεται στο ισχίο ή κοντά σε αυτό, και πως η προστατευτική αντίδραση του ατόμου (όπως η πρόσκρουση σε τεντωμένο χέρι) και οι “shock absorbers” (όπως οι μαλακοί ιστοί στην περιοχή του μείζονα τροχαντήρα) να μην μειώνουν την ενέργεια πρόσκρουσης σε επίπεδα μικρότερα από αυτά που απαιτείται για την δημιουργία κατάγματος στο μηριαίο οστό. Στον Πίνακα (1) παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της πτώσης, ο μηχανισμός της, τα οποία είναι σημαντικά στον καθορισμό εάν η πτώση θα προκαλέσει κάταγμα ή όχι στο οστό.

Σημείο πρόσκρουσης

Προσανατολισμός του ασθενούς

Ενέργεια της πτώσης

Ταχύτητα κρούσης (καθορίζεται κυρίως από την απόσταση του οστού, κατά την έναρξη της πτώσης, από το σημείο πρόσκρουσης)

Μάζα (βάρος του κινούμενου σημείου)

Απορρόφηση ενέργειας

Προστατευτικές ενέργειες

Μαλακός ιστός γύρω από το οστό (ποσότητα και ποιότητα της ενέργειας που απορροφάται)

Επιφάνεια πρόσκρουσης (σκληρότητα)

Αντοχή οστών

Γεωμετρία

Οστική μάζα

Ποιότητα οστού

Πίνακας 1. Εισήγηση : τα χαρακτηριστικά της πτώσης που καθορίζουν την πιθανότητα κατάγματος σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο

Εν συντομία, η πτώση πρέπει να προσανατολίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει αντίκτυπο στο οστό και να έχει αρκετή ενέργεια για να σπάσει το οστό. Η ενέργεια της πτώσης είναι το πηλίκο της ταχύτητας και της μάζας. Αυτό συνεπάγεται πως τα ψηλότερα και βαρύτερα άτομα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο καταγμάτων. Η ενέργεια της πτώσης που μεταδίδεται στο οστό, καθώς και ο ρυθμός με τον οποίο μεταδίδεται μπορούν να περιοριστούν αν το άτομο αντιδράσει προστατευτικά, όπως αν χρησιμοποιήσει το χέρι για να περιορίσει την πτώση. Επιπλέον, το ποσοστό και ο ρυθμός της ενέργειας που θα μεταδοθούν στο οστό μπορεί να περιοριστούν από τους μαλακούς ιστούς που βρίσκονται γύρω από το οστό, αλλά και από την απαλότητα της επιφάνειας πρόσκρουσης (όπως για παράδειγμα ένα απαλό/μαλακό χαλί αντί για τσιμεντένιο δάπεδο). Τέλος, το κατάλοιπο ενέργειας που θα μεταδοθεί στο οστό θα προκαλέσει κάταγμα μόνο στην περίπτωση που υπερβεί την αντοχή του οστού όταν εφαρμοστεί στην σωστή κατεύθυνση. Η αντοχή του οστού εξαρτάται από την γεωμετρία, την μάζα (και την πυκνότητα) καθώς και από άλλους ποιοτικούς παράγοντες όπως την ακεραιότητα του δοκιδωτού οστού.

Για τον έλεγχο της θεωρίας αυτής πραγματοποιήθηκαν δυο μελέτες. Η πρώτη πραγματοποιήθηκε από τους Cummings και Nevitt στα πλαίσια της Μελέτης των Οστεοπορωτικών Καταγμάτων και η δεύτερη από τον Hayes και τους συναδέλφους του σε οίκο ευγηρίας (Hayes et al., 1993). Οι μελέτες αυτές είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν καθώς πολλά ευρήματα στηρίζονται στην ικανότητα των συμμετεχόντων να θυμηθούν φευγαλέα γεγονότα του παρελθόντος. Παρόλα αυτά όμως, οι μελέτες αυτές υποστηρίζουν το γεγονός ότι ο μηχανισμός της πτώσης έχει σημαντικό ρόλο στην ύπαρξη κατάγματος στο ισχίο.

Θέση πρόσκρουσης

Σχεδόν όλα τα άτομα που υπέστησαν κάταγμα στο ισχίο ανέφεραν πως έπεσαν επάνω στο ισχίο. Κατά συνέπεια, εκτιμάται πως η πτώση στην πλευρά του ποδιού ή του γλουτού κοντά στον μείζονα τροχαντήρα έχει 20 με 30 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να οδηγήσει σε κάταγμα του ισχίου σε σχέση με πτώση σε κάποιο άλλο σημείο του σώματος (Hayes et al., 1993). Εάν το άτομο πέσει στο πλάι ή ευθεία προς τα κάτω είναι πιο πιθανό να πέσει/ χτυπήσει στο ισχίο και τα άτομα που χτύπησαν στο ισχίο ήταν 60% πιο πιθανό να υποστούν κάταγμα στο ισχίο.

Δυναμική ενέργεια της πτώσης

Κατά μέσο όρο, μια πτώση από όρθια θέση παράγει ενέργεια, περίπου 400 με 500J, ενέργεια η οποία είναι τουλάχιστον 10 φορές η ενέργεια που απαιτείται για να υποστεί κάταγμα το εγγύς μηριαίο σε μια ηλικιωμένη γυναίκα (Hayes et al., 1993, Hayes et al., 1991). Η ταχύτητα κρούσης εξαρτάται εν μέρει από το ύψος της πτώσης, έτσι ο κίνδυνος ύπαρξης κατάγματος αυξάνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση του μείζονος τροχαντήρα από το έδαφος. Ο Hayes (Hayes et al., 1993) έχει υπολογίσει πως αύξηση 9 cm στο ύψος μιας γυναίκας θα αύξησει τον κίνδυνο της για κάταγμα στο ισχίο κατά 50% περίπου. Συχνά στις μελέτες αυτές υποτιμάται η σημασία του ύψους, κυρίως γιατί οι ηλικιωμένες γυναίκες εξαιτίας της οστεοπόρωσης έχουν κατά μέσο όρο μικρότερο ύψος και διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο κατάγματος λόγω χαμηλότερης οστικής μάζας. Σε πρόσφατη μελέτη για τον κίνδυνο κατάγματος του ισχίου σε γυναίκες μέσης ηλικίας παρατηρήθηκε πως ψηλότερες γυναίκες διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο κατάγματος (Meyer et al., 1993), πιο συγκεκριμένα, γυναίκες ψηλότερες του 1,7m διατρέχουν 3,6 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο από τις γυναίκες με ύψος μικρότερο του 1,55m. Σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες που συσχέτισαν το ύψος μιας γυναίκας με τον κίνδυνο να υποστεί κάταγμα ισχίου, στην έρευνα αυτή ήταν λιγότερο πιθανό να επηρεαστεί από απώλεια ύψους λόγω οστεοπόρωσης γιατί όσες γυναίκες συμμετείχαν ήταν νεότερες των 50 ετών όταν μετρήθηκε το ύψος τους. Παρόλα αυτά, ο αυξημένος κίνδυνος που παρατηρείται στις ψηλότερες γυναίκες είναι πιθανόν να οφείλεται στον μεγαλύτερο άξονα ισχίου (Faulkner et al., 1993).

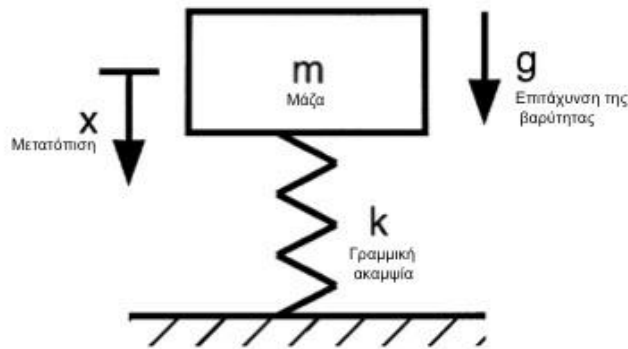
Απορρόφηση ενέργειας

Έχει βρεθεί πως οι γυναίκες οι οποίες κατά την πτώση κοντά στον μείζονα τροχαντήρα περιόρισαν την ορμή της πτώσης είτε τεντώνοντας το χέρι είτε χτυπώντας σε άλλες επιφάνειες πριν χτυπήσουν στο έδαφος, είχαν κατά 1/3 λιγότερες πιθανότητες να υποστούν κάταγμα στο ισχίο σε σύγκριση με όσες δεν περιόρισαν την πτώση (Hayes et al., 1993). Δυστυχώς, δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα για την σπουδαιότητα της προστατευτικής αντίδρασης στην παθογένεια των καταγμάτων. Μια πρόσφατη μελέτη (Lauritzen et al., 1993) έδειξε πως η χρήση προστατευτικών επιθεμάτων στην περιοχή του μείζονος τροχαντήρα μειώνει δραματικά τον κίνδυνο καταγμάτων των κατοίκων γεροκομείου. Δεδομένου ότι οι γυναίκες οι οποίες φορούσαν προστατευτικά επιθέματα υπέστησαν κάταγμα

μόνο όταν δεν τα φορούσαν, είναι πιθανόν ότι η προσέγγιση αυτή θα μπορούσε να αποτρέψει τα περισσότερα κατάγματα ισχίου.

Είναι λιγότερο σαφές κατά πόσον φυσικές διακυμάνσεις στο πάχος των μαλακών ιστών γύρω από το εγγύς μηριαίο διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε κατάγματα του ισχίου. Η παχυσαρκία προσδίδει μικρότερο κίνδυνο κατάγματος στο ισχίο, χωρίς όμως να είναι σαφές αν αυτό οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην υψηλότερη οστική πυκνότητα ή μπορεί να αποδοθεί εν μέρει και στην ύπαρξη περισσότερου λιπώδους ιστού. Από εργαστηριακές μελέτες στις οποίες συμμετείχαν νέοι εθελοντές, ο Robinovitch και οι συνεργάτες του (Robinovitch et al., 1991) υπολόγισαν πως μια αύξηση στο τριπλάσιο του μαλακού ιστού που βρίσκεται γύρω από τον μείζονα τροχαντήρα περιορίζει την δύναμη κρούσης στο οστό στο ένα τρίτο. Παρόλα αυτά οι Cummings και Nevitt στην μελέτη τους δεν κατόρθωσαν να βρουν σημαντική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη μάζας σώματος ή της αναλογίας μέσης και ισχίου και του κινδύνου κατάγματος στις γυναίκες που έπεσαν πάνω στο ισχίο (Hayes et al., 1993).

Για να καθοριστεί αν η ταχύτητα πρόσκρουσης της λεκάνης είναι πιθανό να προκαλέσει κάταγμα στο ισχίο, χρησιμοποιείται το μοντέλο πρόσκρουσης του μηριαίου (Εικόνα 1) που αρχικά αναπτύχθηκε από τον Robinovitch και τους συνεργάτες του (1991). Σύμφωνα με τον Van den Kroonenberg και τους συνεργάτες του (1995) δεν υπολογίζεται η απόσβεση, καθώς θεωρείται πολύ μικρή. Ο Courtney και οι συνεργάτες του (1994) υπολόγισαν την ενέργεια που απαιτείται για σπάσει το μηριαίο ενός ηλικιωμένου ατόμου σε 4755 ± 2030 N.



Εικόνα 1. Μοντέλο πρόσκρουσης του μηριαίου που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας κρούσης που απαιτείται για την θραύση του μηριαίου οστού ενός ηλικιωμένου ατόμου (Robinovitch et al., 1991; Van den Kroonenberg et al., 1995). Η μάζα (m) αντιπροσωπεύει τη δραστική μάζα του μέρους του σώματος που κινείται στο κατακόρυφο επίπεδο πριν από την κρούση. Θεωρείται ίση με το ήμισυ της μάζας του σώματος. Η γραμμική ακαμψία (k) αντιπροσωπεύει τον μαλακό ιστό που καλύπτει το ισχίο και την καμπτική ακαμψία του σώματος, συμπεριλαμβανομένης της δράσης των μυών. Ισούται με 90,440 και 71,060 N/m στους άντρες και τις γυναίκες, αντίστοιχα. Για μετατόπιση x προς τα κάτω και με επιτάχυνση της βαρύτητας ίση με $g=9.8 \text{ m/s}^2$, η δύναμη κρούσης είναι $F=kx$ (τροποποιημένη από Smeesters et al., 2000).

Επιφάνεια πρόσκρουσης

Σχετικά με την επιφάνεια πρόσκρουσης, όπως υποδεικνύει η κοινή λογική η πτώση σε μια μαλακή επιφάνεια είναι λιγότερο πιθανό να προκαλέσει κάταγμα σε σύγκριση με την πτώση σε μια σκληρή επιφάνεια. Χρησιμοποιώντας το σύστημα ταξινόμησης για την σκληρότητα των επιφανειών που ανέπτυξε ο David Buchner στο Πανεπιστήμιο της Washington, παρατηρήθηκε, κατόπιν προσαρμογής των λοιπών παραγόντων, πως γυναίκες οι οποίες χτύπησαν κοντά στο ισχίο όταν έπεσαν είχαν τριπλάσιες πιθανότητες να υποστούν κάταγμα αν χτυπούσαν σε μια σκληρή επιφάνεια, όπως πλακάκια ή τσιμέντο, παρά σε μια μαλακή επιφάνεια, όπως χαλί, χώμα ή γρασίδι (Hayes et al., 1993).

Ισχύς των οστών

Η αντίστροφη σχέση μεταξύ της οστικής πυκνότητας και του κινδύνου κατάγματος στο ισχίο είναι ακόμα πιο ισχυρή μεταξύ των γυναικών που πέφτουν στο ισχίο (Hayes et al., 1993). Ο ρόλος άλλων γεωμετρικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών είναι άγνωστος.

Κατάγματα άνω άκρου

Οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στους παράγοντες κινδύνου για τα κατάγματα ισχίου (Cummings and Nevit, 1989, Hayes et al., 1993), όμως οι πτώσεις και ο μηχανισμός τους έχουν καθοριστικό ρόλο και σε άλλα οστεοπορωτικά κατάγματα όπως στα κατάγματα των άνω άκρων (Nevit and Cummings, 1993, Kelsey et al., 1992).

Για το άνω άκρο έχει υπολογιστεί πως το 95% των καταγμάτων του βραχιόνιου, αγκώνα και καρπού είναι αποτέλεσμα πτώσης, όμως μόνο το 5% των πτώσεων οδηγούν σε κάταγμα (Nevit and Cummings, 1993, Nevit, 1989). Είναι άγνωστο ποιοι παράγοντες των πτώσεων είναι αποφασιστικής και καθοριστικής σημασίας στην αιτιολογία των καταγμάτων των άνω άκρων. Κάποιες από τις μελέτες σχετικά με τους παράγοντες κινδύνου των καταγμάτων έχουν επικεντρωθεί μόνο στο πρώτο στάδιο της πτώσης, το στάδιο αστάθειας το οποίο οδηγεί στην απώλεια ισορροπίας λόγω εγγενών και περιβαλλοντικών παραγόντων (Nevit and Cummings, 1993, Kelsey et al., 1992).

Στα υπόλοιπα τρία στάδια της πτώσης, το στάδιο καθόδου, το στάδιο της πρόσκρουσης και το στάδιο μετά την πρόσκρουση κατά τη διάρκεια του οποίου το άτομο βρίσκεται σε ηρεμία δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία (Nevit and Cummings, 1993). Παρόλα αυτά, η ακριβής γνώση των τριών τελευταίων σταδίων της πτώσης (δηλαδή, ο μηχανισμός της πτώσης) σε ασθενείς που υπέστησαν κάταγμα στο άνω άκρο είναι ουσιαστική για την απόκτηση μιας αξιόπιστης εικόνας σχετικά με την αιτιολογία και την παθολογία των καταγμάτων των άνω άκρων και την πρόληψη αυτών.

Τα περισσότερα κατάγματα των άνω άκρων συμβαίνουν σε εξωτερικούς χώρους και κατά τη διάρκεια κανονικού περπατήματος σε επίπεδο έδαφος. Σύμφωνα με τους ασθενείς η πτώση τους ήταν αποτέλεσμα παραπατήματος ή ολίσθησης.

	Ασθενείς με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, (n=112) %	Ασθενείς με κάταγμα αγκώνα, (n=65) %	Ασθενείς με κάταγμα καρπού, (n=110) %	Ομάδα ελέγχου, (n=108) %	τιμές p
Πτώση από όρθια στάση ή λιγότερο	90	91	90	81	0.15
Πτώση σε σκληρή επιφάνεια	75	74	81	79	0.71
Περιορισμός πτώσης	7	11	48	21	<0,001
Κύρια προσκρουση					
στον ώμο	76	3	0	8	<0,001
στον αγκώνα	1	69	3	4	<0,001
στο χέρι/ καρπό	3	6	76	9	<0,001
Αιμάτωμα					
στον ώμο	68	2	2	2	<0,001
στον αγκώνα	5	62	3	0	<0,001
στο χέρι/ καρπό	5	6	58	18	<0,001

Πίνακας 2. Μηχανισμός πρόσκρουσης των ασθενών με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, τον αγκώνα, τον καρπό και της ομάδας ελέγχου.

Ο μηχανισμός της πτώσης

Ο Palvanen και οι συνεργάτες του πραγματοποίησαν μελέτη σε 287 άτομα σχετικά με τον μηχανισμό της πτώσης των καταγμάτων του άνω άκρου (Palvanen et al., 2000). Τα στοιχεία που συνέλεξαν για τον μηχανισμό της πτώσης φαίνονται στον Πίνακα 2. Από αυτά είναι φανερό πως το ύψος από το οποίο έπεσε το άτομο καθώς και το είδος της επιφάνειας στην οποία έπεσε έχουν παρόμοια ποσοστά στις τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες που μελετήθηκαν. Σε αντίθεση, οι ασθενείς που κατάφεραν να περιορίσουν την πτώση υπέστησαν σε μεγάλο ποσοστό κάταγμα του καρπού.

Όσον αφορά το σημείο της κύριας πρόσκρουσης και τα αιματώματα που προκλήθηκαν, οι διαφορές μεταξύ της ομάδας ελέγχου και των ομάδων που υπέστησαν κάταγμα ήταν σημαντικές. Στο 76% των ασθενών με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο το σημείο πρόσκρουσης βρίσκεται στο ώμο ή το βραχιόνιο, ενώ στις άλλες ομάδες το ποσοστό αυτό ήταν μικρότερο του 8%. Ως ένδειξη της

πρόσκρουσης, υποδόριο αιμάτωμα στον ώμο παρατηρήθηκε στο 68% των ασθενών με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, ενώ παρόμοια ευρήματα βρέθηκε μόνο στο 2% των ασθενών των άλλων ομάδων. Αντίστοιχα, στο 69% των ασθενών με κάταγμα στον αγκώνα το σημείο πρόσκρουσης ήταν απευθείας στον αγκώνα και στο 62% αυτών βρέθηκε υποδόριο αιμάτωμα στον αγκώνα και στους ασθενείς με κάταγμα του καρπού το 76% αυτών χτύπησε στο ή τον καρπό και στο 58% εξ αυτών βρέθηκε αιμάτωμα στο σημείο πρόσκρουσης.

Κατεύθυνση της πτώσης

Στην ίδια μελέτη οι περισσότεροι ασθενείς με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο ή τον αγκώνα ανέφεραν πως έπεσαν λοξά πρόσθια (43% και 38%, αντίστοιχα) ή στο πλάι (29% και 26%, αντίστοιχα) (Πίνακας 3). Τα κατάγματα του καρπού προκαλούνται κυρίως από λοξές πρόσθιες πτώσεις (34%), αν και οι άλλες κατευθύνσεις είναι σχετικά συχνές (13 με 19%). Όσον αφορά τις οπίσθιες πτώσεις, το 4% αυτών προκαλούν κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, το 8% στον αγκώνα και το 13% στον καρπό.

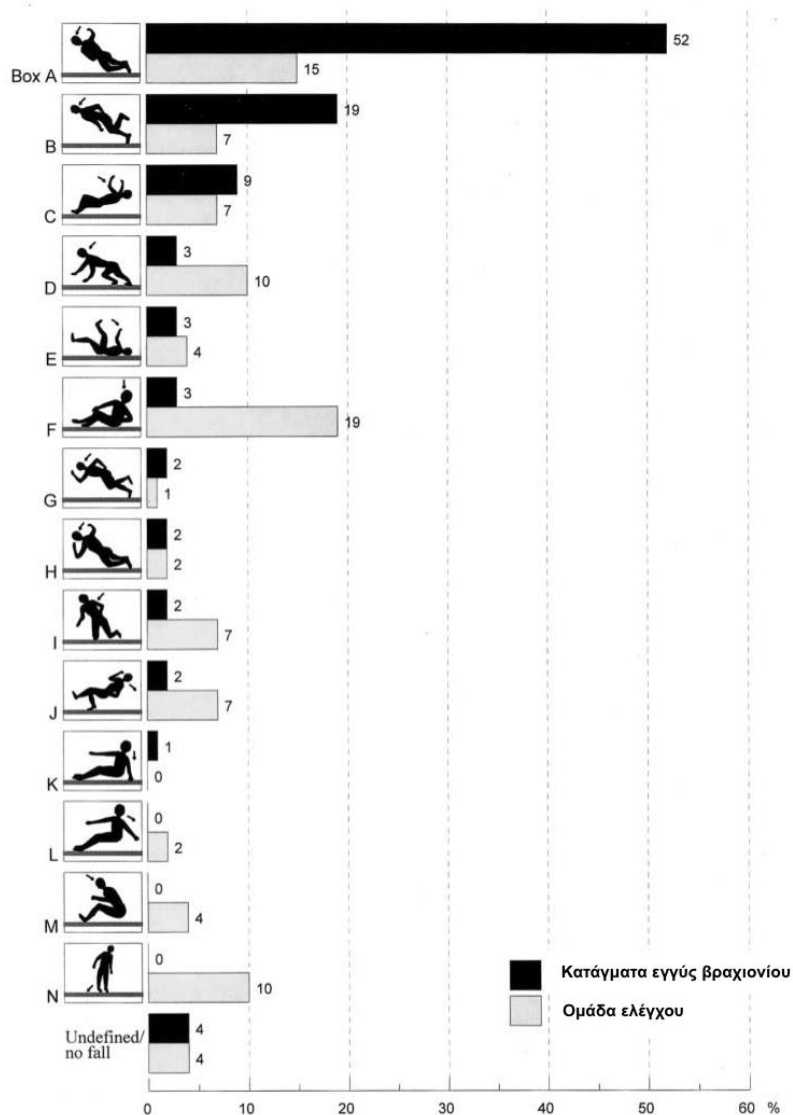
Μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τον έλεγχο των καταγμάτων των άνω άκρων σε ηλικιωμένους ασθενείς έδειξε πως τα κατάγματα αυτά, βραχιόνιου, αγκώνα και καρπού, έχουν τον δικό τους μηχανισμό. Σχεδόν όλα τα κατάγματα ήταν αποτέλεσμα πτώσεων και η πιο χαρακτηριστική πτώση είναι λοξά προς τα εμπρός και στην μεγαλύτερη πλειοψηφία των ασθενών το σημείο πρόσκρουσης ήταν το σημείο του κατάγματος. Η παρατήρηση/διαπίστωση αυτή επιβεβαιώθηκε από την παρατήρηση υποδορίων αιματωμάτων στα συγκεκριμένα σημεία.

Κατεύθυνση της πτώσης	Ασθενείς με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, (n=112) %	Ασθενείς με κάταγμα αγκώνα, (n=65) %	Ασθενείς με κάταγμα καρπού, (n=110) %	Ομάδα ελέγχου, (n=108) %
Πρόσθια πτώση	10	5	16	19
Λοξή πρόσθια πτώση	43	38	34	16
Πλάγια πτώση	29	26	16	32
Λοξή οπίσθια πτώση	11	17	19	16
Οπίσθια πτώση	4	8	13	14
Άγνωστη πτώση/ καθόλου πτώση	4	6	2	4

Πίνακας 3 Κατεύθυνση της πτώσης των ασθενών με κάταγμα στο εγγύς βραχιόνιο, τον αγκώνα, τον καρπό και της ομάδας ελέγχου.

Στην μελέτη του Palvanen και των συνεργατών του επιβεβαιώθηκαν τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών σχετικά με τις συνθήκες των τραυματισμών που προκαλούν κατάγματα στο βραχιόνιο ή στον καρπό. Ο Kelsey και οι συνεργάτες του (Kelsey et al., 1992) ανέφεραν πως πάνω από το 70% των καταγμάτων αυτών είναι αποτέλεσμα πτώσεων από ύψος σε όρθια θέση ή λιγότερο, ενώ ο Palvanen και οι συνεργάτες υπολόγισαν το ποσοστό αυτό στο 90%. Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα αυτά, οι Solgaard and Petersen (Solgaard and Petersen, 1985) ανέφεραν πως το 87% των καταγμάτων καρπού σε γυναίκες και το 64% σε άντρες ήταν αποτέλεσμα πτώσης από ύψος σε όρθια θέση ή λιγότερο. Οι Nevitt and Cummings (Nevitt and Cummings, 1993) ανέφεραν πως σχεδόν όλες οι γυναίκες με κάταγμα καρπού (88%) έπεσαν στο χέρι ή τον καρπό τους, σε σύγκριση με το 46% των ατόμων που έπεσαν χωρίς να υποστούν κάταγμα. Στη μελέτη του Palvanen και των συνεργατών του, το ποσοστό των ασθενών που υπέστησαν κάταγμα στον καρπό μετά από πρόσκρουση στον καρπό ήταν 76%, ενώ το ποσοστό αυτό ήταν 9% για την ομάδα ελέγχου.

Στην Εικόνα 2 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των πτώσεων ασθενών με κάταγμα του βραχιονίου. Στην Εικόνα Α η πτώση είναι λοξή πλάγια προς τα εμπρός με αντίκτυπο στον βραχίονα ενώ στην Εικόνα Β η πτώση είναι ευθεία λοξή προς τα εμπρός με αντίκτυπο στον ώμο. Στις δυο αυτές πτώσεις οφείλεται το 71% των καταγμάτων του βραχιονίου.



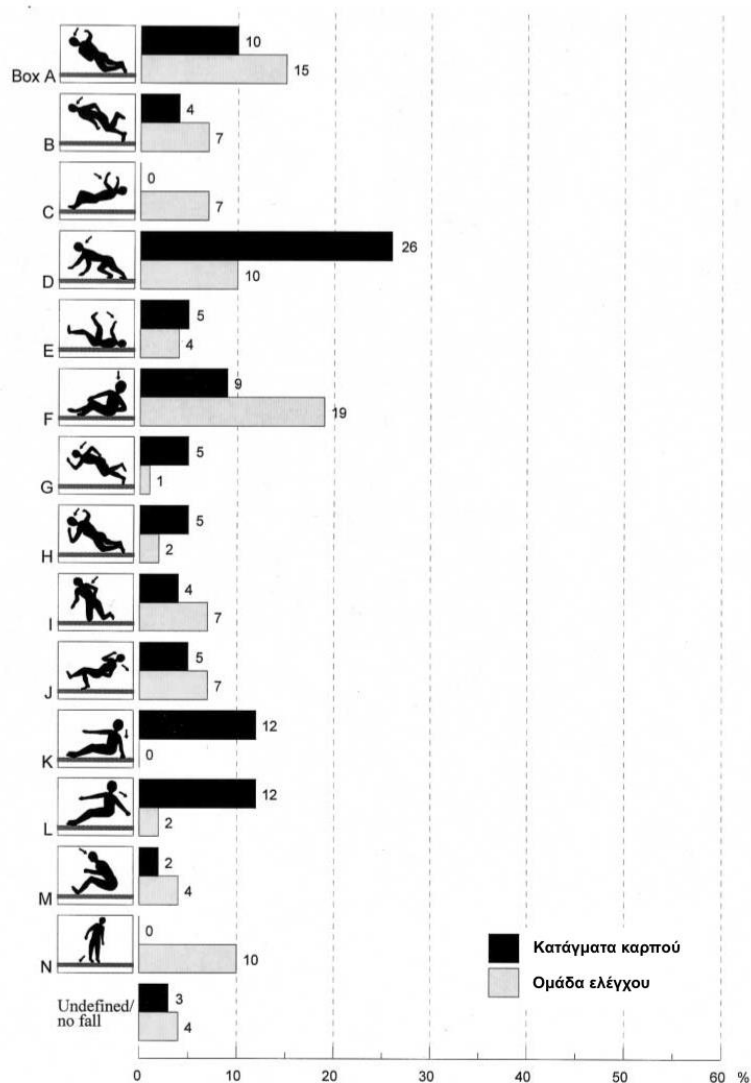
Εικόνα 2 Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων σε ασθενείς με κάταγμα του εγγύς βραχιονίου (n=112) και της ομάδας ελέγχου (n=108) (%). Στις εικόνες A έως N, ο ασθενής κοιτά προς την αριστερή πλευρά της εικόνας και το κάταγμα πραγματοποιείται στο αριστερό χέρι (τροποποιημένη από Pavlaven et al., 2000).

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται οι μηχανισμοί πτώσης ασθενών που υπέστησαν κάταγμα αγκώνα. Η πτώση πλάγια προς τα εμπρός με αντίκτυπο στον αγκώνα ή στο αντιβράχιο είναι η πτώση που προκαλεί τον μεγαλύτερο αριθμό καταγμάτων στον αγκώνα (Εικόνα Η). Μαζί με τις πτώσεις πλάγια προς τα εμπρός με αντίκτυπο στον βραχίονα (Εικόνα Α), πλάγια στο ισχίο και τον αγκώνα (Εικόνα F), πλάγια προς τα εμπρός με αντίκτυπο στον αγκώνα (Εικόνα G) ή το βραχιόνιο και λοξά προς τα πίσω με αντίκτυπο στον αγκώνα (Εικόνα J) είναι υπεύθυνες για το 83% των καταγμάτων στον αγκώνα.



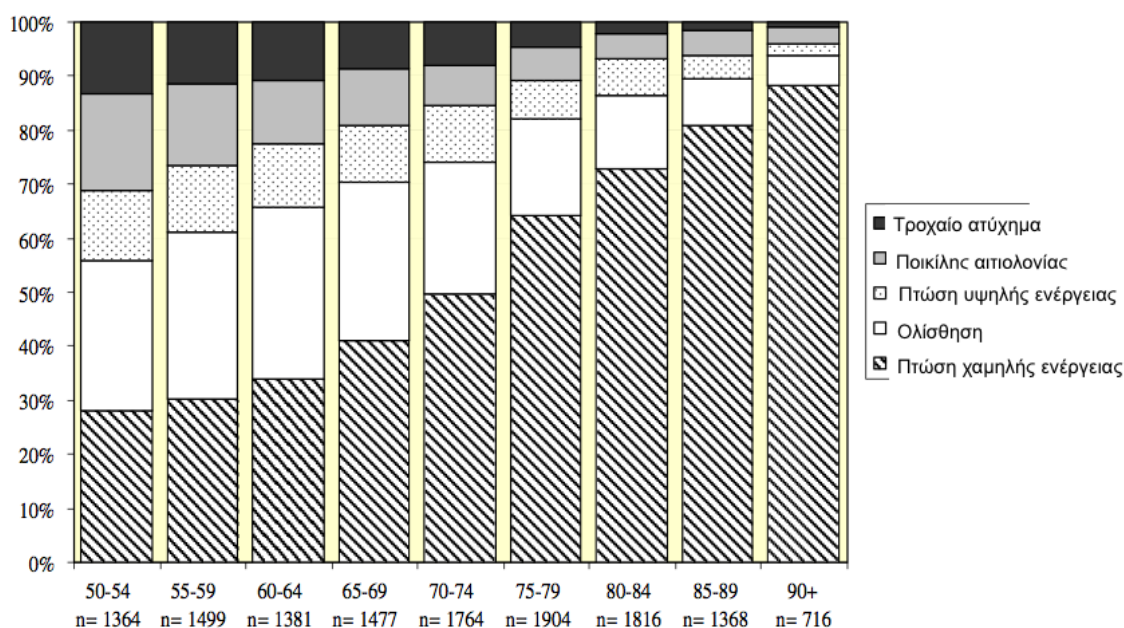
Εικόνα 3 Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων σε ασθενείς με κάταγμα του αγκώνα (n=65) και της ομάδας ελέγχου (n=108) (%). Στις εικόνες Α έως Ν, ο ασθενής κοιτά προς την αριστερή πλευρά της Εικόνας και το κάταγμα πραγματοποιείται στο αριστερό χέρι (τροποποιημένη από Pavlaven et al., 2000).

Στην Εικόνα 4 φαίνονται/απεικονίζονται οι μηχανισμοί πτώσης ασθενών με κάταγμα καρπού. Το 50% των καταγμάτων του καρπού προέρχονται από πτώσεις σε τεντωμένο χέρι ενώ το 29% των καταγμάτων προέρχεται από πτώσεις στις οποίες ο καρπός βρέθηκε ανάμεσα στο σώμα του ασθενή και την επιφάνεια πρόσκρουσης (εικόνες A, F, G και H). Οι πτώσεις σε τεντωμένο χέρι φαίνονται στις εικόνες D, πτώση κάθετα προς τα εμπρός, πτώση στο πλάι, και L, πτώση κάθετα προς τα πίσω.



Εικόνα 4 Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων σε ασθενείς με κάταγμα του καρπού (n=110) και της ομάδας ελέγχου (n=108) (%). Στις εικόνες A έως N, ο ασθενής κοιτά προς την αριστερή πλευρά της εικόνας και το κάταγμα πραγματοποιείται στο αριστερό χέρι (τροποποιημένη από Pavlaven et al., 2000).

Στα άτομα 50 ετών και άνω, το 53% των καταγμάτων οφείλονται σε πτώσεις χαμηλής ενέργειας, πτώσεις από 1 μέτρο ή λιγότερο, και το 22% προκαλούνται λόγω ολίσθησης. Το πιο κοινό κάταγμα λόγω ολίσθησης είναι το κάταγμα βραχιόνιου. Στις ηλικίες μεταξύ 50 και 59 οι μηχανισμοί πτώσης έχουν παρόμοια ποσοστά, ενώ στις μεγαλύτερες ηλικίες τα περισσότερα κατάγματα του περιφερικού σκελετού είναι επακόλουθα πτώσεων χαμηλής ενέργειας (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Μηχανισμός πτώσης σε διάφορες ηλικιακές κατηγορίες. Για τα άτομα κάτω των 60 ετών, οι πτώσεις χαμηλής ενέργειας είναι υπεύθυνες για λιγότερο από το 30% των καταγμάτων. Καθώς αυξάνεται η ηλικία, ο ρόλος των χαμηλής ενέργειας πτώσεων γίνεται πιο σημαντικός και είναι ο κύριος μηχανισμός για άτομα μεγαλύτερα των 85 ετών (τροποποιημένη από Bergstrom et al., 2007).

3. Τα χαρακτηριστικά του οστού που υφίσταται κάταγμα (αντοχή του οστού)

Η ποιότητα των οστών περιλαμβάνει μια ιεραρχία ιδιοτήτων που εκτείνονται από το μακροσκοπικό επίπεδο, έως τη νανοκλίμακα. Αρκετές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί στην προσπάθεια μέτρησης των ιδιοτήτων αυτών που δεν σχετίζονται με την πυκνότητα. Η πυκνομετρία, οι εικόνες υψηλής ανάλυσης (ακτινογραφία, αξονική τομογραφία) και η μαγνητική τομογραφία μπορούν να μετρήσουν την γεωμετρία και την αρχιτεκτονική των οστών. Η επιμετάλλωση και η σύνθεση των ιστών μπορούν να αξιολογηθούν με τη χρήση μικροακτινογραφίας, τον

μετασχηματισμό Fourier της υπέρυθρης φασματοσκοπίας και την μικροφασματοσκοπία Raman. Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων (FE) ανάλυση είναι μια μέθοδος απεικόνισης που επιτρέπει τον υπολογισμό της ισχύος των οστών. Πιο πρόσφατα, η microindentation επιτρέπει τον άμεσο υπολογισμό της αντοχής των οστών, η οποία μετράται στο φλοιώδες οστό της κνήμης.

Η συσχέτιση της ποιότητας του οστού με την παθογένεια πολλών νόσων των οστών, όπως η οστεοπόρωση, έχει ευρέως αναγνωριστεί. Το 1993 το Διεθνές Ινστιτούτο Υγείας (National Institutes of Health, NIH) όρισε την ποιότητα του οστού ως τα χαρακτηριστικά του υλικού, της αρχιτεκτονικής και της μηχανικής του οστού, τα οποία μαζί με την μάζα του, συμβάλλουν στην ισχύ του (NIA, 1993). Από τότε, έχουν δημοσιευτεί πολλές κλινικές μελέτες οι οποίες υποστηρίζουν πως η ποιότητα των οστών είναι υψίστης σημασίας για την ισχύ των οστών. Το 2001 η NIH ενίσχυσε τη θεωρία ότι η ισχύς των οστών αντανακλά τόσο την ποιότητα όσο και την πυκνότητα του οστού ορίζοντας την οστεοπόρωση ως “μια σκελετική διαταραχή η οποία χαρακτηρίζεται από την μειωμένη οστική ισχύ που αυξάνει την προδιάθεση για κάταγμα. Η οστική ισχύς αντικατοπτρίζεται σε δυο κύρια χαρακτηριστικά: την πυκνότητα και την ποιότητα του οστού” (NIH, 2001). Και τα δυο χαρακτηριστικά καθορίζονται από τον οστικό μεταβολισμό.

Παρά τον ορισμό, η διάγνωση της οστεοπόρωσης βασίζεται μόνο στην οστική πυκνότητα. Όταν οι ασθενείς με κάποιο κάταγμα διαγνωστούν με οστεοπόρωση, όπως αυτή καθορίζεται από την μέτρηση της οστικής πυκνότητας, η οστεοπόρωση είναι συνήθως εγκατεστημένη (established) ή σοβαρή. Αν και η χαμηλή οστική πυκνότητα (BMD) αποτελεί έναν γνωστό παράγοντα κινδύνου για την ύπαρξη κατάγματος, πολλές μελέτες έχουν δείξει πως υπάρχουν περιορισμοί στην αξιολόγηση του κινδύνου κατάγματος και της παρακολούθησης της θεραπευτικής αγωγής μέσω της μέτρησης της οστικής πυκνότητας (Cummings et al., 2002).

Ορισμός της οστικής πυκνότητας

Η πυκνότητα και η ποιότητα του οστού είναι οι κύριοι παράγοντες της οστικής ισχύος. Είναι δυνατόν να μετρήσουμε την οστική πυκνότητα και “ενστικτωδώς” να κατανοήσουμε τι είναι, αλλά η έννοια της ποιότητας των οστών είναι αόριστη και δεν υπάρχει ακριβής ορισμός.

Η οστική αντοχή θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένας σύνθετος όρος που περιλαμβάνει ένα σύνολο χαρακτηριστικών, εκτός από την οστική πυκνότητα, που επηρεάζουν την αντοχή των οστών. Ο Felsenberg και οι συνεργάτες του περιέγραψαν την οστική ποιότητα ως το πλαίσιο/ την έννοια που ενσωματώνει τις δομικές και υλικές ιδιότητες των οστών, οι οποίες επηρεάζονται από τον οστικό μεταβολισμό (Felsenberg and Boonen, 2005).

Για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των οστών που δεν αποδίδονται στην οστική πυκνότητα, διαφορετικά στοιχεία έχουν οργανωθεί ιεραρχικά ξεκινώντας από τα μακροσκοπικά μέχρι το μοριακό επίπεδο.

Η γεωμετρία του οστού

Οι δομικές ιδιότητες που επηρεάζουν την ποιότητα του οστού περιλαμβάνουν τη γεωμετρία και το μέγεθος του οστού (Felsenberg and Boonen, 2005). Η κατανομή της οστικής μάζας στο οστό καθορίζει τη γεωμετρία, το μέγεθος και το σχήμα. Το σχήμα του οστού είναι σημαντικό στον καθορισμό της ισχύος. Για παράδειγμα, ένα ισχίο με μεγαλύτερο άξονα, έχει μεγαλύτερο κίνδυνο να υποστεί κάταγμα ανεξάρτητα από την BMD και την ηλικία. Η μηχανική συμπεριφορά των οστών επηρεάζεται επίσης από την γεωμετρία, που όπως αναφέρει ο νόμος του Wolf, προσαρμόζεται στην κατεύθυνση φυσιολογικών δυνάμεων. Για το λόγο αυτό αν εφαρμοστεί δύναμη (κλινικός όρος τραύμα) σε μια ασυνήθιστη κατεύθυνση, όπως συμβαίνει για παράδειγμα σε μια πλάγια πτώση, μπορεί εύκολα να προκαλέσει κάταγμα. Η διανομή της μάζας αποτελεί ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο της ισχύος. Όσο μεγαλύτερη είναι η εγκάρσια διάμετρος του οστού τόσο μεγαλύτερη αντίσταση παρουσιάζει το οστό σε εξωτερικές δυνάμεις, όπως κάμψη ή στροφή (Bouxsein and Seeman, 2009). Ο οστικός μεταβολισμός κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στο μέγεθος και τη γεωμετρία των οστών, και αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα του κινδύνου κατάγματος στις γυναίκες οι οποίες έχουν μικρότερο μέγεθος, είναι πιο μικροκαμωμένες. Οι διακυμάνσεις στο μέγεθος έχουν προταθεί ως ένας μηχανισμός προσαρμογής του οστού, ο οποίος βελτιστοποιεί την μηχανική ισχύ ως απόκριση της απωλείας της οστικής πυκνότητας (Ahlborg et al., 2003).

Μικροαρχιτεκτονική του οστού

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο των δομικών ιδιοτήτων του οστού είναι η μικροαρχιτεκτονική του. Κάθε οστό αποτελείται από φλοιώδες και σπογγώδες οστό. Συνολικά, το σπογγώδες οστό αποτελεί περίπου το 80% του σκελετού και το υπόλοιπο 20% αποτελείται από δοκιδωτό οστό. Παρόλα αυτά, οι αναλογίες είναι διαφορετικές σε διάφορα οστά, και εν μέρει καθορίζει τις μηχανικές τους ιδιότητες (Felsenberg and Boonen, 2005). Οι μεταβλητές που έχουν μελετηθεί περισσότερο είναι το πάχος και το πορώδες του φλοιώδους οστού και η τρισδιάστατη (3D) αρχιτεκτονική του δοκιδωτού οστού. Η μικροαρχιτεκτονική του δοκιδωτού οστού χαρακτηρίζεται από τον αριθμό, τον προσανατολισμό, το πάχος και την απόσπαση των δοκίδων, από τη μορφολογία τους, εάν είναι πλακώδες ή ραβδόμορφο, και το σημαντικότερο από όλα είναι πόσα καλά συνδεδεμένα είναι (Kleerekoper et al., 1985). Όλες αυτές οι μεταβλητές συμβάλλουν στην ικανότητα του οστού να αντιστέκεται σε εξωγενείς δυνάμεις. Αρκετές τεχνικές μορφομετρίας έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση της χωρικής κατανομής και της ποσότητας του δοκιδωτού οστού και για την πρόβλεψη της οστικής ισχύος.

Η ιστομορφομετρία μπορεί να μετρήσει το πάχος των δοκίδων, την απόσταση, τη συνδεσιμότητα, τη δομή και τον όγκο του δοκιδωτού οστού. Τις ίδιες παραμέτρους μπορούμε να μετρήσουμε και με τεχνικές απεικόνισης υψηλής ευκρίνειας, όπως με την αξονική τομογραφία και τον μαγνητικό συντονισμό, οι οποίες έχουν και το πρόσθετο πλεονέκτημα της άμεσης αξιολόγησης της 3D εικόνας. Η μορφομετρική περιγραφή του δοκιδωτού δικτύου αποτελεί ένα ελλιπές υποκατάστατο των στοιχείων που έχουν μηχανική σημασία (Slyfield et al., 2012) ενώ ο αριθμός των δοκίδων παρέχει περισσότερες πληροφορίες σε σύγκριση με το πάχος για την αντοχή του οστού στην κάμψη (Silva et al., 1997). Παρόλα αυτά, ένα δοκιδωτό δίκτυο χαμηλής ισχύος μπορεί να περιγραφεί μορφομετρικά ως ένα ευρέως διαχωρισμένο και αποσυνδεδεμένο δίκτυο στο οποίο υπάρχουν λιγότερες και λεπτότερες δοκίδες με λιγότερους πλακώδεις σχηματισμούς (Weinstein and Huston, 1987).

Το πορώδες του φλοιού αυξάνεται με την ηλικία, περισσότερο στις γυναίκες παρά στους άντρες, και συνοδεύεται από μειωμένη αντοχή στο φορτίο (Macdonald et al., 2011). Το έντονα πορώδες φλοιώδες οστό που έχει μεγάλο αριθμό μεγάλων καναλιών Havers είναι λιγότερο γερό και είναι πιο πιθανό να σπάσει (Bell et al.,

2000). Τα κανάλια του Havers απορροφούν το στρες και συγκεντρώνουν τις μικροβλάβες του οστού (Ebacher et al., 2007) και αποτελούν τη δομή όπου οι μικρορωγμές διαδίδονται, μειώνοντας περαιτέρω την αντοχή του οστού (Koester et al., 2008). Το σημαντικότερο είναι πως η ενδοφλοιώδης απορρόφηση που παρατηρείται με την αύξηση της ηλικίας μειώνει δραματικά το πάχος του φλοιού και αυξάνει το πορώδες, επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό την μηχανική αντοχή του φλοιού (Zebaze et al., 2010).

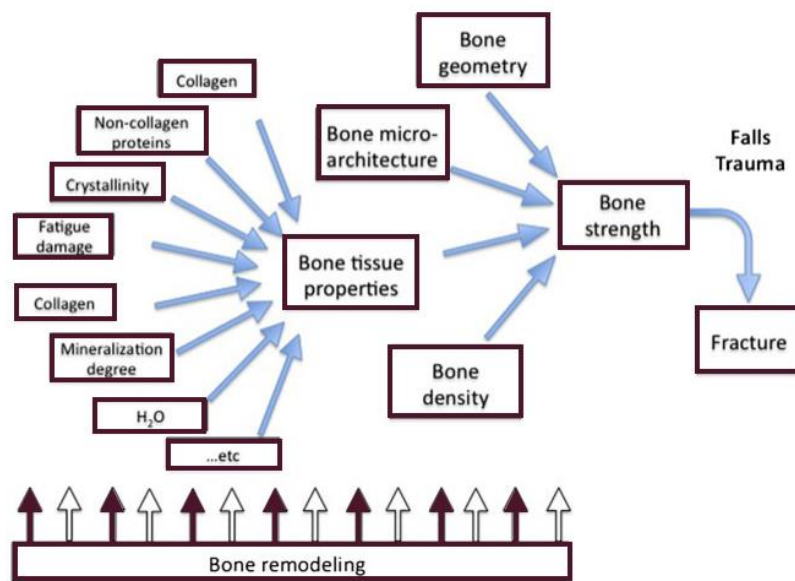
Σημαντικά για τον καθορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των οστών είναι τα χαρακτηριστικά της μήτρας (matrix) του κολλαγόνου, που βρίσκονται η ανόργανη φάση της θεμέλιας ουσίας, η ανόργανη ουσία και το πως αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το κολλαγόνο αποτελεί το 90% της μήτρας των οστών και το είδος/ ο τύπος του κολλαγόνου και το πως οι ίνες κολλαγόνου συνδέονται μεταξύ τους είναι κρίσιμης σημασίας για την ισχύ των οστών.

Η αυξημένη ασβεστοποίηση καθιστά το οστό σκληρό/άκαμπτο και πιο ανθεκτικό στη συμπίεση (Boivin et al., 2008), αλλά όταν η αναλογία των ανόργανων συστατικών της μήτρας είναι πολύ μεγάλη αυξάνεται η ευθραυστότητα, όπως παρατηρείται στην ατελή οστεογένεση. Αντίστροφα, όταν η αναλογία είναι χαμηλή/ το ποσοστό είναι χαμηλό κάνει τα οστά μαλακά, όπως παρατηρείται στην οστεομαλακία (Currey et al., 1996). Το μέγεθος των κρυστάλλων επηρεάζει επίσης την οστική ισχύ. Στα ζωικά μοντέλα οστεοπόρωσης, τα οστά που είναι επιρρεπή σε κατάγματα έχουν υψηλότερα ποσοστά μεγαλύτερων κρυστάλλων (Burr et al., 1997) από τα οστά των νεότερων ζώων.

Μικροβλάβες

Η παρουσία μικρορωγμών ενεργοποιεί την ανακατασκευή και υπό φυσιολογικές συνθήκες οι μικρορωγμές επισκευάζονται τόσο γρήγορα όσο παράγονται (Burr, 2002). Ωστόσο, αν οι μικρορωγμές παράγονται με γρηγορότερο ρυθμό από ότι επισκευάζονται ή αν η διαδικασία επισκευής επιβραδυνθεί, η οστική ισχύς επιβαρύνεται, ιδιαίτερα όσον αφορά την πυκνότητα και το μήκος των μικρορωγμών (Allen and Burr, 2011). Άλλοι παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της περιεκτικότητας του οστού σε νερό, επηρεάζουν επίσης την μηχανική απόδοση του σκελετού (Currey, 1988).

Όλες αυτές οι πτυχές είναι σχετικές με την ισχύ των οστών, και οι Felsenberg και Boonen τις συνδύασαν στο πλαίσιο οστικής πυκνότητας (Felsenberg and Boonen, 2005). Είναι σημαντικό πως, όλες αυτές οι πτυχές της οστικής ποιότητας μπορούν να επηρεαστούν από την οστική ανακατασκευή, και η αυξημένη οστική απορρόφηση αποτελεί έναν ανεξάρτητο παράγοντα κινδύνου κατάγματος (Seeman and Delmas, 2006). Η Εικόνα 6 απεικονίζει τις διαφορετικές συνιστώσες της αντοχής των οστών.



Εικόνα 6. Διάφορες συνιστώσες της αντοχής των οστών και την αντοχή σε θραύση, από το μοριακό έως το μακροσκοπικό επίπεδο. Η οστική ανακατασκευή είναι ο κοινός παράγοντας αυτών των στοιχείων (τροποποιημένη από Torres-del-Piiego et al., 2013).

Μέτρηση της οστικής πυκνότητας

Η συμβολή της οστικής ποιότητας στον καθορισμό της οστικής ισχύος είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί με ακρίβεια, γιατί η πολυπαραγοντική φύση της απαιτεί εκτίμηση όλων των επιπέδων.

Γεωμετρία και μικροαρχιτεκτονική

Η απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (Dual-energy X-ray absorptiometry, DEXA) είναι η συνήθης κλινική τεχνική απεικόνισης της οστικής πυκνότητας. Η ανάλυση της δομής του ισχίου είναι η πιο ανεπτυγμένη, και η

μέτρηση του έχει ενσωματωθεί στο λογισμικό κάποιων συστημάτων DEXA (Danielson et al., 2013). Οι απλές ακτινογραφίες και οι ακτινογραφίες υψηλής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της γεωμετρίας του οστού και πρόσφατα ένα ανεπτυγμένο λογισμικό επιτρέπει τη μελέτη της μικροδομής και της σχετικής αναλογίας του φλοιώδους και δοκιδωτού οστού (Thevenot et al., 2013, Diez-Perez et al., 2012).

Αρκετές τεχνικές απεικόνισης έχουν χρησιμοποιηθεί όμως η αξονική τομογραφία, και πιο συγκεκριμένα η ποσοτική υπολογιστική τομογραφία υψηλής ανάλυσης (high-resolution quantitative computed tomography, HR-qCT), παρέχει την πιο ακριβή εκτίμηση (Graeff et al., 2013).

Dual Energy X-ray absorptiometry

Η DEXA εισήχθηκε το 1987 ως διάδοχος της DPA. Από όλες τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν για την εκτίμηση της οστεοπόρωσης αξιολογώντας την οστική μάζα και την ποσότητα των ανόργανων αλάτων, η DEXA είναι η πιο ολοκληρωμένη τεχνική και θεωρείται ο “χρυσός κανόνας” για τη διάγνωση της οστεοπόρωσης.

Η DEXA ως δισδιάστατη τεχνική παρουσιάζει κάποιους εγγενείς περιορισμούς. Δεν επιτρέπει το διαχωρισμό μεταξύ φλοιώδους και σπογγώδους οστού ούτε τη διάκριση των αλλαγών της γεωμετρίας που πραγματοποιούνται στην τρίτη διάσταση. Επιπλέον, δεν μπορούν να αξιολογηθούν τα χαρακτηριστικά της μικροαρχιτεκτονικής δομής, όπως το σχήμα, το μέγεθος, ο αριθμός και ο προσανατολισμός των δοκίδων. Επιπλέον, υπάρχουν κάποιοι παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη ώστε να μην υπάρχουν διαγνωστικά λάθη. Η ύπαρξη οστεομαλακίας μπορεί να οδηγήσει σε υποεκτίμηση της οστικής μάζας. Η οστεοαρθρίτιδα της σπονδυλικής στήλης ή του ισχίου μπορεί να αυξήσει τη μετρούμενη οστική πυκνότητα χωρίς να βελτιώνει την πραγματική σκελετική δύναμη ενώ και η ασβεστοποίηση των μαλακών ιστών, προηγούμενα κατάγματα, σοβαρή σκολίωση ή παραμόρφωση της ΣΣ μπορεί να αποτελέσουν πηγή σφαλμάτων στη διάγνωση των εξετάσεων DEXA (Melton et al., 2003).

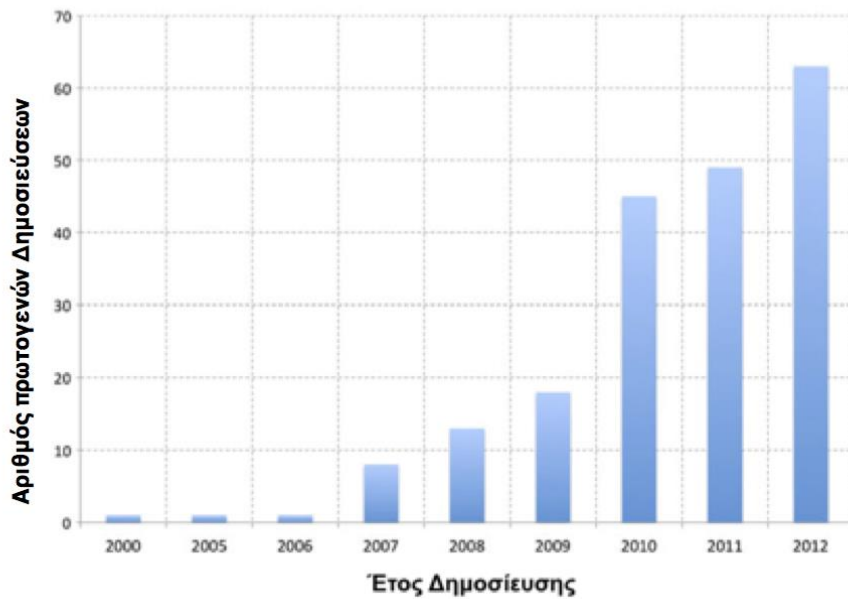
Για την εκτίμηση της οστικής μάζας, πέραν της DEXA, έχει αναπτυχθεί η ποσοτική υπολογιστική τομογραφία (Adams, 2010). Το βασικό πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι ότι εξετάζονται ξεχωριστά το σπογγώδες και το φλοιώδες οστό (WHO, 1994). Πιο συγκεκριμένα, στην QCT λαμβάνεται μια λεπτή εγκάρσια τομή, και μετά

από επεξεργασία υπολογίζεται η ογκομετρική BMD (σε αντίθεση με την DEXA) των σπονδύλων, και εκτιμάται το σπογγώδες οστό ανεξάρτητα από το φλοιώδες οστό που το περιβάλλει και πιθανές αποστιτανώσεις της αορτής (Adams, 2009). Η QCT μπορεί να γίνει στη ΣΣ, συνήθως σε δυο με τέσσερις σπονδύλους μεταξύ των Θ12 και Ο4, στα συμβατικά μηχανήματα αξονικής τομογραφίας, ή σε ένα περιφερικό σημείο του σκελετού, όπως κερκίδα ή κνήμη, με τη χρήση μικρότερων πιο οικονομικών ειδικών μηχανημάτων pQCT (peripheral CT scanners).

Αρχικά στα μηχανήματα CT, η εφαρμογή της QCT γινόταν στην οσφυϊκή μοίρα της ΣΣ (ΟΜΣΣ) με δισδιάστατες (2D) τομές 8-10 mm στο μέσο κάθε σπονδύλου. Την τελευταία δεκαετία με την ανάπτυξη των μηχανημάτων CT, όπως τα πολυτομικά μηχανήματα με σπειροειδή σάρωση, λαμβάνονται τρισδιάστατες εικόνες των ιστών (Kalender, 2005). Με τον τρόπο αυτό, η εξέταση του ισχίου, το οποίο αποτελεί κύριο σημείο καταγμάτων, είναι πιο ακριβής από τις 2D τομές και ο χρόνος σάρωσης της ΣΣ και του μηριαίου είναι λιγότερο από 10s (Adams, 2009). Επιπλέον, η επόμενη γενιά της pQCT, η υψηλής ευκρίνειας περιφερική ποσοτική υπολογιστική τομογραφία (high-resolution pQCT, HR-pQCT) παρέχει και αυτή καλή αξιολόγηση της δομής του δοκιδωτού οστού. Ωστόσο, αν και η τεχνική αυτή έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την DEXA, παρουσιάζει και μειονεκτήματα, κάποια από τα οποία είναι όμοια με την DEXA.

Η δόση ακτινοβολίας της QCT στο ισχίο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την DEXA (1 mSv έναντι 10 μ Sv) γεγονός το οποίο περιορίζει τη χρήση της για την παρακολούθηση της θεραπείας αλλά και τη διάγνωση.

Η υψηλής ευκρίνειας περιφερική ποσοτική υπολογιστική τομογραφία (High-resolution peripheral quantitative computed tomography, HR-pQCT) έγινε εμπορικά διαθέσιμη τα μέσα του 2000 και αποτελεί μια μη επεμβατική, χαμηλής ακτινοβολίας μέθοδο αξιολόγησης της μικροαρχιτεκτονικής του οστού και της ογκομετρικής BMD στο φλοιώδες και το δοκιδωτό οστό της κερκίδας και της κνήμης. Η χρήση της στην κλινική έρευνα έχει αυξηθεί εκθετικά την τελευταία δεκαετία (Εικόνα 7), και έχει βοηθήσει στην κατανόηση των αλλαγών που σχετίζονται με την ηλικία και των διαφορών ανάλογα με το φύλο που υπάρχουν στην οστική μικροαρχιτεκτονική, των διαφορών στη δομή των οστών για ένα ευρύ φάσμα των διαταραχών του μεταβολισμού των οστών, τον κίνδυνο κατάγματος, και την ανταπόκριση του οστού σε διαφορετικές θεραπείες για την οστεοπόρωση.

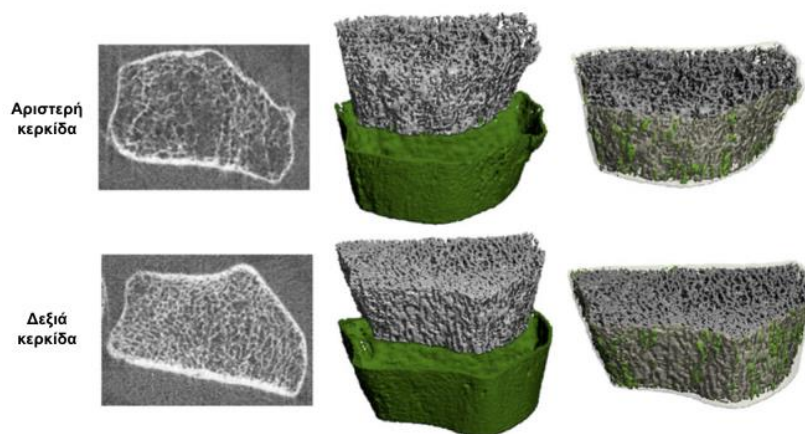


Εικόνα 7. Αριθμός δημοσιεύσεων που χρησιμοποίησαν HR-pQCT (τροποποιημένη από Cheung et al., 2013).

HR-pQCT Imaging

Με την HR-pQCT παίρνουμε εικόνες με την ίδια τεχνική που χρησιμοποιείται και στην pQCT, όμως μπορούμε να επιτύχουμε πολύ μεγαλύτερη ανάλυση μειώνοντας το οπτικό πεδίο/ πεδίο της εξέτασης. Για το λόγο αυτό η εξέταση γίνεται μόνο σε περιφερικά σημεία του σκελετού, όπως στην κερκίδα και την κνήμη. Η έκθεση κατά τη διάρκεια μια εξέτασης HR-pQCT είναι αρκετές τάξης μεγέθους μικρότερη από την αξονική τομογραφία σώματος, περίπου 3 μSv δραστηκής δόσης ανά εξέταση.

Για την αξιολόγηση του φλοιώδους και του δοκιδωτού οστού ξεχωριστά, πρέπει οι περιοχές να χωριστούν (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. HR-pQCT εικόνες της αριστερής κερκίδας ενός ατόμου που υπέστη κάταγμα χαμηλής ενέργειας στη δεξιά κερκίδα (πάνω σειρά) και ενός ατόμου χωρίς κάταγμα, ίδιας ηλικίας (κάτω σειρά). Το σχήμα απεικονίζει 2D τομές σε αποχρώσεις του γκρι, και μια 3D απεικόνιση, όπου το πορώδες του φλοιού επισημαίνεται με πράσινο (τροποποιημένη από Nishiyama and Shane, 2013)

Ανάλυση Οστικής Πυκνότητας

Βάση της ρύθμισης των συστημάτων και του διαχωρισμού του φλοιώδους και του δοκιδωτού τμήματος, υπολογίζεται η ογκομετρική οστική πυκνότητα (vBMD, mg HA/cm³) για όλο το οστό, για το δοκιδωτό (Tb.BMD) και το φλοιώδες μέρος (Ct.BMD). Με βάση την κλίμακα του γκρι, μπορεί να υπολογιστεί και η πυκνότητα των ανόργανων αλάτων του οστού (Burghardt et al., 2010).

Ανάλυση της δομής του δοκιδωτού οστού

Εκτός από την vBMD, η μορφομετρική ανάλυση των οστών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της μικροαρχιτεκτονικής των οστών. Ο όγκος του οστού προς τον συνολικό όγκο (BV/TV, %) καθορίζεται από την vBMD του δοκιδωτού με την παραδοχή ότι η πυκνότητα του πλήρως επιμεταλλωμένου οστού είναι 1200 mg HA/cm³. Ο μέσος αριθμός των δοκίδων (Tb.N, 1/mm) υπολογίζεται άμεσα (Hildebrand and Rüegsegger, 1997), ενώ υπολογίζονται και το πάχος των δοκίδων (Tb.Th, mm) και ο διαχωρισμός τους (Tb.Sp, mm) ($Tb.Th = (BV/TV)/Tb.N$ and $Tb.Sp = (1-BV/TV)/Tb.N$) (Laib et al., 1998).

Ανάλυση της δομής του φλοιώδους οστού

Καθώς το πάχος του φλοιώδους (Ct.Th) αναλύεται καλά με την HR-pQCT μετράται άμεσα, παρόλα αυτά, ανάλογα με την κατάτμηση της περιοχής μπορεί να

χρησιμοποιηθούν και παράγωγες μετρήσεις της Ct.Th. (Hildebrand and Rüegsegger, 1997, Laib et al., 1998). Το πορώδες του φλοιώδους οστού (Ct.Po) μπορεί επίσης να υπολογιστεί από τις εικόνες HR- pQCT.

Υπολογισμός της ισχύος των οστών

Με βάση τις εικόνες HR-pQCT, η ισχύς του οστού μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (FE). Η ανάλυση είναι αρκετά υψηλή ώστε η δομή να μπορεί να απεικονιστεί απευθείας από τα στοιχεία του μοντέλου. Η μέθοδος FE που βασίζεται στην HR-pQCT έχει επιβεβαιωθεί και από το μοντέλο της micro-CT (Liu et al., 2010) καθώς και από μηχανικά τεστ (MacNeil and Boyd, 2008).

Συσχέτιση καταγμάτων

Μέχρι σήμερα, η πλειοψηφία των των κλινικών μελετών για τη χρήση της HR-pQCT έχουν εξετάσει τη συσχέτιση της με κατάγματα, κυρίως σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπενία και οστεοπόρωση (Sornay-Rendu E et al., 2009, Melton et al., 2010, Vilaythiou et al., 2010, Sornay-Rendu et al., 2007, Melton et al., 2007, Boutroy et al., 2008, Vico et al., 2008, Stein et al., 2010, Nishiyama et al., 2012, Liu et al., 2012, Stein et al., 2012, Atkinson et al., 2012). Δύο από τις πρώτες μελέτες που εξέτασαν την μικροαρχιτεκτονική του οστού και τα κατάγματα βρήκαν πως η δομή του οστού συμβάλλει στην ύπαρξη κατάγματος ανεξάρτητα από την οστική πυκνότητα της περιοχής (areal BMD) τονίζοντας την σημασία της δομής (Sornay-Rendu et al., 2007, Melton et al., 2007). Κατά τη σύγκριση των τιμών BV/TV, Tb.N, Ct.Th, και Ct.BMD ασθενών με κάταγμα ισχίου με ασθενείς της ομάδας ελέγχου βρέθηκαν μειωμένες στους ασθενείς με κάταγμα και οι παράμετροι του φλοιού ήταν σημαντικά διαφορετικοί στους ασθενείς με κάταγμα καρπού από ότι σε ασθενείς με κάταγμα ισχίου (Vico et al., 2008). Αυτό παρέχει κάποια στοιχεία πως η σοβαρότητα της επιδείνωσης των οστών σχετίζεται με την περιοχή του φλοιώδους οστού. Ο Stein και οι συνεργάτες του σύγκριναν μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με ($n=68$) και χωρίς ($n=101$) προηγούμενο κάταγμα και βρήκαν πως οι ασθενείς με κάταγμα είχαν μειωμένη νBMD, σημαντικότερη επιδείνωση της μικροαρχιτεκτονικής και μικρότερη υπολογιζόμενη οστική ισχύ με τη μέθοδο FE, ωστόσο όμως καμία μέτρηση δεν μπορούσε να διακρίνει επαρκώς την κατάσταση του κατάγματος (Stein et al., 2010).

High-resolution magnetic resonance imaging (HR-MRI)

Η MRI είναι μια ανερχόμενη τεχνική για την λήψη εικόνων του σπογγώδους και του φλοιώδους οστού in vivo. Είναι μια μη επεμβατική τεχνική και δεν απαιτεί την χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Στην συμβατική MRI, το οστό παράγει χαμηλό σήμα και εμφανίζεται ως σκούρα περιοχή λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτόνια και πολύ μικρό χρόνο T2 χαλάρωσης ($<1\text{ms}$) όπως οι περισσότεροι συμπαγής ιστοί. Τα τελευταία χρόνια η ποσοτική MRI για τη μελέτη της δομής των οστών έχει γίνει κλινικά διαθέσιμη λόγω των τεχνικών τροποποιήσεων που έχουν γίνει.

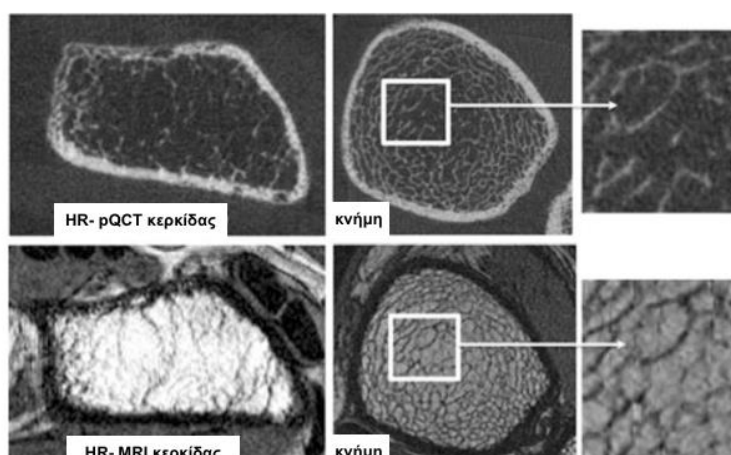
Σε αντίθεση με την υπολογιστική τομογραφία, η μαγνητική τομογραφία δεν χρησιμοποιεί ιοντίζουσες ακτινοβολίες και προσφέρει καλύτερη απεικόνιση των μαλακών ιστών. Ενώ ο επιμεταλλωμένος ιστός απορροφά τις ακτίνες-X δημιουργώντας απευθείας απεικόνιση στην αξονική, η απεικόνιση της μικροαρχιτεκτονικής δομής των οστών στη μαγνητική τομογραφία βασίζεται στην αρνητική απεικόνιση (η έλλειψη σήματος του οστού έναντι του έντονου σήματος του μυελού). Οι διαφορετικές ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες, δηλαδή η διαφορετική μαγνητική επιδεκτικότητα, αποτελεί το φυσικό υπόβαθρο της ειδικότητας του σήματος των ιστών. Ο συνδυασμός του σπογγώδους οστού με τον μυελό των οστών προκαλεί ανομοιογένειες οι οποίες είναι ανιχνεύσιμες με την MRI. Αυτές οι ανομοιογένειες εξαρτώνται από τον αριθμό των σημείων επαφής του οστού με τον μυελό των οστών, το μέγεθος των δοκίδων καθώς και την ισχύ του στατικού μαγνητικού πεδίου (Majumdar et al., 1991, Weiskoff et al., 1994, Ford et al., 1993). Ο T2* χρόνος χαλάρωσης της $\Sigma\Sigma$ και του μυελού των οστών στο ισχύ φαίνεται να έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών που πάσχουν από οστεοπόρωση, σε σύγκριση με υγιείς γυναίκες (Link et al., 1998, Wehrli et al., 1995).

Από τα πρώτα κλινικά βήματα της, η MRI των οστών έχει αναπτυχθεί σε μια ακριβή και επαναλήψιμη μέθοδο υψηλής ανάλυσης με εύλογο χρονικό διάστημα εξέτασης και παρέχει λεπτομερή εικόνα της μικροδομής των οστών. Όπως και η HR- pQCT, έτσι και η HR-MRI εφαρμόζεται κυρίως στο περιφερικό σκελετό. Ωστόσο, με τη χρήση αποτελεσματικών SNR ακολουθιών, μαγνητικών πεδίων υψηλής έντασης (3 Tesla), και ειδικών πηνίων, η HR-MRI είναι εφικτή στο εγγύς μηριαίο (Krug et al., 2005, Phan et al., 2006). Γενικότερα, τα πεδία υψηλής

έντασης αυξάνουν την απόδοση της HR-MRI. Σε μια *ex vivo* μελέτη επικύρωσης, ο Phan και οι συνεργάτες του έδειξαν πως σε πεδίο 3T υπάρχει καλύτερος συσχετισμός των παραμέτρων του σπογγώδους οστού με την μ -CT που αποτελεί τον χρυσό κανόνα (Phan et al., 2006).

HR-MRI του σπογγώδους οστού

Βάση της διαφοράς σήματος μεταξύ του σπογγώδους οστού (χαμηλό σήμα, σκούρα περιοχή) και του μυελού των οστών (υψηλό σήμα, φωτεινή περιοχή) μπορούν να υπολογιστούν δείκτες της δομής όπως $app. Tb.N$, $app. Tb.Th$, και $app. Tb.Sp$, και στην τρισδιάστατη μαγνητική μπορούν εφαρμοστούν τεχνικές μετασχηματισμού απόστασης (Laib et al., 2002). Στην Εικόνα 9 φαίνεται ένα παράδειγμα εικόνας HR-MRI η οποία πραγματοποιήθηκε σε μηχάνημα 3 Tesla. Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές *ex vivo* μελέτες για τη συσχέτιση των μετρήσεων που λαμβάνονται από την μαγνητική τομογραφία του σπογγώδους οστού με την αντοχή του (Majumdar et al., 1996, Hwang et al., 1997, Pothuaud et al., 2002, Majumdar et al., 1998). Η συσχέτιση μεταξύ της ολικής ισχύος και της δομής του οστού έχει πραγματοποιηθεί στην κερκίδα και στο μηριαίο (Ammann et al., 2003, Link et al., 2004). Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες σχετικά με την HR-MRI. Όπως και με την μέτρηση της BMD στην οσφυϊκή μοίρα της ΣΣ και το δοκιδωτό της κερκίδας, ο λόγος του όγκου του δοκιδωτού, η απόσταση και ο αριθμός των δοκίδων που μετρώνται με τη μαγνητική τομογραφία έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών με και χωρίς κάταγμα όταν έγινε σύγκριση με προεμμηνοπαυσιακές υγιείς γυναίκες (Majumdar et al., 1997). Άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε γυναίκες με κάταγμα ισχίου βρήκαν σημαντικές διαφορές στην μικροδομή του σπογγώδους οστού συμπεριλαμβανομένων του μικρού αριθμού δοκίδων στην κερκίδα (Majumdar et al., 1999) αλλά και στην πτέρνα (Link et al., 1998). Με την HR-MRI μελετήθηκαν και άνδρες με υπογοναδισμό και δευτερογενή οστεοπόρωση. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν υψηλό δείκτη διάβρωσης (+36%) και σημαντικά χαμηλότερο surface-to-curve λόγο (-36%) σε σύγκριση με υγιή άτομα (Benito et al., 2003).



Εικόνα 9. Σύγκριση των HR- pQCT και HR-MRI σε μια μετεμμηνοπαυσιακή γυναίκα με οστεοπενία. Επάνω σειρά : HR- pQCT της κερκίδας και της κνήμης. Κάτω σειρά : HR-MRI στα ίδια σημεία του σκελετού (τροποποιημένη από Patsch et al., 2011).

MRI του φλοιώδους οστού

Η μαγνητική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την απεικόνιση του φλοιώδους οστού, ιδιαίτερα/πιο συγκεκριμένα στο εγγύς μηριαίο. Η ικανότητα της MRI να παρέχει εικόνες από το κάθετο επίπεδο του αυχένα του μηριαίου, γεγονός το οποίο αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα καθώς επιτρέπει την απεικόνιση του φλοιώδους οστού με ακρίβεια (Gomberg et al., 2005). Εκτός από την μορφομετρία του φλοιώδους οστού, η MRI επιτρέπει την απεικόνιση των μαλακών ιστών. Χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές της MRI με παλμούς σύντομου χρόνου (ultra short echo times, UTE), μπορεί να ποσοτικοποιηθεί η περιεκτικότητα σε νερό των μικροσκοπικών πόρων των καναλιών Havers και lacuno του φλοιώδους οστού (Wehrli et al., 2005, Krug et al., 2011). Η in vivo ποσοτικοποίηση του νερού που περιέχεται στο σπογγώδες οστό έδειξε 65% αύξηση σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες σε σύγκριση με προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Techawiboonwong et al., 2008). Η MRI χρησιμοποιείται συμπληρωματικά στην έρευνα των οστών λόγω της ικανότητας ποσοτικοποίησης του οστού και των ιδιοτήτων του μυελού των οστών σε βιοχημικό επίπεδο.

Ιστομορφομετρία

Η οστική ιστομορφομετρία ορίζεται ως η ποσοτική εκτίμηση της μικροαρχιτεκτονικής του οστού, της ανασύνθεσης και του μεταβολισμού. Η

εκτίμηση του οστικού μεταβολισμού βασίζεται σε μια δυναμική διαδικασία, η οποία παρέχει δεδομένα για τον ρυθμό σχηματισμού του οστού με την ενσωμάτωση τετρακυκλίνης. Στην στατιστική αξιολόγηση, δείγματα του οστού βάφονται με ειδική χρώση και με μια ημι-αυτοματοποιημένη τεχνική λαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με την περιοχή του δοκιδωτού οστού, την περίμετρο και το πλάτος του οστού.

Παράμετρος	Συντόμευση
Δομικές Παράμετροι	
Όγκος οστού/συνολικός όγκος (%)	BV/TV
Πάχος δοκίδων (μm)	Tb.Th
Αριθμός δοκίδων (/mm)	Tb.N
Διαχωρισμός δοκίδων (mm)	Tb.Sp
Στατικοί παράγοντες σχηματισμού οστού	
Πάχος οστεοειδούς (μm)	O.Th
Επιφάνεια οστεοειδούς /οστική επιφάνεια (%)	OS/BS
Όγκος οστεοειδούς /όγκος οστού (%)	OV/BV
Επιφάνεια οστεοβλαστών /οστική επιφάνεια (%)	Ob.S/BS
Δυναμικοί Παράγοντες Σχηματισμού Οστού	
Επιφάνεια επιμετάλλωσης /οστική επιφάνεια (%)	MS/BS
Ρυθμός επιμετάλλωσης (μm/ημέρα)	MAR
Χρόνος υστέρησης της επιμετάλλωσης (ημέρες)	Mlt
Ρυθμός παραγωγής οστού/ οστική επιφάνεια (μm ³ ×μm ⁻² ×y ⁻¹)	BFR/BS
Στατικοί Παράγοντες Σχηματισμού Οστού	
Επιφάνεια οστεοκλαστών /οστική επιφάνεια (%)	Oc.S/BS
Επιφάνεια με διάβρωση / οστική επιφάνεια (%)	ES/BS

Πίνακας 4. Ιστομορφομετρικές παράμετροι όπως ορίστηκαν από την ASBMR.

Η οστική ιστομορφομετρία επιτρέπει την ποσοτική μελέτη της μικροσκοπικής οργάνωσης και δομής του οστού. Το 1960 ο Harold Frost (Rauch, 2006), ένας Αμερικανός χειρουργός ορθοπεδικός, πρωτοπόρος στον μεταβολισμό, τη μάζα και τη δομή των οστών, ενίσχυσε την ιστομορφομετρία ως τεχνική. Ο Parfitt το 1980 (Chappard et al., 2008, Parfitt et al., 1987) τόνισε τη σημασία της μελέτης της αρχιτεκτονικής των οστών και πρότεινε ένα σύνολο από στερεολογικές τεχνικές για την αξιολόγηση του. Αυτές οι τεχνικές αργότερα χρησιμοποιήθηκαν παγκοσμίως και δημιουργήθηκαν συστήματα ταξινόμησης, κανόνες και τυποποίηση των μονάδων μέτρησης. Πέντε χρόνια αργότερα, η Επιτροπή της Αμερικανικής Εταιρείας Οστικών Ερευνών (American Society of Bone and Mineral Research,

ASBMR) αποφάσισε να αναθέσει σε ερευνητές από όλο τον κόσμο να δημιουργήσουν μια κοινή ορολογία και να ενθαρρύνουν την εξέλιξη της τεχνικής. Η βιοψία των οστών γίνεται σε μη ασβεστοποιημένα δείγματα των οστών προκειμένου να λάβουμε ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία σχετικά με την μικροαρχιτεκτονική και μεταβολισμό των οστών (Lespessailles et al., 2006).

Η καθιερωμένη διαδικασία της βιοψίας περιλαμβάνει τη λήψη δείγματος από τη λαγόνιο ακρολοφία (Rauch 2006). Πραγματοποιείται μια μικρή τομή (2 cm πίσω και κάτω από την πρόσθια άνω λαγόνιο άκανθα) στο δέρμα για να εξασφαλιστεί πρόσβαση στο τοίχωμα της λαγόνιου ακρολοφίας από όπου λαμβάνεται κυλινδρικό δείγμα με τη χρήση οστεοτρύπανου 5 με 8 mm (Ralston 2005, Sandor 2003, Dezna 1973) (Εικόνα 9). Το δείγμα αποτελείται από το εσωτερικό και εξωτερικό φλοιό του φλοιώδους οστού του λαγόνιου και την ενδιάμεση περιοχή του δοκιδωτού (Rauch 2006, Ferreira et al., 2009, Ferreira et al., 2008).



Εικόνα 10. Κυλινδρικό δείγμα οστού στην τρεφίνη του οστεοτρύπανου (τροποποιημένη από Pinto et al., 2012).

Με την ιστομορφομετρία λαμβάνονται εικόνες και δεδομένα σε δύο διαστάσεις και με την χρήση ειδικών τύπων μπορεί να γίνει εκτίμηση της τρισδιάστατης δομής του οστού. Οι ιστομορφομετρικές παράμετροι που ορίστηκαν από την ASBMR φαίνονται στον Πίνακα 4.

Με την ιστομορφομετρία αξιολογείται ο *in vivo* μεταβολισμός και η μικροαρχιτεκτονική των οστών και συμβάλει στην διάγνωση νόσων των οστών. Όσον αφορά τις διαγνωστικές εφαρμογές, η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό μεταβολικών νόσων των οστών, όπως οστεομαλακία (Parfitt et al., 2004), νεφρική οστεοδυστροφία (Ferreira 2006, Ferreira et al., 2009, Ferreira et al., 2008, Moe et al., 2006, Ferreira and Drueke, 2000, Martins et al., 2000) και οστεοπόρωση (Legrand et al., 2000). Οι μετρήσεις του οστικού μεταβολισμού, της επιμετάλλωσης και του όγκου, βοηθούν στην ταξινόμηση των διαφόρων

ασθενειών καθώς αποκαλύπτει διαφορετικά ιστομορφομετρικά προφίλ (Πίνακας 5).

Ο βασικότερος περιορισμός της ιστομορφομετρίας είναι η επεμβατική της φύση (Rauch, 2006). Οι πιθανές επιπλοκές της βιοψίας μπορεί να είναι πόνος, αιμάτωμα, μόλυνση της πληγής και πολύ σπάνια νευροπάθεια (Hernandez et al., 2008). Επιπλέον, οι πληροφορίες που λαμβάνονται από την βιοψία αποτελούν μια στιγμιαία εικόνα μιας δυναμικής διαδικασίας.

Νόσος	Μεταβολισμός	Επιμετάλλωση	Όγκος Οστού
Οστεοπόρωση	Υψηλός	Φυσιολογικός	Χαμηλός
Οστεομαλακία	Χαμηλός	Μη φυσιολογικός	Χαμηλός
Αδυναμική νόσος	Χαμηλός	Φυσιολογικός	Χαμηλός
Ινώδης οστεΐτιδα	Υψηλός	Φυσιολογικός	Υψηλός
Νόσος Paget	Υψηλός	Μη φυσιολογικός	Φυσιολογικός

Πίνακας 5. Ιστομορφομετρικά ευρήματα σε διάφορες νόσους των οστών.

4. Προδιαθεσικοί παράγοντες πτώσεων στους ηλικιωμένους ασθενείς

Οι πτώσεις έχουν επιδράσεις στην υγεία και την ποιότητα ζωής των ηλικιωμένων ατόμων. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει πολυάριθμες επιδημιολογικές μελέτες για τους παράγοντες κινδύνου των πτώσεων. Παρόλο που οι ερευνητές δεν χρησιμοποιούν την ίδια ταξινόμηση, οι παράγοντες κινδύνου των πτώσεων διαχωρίζονται σε ενδογενείς και εξωγενείς.

Στους ηλικιωμένους ασθενείς, μια πτώση μπορεί να αποτελεί μη ειδική ένδειξη μιας οξείας νόσου όπως πνευμονία, ουρολοίμωξη ή έμφραγμα του μυοκαρδίου ή να οφείλεται σε οξεία επιδείνωση μιας χρόνιας ασθένειας (Abram 1995; Alexandr 2002; Fuller, 2000, Fuller, 2002).

Οι ενδογενείς παράγοντες αφορούν τα άτομα και περιλαμβάνουν την προχωρημένη ηλικία, τις χρόνιες νόσους, την νοητική εξασθένηση, τη βλάβη και

τις διαταραχές ισορροπίας. Οι εξωγενείς παράγοντες περιλαμβάνουν τη χρήση φαρμάκων, περιβαλλοντικούς κινδύνους και επικίνδυνες δραστηριότητες.

Πιθανές αιτίες πτώσεως	Μέση τιμή %	Ευρος
Ατύχημα / που σχετίζεται με το περιβάλλον	31	1-53
Βάδισμα/ διαταραχές ισορροπία ή αδυναμία	17	4-39
Ζάλη / ίλιγγος	13	0-30
Drop attacks	9	0-52
Σύγχυση	5	0-14
Ορθοστατική υπόταση	3	0-24
Οπτική διαταραχή	2	0-5
Συγκοπή	0.3	0-3
Άλλες καθορισμένες αιτίες	15	2-39
Άγνωστος	5	0-21

Πίνακας 6. Περίληψη των παραγόντων πτώσεως από 12 μελέτες στις οποίες μελετήθηκαν προσεκτικά ηλικιωμένα άτομα μετά από πτώση και προσδιόρισαν την “πιο πιθανή” αιτία. Ο μέσος όρος υπολογίστηκε από το σύνολο 3684 πτώσεων στις 12 μελέτες. Το εύρος αναφέρεται στα ποσοστά που αναφέρθηκαν στις 12 μελέτες (34).

Τα χαρακτηριστικά της βάδισης των ηλικιωμένων

Τα προβλήματα βάδισης, καθώς και ο φόβος πτώσεως, οδηγούν σε αναπηρία και νοσηρότητα στους ηλικιωμένους. Τα προβλήματα κινητικότητας και πιο συγκεκριμένα τα προβλήματα βάδισης αυξάνονται με την ηλικία, χωρίς όμως να έχει διευκρινιστεί ακόμα σε ποια ηλικία αρχίζουν να δρουν ως παράγοντας κινδύνου πτώσεως (Lundgren-Lindquist and Jette, 1990).

Τα προβλήματα ισορροπίας και βάδισης αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα κινδύνου πτώσεως των ηλικιωμένων όπως έχει αναφερθεί σε πολλές μελέτες (Tinetti et al., 1988, Campbell et al., 1989, O'Loughlin et al., 1993, Nevitt et al., 1989, Graafmans et al., 1996). Παρόλα αυτά, δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα πλήρως πως τα προβλήματα ισορροπίας και βάδισης επηρεάζουν την κινητικότητα και την κοινωνική δραστηριότητα των ατόμων (Tinetti, 1994, King and Tinetti, 1995).

Είναι σύνηθες οι ηλικιωμένοι να περπατάνε με μικρότερη ταχύτητα και ιδιαίτερα εκείνοι που έχουν προβλήματα κίνησης (Alexander, 1996). Σε κάποιες μελέτες η αργή ταχύτητα βάδισης έχει ταυτοποιηθεί ως παράγοντας πτώσεων (Bergland et

al., 2003) ενώ σε κάποιες άλλες μελέτες, ως παράγοντας κινδύνου θεωρήθηκε η εναλλαγή στην ταχύτητα κίνησης και όχι η μικρή ταχύτητα (Maki, 1997; Hausdorff et al., 2001).

Οι ηλικιωμένοι που κινούνται με αργό ρυθμό είναι πιθανό να εμφανίζουν κάποιους φυσικούς περιορισμούς όπως μειωμένη αντοχή (DeVita and Hortobagyi, 2000) ή/και μειωμένη ευελιξία (Kerrigan et al., 2001), που τους εμποδίζει να κινηθούν γρηγορότερα. Η μειωμένη δύναμη των ποδιών στους ηλικιωμένους και η μειωμένη λειτουργική απόδοση στο περπάτημα σχετίζεται με τον έλεγχο της ισορροπίας (Moxley Scarborough et al., 1999) και τις αυξημένες απαιτήσεις από τους μυς κατά τη διάρκεια διέλευσης μέσω εμποδίων (Hahn et al., 2005).

Η διαφορά που παρατηρήθηκε μεταξύ των ηλικιωμένων που έπεσαν μετά από κάποια διαταραχή/σύγχυση και εκείνων που δεν έπεσαν ήταν η μειωμένη μυϊκή δύναμη των ποδιών (Pijnappels et al., 2008). Παραδόξως, ενώ οι ασκήσεις ενδυνάμωσης αυξάνουν την ταχύτητα βάδισης των ηλικιωμένων (Chandler et al., 1998; Holviala et al., 2006) δεν μειώνουν τον κίνδυνο πτώσης. Στην πραγματικότητα, οι μεγαλύτερες ταχύτητες βάδισης αυξάνουν τον κίνδυνο πτώσης στους ηλικιωμένους (Berg et al., 1997; Pavol et al., 1999; van den Bogert et al., 2002). Αντίθετα, το πιο αργό περπάτημα είναι μια προληπτική στρατηγική για τη βελτίωση της σταθερότητας κατά τη βάδιση (Shkuratova et al., 2004).

Οι ασθενείς με διαβητική νευροπάθεια που δεν παρουσιάζουν σημαντική μείωση δύναμης ή ευελιξίας, περπατούν πιο αργά και παρουσίασαν ελαφρά μειωμένη τοπική δυναμική αστάθεια (Dingwell and Cusumano, 2000), παρά την αυξημένη μεταβλητότητα κατά τη βάδιση (Dingwell και Cavanagh, 2001).

Κατά τη διάρκεια του περπατήματος, περισσότεροι από 1000 μύες συγχρονίζονται για να κινήσουν περισσότερα από 200 οστά που βρίσκονται σε 100 κινούμενες αρθρώσεις (Clark 1995). Η διαφοροποίηση της βάδισης των ηλικιωμένων είναι πιθανό να σχετίζεται με τη μείωση της μυϊκής ισχύος η οποία οφείλεται στην απώλεια κινητικών νευρώνων, μυϊκών ινών και αερόβιας ικανότητας (Trueblood and Rubenstein, 1991, Bendall et al., 1989, Basse et al., 1988). Η μυϊκή συστολή απαιτεί οξυγόνο και η ένταση του έργου των μυών μπορεί να εκτιμηθεί με την μέτρηση του οξυγόνου που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης άσκησης. Παρόλο που το περπάτημα θεωρείται μια πολύπλοκη διαδικασία, ένα

υγιές άτομο περπατά στην επιθυμητή ταχύτητα καταναλώνοντας πολύ μικρό ποσό ενέργειας (Inman et al., 1981, Clark 1995). Ο Waters και οι συνεργάτες του (Waters et al., 1988) σχημάτισαν πίνακες με την ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια του περπατήματος σε ένα μεγάλο εύρος ηλικιών και ταχυτήτων βάδισης. Το συμπέρασμα τους ήταν πως κατά τη διάρκεια βάδισης με κανονική ταχύτητα, τα ηλικιωμένα άτομα (μέσος όρος ηλικίας 68.2 έτη) κατανάλωναν σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου για μια δεδομένη απόσταση σε σύγκριση με νεαρότερα άτομα (μέσος όρος ηλικίας 39.2 έτη), παρά το γεγονός ότι τα ηλικιωμένα άτομα περπατούσαν με μικρότερη ταχύτητα.

Οι αρθρώσεις είναι πιθανό να επηρεάζονται και από άλλες αλλαγές σχετιζόμενες με την ηλικία και έτσι να περιορίζεται η κίνηση. Η απώλεια του παθητικού εύρους της κίνησης στους ηλικιωμένους είναι συχνά προοδευτική και ήπια. Οι μηχανικές ιδιότητες του PCT (periarticular connective tissue, περιαρθρικός συνδετικός ιστός) φαίνεται να αλλάζουν με την προχωρημένη ηλικία. Ο μηχανισμός στον οποίο οφείλεται η αυξημένη σκληρότητα του “γερασμένου” PCT είναι πιθανός το γεγονός ότι το “γερασμένο” κολλαγόνο παρουσιάζει αυξημένο αριθμό ενδομοριακών και διαμοριακών σταυροδεσμών (cross-links) μεταξύ των μορίων τροποκολλαγόνου (Buckwalter et al., 1985, Hamlin and Kohn, 1972). Η διαδικασία αυτή αυξάνει την μηχανική σταθερότητα του κολλαγόνου και μπορεί να εξηγήσει την αυξημένη ακαμψία στον ιστό (Rigby, 1983).

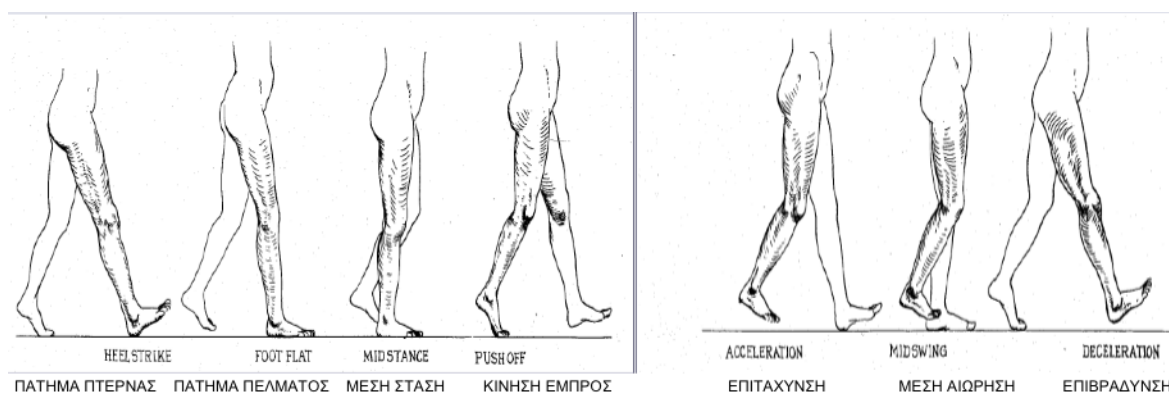
Κατά την κινηματική ανάλυση της βάδισης καταγράφονται οι κινήσεις του αστράγαλου, του γόνατος και του ισχίου. Οι Winter (Winter 1991), Oberg (Oberg et al., 1994) και οι συνεργάτες τους ανέφεραν μικρές διαφορές στην κίνηση του αστραγάλου μεταξύ νέων και ηλικιωμένων, ενώ ήπιες αλλαγές παρατηρήθηκαν στο πλάτος του επιπέδου. Το δυναμικό εύρος του αστραγάλου κατά την κίνηση είναι μικρότερο στους ηλικιωμένους (24.9°) ενώ στους νέους φτάνει μέχρι και τις 29.3° . Η μείωση του εύρους κίνησης του αστραγάλου σχετίζεται με την αδυναμία των μυών της ποδοκνημικής και ραχιαίας περιοχής του ποδιού στους ηλικιωμένους (Trueblood and Rubenstein 1991, Bendall et al., 1989).

Η γωνία έκτασης του γόνατος σε μέση στάση αυξάνεται περίπου 0.5° κάθε δεκαετία ενώ παρατηρείται μείωση 0.5° με $0,8^\circ$ κάθε δεκαετία κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης (Oberg et al., 1993, Judge et al. 1996). Ο Winter (Winter 1991) έδειξε πως οι ηλικιωμένοι διατηρούν μια ελαφριά κάμψη κατά το τέλος της φάσης

αιώρησης (5.3°) σε σύγκριση με νεότερα άτομα τα οποία παρουσιάζουν σχεδόν πλήρη έκταση του γόνατος (0.5°). Η κάμψη αυτή του γόνατος στους ηλικιωμένους έχει ως σκοπό τη μείωση της επιβάρυνσης του τετρακέφαλου κατά τη διάρκεια της φόρτισης και σχετίζεται άμεσα με το μικρότερο μήκος βήματος (Woo et al., 1995, Wall et al., 1991, Himann et al., 1988, Oberg et al., 1993, Winter et al., 1990, Ostrosky et al., 1994, Ferrandez et al., 1990). Επίσης, στους ηλικιωμένους μειώνεται και το εύρος κίνησης του γόνατος (Judge et al., 1996) ($55 \pm 5^\circ$) κατά τη διάρκεια του κύκλου της βάδισης σε σύγκριση με νεότερα άτομα ($59 \pm 5^\circ$).

Το εύρος της δυναμικής κίνησης του ισχίου είναι πολύ μεγαλύτερο στους ηλικιωμένους (Winter 1991) (40°) από ότι στα νεότερα άτομα (32°) αλλά αρκετά πολύ πάνω από τις 30° που απαιτούνται στην επαφή της πτέρνας (Trueblood and Rubenstein 1991). Μετά από ανάλυση της βάδισης 233 ατόμων, ο Oberg και οι συνεργάτες του (Oberg et al., 1994) δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στις γωνίες του ισχίου. Η πρόσθια πτώση της λεκάνης κατά τη βάδιση των ηλικιωμένων έχει αποδοθεί στην ανάγκη να εκτείνουν το ισχίο τους σε ένα πιο ευνοϊκό μήκος παρά την αδυναμία που σχετίζεται με τη γήρανση (Trueblood and Rubenstein 1991).

ΚΥΚΛΟΣ ΒΑΔΙΣΗΣ



ΦΑΣΗ ΣΤΑΣΗΣ

ΦΑΣΗ ΑΙΩΡΗΣΗΣ

Εικόνα 11. Στάδια βάδισης (τροποποιημένη από <http://orthopatras.gr/public/UserFiles/File/kliniki%20askisi/clinical%20examination%20of%20walking.pdf>).

Η ταχύτητα ολίσθησης επαφή της πτέρνας είναι επίσης σημαντικά μεγαλύτερη (1,15 m/s) στους ηλικιωμένους σε σύγκριση με νεότερα άτομα (0,87 m/s) (26), παρά το γεγονός ότι οι ηλικιωμένοι περπατούν πιο αργά. Η μεγαλύτερη οριζόντια ταχύτητα της πτέρνας αυξάνει την πιθανότητα πτώσης λόγω ολίσθησης στους ηλικιωμένους. Η καθυστερημένη και μειωμένη ενεργοποίηση του ιγνυακού μυ, συνδέεται με αυτή την αυξημένη οριζόντια ταχύτητα.

Οι Yack και Berger (Yack and Berger 1993) βρήκαν μια σημαντική διαφορά μεταξύ των νέων και των ηλικιωμένων ατόμων οι οποίοι είναι επιρρεπείς σε πτώσεις όσον αφορά την πρόσθιο-οπίσθια καθώς και την κατακόρυφη κατεύθυνση στη μελέτη που έκαναν για την ομαλότητα του βηματισμού. Οι ηλικιωμένοι συχνά παρουσιάζουν εκφυλισμό στον ελέγχου του κορμού τους. Μια εναλλακτική εξήγηση δόθηκε από τον Winter (Winter 1991) ο οποίος πρότεινε πως το αισουσαίο σύστημα των ηλικιωμένων παρουσιάζει μειωμένη απόδοση και ως εκ τούτου απαιτείται μεγαλύτερη επιτάχυνση του σώματος, προκειμένου να καταλάβουν την επιτάχυνση του κεφαλιού.

Ενδογενείς παράγοντες

Με την αύξηση της ηλικίας παρατηρούνται φυσιολογικές σωματικές και ψυχολογικές αλλαγές οι οποίες, παρόλο που δεν σχετίζονται με παθολογικές καταστάσεις, μειώνουν τις λειτουργικές ικανότητες των ατόμων. Ως αποτέλεσμα, οι μεγαλύτερης ηλικίας ασθενείς είναι πιο επιρρεπείς σε πτώσεις όταν έρχονται αντιμέτωποι με μια δοκιμασία. Οι λειτουργίες που επιβαρύνονται με την ηλικία είναι οι λειτουργίες του αισουσαίου, ιδιοδεκτικού και οπτικού συστήματος, οι οποίες ελέγχονται από την παρεγκεφαλίδα, καθώς και οι γνωστικές και κινητικές λειτουργίες. Η ορθοστατική υπόταση, η οποία παρουσιάζεται συχνά στους ηλικιωμένους, δεν αποτελεί συχνά αιτία πτώσεως, όμως αναγκάζει τον πάσχοντα να καθίσει λόγω ζαλάδας. Η νυκτουρία σχετίζεται συχνά με πτώσεις καθώς για τους ηλικιωμένους είναι πιο δύσκολο να σηκωθούν και να περπατήσουν με γρήγορο ρυθμό μέχρι το μπάνιο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οι μεταβολικές δυσλειτουργίες, η αναιμία και η αφυδάτωση, και οι καρδιοαναπνευστικές διαταραχές συμβάλλουν επίσης στον αυξημένο κίνδυνο πτώσεων, όπως επίσης

και η οξεία νόσος (Abram et al., 1995, Alexandr, 2002). Οι πιο κοινές αιτίες πτώσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 (Abram et al.,1995, Fuller, 2002, Moss, 1992).

Κοινές αιτίες πτώσεων στους ηλικιωμένους	
Νευρολογικές διαταραχές	Εγκεφαλικό Παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο Νόσος Πάρκινσον Παραλήρημα Μυελοπάθεια Επιληπτικές κρίσεις Σύνδρομο σπονδυλοβασικής ανεπάρκειας Διαταραχές παρεγκεφαλίδας Περιφερική νευροπάθεια Άνοια
Καρδιαγγειακές διαταραχές	Έμφραγμα μυοκαρδίου Ορθοστατική υπόταση Αρρυθμία
Διαταραχές του γαστρεντερικού συστήματος	Αιμορραγία Διάρροια Defecation syncope Μεταγευματική συγκοπή
Μεταβολικές διαταραχές	Υποθυρεοειδισμός Υπογλυκαιμία Αναιμία Υποκαλιαιμία Αφυδάτωση Υπονατρία
Παθήσεις του ουροποιογεννητικού συστήματος	Micturition syncope Ακράτεια Νυκτουρία
Μυοσκελετικές παθήσεις	Αρθρίτιδα Εγγύς μυοπάθεια Αποδόμηση
Ψυχολογικές διαταραχές	Κατάθλιψη Ανησυχία

Πίνακας 7. Κοινές αιτίες πτώσεων στους ηλικιωμένους.

Ίλιγγος, ζάλη και ισορροπία στάσης

Το 30% των ηλικιωμένων στην ηλικία των 65 ετών παρουσιάζει ίλιγγο και ζαλάδα ενώ το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 60% στην ηλικία των 85 ετών (Jonsson et al., 2004). Ο ίλιγγος και η ζάλη θεωρούνται ως σημαντικοί προγνωστικοί παράγοντες πτώσης (Tinetti et al., 1995, Nguyen et al., 2005, Pluijm et al., 2006, Gassmann et al., 2009). Ο Rubenstein και οι συνεργάτες του (Rubenstein et al., 1994) ανέφεραν τις διαταραχές ισορροπίας και τη ζαλάδα, ως την δεύτερη και τρίτη αιτία πτώσεων στους ηλικιωμένους, αντίστοιχα. Ο Deandrea και οι συνεργάτες του (Deandrea et al., 2010) σε μια μετα-ανάλυση 28 ερευνών έδειξαν πως τα προβλήματα βάδισης, η χρήση βοηθημάτων για το περπάτημα και ο ίλιγγος είναι οι κύριες αιτίες πτώσεων. Ο ίλιγγος, η αστάθεια και τα συγγενή συμπτώματα έχουν έμμεση επίδραση στην υγεία και συχνά προκαλούν φόβο για μια ενδεχόμενη πτώση (Ochs et al., 1985, Perez-Jara et al., 2009, Holmberg et al., 2005). Επιπλέον, η ζαλάδα και ο ίλιγγος στους ηλικιωμένους μειώνουν την ποιότητα ζωής καθώς και την ψυχική και σωματική υγεία (Lawson et al., 1999).

Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια

Η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) είναι μια νόσος του αναπνευστικού που οδηγεί σε προοδευτικό περιορισμό της αναπνοής και αναπνευστική δυσχέρεια. Εκτός από την πνευμονική παθολογία οι ασθενείς με ΧΑΠ μπορεί να εμφανίσουν καρδιαγγειακά προβλήματα, δυσλειτουργία των περιφερικών μυών, απώλεια βάρους, συστηματική φλεγμονή και ψυχολογικά προβλήματα (Wouters, 2002). Η μειωμένη ικανότητα άσκησης, κινητικότητα και απόδοση των περιφερικών μυών έχουν αποδειχθεί σε ασθενείς με ΧΑΠ (Maltais et al., 2000), ενώ υπάρχουν και στοιχεία που δείχνουν ότι οι ασθενείς αυτοί παρουσιάζουν μειωμένο έλεγχο ισορροπίας (Smith et al., 2010). Η ικανότητα διατήρησης της σταθερότητας και της ισορροπίας είναι κρίσιμης σημασίας για την ανεξαρτησία των ατόμων και τις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής. Η διαταραγμένη ισορροπία έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο πτώσεων των ηλικιωμένων (American Geriatrics Society, 2001). Τα φυσιοπαθολογικά χαρακτηριστικά της ΧΑΠ προτείνουν πως τα άτομα που πάσχουν από ΧΑΠ εμφανίζουν πολλούς παράγοντες πτώσεων, οι οποίοι εντοπίζονται και στα ηλικιωμένα άτομα. Ο Crisan

και οι συνεργάτες του έδειξαν πως τα άτομα που πάσχουν από μέτρια έως σοβαρή ΧΑΠ και ιδιαίτερα εκείνοι με παρόξυνση ΧΑΠ, έχουν υψηλό κίνδυνο πτώσης (Crisan et al., 2015).

Καταρράκτης

Τα προβλήματα όρασης είναι ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας και μια βασική αιτία τραυματισμών στους ηλικιωμένους. Γενικότερα, η όραση επιδεινώνεται σταδιακά μετά την ηλικία των 50 ετών. Εκτός από τις φυσιολογικές διαθλαστικές αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία, οι ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα ευπαθείς σε κοινές νόσους των ματιών, όπως ο καταρράκτης. Ο καταρράκτης αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα όρασης στους ηλικιωμένους, ιδιαίτερα σε κοινωνίες με χαμηλό εισόδημα (Voleti and Hubschman, 2013). Ο υψηλός επιπολασμός του καταρράκτη μπορεί να αποδοθεί σε μεγάλο βαθμό στην ανεπαρκή πρόσβαση σε ειδικούς ιατρούς και σε ορισμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως κακή διατροφή και έκθεση στον ήλιο. Είναι σαφές ότι ο καταρράκτης προκαλεί διαταραχές της όρασης, που μετρώνται από την οπτική οξύτητα. Ο καταρράκτης, επηρεάζει κυρίως την οπτική οξύτητα και την ευαισθησία αντίθεσης, και συμβάλλει περίπου στο 50% των προβλημάτων όρασης των ηλικιωμένων (Chew et al., 2012, Desapriya et al., 2010). Οι συνέπειες περιλαμβάνουν μειωμένη ικανότητα εκτέλεσης των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής (όπως διάβασμα, οδήγηση και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις), κατάθλιψη, αυξημένο αριθμό πτώσεων και αυξημένη θνητότητα (Desapriya et al., 2010, Polack et al., 2008, Polack et al., 2010).

Νόσος Αλτσχάιμερ

Η νόσος Αλτσχάιμερ είναι μια προοδευτική νευροεκφυλιστική νόσος που χαρακτηρίζεται από τη μείωση των γνωστικών λειτουργιών και των λειτουργικών δραστηριοτήτων, καθώς και από αλλαγές στη συμπεριφορά. Αρχικά, οι ασθενείς εμφανίζουν διαταραχές στην πρόσφατη μνήμη και προβλήματα συγκέντρωσης (Stella, 2006; Yaari and Corey-Bloom, 2007). Καθώς η νόσος εξελίσσεται, παρατηρείται επιδείνωση των γνωστικών λειτουργιών που σχετίζονται με τον μετωπιαίο λοβό, κυρίως των εκτελεστικών λειτουργιών, οι οποίες περιλαμβάνουν

την ικανότητα σχεδιασμού, έναρξης και οργάνωσης εργασιών, καθώς και της εργαζόμενης μνήμης (Magila and Caramelli, 2000; Sjoberck et al., 2010).

Η μείωση των εκτελεστικών λειτουργιών μπορεί να δυσκολέψει ακόμη και απλές εργασίες όπως την προσωπική υγιεινή, το μαγείρεμα, τα ψώνια ή την ανάλυση μιας κατάστασης, επηρεάζοντας άμεσα την καθημερινή ζωή των σθενών (Sheridan and Hausdorff, 2007). Έχει αναφερθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία ότι οι εκτελεστικές δυσλειτουργίες επηρεάζουν την αστάθεια στη βάδιση και την ισορροπία, και για το λόγο αυτό την αύξηση των πτώσεων στους ασθενείς αυτούς (Sheridan and Hausdorff, 2007; Piermartiri et al., 2009). Οι ασθενείς εμφανίζουν διπλάσιο κίνδυνο πτώσης σε σύγκριση με υγιή άτομα της ίδιας ηλικίας (Morris et al., 1987).

Νόσος Πάρκινσον

Ένα από τα χαρακτηριστικά της νόσου Πάρκινσον (Parkinson's disease, PD) είναι η επίδραση της στη βάδιση. Οι ασθενείς με PD συχνά περπατούν με μειωμένη ταχύτητα, μικρότερο διασκελισμό βήματος, κύφωση και μειωμένη ταλάντευση των χεριών (Morris et al., 1994, Pedersen et al., 1997, Rogers 1996, Stern et al., 1983, Ueno et al., 1993). Ο έλεγχος του ρυθμού (και ιδιαίτερα ο μέσος ρυθμός του βήματος) παραμένει ανέπαφος, αλλά ορισμένοι ασθενείς αυξάνουν τον ρυθμό του βηματισμού τους για να αντισταθμίσουν το μειωμένο μήκος διασκελισμού (Morris et al., 1996). Οι διαταραχές της βάδισης μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν αστάθεια και μη ρυθμικότητα στη βάδιση, που εκδηλώνεται ως αυξημένη μεταβλητότητα στη βάδιση (Blin et al., 1990, Hausdorff et al., 1998).

Μελέτες έχουν δείξει πως πολλαπλές δραστηριότητες μπορούν να οδηγήσουν σε “πάγωμα” της βάδισης ή απώλεια της ισορροπίας όταν οι ασθενείς με PD περπατούν (Marchese et al., 2003, Hausdorff et al., 2003). Τα προβλήματα προσήλωσης μπορεί να επιδεινώσουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν με τις πολλαπλές δραστηριότητες και να οδηγήσουν σε πτώση.

Έχει επιβεβαιωθεί πως οι πτώσεις είναι κοινές σε ασθενείς με PD, το ποσοστό των ασθενών που πέφτει μια ή περισσότερες φορές μέσα σε ένα χρόνο κυμαίνεται από 50.8 έως 68.3% (Wood et al., 2002). Το υψηλό ποσοστό των πτώσεων που

συμβαίνουν στο σπίτι αποτελεί επιβεβαίωση και πιθανώς αντανακλά την τάση των ηλικιωμένων να παραμένουν στο σπίτι λόγω ακινησίας ή από το φόβο πτώσης (Bloem et al., 2001). Το ποσοστό των πτώσεων που οδηγούν σε τραυματισμό είναι παρόμοιο με εκείνο των υγιών ατόμων (Lord et al., 1992), ενώ προηγούμενες αναδρομικές μελέτες έδειξαν δυσανάλογα υψηλό ποσοστό καταγμάτων που οφείλονται σε πτώσεις σε άτομα με PD (Johnell et al., 1992, Wielinski et al., 2005).

Διαβήτης τύπου 2

Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 έχει συσχετιστεί με διαταραχές της ισορροπίας και της βάδισης (Allet et al., 2008, Gregg et al., 2002) και με αυξημένο κίνδυνο πτώσεων και τραυματισμών (Volpato et al., 2005, Schwartz et al., 2002). Οι πιθανοί παράγοντες κινδύνου πτώσης που σχετίζονται με τον διαβήτη είναι η νευροπάθεια, η πολυφαρμακία, η γνωστική έκπτωση, η περιφερική αρτηριακή νόσο, η απώλεια όρασης, η υπογλυκαιμία και η θεραπεία με ινσουλίνη (van Schie CH, 2008, Allet et al., 2009, van Sloten et al., 2011, Schwartz et al., 2008, Wallace et al., 2002, Roman de Mettelinge et al., 2013). Ο φόβος πτώσης θεωρείται παράγοντας κινδύνου πτώσεων και τραυματισμών κυρίως γιατί οδηγεί σε περιορισμό των δραστηριοτήτων και κατά συνέπεια μυϊκή ατονία και επιβάρυνση της φυσικής κατάστασης (Howland et al., 1993, Bruce et al., 2002).

Ο Bruce και οι συνεργάτες του βρήκαν πως ο φόβος πτώσης και ο συνεπαγόμενος περιορισμός των δραστηριοτήτων είναι πιο κοινός σε άτομα που πάσχουν από διαβήτη τύπου 2, τα οποία ανέφεραν έως και τρεις φορές μικρότερο ποσοστό δραστηριοτήτων σε εσωτερικούς χώρους σε σχέση με υγιή άτομα. Παρά το γεγονός αυτό καθώς και τις χειρότερες επιδόσεις τους στη δοκιμασία TUG (Timed Up and Go), οι ασθενείς με διαβήτη παρουσίασαν μικρότερο ποσοστό πτώσεων. Το παράδοξο αυτό μπορεί, εν μέρει, να αποδοθεί στην περιορισμένη δραστηριότητα λόγω του φόβου πτώσης που επηρέασε αρνητικά το ποσοστό πτώσεων στους συμμετέχοντες στη μελέτη. Ο περιορισμός της δραστηριότητας λόγω φόβου αποτελεί βραχυπρόθεσμη προστασία έναντι των πτώσεων και εμφανίζεται πιο συχνά στα άτομα με διαβήτη τύπου 2 εξαιτίας του περιορισμού της κινητικότητας. Το γεγονός αυτό εξηγεί και το εύρημα προηγούμενης μελέτης, στην

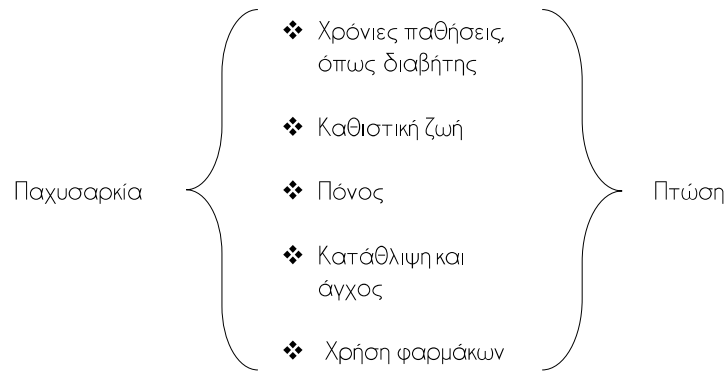
οποία ο αυξημένος κίνδυνος πτώσης σε άτομα με διαβήτη έγινε εμφανής μόνο μετά την παρακολούθηση (follow-up) των ασθενών (Schwartz et al., 2002).

Η αυξημένη εμφάνιση του φόβου πτώσης στα άτομα με διαβήτη είναι πιθανό να οφείλεται στα αυξημένα προβλήματα ισορροπίας και κινητικότητας, ή σε άλλους συναφείς παράγοντες όπως η παχυσαρκία, η κατάθλιψη και οι επιπλοκές που οφείλονται στον διαβήτη. Ο Bruce και οι συνεργάτες του δεν βρήκαν στοιχεία τα οποία να εμπλέκουν την διαβητική νευροπάθεια με τις πτώσεις ή τον φόβο πτώσης, όπως και σε προηγούμενες μελέτες (Volpato et al., 2005, Schwartz et al., 2002).

Παχυσαρκία

Η Mitchell και οι συνεργάτες της βρήκαν πως τα παχύσαρκα ηλικιωμένα άτομα έχουν 25% μεγαλύτερη πιθανότητα να πέσουν σε σύγκριση με άτομα άλλων ομάδων βάρους. Προηγούμενες μελέτες είχαν αντιφατικά αποτελέσματα σχετικά με τη συσχέτιση της παχυσαρκίας και των πτώσεων, σε μια μελέτη δεν βρέθηκαν στοιχεία συσχέτισης (Rosenblatt and Grabiner, 2012), ενώ άλλες μελέτες έδειξαν υψηλότερο κίνδυνο πτώσεως στα ηλικιωμένα παχύσαρκα άτομα (Fjeldstad et al., 2008, Himes & Reynolds, 2012, Kelsey et al., 2010, Mitchell et al., 2014), χωρίς να υπάρχει απαραίτητα και αυξημένος κίνδυνος τραυματισμού από την πτώση (Himes and Reynolds, 2012, Mitchell et al., 2014, Paganini-Hill et al., 1991). Το υπερβολικό πάχος σώματος μπορεί να επηρεάσει την ισορροπία, οδηγώντας σε αστάθεια η οποία μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα πτώσης για τα παχύσαρκα άτομα (Kelsey et al., 2010).

Οι ισχυρότεροι μεσολαβητές μεταξύ της παχυσαρκίας και των πτώσεων που έχουν αναφερθεί είναι η χρήση υπνωτικών χαπιών και αντικαταθλιπτικών, ο καθιστικός τρόπος ζωής (περισσότερες από 8 ώρες καθημερινά), καρδιακή νόσος, στηθάγχη, διαβήτης και άγχος ή κατάθλιψη, μέτριου ή έντονου βαθμού (Εικόνα 12). Η χρήση ηρεμιστικών έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει την μυϊκή δύναμη και την ισορροπία (Taipale et al., 2012), και έχει αποδειχθεί με συνέπεια ως ένας παράγοντας κινδύνου σε προηγούμενες μελέτες (Glass et al., 2005).



Εικόνα 12. Πιθανοί μεσολαβητές της συσχέτισης παχυσαρκίας και πτώσεων στα ηλικιωμένα άτομα (τροποποιημένη από Mitchell et al., 2015).

Η παρατεταμένη καθιστική συμπεριφορά επηρεάζει τη φυσιολογία των μυών και μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη μυϊκή δύναμη και λειτουργία στους ηλικιωμένους (Chastin et al., 2012), προκαλώντας μειωμένη κινητικότητα. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι προσπάθειες για αύξηση της φυσικής δραστηριότητας σε ηλικιωμένα άτομα δεν έδειξαν σημαντική ή συνεχή βελτίωση σε άτομα άνω των 70 ετών (Clemson et al., 2010).

Καρδιαγγειακή νόσος

Η καρδιαγγειακή νόσος εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα σε ηλικιωμένα άτομα που έχουν υποστεί πτώση. Υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ της υπότασης και των πτώσεων, ενώ αντίθετα οι ασθενείς με υπέρταση παρουσιάζουν χαμηλότερο επιπολασμό πτώσεων σε κάποιες μελέτες. Επιπλέον, η καρδιακή ανεπάρκεια και οι αρρυθμίες (κυρίως η κολπική μαρμαρυγή) συνδέονται άμεσα με τις πτώσεις. Υπάρχει, επίσης, μια θετική συσχέτιση μεταξύ των συνδρόμων που προκαλούν συγκοπή, όπως σύνδρομο καρωτιδικού κόλπου (carotid sinus hypersensitivity, CSH), αγγειοπνευμονογαστρική συγκοπή (vasovagal syncope, VVS) και ορθοστατική υπόταση (orthostatic hypotension, OH), και των πτώσεων, παρόλο που τα στοιχεία που συσχετίζουν την ορθοστατική υπόταση και τις πτώσεις είναι αντιφατικά.

5. Εξωτερικοί παράγοντες κινδύνου πτώσεων στους ηλικιωμένους ασθενείς

Χρήση φαρμάκων

Τα φάρμακα σχετίζονται με τον αυξημένο κίνδυνο πτώσεων και των τραυματισμών που σχετίζονται με τις πτώσεις. Ο κίνδυνος πτώσεως αυξάνει με τον αριθμό των συνταγογραφούμενων φαρμάκων (Abram, 1995, Alexandr, 2002, Fuller, 2000, Fuller, 2002). Η χρήση τεσσάρων ή περισσότερων φαρμάκων, η έναρξη ενός νέου φαρμάκου τις τελευταίες δυο εβδομάδες και μια πληθώρα φαρμάκων έχουν συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο πτώσεων των ηλικιωμένων (Abram 1995, Fuller 2000).

Ψυχοτρόπα φάρμακα

Τα ψυχοτρόπα φάρμακα ορίζονται ως εκείνα τα οποία διαπερνούν τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό και δρουν άμεσα στο κεντρικό νευρικό σύστημα (Hill and Wee, 2012). Η χρήση ορισμένων ψυχοτρόπων φαρμάκων από ηλικιωμένα άτομα έχει βρεθεί πως αυξάνουν τον κίνδυνο πτώσεων. Έρευνα έδειξε πως στο 20% των ηλικιωμένων ατόμων χορηγούνται ψυχοτρόπα φάρμακα (Preville et al., 2001) και περισσότεροι από το 80% των ηλικιωμένων που μένουν σε κάποιο ίδρυμα παίρνουν τουλάχιστόν ένα ψυχοτρόπο φάρμακο (Mann et al., 2009, Gobert and D'hoore, 2005). Επιπλέον, τα ίδια άτομα συχνά πάσχουν από συνοδά νοσήματα ή λαμβάνουν και άλλα φάρμακα τα οποία σε συνδυασμό με τα ψυχοτρόπα φάρμακα, αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο πτώσης. Τα ηλικιωμένα άτομα που λαμβάνουν μια ψυχοτρόπο αγωγή έχουν 1.5 φορές αυξημένο κίνδυνο πτώσης, ενώ εκείνοι που λαμβάνουν δυο ή περισσότερα ψυχοτρόπα φάρμακα έχουν 2.5 φορές αυξημένο κίνδυνο πτώσης σε σύγκριση με τα άτομα που δεν χρησιμοποιούν φάρμακα (Weiner et al., 1998). Τον μεγαλύτερο κίνδυνο πτώσης εμφανίζουν τα αντιψυχωτικά φάρμακα και ακολουθούν τα αντικαταθλιπτικά και οι βενζοδιαζεπίνες (Woolcott et al., 2009).

Οι υποκατηγορίες των ψυχοτρόπων φαρμάκων που έχουν συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο πτώσεων είναι τα αντικαταθλιπτικά, τα φάρμακα που χρησιμοποιούνται για την διπολική διαταραχή, τα αγχολυτικά και τα υπνωτικά, τα φάρμακα που χρησιμοποιούνται στη θεραπεία της άνοιας, και τα αντιψυχωσικά.

Αντιχολινεργικά φάρμακα

Η χρήση φαρμάκων με ήπια ή ισχυρή αντιχολινεργική δράση σε ηλικιωμένες γυναίκες σχετίζεται με υψηλότερο κίνδυνο επαναλαμβανόμενων πτώσεων, ιδιαίτερα σε εκείνες που λαμβάνουν πολλαπλά φάρμακα για τρία ή περισσότερα χρόνια. Τα αντιχολινεργικά φάρμακα έχουν αρκετές πιθανές ανεπιθύμητες ενέργειες, όπως διαταραχή της μνήμης, δυσκοιλιότητα, κατακράτηση ούρων, παραμένουν όμως ευρέως χρησιμοποιούμενα.

Παράγοντες κινδύνου πτώσεων στο σπίτι

Έξι μελέτες έχουν εξετάσει την σχέση μεταξύ περιβαλλοντικών κινδύνων και πτώσεων (McLean and Lord, 1996, Clemson et al., 1996, Isberner et al., 1998, Sattin et al., 1998, Kinn and Clawson, 2002, Fletcher and Hirdes, 2002). Δύο από τις μελέτες αυτές βρήκαν διαφορές στη συχνότητα εμφάνισης των κινδύνων πτώσης μεταξύ των ατόμων που έπεσαν και εκείνων που δεν έπεσαν. Ο Isberner και οι συνεργάτες του (Isberner et al., 1998) ανέφερε πως η απουσία κιγκλιδώματος από τις σκάλες και οι παρουσία ανωμαλιών/ατελειών στο πάτωμα ήταν πολύ συχνές σε σπίτια ατόμων 45 ετών που έπεσαν, σε σύγκριση με άτομα ίδια ηλικίας και φύλου. Ομοίως, στη μελέτη των Fletcher και Hirdes (Fletcher and Hirdes, 2002), στην οποία συμμετείχαν 2304 ηλικιωμένα άτομα, βρέθηκε πως τα άτομα στο σπίτι των οποίων υπήρχαν ένας ή περισσότεροι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι είναι πιο πιθανό να πέσουν. Οι υπόλοιπες τέσσερις μελέτες δεν βρήκαν διαφορές μεταξύ των κατοικιών και των κινδύνων που υπάρχουν των ατόμων που έπεσαν και αυτών που δεν έπεσαν (McLean and Lord, 1996, Clemson et al., 1996, Sattin et al., 1998, Kinn and Clawson, 2002).

Ισχυρότερα στοιχεία σχετικά με το ρόλο του περιβάλλοντος δίνονται από προοπτικές μελέτες, στις οποίες αρχικά αξιολογούνται οι κίνδυνοι του σπιτιού, και στη συνέχεια οι πτώσεις που πραγματοποιήθηκαν σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα/ σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Από τις πέντε μελέτες που έχουν δημοσιευτεί (Tinetti et al., 1988, Nevitt et al., 1989, Campbell et al., 1990, Teno et al., 1990, Gill et al., 2000), σε καμία μελέτη δεν βρέθηκε συσχέτιση των κινδύνων του σπιτιού με τις πτώσεις κατά την πρωτογενή ανάλυση.

Η δευτερεύουσα ανάλυση δύο εκ των πέντε μελετών επισήμαναν/ έδειξαν ενδιαφέροντα ευρήματα. Ο Northridge και οι συνεργάτες του (Northridge et al.,

1995) αξιολόγησαν εκ νέου τα δεδομένα από την μελέτη του Nevitt και των συνεργατών του (Nevitt et al., 1989), ταξινομώντας τους συμμετέχοντες σε δυο ομάδες, δραστήριους και ευπαθείς. Όπως ήταν αναμενόμενο, η ευπαθής ομάδα υπέφερε από πιο συχνές πτώσεις. Ωστόσο, διαπίστωσαν *επίσης* πως ενώ δεν υπήρχε επίδραση του περιβάλλοντος στο ποσοστό πτώσεων της ευπαθούς ομάδας, όταν τα δραστήρια άτομα ζούσαν με περισσότερους περιβαλλοντικούς κινδύνους ήταν πιο πιθανό να πέσουν. Για την ομάδα αυτή, μια αύξηση τεσσάρων μονάδων σε μια κλίμακα επτά σημείων για τους κινδύνους στο σπίτι, αύξησε τρεις φορές την πιθανότητα πτώσης. Ομοίως, στη μεταγενέστερη ανάλυση της μελέτης της Tinetti και των συνεργατών της (Tinetti et al., 1988), οι Speechley και Tinetti (Speechley and Tinetti, 1991) ανέφεραν πως οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι ήταν πιο πιθανό να συμβάλλουν στις πτώσεις των δραστήριων ηλικιωμένων ατόμων σε σχέση με τα ευπαθή ηλικιωμένα άτομα. Ωστόσο, στη μελέτη αυτοί, οι κίνδυνοι ήταν ως επί το πλείστον έξω από το σπίτι των συμμετεχόντων.

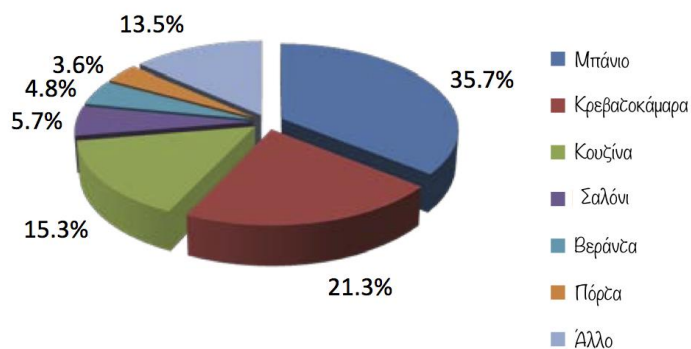
Ο βαθμός της ρισκοκίνδυνης συμπεριφοράς αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της αλληλεπίδρασης του ατόμου με το περιβάλλον. Τα πιο δραστήρια άτομα είναι πιθανό να έχουν πιο επικίνδυνη συμπεριφορά μέσα στο σπίτι, όπως για παράδειγμα η χρήση μη σταθερών στηριγμάτων για την αλλαγή λάμπας. Πράγματι, η ρισκοκίνδυνη συμπεριφορά ενός ατόμου (σε μια κλίμακα τριών σημείων) έχει βρεθεί πως σχετίζεται με αυξημένες πτώσεις (Studenski et al., 1994), η “συμπεριφορά τύπου Α” έχει βρεθεί πως συσχετίζεται με αυξημένες πτώσεις στους άντρες (Zhang et al., 2004).

Οι εξωγενείς παράγοντες σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον του ατόμου, συμπεριλαμβανομένου του σπιτιού του. Παραδείγματα εξωγενών παραγόντων είναι ο χαμηλός φωτισμός/κακός φωτισμός, τα ολισθηρά επίπεδα και τα χαλιά (American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel of Falls Prevention, 2001). Οι εξωγενείς περιβαλλοντικοί παράγοντες, ιδιαίτερα όσοι βρίσκονται στο σπίτι, έχουν σημαντικό ρόλο στις πτώσεις, καθώς έρευνες έχουν δείξει πως περισσότερες από τις μισές θανατηφόρες πτώσεις και τις πτώσεις που οδηγούν στη νοσηλεία συμβαίνουν στο σπίτι (Sorock, 1988).

Οι περισσότεροι τραυματισμοί συμβαίνουν στο σπίτι. Στις περισσότερες μελέτες αναφέρεται πως το 70 με 80% των πτώσεων παρατηρούνται μέσα στο σπίτι ή

κοντά σε αυτό (Schiller et al., 2007, Tideiksaar 1997). Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός πως τα ηλικιωμένα άτομα, και ιδιαίτερα όσοι διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο πτώσης, περνούν το μεγαλύτερο μέρος της μέρας τους στο σπίτι, και έτσι είναι πιο εκτεθειμένοι στους περιβαλλοντικούς κινδύνους του σπιτιού. Η έρευνα του Rosen και των συνεργατών του, σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες, έδειξαν πως οι πτώσεις στο σπίτι αυξάνονται με την πρόοδο της ηλικίας (Campbell et al., 1989, Nevitt et al., 1991, Rubenstein and Josephson, 2002).

Τα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας υποφέρουν από πτώσεις κυρίως στις άκρες των χαλιών. Στις μεταβατικές περιοχές υπάρχει συνήθως υψομετρική διαφορά στο πάτωμα (McCullagh 2006) η οποία μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στα άτομα που χρησιμοποιούν μπαστούνι ή πατερίτσες (Gulwadi and Keller, 2009). Στις μεταβατικές περιοχές υπάρχουν συχνά και διαφορές στο φωτισμό, οι οποίες αποτελούν επιπρόσθετο κίνδυνο (Tideiksaar 2010, Tideiksaar 1996, Tideiksaar 1986). Στη μελέτη του Rosen και των συνεργατών του, το μπάνιο ήταν η πιο συχνή περιοχή πτώσεων αλλά και τραυματισμών που οφείλονται σε πτώσεις (CDC 2011). Προηγούμενες μελέτες έδειξαν πως το μπάνιο είναι η /αποτελεί την πιο κοινή περιοχή περιβαλλοντικών κινδύνων στο σπίτι (Huang 2005), με το 45% των ηλικιωμένων που έπεσαν στο μπάνιο να έχουν χαλιά στο μπάνιο τους (Sattin et al., 1998). Τα χαλιά στο μπάνιο είναι πιθανό να βραχούν, καθιστώντας τα ακόμη πιο επικίνδυνα.



Εικόνα 13. Ποσοστό πτώσεων στους χώρους του σπιτιού (τροποποιημένη από Rosen et al., 2013).

Το 95% των πτώσεων των ηλικιωμένων που συμβαίνουν στο σπίτι ή κοντά σε αυτό, γίνονται στην κρεβατοκάμαρα ή το μπάνιο (Tideiksaar, 1992). Για παράδειγμα, ο φωτισμός στο μπάνιο συχνά είναι ανεπαρκής, και οι περιοχές της μπανιέρας και της λεκάνης δεν έχουν κουπαστή. Επιπλέον τα μη στερεωμένα χαλιά καθώς και τα προσωπικά αντικείμενα τα οποία τοποθετούνται κοντά για ευκολία δημιουργούν ένα ακατάστατο και επικίνδυνο μονοπάτι μεταξύ του μπάνιου και της κρεβατοκάμαρας, αυξάνοντας τον κίνδυνο πτώσης, ιδιαίτερα τη νύχτα.

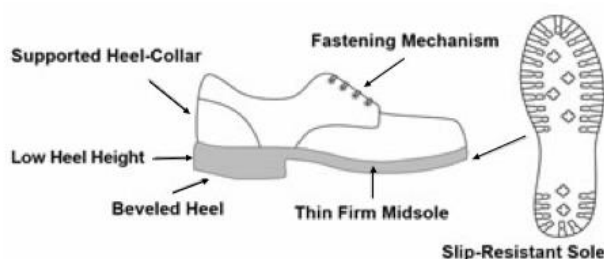
Άλλα παραδείγματα εξωγενών περιβαλλοντικών παραγόντων κινδύνου είναι τα κατοικίδια που συνήθως μπλέκονται στα πόδια των ηλικιωμένων και τα καλώδια μέσα στο σπίτι, κυρίως στους διαδρόμους.

Στους περιβαλλοντικούς παράγοντες πτώσης περιλαμβάνονται οι κίνδυνοι ολίσθησης και η απουσία κιγκλιδώματος από τις σκάλες. Επίσης, τα μη σταθερά έπιπλα, το ανισόπεδο πάτωμα και ο κακός φωτισμός (Stevens 2005, Lord et al., 2006, Letts et al., 2010).

Τα υποδήματα έχουν χαρακτηριστεί ως ένας περιβαλλοντικός παράγοντας κινδύνου πτώσης, τόσο εξωτερικών όσο και εσωτερικών χώρων (Connell et al., 1997). Η σωματοαισθητική επίδραση στον αστράγαλο και το πόδι έχει μεγάλη σημασία για την ισορροπία και την αποφυγή ολίσθησης. Ο Munro και οι συνεργάτες του διαπίστωσαν πως τα ηλικιωμένα άτομα συνήθως φορούν παντόφλες γιατί νιώθουν πιο άνετα και ζεστά, χωρίς αυξημένη δυσφορία από παραμορφώσεις στα πόδια. Παρόλα αυτά, σε ένα δείγμα 312 ηλικιωμένων ατόμων, όσοι φορούσαν παντόφλες πονούσαν περισσότερο και είχαν μεγαλύτερο κίνδυνο να πέσουν σε σύγκριση με όσους φορούσαν σταθερά παπούτσια ή καθόλου παπούτσια (Mickle et al., 2007). Στην πραγματικότητα, πολυάριθμες μελέτες αναφέρουν πως όσοι περπατούν χωρίς παπούτσια ή με κάλτσες ή με παντόφλες έχουν αυξημένο κίνδυνο πτώσης έως και 11% σε σύγκριση με όσους φορούν αθλητικά παπούτσια (Koepsell et al., 2004). Οι περισσότερες πτώσεις συμβαίνουν στο σπίτι (48%), όπου οι παντόφλες θεωρείται το κύριο είδος υποδημάτων (Sherrington et al., 2003). Ο Keegan και οι συνεργάτες του βρήκαν ότι η ολίσθηση των παπουτσιών, τα σανδάλια και τα τακούνια μέτριου ή μεγάλου ύψους και τα στενά παπούτσια αποτελούν παράγοντες που αυξάνουν τα κατάγματα στο πόδι από πτώσεις σε άτομα ηλικίας 45 ετών και άνω (Keegan et al., 2004).

Πολλοί πιστεύουν πως όταν περπατούν χωρίς παπούτσια έχουν μικρότερο κίνδυνο πτώσης επειδή έχουν καλύτερη ικανότητα να αισθάνονται το έδαφος. Ωστόσο, μελέτες έχουν δείξει πως αυτό δεν ισχύει, ιδιαίτερα για τους ηλικιωμένους, οι οποίοι φορούν παπούτσια από την παιδική ηλικία. Ο Robbins και οι συνεργάτες του σημειώνουν πως η αίσθηση στις αρθρώσεις στα ηλικιωμένα άτομα είναι 162% μικρότερη σε σύγκριση με νεαρά άτομα, πιθανόν εξαιτίας της μείωσης της ιδιοδεκτικότητας λόγω ηλικίας (ικανότητα ανίχνευσης ερεθισμάτων που σχετίζονται με την θέση του σώματος, την κίνηση και την ισορροπία). Επιπλέον, σε μελέτη που διεξήχθη σε ηλικιωμένα άτομα, από τα οποία ζητήθηκε να περπατήσουν σε μια δοκό 7.8 cm, βρέθηκε πως έπεφταν πιο συχνά όταν δεν φορούσαν παπούτσια (Robbins et al., 1995). Η μελέτη αυτή έδειξε πως όταν η ισορροπία ενός ατόμου δοκιμάζεται αποδίδουν καλύτερα όταν φορούν παπούτσια. Από τις μελέτες αυτές διαπιστώνεται ότι φορώντας παπούτσια βελτιώνεται η σταθερότητα και μειώνεται ο κίνδυνος ολίσθησης.

Έχει βρεθεί πως όταν τα ηλικιωμένα άτομα που περπατούν μέσα στο σπίτι χωρίς παπούτσια ή με κάλτσες και με τακούνια, είτε μέσα είτε έξω από το σπίτι, διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο πτώσης. Τα χαρακτηριστικά των παπουτσιών που επηρεάζουν την ισορροπία και τη βάδιση είναι το ύψος του τακουνιού, η σκληρότητα της σόλας και η γεωμετρία του πέλματος και του τακουνιού.



Εικόνα 14. Χαρακτηριστικά κατάλληλων υποδημάτων (τοποποιημένη από Shein, 2015).

Οι πτώσεις που συμβαίνουν σε εξωτερικούς χώρους έχουν διαφορετικούς παράγοντες κινδύνου από τις πτώσεις που πραγματοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους και εξαρτώνται από την έκθεση σε κινδύνους (Lord et al., 2007): τα άτομα που είναι πιο πιθανό να πέσουν σε εξωτερικούς χώρους είναι νεότεροι άντρες, σωματικά δραστήριοι και υγιείς (Bergland et al., 2003, Kesley et al., 2010, Li et al., 2006, Talbot et al., 2005, Landy et al., 2012, Kelsey et al., 2012, Morency et al., 2012, Kelsey et al., 2012, Ranhoff et al., 2010, Bath and Morgan 1999). Ωστόσο, παρά την υψηλή συχνότητα και τους ξεχωριστούς παράγοντες κινδύνου, ο ορισμός των πτώσεων δεν διακρίνει τα δυο είδη πτώσεων (Lamb et al., 2005).

Τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και η συχνότητα με την οποία εμφανίζονται πτώσεις, σύμφωνα με τον Nyman και τους συνεργάτες του, συνοψίζονται στον Πίνακα 8. Οι πτώσεις σε εξωτερικούς χώρους παρατηρούνται σε διαφορετικές ώρες της μέρας και σε όλες τις καιρικές συνθήκες, όμως οι περισσότερες πτώσεις παρατηρούνται το χειμώνα. Οι πτώσεις στους εξωτερικούς χώρους παρατηρούνται πολύ συχνά σε διασταυρώσεις δρόμων, όταν ανεβαίνουν οι κατεβαίνουν από πεζοδρόμια ή όταν μπαίνουν στο αυτοκίνητο.

		Συχνότητα εμφάνισης			Συχνότητα εμφάνισης	
		των συμμετεχόντων	συνολικά		των συμμετεχόντων	συνολι κά
Εποχή	Άνοιξη	2	2	Χειμώνας	6	6
	Καλοκαίρι	4	4	Σύνολο	15	15
	Φθινόπωρο	3	3			
Ώρα	Πρωί	4	4	Απόγευμα	2	2
	Μεσημέρι	2	2	Σύνολο	8	8
Καιρός	Υγρασία	5	6	Ζέστη	1	1
	Κρύο	2	2	Λιακάδα	7	7
	Πάγος	1	1	Σύνολο	16	17
Φωτισμός	Σκοτάδι	4	5			
Τοποθεσία	Στο δρόμο	18	22	Κατεβαίνοντα ς από το λεωφορείο	1	1
	Παρκινγκ	5	6	Μαρίνα/ παραλιακός πεζόδρομος	2	3
	Κοντά στο σπίτι	9	11	Στις διακοπές	1	1
	Κήπος	4	4	Ασαφής	10	14
	Στα μαγαζιά	12	13	Σύνολο	63	76
	Ανεβαίνοντα ς στο λεωφορείο	1	1			
Μονοπάτι	Με εμπόδια	2	2	Ανηφόρα	1	1
	Ανισόπεδο	7	8	Κατεβαίνοντα ς τα σκαλιά	1	1
	Όχι σε πεζοδρόμιο	2	2	Σύνολο	15	16
	Κατηφόρα	2	2			

Πίνακας 8. Τα χαρακτηριστικά των πτώσεων στους εξωτερικούς χώρους

Τα χαρακτηριστικά του κοινωνικού περιβάλλοντος όπου παρατηρήθηκαν πτώσεις σε εξωτερικούς χώρους, σύμφωνα με τον Nyman και τους συνεργάτες του, συνοψίζονται στον Πίνακα 9. Σε κάποιες περιπτώσεις οι επιμέρους παράγοντες οδήγησαν σε αύξηση του κινδύνου πτώσης, όπως για παράδειγμα όταν το άτομο βιαζόταν, και σε κάποιες περιπτώσεις το άτομο δεν μπόρεσε να σηκωθεί χωρίς βοήθεια. Οι πτώσεις σε εξωτερικούς χώρους συμβαίνουν πιο συχνά σε οικείο περιβάλλον, όπως κοντά στο σπίτι (11/76) ή στον κήπο (4/76). Επιπλέον, οι

πτώσεις συμβαίνουν πιο συχνά παρουσία άλλων ατόμων, οι οποίοι συνήθως βοηθούν το άτομο που έπεσε (37/73).

		Συχνότητα εμφάνισης			Συχνότητα εμφάνισης	
		των συμμετεχόντων	συνολικά		των συμμετεχόντων	συνολικά
Άτομο	Βιαζόταν	5	5	Κουβαλούσε πράγματα	4	4
	Δεν πρόσεχε	4	5	Σύνολο	13	14
Άλλα άτομα	Μόνος	11	13	Με άτομα τριγύρω	28	37
	Με παρέα	16	17	Στην κυκλοφορία	2	2
	Με σκύλο	3	4	Σύνολο	60	73
Οικείο περιβάλλον	Συχνή διδρομή	14	17	Μη οικείο περιβάλλον	3	3
	Συχνός τόπος	2	2	Σύνολο	35	40
	Οικεία περιοχή	16	18			

Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά του κοινωνικού περιβάλλοντος όπου παρατηρήθηκαν πτώσεις σε εξωτερικούς χώρους.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των πτώσεων, σύμφωνα με τον Nyman και τους συνεργάτες του, συνοψίζονται στον Πίνακα 10. Στο ένα τρίτο των πτώσεων η αίτια της πτώσης δεν διευκρινίστηκε, ενώ στο ένα πέμπτο η αιτία ήταν άγνωστη. Η αίτια των πτώσεων σπάνια εξαρτάται από την παρουσία άλλων, όπως κάποιος να τον σπρώξει και να τον ρίξει. Αντίθετα, τα άτομα που πέφτουν αναφέρουν πως φταίνε οι ίδιοι για την πτώση ή κάποιο χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος. Οι εξατομικευμένοι παράγοντες πτώσης οφείλονται είτε στην κακή υγεία των ατόμων (7/23) είτε στη βιασύνη τους (5/23) αμέσως πριν την πτώση.

		Συχνότητα εμφάνισης				Συχνότητα εμφάνισης	
		των συμμετεχόντων	συνολικά			των συμμετεχόντων	συνολικά
	Άγνωστη	15	18				
Εξατομικευμένοι παράγοντες	Κατάσταση υγείας	5	7	Λανθασμένη αντίληψη	2	2	
	Βιασύνη	5	5	Άγνωστο περιβάλλον	1	1	
	Στιγματιά συμπτώματα	3	3	Έλλειψη συγκέντρωσης	1	2	
	Παπούτσια	2	3	Σύνολο	19	23	
Άλλα άτομα	Συνοδά άτομα	2	2	Σύνολο	3	3	
	Περαστικοί	1	1				
Περιβαλλοντικοί παράγοντες	Κίνδυνοι πτώσης	3	3	Καιρός, ολισθηρές συνθήκες	1	2	
	Άνισο ή κακοσυντηρημένο πεζοδρόμιο	6	7	Δυνατός θόρυβος	1	1	
	Βόλτα σκύλου	2	2	Σύνολο	13	15	

Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των πτώσεων

Εκτός από τους εξωγενείς και τους ενδογενείς παράγοντες, έχουν περιγραφεί άλλοι δύο παράγοντες κινδύνου στην βιβλιογραφία. Η ύπαρξη πτώσεων τον προηγούμενο χρόνο έχει αποδειχθεί σε πολλές μελέτες ως ένα σημαντικό μέσο πρόβλεψης μελλοντικών πτώσεων και θεωρείται παράγοντας κινδύνου (Kiely et al., 1998; Campbell et al., 1989). Επιπλέον, η έλλειψη γνώσης των παραγόντων πτώσεων θεωρείται παράγοντας πτώσης (American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel of Falls Prevention, 2010).

6. Κατάγματα σε ηλικιωμένους ασθενείς ως επακόλουθα πτώσεων

Οι πτώσεις στα ηλικιωμένα άτομα σχετίζονται με μια μεγάλη ποικιλομορφία και ετερογένεια φυσικών συνεπειών. Οι συνέπειες αυτές ταξινομούνται σε πέντε κατηγορίες: κατάγματα, μώλωπες, τραυματισμοί, “άλλες φυσικές συνέπειες” και ψυχολογικές συνέπειες.

Οι φυσικές συνέπειες καθώς και οι ψυχολογικές φαίνονται στον Πίνακα 11. Παρατηρήθηκε ότι τα κατάγματα, σαν συνέπεια κάποιας πτώσης μπορούν να συμβούν σε όλα τα μέρη του σώματος. Ωστόσο, τα κατάγματα ισχίου εμφανίζονται με την μεγαλύτερη συχνότητα, 37.9%.

Σε έρευνα των Cummings και Nevitt (Cummings and Nevitt, 1994) σε γυναίκες που υπέστησαν πρόσφατα κάταγμα, βρέθηκε πως το 80% των καταγμάτων, εκτός των καταγμάτων της σπονδυλικής στήλης οφείλονται σε πτώσεις (Πίνακας 12). Επιπλέον, βρέθηκε πως μόνο το 5% των πτώσεων των ηλικιωμένων γυναικών οδηγούν σε κάποιο κάταγμα και μόνο το 1% οδηγεί σε κάταγμα του ισχίου (Cummings and Nevitt, 1994, Nevitt et al., 1989).

Φυσικές Συνέπειες	Ποσοστό εμφάνισης
Κάταγματα	
Κάταγματα ισχίου	37.9
Αδιαφοροποίητα κατάγματα οστών	27.5
Κάταγματα στον τροχαντήρα του μηριαίου	5.7
Κάταγματα στον κορμό	4.5
Κάταγματα στον αυχένα	4.5
Κάταγματα άνω άκρων	3.4
Κάταγματα βραχιόνιου	2.2
Κάταγματα στο θώρακα	1.1
Κάταγματα γόνατος	1.1
Μώλωπες	
Μώλωπες στο κεφάλι	10.3
Μώλωπες και εκδορές	3.4
Μώλωπες με απώλεια αίματος	1.1
Τραυματισμοί	
Τραυματισμοί μαλακών ιστών	6.8
Τραυματισμοί άνω άκρων	5.7
Κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις	4.5
Τραυματισμοί στον καρπό	4.5
Τραυματισμοί κάτω άκρων	3.4
Τραυματισμοί στον αγκώνα	2.2
Άλλες φυσικές συνέπειες	
Θάνατος και νοσηρότητα	21.8
Μείωση λειτουργιών	20.6
Αδράνεια	14.9
Απώλεια αυτονομίας	13.7
Κατάθλιψη	10.3
Απώλεια αυτοπεποίθησης	5.7
Απώλεια αυτο-αποτελεσματικότητας	2.2
Ρήξεις	8.0
Εξαρθρώσεις	5.7
Διαστρέμματα	3.4
Πόνος	2.2
Αιματώματα	1.1

Πίνακας 11. Φυσικές συνέπειες των πτώσεων. (Τα ποσοστά αναφέρονται σε 87 μελέτες.)

Τύπος Κατάγματος	% που οφείλεται σε πτώση
Καρπός	96
Βραχιόνιο	95
Αγκώνας	95
Ισχίο	92
Επιγονατίδα	89
Αστράγαλος	88
Άκρο πόδι και μετατάρσια	82
Λεκάνη	80
Σπλαχνικό κρανίο	77
Άκρα χείρα και δάκτυλα	68
Κνήμη και περόνη	65
Πλευρά	59

Πίνακας 12. Ποσοστό καταγμάτων που οφείλονται σε πτώσεις.

7. Ιατρικές παρεμβάσεις για την πρόληψη των πτώσεων ηλικιωμένων

Με την γήρανση του πληθυσμού, τα προβλήματα που σχετίζονται με τις πτώσεις κλιμακώνονται, για το λόγο αυτό χρειάζεται μια αποτελεσματική παρέμβαση για την πρόληψη των πτώσεων (Close & Glucksman 2001). Κάθε στρατηγική για την πρόληψη των πτώσεων για να είναι αποτελεσματική πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις. Πρέπει αρχικά να είναι αποδεκτή και εύκολα εφαρμόσιμη από τον πάσχοντα πληθυσμό στην καθημερινή πρακτική. Επίσης, πρέπει να είναι αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική (Myers 2003; Myers & Nikoletti 2003).

Τα προγράμματα πρόληψης των πτώσεων αποσκοπούν στην αύξηση της λειτουργικής ικανότητας, την μείωση του αριθμού των πτώσεων και την πρόληψη των πτώσεων καθώς και στη μείωση των τραυματισμών που οφείλονται σε αυτές.

Όταν οι πτώσεις οφείλονται σε ιατρικά προβλήματα, αυτά θα πρέπει να διαγνωστούν και να γίνουν οι κατάλληλες παρεμβάσεις.

Καρδιαγγειακές παρεμβάσεις

Υπάρχουν στοιχεία ότι τα καρδιαγγειακά προβλήματα είναι υπεύθυνα για κάποιες πτώσεις τα οποία μπορούν να επιλυθούν είτε με φαρμακευτική αγωγή είτε με τη χρήση βηματοδότη. Ο ρόλος των ερευνών και των θεραπειών αυτών δεν είναι ακόμα ξεκάθαρος. Οι έρευνες δείχνουν πως υπάρχει αιτιώδης σχέση μεταξύ ορισμένων καρδιαγγειακών διαταραχών και των πτώσεων, όπως ορθοστατική υπόταση, αγγειοπνευμονογαστρικό σύνδρομο, βραδυκαρδία και ταχυκαρδία.

Προκαταρκτικές μελέτες έδειξαν πως σε ασθενείς με βραδυκαρδία, οι οποίοι είχαν αρκετές πτώσεις, οι πτώσεις μειώθηκαν μετά την τοποθέτηση βηματοδότη. Ωστόσο, η χρήση του βηματοδότη δεν μπορεί να συστηθεί μετά την ολοκλήρωση των ερευνών.

Ορθοστατική υπόταση

Υπάρχουν αρκετές τεχνικές που μπορούν να βοηθήσουν τους ασθενείς με ορθοστατική υπόταση, η οποία οφείλεται σε δυσλειτουργία του αυτόνομου συστήματος. Αρχικά συστήνονται στους ασθενείς μη φαρμακευτικές λύσεις όπως το να κοιμούνται με ανυψωμένη την κεφαλή του κρεβατιού ώστε να μειώνεται η πιθανότητα απότομης πτώσης της πίεσης κατά το σήκωμα, να χρησιμοποιούν κάλτσες διαβαθμισμένης συμπίεσης για να ελαχιστοποιείται η φλεβική συγκέντρωση στα πόδια, να σηκώνονται με αργό ρυθμό από το κρεβάτι και να αποφεύγουν τα βαριά γεύματα και την έντονη δραστηριότητα της ζεστές μέρες. Εάν οι συντηρητικές αυτές λύσεις δεν έχουν αποτέλεσμα τότε συστήνεται η κατανάλωση αλατιού για την αύξηση του όγκου του αίματος. Όταν οι μη φαρμακευτικές λύσεις δεν είναι αποτελεσματικές, συστήνεται θεραπεία με αλατοκορτικοειδή, όπως fludrocortisone, ή με α_1 -αγωνιστές, όπως μιδοδρίνη, τα οποία βοηθούν στην διατήρηση της πίεσης, εφόσον δίνεται προσοχή στις αντενδείξεις και στις παρενέργειες, όπως ήπια υπέρταση και συσσώρευση υγρού (Rubenstein, 2006).

Φαρμακευτική αγωγή

Τα ηλικιωμένα άτομα που πάσχουν από πολλαπλά συνοδά νοσήματα λαμβάνουν πολύπλοκές φαρμακευτικές αγωγές και είναι επιρρεπή σε πολυφαρμακία. Η πολυφαρμακία οδηγεί σε πολλές ανεπιθύμητες αντιδράσεις στα ηλικιωμένα άτομα όπως γενικευμένη επιδείνωση της σωματικής και ψυχικής υγείας (Kadam 2011) και αυξημένες επισκέψεις στο νοσοκομείο (Salvi et al., 2012). Επιπλέον, η πολυφαρμακία καθώς και η χρήση φαρμάκων γνωστών ως FRID (fall risk-increasing drugs, φάρμακα που αυξάνουν τον κίνδυνο πτώσης) θεωρούνται καλά τεκμηριωμένοι παράγοντες αυξημένου κινδύνου πτώσης (Kojima et al., 2012, Gnjidic et al., 2012, Milos et al., 2014, van der Velde et al., 2007, Zia et al., 2015). Τα φάρμακα που θεωρούνται ότι σχετίζονται με τις πτώσεις είναι, σύμφωνα με τον Bloch και τους συνεργάτες του (Bloch et al., 2013), τα αντιυπερτασικά, αντιψυχωσικά, αναλγητικά, φάρμακα που χορηγούνται στη νόσο Παρκινσον, αντιχολινεργικά και αντιδιαβητικά φάρμακα. Η πολυφαρμακία είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μεταξύ των ηλικιωμένων ατόμων και αναφέρεται ως η “η χρήση πολλαπλών ή πέντε φαρμάκων”. Όμως η κοινή πρακτική της μέτρησης των συνταγογραφούμενων φαρμάκων δεν μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί, καθώς η πολυφαρμακία σε άτομα που πάσχουν από πολλαπλές νόσους θεωρείται αναπόφευκτη (Zia et al., 2015).

Ένας μεγάλος αριθμός φαρμάκων (Tinetti, 2003) καθώς και συγκεκριμένες κατηγορίες φαρμάκων (Leipzig et al., 1999) έχουν συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο πτώσεων. Παρόλο που πολλές μελέτες έχουν συνδέσει τη χρήση φαρμάκων με τον κίνδυνο πτώσεων, δεν υπάρχει μια ολοκληρωμένη λίστα συγκεκριμένων φαρμάκων τα οποία να θεωρούνται μέρος της αξιολόγησης του κινδύνου πτώσης. Ωστόσο, χρήσιμες αναφορές υπάρχουν στα κριτήρια Beers που δημοσιεύτηκαν από την Αμερικανική Γηριατρική Εταιρεία (American Geriatrics Society, AGS) (Fick 2003) και στον οδηγό κλινικής πρακτικής για την πρόληψη των πτώσεων και των σχετικών τραυματισμών που δημοσιεύτηκε από την Αμερικανική Ιατρική Εταιρεία (American Medical Directors Association 2006).

Οι ασθενείς που έχουν υποστεί κάποια πτώση πρέπει να ελέγχουν την φαρμακευτική αγωγή που ακολουθούν και να την τροποποιούν ή και να την διακόπτουν ανάλογα με τον κίνδυνο πτώσης που διατρέχουν. Ιδιαίτερη προσοχή

πρέπει να δίνεται στα ηλικιωμένα άτομα που λαμβάνουν τέσσερα ή περισσότερα φάρμακα και σε εκείνους που λαμβάνουν ψυχοτρόπα φάρμακα.

Υπάρχει μια σταθερή συσχέτιση/σχέση μεταξύ της χρήσης ψυχοτρόπων φαρμάκων, όπως νευροληπτικά, βενζοδιαζεπίνες, και τα αντικαταθλιπτικά, και των πτώσεων ανεξάρτητα από τις συνθήκες διαβίωσης των ηλικιωμένων ατόμων, είτε εάν νοσηλεύονται σε κάποια κλινική είτε εάν ζουν στο σπίτι τους. Παρόλο που δεν υπάρχουν τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες στις οποίες η τροποποίηση της φαρμακευτικής αγωγής να αποτελεί την μοναδική παρέμβαση, η μείωση της φαρμακευτικής αγωγής αποτελεί το κύριο στοιχείο των αποτελεσματικών παρεμβάσεων μείωσης των πτώσεων σε μελέτες που πραγματοποιούνται στην κοινότητα αλλά και σε άτομα που νοσηλεύονται μακροχρόνια (Stewart et al., 2006, Brennan et al., 2005, Takeshima et al., 2002, Roddy et al., 2005, Schoenfelder 2000). Οι πολυπαραγοντικές μελέτες έδειξαν πως η μείωση των φαρμάκων στα άτομα που λάμβαναν περισσότερα από τέσσερα ήταν ευεργετική. Δεν υπήρχε σαφής διαφορά στον κίνδυνο πτώσεων μεταξύ βενζοδιαζεπινών μακροπρόθεσμης και βραχείας δράσης. Η συμμόρφωση των ασθενών με την παρέμβαση πρέπει να είναι συνεχής για να είναι αποτελεσματική.

Άλλες κατηγορίες φαρμάκων οι οποίες έχουν αποδειχθεί πως σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο πτώσεων είναι οι εκλεκτικοί αναστολείς επαναπρόσληψης σεροτονίνης, τα τρικυκλικά αντικαταθλιπτικά, οι νευροληπτικοί παράγοντες, τα αντιεπιληπτικά και τα αντιαρρυθμικά φάρμακα τάξης ΙΑ.

Φαρμακευτική αγωγή για την ενίσχυση των οστών

Υπάρχει αρκετές φαρμακευτικές αγωγές οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως για την πρόληψη και την θεραπεία της οστεοπόρωσης, όπως θεραπεία ορμονικής υποκατάστασης (hormone replacement therapy, HRT), ασβέστιο και αντιαπορροφητικά φάρμακα. Οι θεραπείες αυτές παρόλο που μειώνουν τον αριθμό καταγμάτων, δεν μειώνουν το ποσοστό των πτώσεων (Royal College of Physicians, 1999, Agency for Healthcare Research and Quality 2000).

Συμπληρώματα βιταμίνης D

Τα ηλικιωμένα άτομα πάσχουν συχνά από ανεπάρκεια βιταμίνης D, η οποία περιορίζει την μυϊκή δύναμη και την νευρομυϊκή λειτουργία. Τα συμπληρώματα έχει αποδειχθεί πως είναι ευεργετικά για την πρόληψη των πτώσεων τόσο στα άτομα που πάσχουν από ανεπάρκεια βιταμίνης D όσο και στα άτομα με φυσιολογικά επίπεδα βιταμίνης D (Huntzinger, 2010, Dontas and Yiannakopoulos, 2007).

Πιο δύσκολη είναι η διαχείριση και η πρόληψη των επαναλαμβανόμενων πτώσεων στα άτομα που είτε δεν μπορεί να προσδιοριστεί η αιτία των πτώσεων, είτε συνυπάρχουν πολλές ή μη αναστρέψιμες αιτίες. Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται προσεκτική αναζήτηση και διόρθωση άλλων παραγόντων κινδύνου που προδιαθέτουν τα άτομα για πτώση, όπως προβλήματα όρασης και ακοής. Για προβλήματα που δεν μπορούν να επιλυθούν με φαρμακευτική αγωγή, όπως ημιπάρεση, αταξία, επίμονη αδυναμία ή παραμορφώσεις, μια δοκιμή βραχυπρόθεσμης αποκατάστασης μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια και μειώσει το πρόβλημα. Όταν υπάρχουν μη αναστρέψιμα προβλήματα, οι περιορισμοί θα πρέπει να εξηγούνται στους ασθενείς και να αναπτύσσονται μέθοδοι αντιμετώπισης (Rubenstein, 2006).

8. Παρέμβαση στο περιβάλλον για την πρόληψη πτώσεων ηλικιωμένων

Παρόλο που σε μελέτες έχει βρεθεί πως μόνο η τροποποίηση του σπιτιού δεν μειώνει τις πτώσεις, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες εμπλέκονται περίπου στις μισές πτώσεις που γίνονται στο σπίτι (Nevitt et al., 1989). Ο κίνδυνος πρόκλησης τραυματισμού από μια πτώση εξαρτάται από την ευαισθησία του κάθε ασθενούς και τους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Η πιθανότητα της πτώσης αυξάνεται με τον αριθμό των παραγόντων κινδύνου (Fuller 2000, Fuller 2002). Η αξιολόγηση του σπιτιού και οι τροποποιήσεις του μπορεί να είναι αποτελεσματικές όταν γίνονται από εκπαιδευμένους επαγγελματίες και όταν εστιάζουν στα ηλικιωμένα άτομα υψηλού κινδύνου (Gillespie et al., 2004). Οι επαγγελματίες υγείας πρέπει να αξιολογούν το σπίτι του ασθενούς και να κάνουν τις ανάλογες τροποποιήσεις για την μείωση ή και εξάλειψη των κινδύνων (Abram et al., 1995). Οι πιο συνήθεις

κίνδυνοι μέσα στο σπίτι περιλαμβάνουν τον μη επαρκή φωτισμό, την απουσία κιγκλιδωμάτων καθώς και την ακαταστασία. Επιπλέον, πρέπει να προωθείται η ασφαλής εκτέλεση των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής.

Μια λίστα ελέγχου για την ασφάλεια του σπιτιού παρουσιάζεται στον Πίνακα 13 (Fuller 2000, Fuller 2002, Moss 1992, Preboth 2002, Stevens and Olson 2002).

Πάτωμα

Απομάκρυνση των χαλαρών χαλιών

Ασφαλίστε τις άκρες των χαλιών

Απομακρύνετε τα χαμηλά έπιπλα και τα αντικείμενα από το πάτωμα

Μειώστε την αταξία

Απομακρύνετε τα καλώδια από το πάτωμα

Ελέγξτε το φωτισμό ώστε να είναι ικανοποιητικός τη νύχτα

Σηκώστε τα πράγματα από το πάτωμα (εφημερίδες, περιοδικά, βιβλία, παπούτσια)

Κουζίνα

Απομακρύνετε τις χαμηλές καρέκλες, στις οποίες είναι δύσκολο να καθίσετε και να σηκωθείτε.

Μπάνιο

Εγκαταστήστε μπάρες στην μπανιέρα ή ντουζιέρα και κοντά στη λεκάνη.

Χρησιμοποιείτε αντιολισθητικά πατάκια στην μπανιέρα ή ντουζιέρα.

Απομακρύνετε τα χαλάκια από το μπάνιο όταν δεν χρησιμοποιούνται.

Εγκαταστήστε ένα υπερυψωμένο κάθισμα τουαλέτας.

Σκαλιά και σκάλες

Στερεώστε τα χαλιά στις σκάλες.

Απομακρύνετε τα αντικείμενα από τις σκάλες.

Φτιάξτε τα χαλασμένα ή άνισα σκαλιά.

Να έχετε μόνο ένα διακόπτη για το φως στις σκάλες.

Να έχετε κιγκλιδώματα και στις δυο πλευρές της σκάλας σε όλο το μήκος της.

Εξωτερικοί χώροι

Επισκευάστε τα χαλασμένα πεζοδρόμια.

Εγκαταστήστε κιγκλιδώματα στις σκάλες και τα σκαλιά.

Περιορίστε τους θάμνους κατά μήκος του μονοπατιού προς το σπίτι.

Εγκαταστήστε επαρκή φωτισμό στις πόρτες και στους διαδρόμους που οδηγούν στις πόρτες.

Υπνοδωμάτια

Βεβαιωθείτε πως μπορείτε να φτάσετε τον διακόπτη του φωτός από το κρεβάτι.

Εγκαταστήστε επαρκή φωτισμό.

Άλλοι κανόνες ασφαλείας

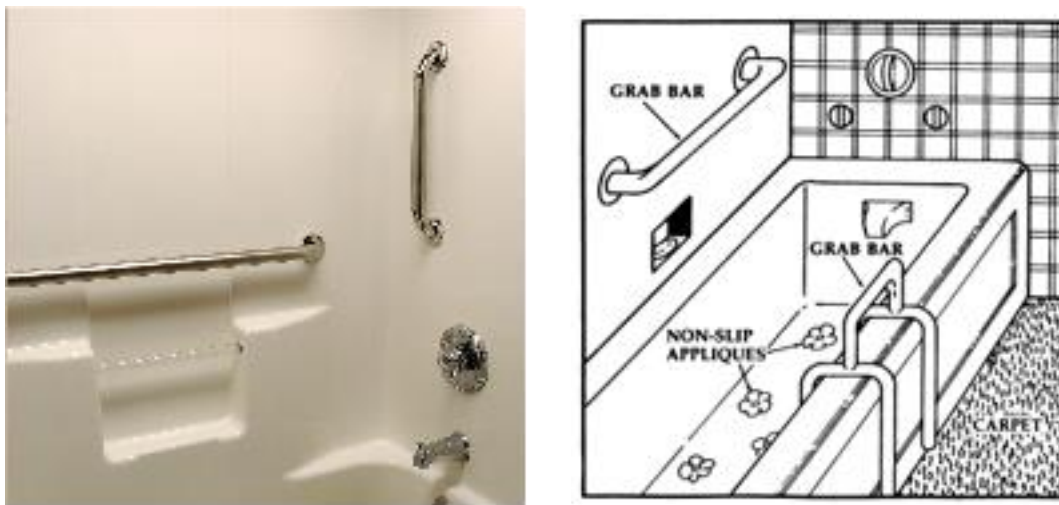
Να φυλάτε τους αριθμούς έκτακτης ανάγκης κοντά στο τηλέφωνο και με ευανάγνωστα μεγάλα γράμματα.

Βάλτε έναν αριθμό τηλεφώνου κοντά στο πάτωμα σε περίπτωση που πέσετε και δεν μπορεί να σηκωθείτε

Σκεφτείτε να χρησιμοποιήσετε το κουμπί πανικού/πτώσης

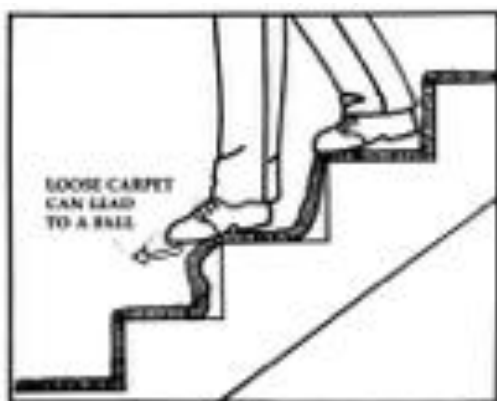
Πίνακας 13. Παρεμβάσεις στο χώρο του σπιτιού.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ηλικιωμένα άτομα που πήραν εξιτήριο μετά τη νοσηλεία τους, παρατηρήθηκε μείωση των πτώσεων κατά 20% στην ομάδα των ατόμων που έγιναν τροποποιήσεις στα σπίτια του από ειδικούς (Cumming et al., 1999). Οι παρεμβάσεις αυτές ήταν πιο αποδοτικές στα άτομα που είχαν ιστορικό πτώσεων. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε μια πρόσφατη συστηματική αξιολόγηση, στην οποία η τροποποίηση των περιβαλλοντικών κινδύνων που βρίσκονται στο σπίτι από εκπαιδευμένους επαγγελματίες υγείας μείωσε τον αριθμό πτώσεων στα άτομα που είχαν υποστεί πτώσεις στο παρελθόν (Gillespie et al., 2005).



Εικόνα 15. Μπάρες και αντιολισθητικά πατάκια στην μπανιέρα (τροποποιημένη από University of Minnesota).

Οι στρατηγικές πρόληψης/παρεμβάσεις περιλαμβάνουν την απομάκρυνση των κινδύνων ολίσθησης, τη χρήση αντιολισθητικών στην μπανιέρα και στο πάτωμα του μπάνιου και την εγκατάσταση χειρολαβών δίπλα στην μπανιέρα και την λεκάνη (Εικόνα 15). Επίσης, περιλαμβάνουν την εγκατάσταση κιγκλιδωμάτων στις σκάλες και την βελτίωση του φωτισμού (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Σωστή τοποθέτηση των χαλιών στη σκάλα και κιγκλιδώματα (τροποποιημένη από University of Minnesota).

Βοηθήματα

Οι μελέτες πολυπαραγοντικών παρεμβάσεων που περιελάμβαναν και βοηθητικές συσκευές, όπως συναγερμός στο κρεβάτι, μπαστούνια, περιπατητήρες και προστατευτικά ισχίων έδειξαν/είχαν θετικά αποτελέσματα. Ωστόσο, δεν υπάρχει άμεση απόδειξη ότι μόνο η χρήση των βοηθημάτων αυτών μπορεί να αποτρέψει τις πτώσεις. Ως εκ τούτου, ενώ οι βοηθητικές συσκευές αποτελούν αποτελεσματικά στοιχεία στις πολυπαραγοντικές παρεμβάσεις, η μεμονωμένη χρήση τους χωρίς να δοθεί προσοχή στους άλλους παράγοντες κινδύνου δεν συνίσταται.

Υπάρχουν μελέτες που αξιολογούν την επίδραση των βοηθητικών συσκευών ως παρέμβαση για την πρόληψη των πτώσεων (Dean and Ross, 1993). Όσον αφορά τα άτομα που νοσηλεύονται δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία υπέρ ή κατά των συναγερμών στο κρεβάτι (Tideiksaar et al., 1993).

Τα προστατευτικά των ισχίων δεν φαίνεται να επηρεάζουν τον κίνδυνο πτώσης (Kannus et al., 2000). Ωστόσο, υπάρχει μια σειρά ερευνών, μεταξύ των οποίων και τρεις τυχαιοποιημένες μελέτες, οι οποίες υποστηρίζουν πως η χρήση των προστατευτικών των ισχίων αποτρέπουν/ προλαμβάνουν τα κατάγματα ισχίου στα άτομα υψηλού κινδύνου.

Εκπαιδευτικά προγράμματα επιμόρφωσης

Παρόλο που οι μελέτες των πολυπαραγοντικών παρεμβάσεων που περιλαμβάνουν εκπαιδευτικά προγράμματα επιμόρφωσης έδειξαν να έχουν ωφέλιμη δράση, όταν χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα δεν περιορίζουν τις πτώσεις και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται απομονωμένα.

Ένα σωστά δομημένο πρόγραμμα επιμόρφωσης για τα ηλικιωμένα άτομα δεν μειώνει τον αριθμό των πτώσεων αλλά επιτυγχάνει βραχυπρόθεσμα οφέλη στη συμπεριφορά των ηλικιωμένων (Tennstedt et al., 1998).

9. Άσκηση ως μέσο πρόληψης των πτώσεων σε ηλικιωμένους

Η άσκηση στους ηλικιωμένους επηρεάζει διάφορους παράγοντες οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν στην πρόληψη των πτώσεων και των τραυματισμών. Η άσκηση στα ηλικιωμένα άτομα επιβραδύνει τη βιολογική διαδικασία της γήρανσης (Adamo and Farrar, 2006, **Tager et al., 2004**) και τροποποιεί τους παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με διάφορες ασθένειες (**Pescatello, 2001, Thompson et al., 2003**). Επίσης, η άσκηση μπορεί να μεταβάλλει τις ήδη υπάρχουσες συνέπειες ορισμένων ασθενειών (**Stewart et al., 2006, Brennan et al., 2005**) και να επηρεάζει έμμεσα κάποιες από αυτές, όπως τις ψυχολογικές επιπτώσεις των νόσων (**Resnick and Spellbring, 2000, Brouwer et al., 2003, Friedman et al., 2002**). Τέλος, η άσκηση δυναμώνει τους μυς και βελτιώνει την ισορροπία (**Lord et al., 2003, Means et al., 2005, Takeshima et al., 2002**).

Υπάρχουν ισχυρά δεδομένα που υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα της άσκησης στην πρόληψη των πτώσεων στα ηλικιωμένα άτομα (Gillespie et al., 2012, Sherrington et al., 2011). Η άσκηση αποτελεί την προφανή επιλογή για την πρόληψη των πτώσεων διότι η μειωμένη μυϊκή δύναμη και η κακή στάση του σώματος αυξάνουν τον κίνδυνο πτώσης και μπορούν να βελτιωθούν με την άσκηση (Howe et al., 2011, Liu and Latham, 2009). Η άσκηση έχει ερευνηθεί περισσότερο από όλες τις παρεμβάσεις για την πρόληψη των πτώσεων, το 2012 το Cochrane επανεξέτασε 59 τυχαioποιημένες, ελεγχόμενες μελέτες της άσκησης ως μέσο πρόληψης των πτώσεων (Gillespie et al., 2012).

Οι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να καθορίσουν τη βέλτιστη προσέγγιση για την άσκηση διερευνώντας τις επιπτώσεις διαφορετικών ειδών άσκησης. Η

ανασκόπηση του Cochrane (Gillespie et al., 2012) έδειξε πως η άσκηση “πολλών συστατικών” ‘multiple-component’ exercise programs αποτρέπει τις πτώσεις όταν εφαρμόζεται σε ομάδες ηλικιωμένων και όταν εφαρμόζεται στο σπίτι. Η άσκηση “πολλών συστατικών” ‘multiple-component’ exercise programs περιλαμβάνει ασκήσεις οι οποίες στοχεύουν στην βελτίωση της βάδισης, της ισορροπίας, functional tasks, της δύναμης, της ευελιξίας και της αντοχής. Η ανασκόπηση του Cochrane (Gillespie et al., 2012) έδειξε πως το Tai Chi, μείωσε οριακά το ποσοστό πτώσεων αλλά μείωσε σημαντικά τον κίνδυνο πτώσεων. Τα μαθήματα που περιλαμβάνουν ασκήσεις για τη βάδιση, την ισορροπία ή λειτουργικότητα οδήγησαν σε μείωση του ποσοστού των πτώσεων. Αντίθετα, οι ασκήσεις ενδυνάμωσης και το περπάτημα μεμονωμένα δεν μείωσαν σημαντικά τις πτώσεις, αλλά έχουν γίνει λιγότερες έρευνες για τις παρεμβάσεις αυτές.

Σε προηγούμενη μέτα-ανάλυση που έκαναν οι Sherrington και Tiedemann εντόπισαν /αναγνώρισαν πως η εστίαση στον έλεγχο της στάσης είναι βασικό στοιχείο της άσκησης για την πρόληψη των πτώσεων (Sherrington et al., 2011). Επίσης, όρισαν την άσκηση ως υψηλής πρόκλησης για την ισορροπία βάση τριών κριτηρίων. Πρώτον, να πραγματοποιείται σε περιορισμένη βάση στήριξης (με τα πόδια κόντα το ένα στο άλλο ή στο ένα πόδι), δεύτερον να περιέχει ασκήσεις στις οποίες δεν χρησιμοποιούνται τα χέρια για τη στήριξη του σώματος και τρίτον να περιέχει ελεγχόμενες κινήσεις του σώματος στο χώρο. Τα προγράμματα άσκησης μέτριας (δύο από τα τρία κριτήρια) ή υψηλής (και τα τρία κριτήρια) δοκιμασίας της ισορροπίας είχαν 22% βελτίωση, ενώ παρεμβάσεις που δεν πληρούσαν κανένα από τα τρία κριτήρια δεν είχαν επίπτωση στις πτώσεις.

Παραδείγματα ασκήσεων για την ισορροπία και η πρόοδος αυτών φαίνεται στον Πίνακα 14. Επίσης, βρέθηκε πως μεγαλύτερη επίδραση έχουν οι ασκήσεις με υψηλότερο βαθμό δυσκολίας και δεν περιέχουν περπάτημα. Το περπάτημα αυξάνει την έκθεση στους περιβαλλοντικούς κινδύνους πτώσης και δεν επικεντρώνεται στην βελτίωση της ισορροπίας. Ως αποτέλεσμα της έρευνας αυτής και των ευρημάτων από άλλες μελέτες δημιουργήθηκε ένας οδηγός για τις ασκήσεις που αποτρέπουν τις πτώσεις (Πίνακας 14).

Άσκηση	Πρόοδος
Τέντωμα για να πιάσουν κάτι, βαθμιαία.	Μικρότερη απόσταση ποδιών. Μεγαλύτερο τέντωμα και σε διάφορες κατευθύνσεις. Πιάνουν αντικείμενο με μεγαλύτερο βάρος. Τεντώνονται προς τα κάτω σε ένα σκαμνί ή στο πάτωμα. Στέκονται σε μια πιο μαλακή επιφάνεια (πχ. αφρώδες ελαστικό τάπητα) Περπάτημα κατά το τέντωμα.
Βηματισμός σε διαφορετικές κατευθύνσεις.	Μεγαλύτερα ή γρηγορότερα βήματα. Βηματισμός πάνω από εμπόδια. Περιστροφή γύρω από ακίνητο πόδι.
Περπάτημα.	Μειωμένη βάση στήριξης (πχ το ένα πόδι μπροστά από το άλλο). Αύξηση μήκους βήματος και ταχύτητας. Βάδιση σε διάφορες κατευθύνσεις. Περπάτημα πάνω από εμπόδια. Περπάτημα με τη φτέρνα και τα δάκτυλα.
Σήκωμα από καρέκλα. Καθίστε για να σηκωθείτε	Χωρίς τη χρήση χεριών. Καρέκλα με χαμηλότερο ύψος. Πιο μαλακή καρέκλα. Προσθήκη βάρους.
Ανύψωση φτέρνας.	Μείωση της στήριξης στα χέρια. Ανύψωση για μεγαλύτερη διάρκεια. Ένα πόδι κάθε φορά. Προσθήκη βάρους.
Step-ups (μπροστά και πλάγια)	Μείωση της στήριξης στα χέρια. Μείωση του ύψους του step. Προσθήκη βάρους.
Κάθισμα στον τοίχο	Μείωση της στήριξης στα χέρια. Κάθισμα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Απομάκρυνση από τον τοίχο. Προσθήκη βάρους. Ένα πόδι κάθε φορά.

Πίνακας 14. Παραδείγματα ασκήσεων για την βελτίωση της ισορροπίας ηλικιωμένων ατόμων (Tiedemann et al 2011).

Η άσκηση πρέπει να είναι μέτριας ή υψηλής πρόκλησης της ισορροπίας.

Οι ασκήσεις πρέπει να στοχεύουν στη βελτίωση της ισορροπία σε τρία σημεία:

- μείωση της βάσης στήριξης
- μετακίνηση του κέντρου βάρους
- μείωση της ανάγκης για στήριξη στα άνω άκρα.

Η άσκηση πρέπει να γίνεται σε επαρκή διάρκεια.

- Η άσκηση πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον για δυο ώρες την εβδομάδα.

Είναι απαραίτητο η άσκηση να είναι συνεχής.

- Τα οφέλη της άσκησης χάνονται πολύ γρήγορα όταν η άσκηση διακοπεί.

Η άσκηση για την πρόληψη των πτώσεων πρέπει να απευθύνεται τόσο στο γενικό πληθυσμό όσο και στα άτομα υψηλού κινδύνου.

- Υπάρχει μεγαλύτερη επίδραση των προγραμμάτων στον γενικό πληθυσμό σε σχέση με τα άτομα υψηλού κινδύνου. Παρόλα αυτά όμως, στα άτομα υψηλού κινδύνου, που παρατηρούνται περισσότερες πτώσεις, αποτρέπεται μεγαλύτερος αριθμός αυτών.

Η άσκηση για την πρόληψη των πτώσεων μπορεί να γίνεται σε ομάδες ή στο σπίτι.

- Το άτομο που συμμετέχει σε ομαδικές ασκήσεις θα πρέπει πρέπει να γυμνάζεται και στο σπίτι, ώστε να λαμβάνει την συνιστώμενη δόση άσκησης.

Οι ασκήσεις ισορροπίας πρέπει να συνδυάζονται με περπάτημα, όμως στα άτομα που έχουν υψηλό κίνδυνο πτώσης δεν πρέπει να “συνταγογραφείται” έντονο περπάτημα.

- Το περπάτημα πρέπει να περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα παρέμβασης εφόσον δεν επιβαρύνει την ισορροπία.

Μαζί με τις ασκήσεις ισορροπίας πρέπει να γίνονται κι ασκήσεις ενδυνάμωσης.

- Η αποτελεσματική ενδυνάμωση επιβαρύνει τους μύες, για το λόγο αυτό πρέπει να επαναλαμβάνεται μέχρι 10 με 15 φορές, προτού προκαλέσει κόπωση των μυών.

Οι γυμναστές/προπονητές πρέπει να παραπέμπουν τα άτομα σε ειδικούς για να αντιμετωπίσουν τους άλλους παράγοντες κινδύνου.

- Τα ηλικιωμένα άτομα τα οποία κινδυνεύουν και από άλλους παράγοντες κινδύνου οι οποίοι δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με την άσκηση θα πρέπει να απευθύνονται σε ειδικές κλινικές ή γιατρούς.

Πίνακας 15. Ασκήσεις για την βελτίωση της ισορροπίας ηλικιωμένων ατόμων.

Παρόλο που η επισκόπηση των Sherrington και Tiedemann και του Cochrane ταξινόμησαν τις παρεμβάσεις διαφορετικά, τα αποτελέσματα ήταν σύμφωνα, γιατί οι ασκήσεις πολλών στοιχείων (οι οποίες βρέθηκαν αποτελεσματικές στην έρευνα του Cochrane) περιείχαν ασκήσεις για την βελτίωση της ισορροπίας, και το Tai Chi (το οποίο βρέθηκε αποτελεσματικό στην έρευνα του Cochrane) βοηθά στην βελτίωση της ισορροπίας.

Τα άμεσα αποδεικτικά στοιχεία για την διαφορική επίδραση των ασκήσεων στις πτώσεις είναι λίγα, διότι οι περισσότερες μελέτες δεν είναι αρκετά μεγάλες για εντοπίσουν τις επιδράσεις των παρεμβάσεων. Μια αξιοσημείωτη εξαίρεση

αποτελεί η έρευνα του Kemmler και των συνεργατών του (Kemmler et al., 2010), οι οποίοι βρήκαν πως μεγαλύτερη επίδραση είχαν οι ασκήσεις υψηλής έντασης.

Τα προγράμματα παρέμβασης που έχουν χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες μελέτες περιλαμβάνουν εξατομικευμένες ασκήσεις βασισμένες στις ικανότητες και τους περιορισμούς κάθε ατόμου (Εικόνα 19) (Skelton and Beyer, 2003).

Για παράδειγμα, το πρόγραμμα εξάσκησης Otago είναι ένα πρόγραμμα εκγύμνασης στο σπίτι το οποίο βρέθηκε πως μειώνει το ποσοστό των πτώσεων κατά 35% στα ηλικιωμένα άτομα που ζουν στην κοινότητα (Robertson et al., 2002). Το φυλλάδιο του προγράμματος διατίθεται δωρεάν στο ιντερνετ/ διαδίκτυο. Παραδείγματα ασκήσεων του προγράμματος Otago φαίνονται στις Εικόνες 17 και 18. Η διαδικτυακή εκπαίδευση του προγράμματος προσφέρεται από το Κέντρο Αγωγής της Υγείας της Βόρειας Καρολίνας North Carolina Area Health Education Center.

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση στην “συνταγογράφηση” ασκήσεων η οποία πρόσφατα βρέθηκε αποτελεσματική στην πρόληψη των πτώσεων (Clemson et al., 2012) είναι το πρόγραμμα LiFE (Lifestyle-integrated Functional Exercise) που αναπτύχθηκε από τον Clemson και τους συνεργάτες του. Στο πρόγραμμα LiFE οι συμμετέχοντες μαθαίνουν να ενσωματώνουν την άσκηση στην καθημερινή τους ρουτίνα/ στην καθημερινότητα τους, όπως να προσπαθούν να στέκονται στο ένα πόδι όσο περιμένουν να βράσει το νερό ή ενώ πλένουν τα δόντια τους, ή να σηκώνουν αντικείμενα από το πάτωμα κάνοντας βαθύ κάθισμα.

Σήκωμα από καρέκλα- με το ένα χέρι

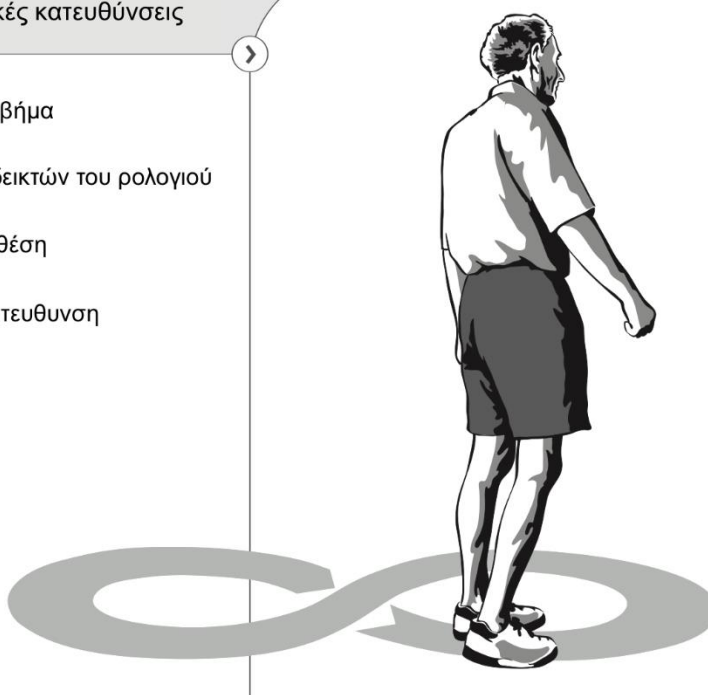
- ❶ Η άσκηση αυτή μπορεί να γίνει ενώ βλέπετε τηλεόραση
- ❷ Καθίστε σε μια καρέκλα όχι πολύ χαμηλή
- ❸ Βάλτε τα πόδια πίσω από τα γόνατα
- ❹ Σκύψτε προς τα γόνατα
- ❺ Χρησιμοποιήστε ένα χέρι για να σηκωθείτε
- ❻ Επαναλάβετε



Εικόνα 17. Σήκωμα από καρέκλα με το ένα χέρι (πρόγραμμα εξάσκησης Otago) (τροποποιημένη από OTAGO Exercise Programme).

Περπάτημα σε διαφορετικές κατευθύνσεις

- Περπάτημα με κανονικό βήμα
- Στροφή με τη φορά τον δεικτών του ρολογιού
- Επιστροφή στην αρχική θέση
- Στροφή στην αντίθετη κατεύθυνση
- Επανάληψη



Εικόνα 18. Περπάτημα σε διαφορετικές κατευθύνσεις (πρόγραμμα εξάσκησης Otago) (τροποποιημένη από OTAGO Exercise Programme).

Το πρόγραμμα άσκησης Otago επηρεάζει αποτελεσματικά την πρόληψη των πτώσεων στους ηλικιωμένους κατοίκους (Robertson et al., 2002), όμως/ αλλά σε παραγοντικές/factorial μελέτες δεν φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στα άτομα με σημαντικά προβλήματα όρασης (Campbell et al., 2005) ή σε άτομα που παίρνουν ψυχοδραστικά φάρμακα (Campbell et al., 1999).

Όμοια, ο ρόλος της άσκησης ως μόνη παρέμβαση στα άτομα με υψηλό κίνδυνο πτώσης δεν είναι ξεκάθαρος. Συχνά θεωρείται πως τα άτομα που έχουν/διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο πτώσης επωφελούνται περισσότερο από τις παρεμβάσεις. Αναμφίβολα, μια παρέμβαση παρόμοιας αποτελεσματικότητας θα αποτρέψει περισσότερες πτώσεις στο πληθυσμό υψηλού κινδύνου που βιώνει μεγαλύτερο απόλυτο αριθμό πτώσεων. Παρόλα αυτά/ Ωστόσο, η μέτα-ανάλυση των Sherrington και Tiedemann έδειξε σχετικά μικρότερα οφέλη μόνο από την άσκηση στα άτομα υψηλού κινδύνου (Sherrington et al., 2011). Τα αποτελέσματα αυτά διαφέρουν από τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του Cochrane στην οποία αναφέρεται πως η άσκηση πολλών συστατικών έχει τα ίδια αποτελέσματα τόσο στα άτομα υψηλού κινδύνου όσο και στα άτομα του γενικού πληθυσμού. Οι

διαφορές αυτές στα αποτελέσματα είναι πιθανό να οφείλονται στο γεγονός ότι οι Sherrington και Tiedemann στην μελέτη τους συμπεριέλαβαν άτομα που ζούν/διαμένουν σε οίκους ευγηρίας, έχοντας έτσι ένα μεγαλύτερο φάσμα κινδύνων, και περιέλαβαν επιπλέον το Tai Chi μαζί με τις άλλες μορφές άσκησης. Το Tai Chi στην αξιολόγηση του Cochrane φάνηκε να είναι λιγότερο αποτελεσματικό στον πληθυσμό υψηλού κινδύνου.

Έχει διερευνηθεί, επίσης, η προσθήκη επιμορφωτικών προγραμμάτων στα προγράμματα ασκήσεων. Καλύτερη επιμόρφωση σχετικά με τις πτώσεις και την ασφαλή κίνηση μπορεί να βοηθήσει στην βελτίωση της κινητικότητας των ατόμων μειώνοντας τις πτώσεις. Το πρόγραμμα “Stepping On” εστιάζει στην ενθάρρυνση των ατόμων να αναλάβουν πρωτοβουλία για την πρόληψη των πτώσεων έχοντας καλύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών κινδύνων πτώσης καθώς και της σημασίας της άσκησης. Το πρόγραμμα αυτό βρέθηκε να βελτιώνει τον ρυθμό πτώσεων κατά 31% μετά από επτά συνεδρίες (Clemson et al., 2004).

Πρόγραμμα Otago

Το πρόγραμμα Otago πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά στο Ντουνεντιν, Νέα Ζηλανδία. Το πρόγραμμα αποτελείται από εξατομικευμένες ασκήσεις για την ενδυνάμωση των μυών και ενίσχυση της ισορροπίας αυξανόμενης δυσκολίας, οι οποίες συνδυάζονται με ένα πρόγραμμα περπατήματος. Ένας φυσικοθεραπευτής ή μια ειδικά εκπαιδευμένη νοσοκόμα επισκέπτονται τον ασθενή στο σπίτι του, όπου “συνταγογραφούν” τις κατάλληλες εξετάσεις και παροτρύνουν τους ασθενείς να γυμνάζονται τρεις φορές την εβδομάδα και να περπατούν έξω από το σπίτι τουλάχιστον δυο φορές την εβδομάδα. Σε άτομα άνω των 80 ετών, το πρόγραμμα είχε αποτελεσματικότητα 40% (Robertson et al., 2002).

Tai Chi: κίνηση για καλύτερη ισορροπία

Το Tai Chi: κίνηση για καλύτερη ισορροπία αποτελείται από μια ώρα κινήσεων Tai Chi, στην οποία περιλαμβάνεται το ζέσταμα και η αποθεραπεία. Το πρόγραμμα αποτελείται από 24 μορφές Tai Chi οι οποίες εστιάζουν στην μετατόπιση βάρους, στην ευθυγράμμιση της στάσης και στο συντονισμό των κινήσεων. Τα μαθήματα διεξάγονται 3 φορές την εβδομάδα για 26 εβδομάδες. Το πρόγραμμα μείωσε τον κίνδυνο πτώσεων κατά 55% (Li et al., 2005).

Πρόγραμμα Stepping On

Το πρόγραμμα Stepping On αναπτύχθηκε στην Αυστραλία και αποτελείται από επτά εβδομαδιαίες τρίωρες συνεδριάσεις οι οποίες γίνονται σε χώρους της κοινότητας και ακολουθούνται από επισκέψεις στο σπίτι. Το ποσοστό πτώσεων μετά το πρόγραμμα αυτό μειώθηκε κατά 31% (Clemson et al., 2004).



Εικόνα 19. Συσχέτιση ασκήσεων με το βαθμό κινδύνου πτώσης (τροποποιημένη από Kaniewski et al., 2015).

Συμπεράσματα

Η παρούσα διατριβή είχε σκοπό την βιβλιογραφική ανασκόπηση της επίδρασης των πτώσεων στα κατάγματα του περιφερικού σκελετού σε ηλικιωμένους ασθενείς.

Ο πληθυσμός των ατόμων άνω των 65 ετών αυξάνεται συνεχώς, γεγονός που καθιστά τις πτώσεις ένα μείζον πρόβλημα υγείας αναφορικά με τη νοσηρότητα, τη θνητότητα και το κόστος της υγείας.

Η πτώση ορίζεται ως μια απροσδόκητη κάθοδος από όρθια, καθιστή ή κατακεκλιμένη θέση, με το ύψος της καθόδου να είναι μικρότερο ή ίσο του ενός μέτρου. Οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει πως το ποσοστό των ατόμων που υφίστανται τουλάχιστον μια πτώση σε περίοδο ενός χρόνου ποικίλει από 28 - 35% σε ηλικίες μεγαλύτερες των 65 ετών, με τα ποσοστά να αυξάνονται με την αύξηση της ηλικίας.

Οι πτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμούς και σε ορισμένες περιπτώσεις κατάγματα. Ακόμη και χωρίς κάποιο σοβαρό τραυματισμό, οι πτώσεις προκαλούν πόνο και επηρεάζουν την αυτοπεποίθηση των ατόμων. Οι σωματικές και ψυχολογικές συνέπειες των πτώσεων μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη λειτουργικότητα, νοσηρότητα και περιορισμένη κοινωνικότητα, πρόωρη ιδρυματοποίηση και ανικανότητα/αναπηρία.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η συντριπτική πλειοψηφία των πτώσεων δεν οδηγούν σε κάταγμα, ακόμα και σε γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα, υποδεικνύοντας πως τα χαρακτηριστικά της πτώσης έχουν καθοριστικό ρόλο στην πρόκληση ή μη κατάγατος. Πέραν από την αντοχή των οστών, ο μηχανισμός της πτώσης, η ενέργεια κρούσης από την πτώση και η απορρόφηση ενέργειας από τους μαλακούς ιστούς που βρίσκονται στο σημείο πρόσκρουσης έχουν καθοριστικό ρόλο στα οστεοπορωτικά κατάγματα.

Οι επιδημιολογικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τις τελευταίες δεκαετίες έδειξαν πως οι παράγοντες κινδύνου μπορούν να διαχωριστούν σε ενδογενείς και εξωγενείς. Οι ενδογενείς παράγοντες αφορούν τα άτομα και περιλαμβάνουν την προχωρημένη ηλικία, τις χρόνιες νόσους, την νοητική εξασθένηση, τη βάδιση και τις διαταραχές ισορροπίας. Οι εξωγενείς παράγοντες περιλαμβάνουν τη χρήση φαρμάκων, περιβαλλοντικούς κινδύνους και επικίνδυνες δραστηριότητες. Τα

προβλήματα ισορροπίας και βάρδισης αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα κινδύνου πτώσεως των ηλικιωμένων όπως έχει αναφερθεί σε πολλές μελέτες. Παρόλα αυτά, δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα πλήρως πως τα προβλήματα ισορροπίας και βάρδισης επηρεάζουν την κινητικότητα και την κοινωνική δραστηριότητα των ατόμων.

Με την γήρανση του πληθυσμού, τα προβλήματα που σχετίζονται με τις πτώσεις κλιμακώνονται, για το λόγο αυτό χρειάζεται μια αποτελεσματική παρέμβαση για την πρόληψη των πτώσεων. Κάθε στρατηγική για την πρόληψη των πτώσεων για να είναι αποτελεσματική πρέπει να είναι αποδεκτή και εύκολα εφαρμόσιμη από τον πάσχοντα πληθυσμό στην καθημερινή πρακτική. Επίσης, πρέπει να είναι αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική.

Τα προγράμματα πρόληψης των πτώσεων αποσκοπούν στην αύξηση της λειτουργικής ικανότητας, την μείωση του αριθμού των πτώσεων και την πρόληψη των πτώσεων καθώς και στη μείωση των τραυματισμών που οφείλονται σε αυτές. Όταν οι πτώσεις οφείλονται σε ιατρικά προβλήματα, αυτά θα πρέπει να διαγνωστούν και να γίνουν οι κατάλληλες παρεμβάσεις.

Βιβλιογραφία

Abram, W., Beer, M., Berkow, R., Fletcher, A. & Chir, M.B. (1995) Falls and gait disorders. In *The Merck Manual of Geriatrics*, 2nd Edn Rahway, N.J. Merck Research Laboratories Press, Whitehouse Station, NJ, USA, pp. 65–78.

Adamo ML, Farrar RP. Resistance training and IGF involvement in the maintenance of muscle mass during the aging process. *Ageing Res Rev* 2006;5: 310-31.

Adams JE. Quantitative computed tomography. *Eur J Radiol* 2009; 71: 415-424 [PMID: 19682815 DOI: 10.1016/j.ejrad.2009.04.074]

Adams JE. Radiogrammetry and radiographic absorptiometry. *Radiol Clin North Am* 2010; 48: 531-540 [PMID: 20609890 DOI: 10.1016/j.rcl.2010.03.006]

Agency for Healthcare Research and Quality. Hormone replacement therapy guidelines. National Guidelines Clearinghouse [on-line]. Available: <http://www.guidelines.gov>, 2000.

Ahlborg HG, Johnell O, Turner C, et al. Bone loss and bone size after menopause. *N Engl J Med*. 2003;349(4):327–34.

Alexander, N.B., 1996. Gait disorders in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society* 44 (4), 434–451.

Alexandr, N. (2002) *Falls. Chapter 20*. Available at: <http://www.merck.com>(accessed 12 December 2003).

Alexandre TS, Meira DM, Rico NC, Mizuta SK. Accuracy of Timed Up and Go Test for screening risk of falls among community-dwelling elderly. *Rev Bras Fisioter*. 2012;16(5):381- 8. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552012005000041>. PMID:22858735.

Allen MR, Burr DB. Bisphosphonate effects on bone turnover, microdamage, and mechanical properties: What we think we know and what we know that we don't know. *Bone*. 2011;49(1):56–65. Excellent review on the potential deleterious effects of this group of drugs on bone mechanical properties.

Allet L, Armand S, de Bie RA et al. Clinical factors associated with gait alterations in diabetic patients. *Diabet Med* 2009; 26: 1003–9.

Allet L, Armand S, Golay A, Monnin D, de Bie RA, de Bruin ED. Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev* 2008; 24: 173–91.

American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc*. 2001; 49(5): 664–672. PMID: 11380764

American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention, 2010. Guideline for the prevention of falls in older persons. *Journal of the American Geriatric Society*.

American Medical Directors Association. Falls and Fall Risk Clinical Practice Guideline. Columbia, MD: Author; 2003. Available: www.amda.com/info/cpg/falls.htm. Cited April 4, 2006.

Ammann P, Rizzoli R. Bone strength and its determinants. *Osteoporos Int*. 2003; 14(Suppl 3):S13– S18. [PubMed: 12730800]

Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1994; 843: 1-129 [PMID:7941614]

Atkinson EJ, Therneau TM, Melton LJ, et al. Assessing fracture risk using gradient boosting machine (GBM) models. *J Bone Miner Res*. 2012; 27:1397–404.

Balance Impairment in Patients with COPD, Alexandru Florian Crişan, Cristian Oancea, Bogdan Timar, Ovidiu Fira-Mladinescu, Voicu Tudorache, *PLOS ONE* | DOI:10.1371/journal.pone.0120573 March 13, 2015

Bassey E J, Bendall M J, Pearson M. Muscle strength in the triceps surea and objectively measured customary walking activity in men and women over 65 years of age. *Clin Sci* 1988; 74: 85-89.

Bastow MD, Rawlings J, Allison SP. Undernutrition, hypothermia, and injury in elderly women with fractured femur: an injury response to altered metabolism. *Lancet* 1983; 1: 143–6.

Bath PA, Morgan K. Differential risk factor profiles for indoor and outdoor falls in older people living at home in Nottingham, UK. *Eur J Epidemiol* 1999; 15: 65–73.

Bell KL, Loveridge N, Jordan GR, et al. A novel mechanism for induction of increased cortical porosity in cases of intracapsular hip fracture. *Bone*. 2000;27(2):297–304.

Bendall, M J, Bassey E J, Pearson M B. Factors affecting walking speed of elderly people. *Age Ageing* 1989; 18: 3277332.

Benito M, Gomberg B, Wehrli FW, et al. Deterioration of trabecular architecture in hypogonadal men. *J Clin Endocrinol Metab*. 2003; 88:1497–1502. [PubMed: 12679429]

Berg, W.P., Alessio, H.M., Mills, E.M., Tong, C., 1997. Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. *Age and Ageing* 26 (4), 261–268.

Bergland A, Jarnlo G-B, Laake K: Predictors of falls in the elderly by location. *Aging Clin Exp Res* 2003, 15:43–50.

Bergland A, Pettersen A, Laake K: Falls reported among elderly Norwegians living at home. *Physiotherapy research international. J Res Clin Phys Ther* 1998, 3(3):164–174.

Bergland, A., Jarnlo, G.B., Laake, K., 2003. Predictors of falls in the elderly by location. *Aging Clinical and Experimental Research* 15 (1), 43–50.

Berry SD, Miller RR: Falls: epidemiology, pathophysiology, and relationship to fracture. *Curr Osteoporos Rep* 2008, 6(4):149–154.

Blake AJ, Morgan K, Bendall MJ et al. Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing* 1988; 17: 365–72.

Blin O, Ferrandez AM, Serratrice G. Quantitative analysis of gait in Parkinson patients: increased variability of stride length. *J Neurol Sci* 1990;98:91 – 7.

Bloch F, Thibaud M, Tournoux-Facon C *et al.* Estimation of the risk factors for falls in the elderly: can meta-analysis provide a valid answer? *Geriatr Gerontol Int* 2013; 13: 250– 263.

Bloem BR, Grimbergen YA, Cramer M, Willemsen M, Zwinderman AH. Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. *J Neurol* 2001; 248(11):950-8.

Boivin G, Bala Y, Doublier A, et al. The role of mineralization and organic matrix in the microhardness of bone tissue from controls and osteoporotic patients. *Bone*. 2008;43(3):532–8.

Boutroy S, Van Rietbergen B, Sornay-Rendu E, et al. Finite element analysis based on in vivo hr- pqct images of the distal radius is associated with wrist fracture in postmenopausal women. *J Bone Miner Res*. 2008; 23:392–9. [PubMed: 17997712]

Bouxsein ML, Seeman E. Quantifying the material and structural determinants of bone strength. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2009;23(6):741–53.

Brennan P, Pescatello LS, Bohannon RW, et al. Time spent moving is related to systolic blood pressure among older women. *Prev Cardiol* 2005;8:160-4.

Brouwer BJ, Walker C, Rydahl SJ, et al. Reducing fear of falling in seniors through education and activity programs: a randomized trial. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51:829-34.

Bruce DG, Devine A, Prince RL. Recreational physical activity levels in healthy older women: the importance of fear of falling. *J Am Geriatr Soc* 2002; 50: 84–9.

Buckwalter J A. Kuettner K E, Thonar E J-M. Age related [541] : changes in articular cartilage proteoglycans: Electromicroscopic studies. *J Orthop Res* 1985; 3: 25 I-257.

Burghardt AJ, Kazakia GJ, Sode M, et al. A longitudinal hr-pqct study of alendronate treatment in postmenopausal women with low bone density: relations among density, cortical and trabecular microarchitecture, biomechanics, and bone turnover. *J Bone Miner Res*. 2010; 25:2558–71. [PubMed: 20564242]

Burr DB, Forwood MR, Fyhrie DP, et al. Bone microdamage and skeletal fragility in osteoporotic and stress fractures. *J Bone Miner Res*. 1997;12(1):6–15.

Burr DB. Targeted and nontargeted remodeling. *Bone*. 2002;30(1):2–4.

Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF, Jackson SL, Brown JS, Fitzgerald JL: Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study. *Age Ageing* 1990, 19(2):136–141.

Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF. Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older. *J Geront:Med Sci* 1989;44:112–7.

Campbell AJ, Reinken J, Allan BC, Martinez GS. Falls in old age: a study of frequency and related clinical factors. *Age ageing* 1981; 10: 264–70.

Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, Norton RN, Buchner DM. Psychotropic medication withdrawal and a home based exercise programme to prevent falls: results of a randomised controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 1999;47:850–853.

Campbell AJ, Robertson MC, La Grow SJ, Kerse NM, Sanderson GF, Jacobs RJ, et al. Randomised controlled trial of prevention of falls in people aged ≥ 75 with severe visual impairment: the VIP trial. *BMJ*. 2005;331(7520):817.

Campbell AJ, Spears GFS, Borrie MJ, Fitzgerald JL. Falls, elderly women and the cold. *Gerontology* 1988; 34: 205–8.

Campbell, J.A., Borrie, M.J., Spears, G.F., 1989. Risk factors for falls in a community- based prospective study of people 70 years and older. *The Journal of Gerontology: Medicine Science* 44, M112–117.

CDC: Center for disease control and prevention: cost of falls among older adults. www.cdc.gov Accessed April 6th 2013.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Nonfatal bathroom injuries among persons aged ≥ 15 years--United States, 2008. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2011 Jun 10;60(22):729-33.

Chandler, J.M., Duncan, P.W., Kochersberger, G., Studenski, S., 1998. Is lower extremity strength gain associated with improvement in physical performance and

disability in frail, community-dwelling elders? Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 79 (1), 24–30.

Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ, Mojica WA, Maglione M, Suttrop MJ, Roth EA, Shekelle PG: Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. Brit Med J 2004, 328(7441):680–683.

Chappard D, Basle MF, Legrand E, Audran M. Trabecular bone microarchitecture: a review. Morphologie 2008; 92: 162-70.

Chastin, S., Ferriolli, E., Stephens, N., Fearon, K., & Greig, C. (2012). Relationship between sedentary behaviour, physical activity, muscle quality and body composition in healthy older adults. Age and Ageing, 41(1), 111–114.

Chew M, Chiang PP, Zheng Y, Lavanya R, Wu R, Saw SM, et al. The impact of cataract, cataract types, and cataract grades on vision-specific functioning using Rasch analysis. Am J Ophthalmol 2012;154(1):29-38.

Clark J E. Dynamical systems perspective on gait. In: Craik R B and Oatis C A, eds. Gait Analysis. Theory and Application. St-Louis: Mosby, 1995: 79-86.

Clemson L, Cumming RG, Kendig H, Swann M, Heard R, Taylor K. The effectiveness of a community-based program for reducing the incidence of falls in the elderly: a randomized trial. J Am Geriatr Soc. 2004;52(9):1487–1494.

Clemson L, Cumming RG, Roland M. Case-control study of hazards in the home and risk of falls and hip fractures. Age Ageing 1996; 25: 97–101.

Clemson L, Fiatarone Singh MA, Bundy A, Cumming RG, Manollaras K, O'Loughlin P, et al. Integration of balance and strength training into daily life activity to reduce rate of falls in older people (the LiFE study): randomised parallel trial. BMJ. 2012;345.

Clemson, L., Singh, M., Bundy, A., Cumming, R., Weissel, E., Munro, J., et al. (2010). LiFE pilot study: A randomised trial of balance and strength training embedded in daily life activity to reduce falls in older adults. Australian Occupational Therapy, 57(1), 42–50.

Close JCT: Prevention of falls in older people. *Disabil Rehabil* 2005, 27(18–19):1061–1071.

Close, J. & Glucksman, E. (2001) *Falls in the Elderly=What Can Be Done?* Available at: <http://www.mya.com> (accessed 12 December 2003).

Connell BR, Wolf SL. Environmental and behavioral circumstances associated with falls at home among healthy elderly individuals. Atlanta FICSIT Group. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78(2):179-86.

Crisan AF, Oancea C, Timar B, Fira-Mladinescu O, Tudoravhe V. Balance Impairment in Patients with COPD. DOI:10.1371/journal.pone.0120573 March 13, 2015.

Cruz DT, Ribeiro LC, Vieira MT, Teixeira MT, Bastos RR, Leite IC. Prevalência de quedas e fatores associados em idosos. *Rev Saude Publica*. 2012;46(1):138-46. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102011005000087>. PMID:22183513.

Cumming RG, Thomas M, Szonyi G, Salkeld G, O'Neill E, Westbury C, et al. Home visits by an occupational therapist for assessment and modification of environmental hazards: a randomized trial of falls prevention. *J Am Geriatr Soc* 1999;47:1397-402.

Cummings SR, Bates D, Black DM. Clinical use of bone densitometry: Scientific review. *JAMA*. 2002;288(15):1889–97.

Cummings SR, Nevitt MC (1994) Non-skeletal determinants of fractures: the potential importance of the mechanics of falls. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Osteoporos Int* 4(Suppl 1):67–70

Cummings SR, Nevitt MC. A hypothesis: the causes of hip fractures. *J Gerontol Med Sci* 1989;44:M107-11.

Cummings, Nevitt MC, Kidd S. Forgetting falls. The limited accuracy of recall of falls in the elderly. *J Am Geriatr Soc* 1988; 36: 613–6.

Currey JD, Brear K, Zioupos P. The effects of ageing and changes in mineral content in degrading the toughness of human femora. *J Biomech*. 1996;29(2):257–60.

Currey JD. The effects of drying and re-wetting on some mechanical properties of cortical bone. *J Biomech.* 1988;21(5):439–41.

Danielson ME, Beck TJ, Karlamangla AS, et al. A comparison of DXA and CT based methods for estimating the strength of the femoral neck in post-menopausal women. *Osteoporos Int.* 2013;24(4):1379–88. Study of the two methods commonly used for the calculations in finite element analyses.

Davis J, Robertson M, Ashe M, Liu-Ambrose T, Khan K, Marra C: International comparison of cost of falls in older adults living in the community: a systematic review. *Osteoporos Int* 2010, 21(8):1295–1306.

Davis JW, Nevitt MC, Wasnich RD, Ross PD. A cross- cultural comparison of neuromuscular performance, functional status and falls between Japanese and white women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999; 54: M288–92.

Dean E, Ross J. Relationships among cane fitting, function, and falls. *Phys Ther* 1993;73:494-504

Deandrea S, Lucenteforte E, Bravi F, Foschi R, La Vecchia C, Negri E. Risk factors for falls in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology* 2010;21:658–68.

Desapriya E, Subzwari S, Scime-Beltrano G, Samayawardhena LA, Pike I. Vision improvement and reduction in falls after expedited cataract surgery Systematic review and meta-analysis. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(1):13-19.

DeVita, P., Hortobagyi, T., 2000. Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *Journal of Applied Physiology* 88 (5), 1804–1811.

Dezna C. SBBH. *Theory and Practice of Histotechnology.* Saint Louis: 1973

Diez-Perez A, Olmos JM, Nogues X, et al. Risk factors for prediction of inadequate response to antiresorptives. *J Bone Miner Res.* 2012;27(4):817–24.

Dingwell, J.B., Cavanagh, P.R., 2001. Increased variability of continuous overground walking in neuropathic patients is only indirectly related to sensory loss. *Gait & Posture* 14 (1), 1–10.

Dingwell, J.B., Cusumano, J.P., 2000. Nonlinear time series analysis of normal and pathological human walking. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* 10 (4), 848–863.

Dontas IA and Yiannakopoulos CK, Risk factors and prevention of osteoporosis-related fractures, *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2007; 7(3):268-272

Douglas S, Bunyan A, Chiu KH et al. Seasonal variation of hip fracture at three latitudes. *Injury* 2000; 31: 11–9.

Downton JH, Andrews K. Prevalence, characteristics and factors associated with falls among the elderly living at home. *Aging* 1991; 3: 219–28.

Ebacher V, Tang C, McKay H, et al. Strain redistribution and cracking behavior of human bone during bending. *Bone*. 2007;40(5): 1265–75.

Ersoy 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):660-5. <http://dx.doi.org/10.1159/000235652>. PMID:19690394.

Faulkner KG, Cummings SR, Black D, Palermo L, Gltier C-C, Genant HK. Simple measurement of femoral geometry predicts hip fracture: the study of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 1993; 10:1211-7.

Felsenberg D, Boonen S. The bone quality framework: Determinants of bone strength and their interrelationships, and implications for osteoporosis management. *Clin Ther*. 2005;27(1):1–11.

Ferrandez A-M, Pailhous J, Durup M. Slowness in elderly gait. *Exp Aging Res* 1990; 16: 79-89.

Ferreira A, Drueke TB. Biological markers in the diagnosis of the different forms of renal osteodystrophy. *Am J Med Sci* 2000; 320: 85-89.

Ferreira A, Frazao JM, Monier-Faugere MC, et al. Effects of sevelamer hydrochloride and calcium carbonate on renal osteodystrophy in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 2008; 19: 405-412.

Ferreira A, Saraiva M, Behets G, et al. Evaluation of bone re- modeling in hemodialysis patients: serum biochemistry, circulating cytokines and bone histomorphometry. *J Nephrol* 2009; 22: 783-793.

Ferreira A. Development of renal bone disease. *Eur J Clin Invest* 2006; 36 Suppl 2: 2-12.

Fick DM, Cooper JW, Wade WE, et al. Updating the Beers criteria for potentially inappropriate medication use in older adults. *Arch Intern Med* 2003;163:2716-24.

Fjeldstad, C., Fjeldstad, A., Acree, L., Nickel, K., & Gardner, A. (2008). The influence of obesity on falls and quality of life. *Dynamic Medicine*, 7, 4. <http://dx.doi.org/10.1186/1476-5918-7-4>

Fletcher PC, Hirdes JP. Risk factors for falling among community-based seniors using home care services. *J Gerontol* 2002; 57A: M504–10.

Foley AL, Loharuka S, Barrett JA et al. Association between the Geriatric Giants of urinary incontinence and falls in older people using data from the Leicestershire MRC Incontinence Study. *Age Ageing* 2012; 41: 35–40.

Ford JC, Wehrli FW, Chung HW. Magnetic field distribution in models of trabecular bone. *Magn Reson Med*. 1993; 30:373–379. [PubMed: 8412611]

Friedman SM, Munoz B, West SK, et al. Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Geriatr Soc* 2002;50:1329-35.

Fujimoto K, Kondo H, Okada K et al. A comparison between three methods to investigate falls among the elderly living in the community. *Nippon Koshu Eisei Zasshi* 2000; 47: 430–9.

Fuller, G. (2000) *Falls in the Elderly – American Family Physician*. Available at: <http://www.article.html> (accessed 14 February 2002).

Fuller, G. (2002) *Falls in the Elderly*. Available at: <http://www.aafp.org/afp> (accessed 14 February 2002).

Gabell A, Simons MA, Nayak USL. Falls in the healthy elderly: predisposing causes. *Ergonomics* 1985; 28: 965–75.

Gallagher JC, Rapuri PB, Smith LM: An age-related decrease in creatinine clearance is associated with an increase in number of falls in untreated women but not in women receiving calcitriol treatment. *BMC Cardiovasc Disord* 2007, 92(1):51–58.

Ganz DA, Bao Y, Shekelle PG, Rubenstein LZ. Will my patient fall? *JAMA*. 2007;297(1):77-86. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.297.1.77>. PMID:17200478.

Gassmann KG, Rupprecht R, Freiburger E. Predictors for occasional and recurrent falls in community-dwelling older people. *Z Gerontol Geriatr* 2009;42: 3–10.

Gill TM, Williams CS, Tinetti ME. Environmental hazards and the risk of non-syncopal falls in the homes of community-living older persons. *Med Care* 2000; 38: 1174–83.

Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 2005;(1):CD000340.

Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Lamb SE, Gates S, Cumming RG, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012.

Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G., & Rowe, B. H. (2004). Interventions for preventing falls in elderly people (Cochrane Review). The Cochrane library, issue 3. Chichester, UK' John Wiley & Sons, Ltd.

Glass, J., Lanctot, K., Hermann, N., Sproule, B., & Busto, U. (2005). Sedative hypnotics in older people with insomnia: Meta-analysis of risks and benefits. *British Medical Journal*, 331, 1169. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.38623.768588.47>

Gnjidic D, Hilmer SN, Blyth FM *et al*. Polypharmacy cutoff and outcomes: five or more medicines were used to identify community-dwelling older men at risk of different adverse outcomes. *J Clin Epidemiol* 2012; 65: 989–995.

Gobert M, D'hoore W. Prevalence of psychotropic drug use in nursing homes for the aged in Quebec and in the French-speaking area of Switzerland. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2005;20:712e721.

Gomberg BR, Saha PK, Wehrli FW. Method for cortical bone structural analysis from magnetic resonance images. *Acad Radiol*. 2005; 12:1320–1332. [PubMed: 16179209]

Graafmans WC, Ooms ME, Hofstee HMA, Bezemer PD, Bouter LM, Lips P. Falls in the elderly: a prospective study of risk factors and risk profiles. *Am J Epidemiol* 1996;143:1129–36.

Graeff C, Marin F, Petto H, et al. High resolution quantitative computed tomography-based assessment of trabecular microstructure and strength estimates by finite-element analysis of the spine, but not DXA, reflects vertebral fracture status in men with glucocorticoid-induced osteoporosis. *Bone*. 2013;52(2):568–77.

Gregg EW, Mangione CM, Cauley JA et al. Diabetes and incidence of functional disability in older women. *Diabetes Care* 2002; 25: 61–7.

Gulwadi GB, Keller AB. Falls in healthcare settings. *Health Design* 2009.

Hahn, M.E., Lee, H.-J., Chou, L.-S., 2005. Increased muscular challenge in older adults during obstructed gait. *Gait & Posture* 22 (4), 356–361.

Hamlin C R, Kohn R R. Determination of humans' chronological age by a study of a collagen sample. *Exp Gerontol* 1972; 7: 377-379.

Hausdorff JM, Balash J, Giladi N. Effects of cognitive challenge on gait variability in patients with Parkinson's disease. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 2003;16(1):53-8.

Hausdorff JM, Cudkovicz ME, Firtion R, Wei JY, Goldberger AL. Gait variability and basal ganglia disorders: stride-to-stride variations of gait cycle timing in Parkinson's disease and Huntington's disease. *Mov Disord* 1998;13:428 – 37.

Hausdorff, J.M., Rios, D.A., Edelberg, H.K., 2001. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82 (8), 1050–1056.

Hayes WC, Myers ER, Morris JN, Gerhart TN, Yett HS, Lipsitz LA. Impact near the hip dominates fracture risk in elderly nursing home residents who fall. *Calcif Tissue Int* 1993;52:192-8.

Hayes WC, Piazza SJ, Zysset PK. Biomechanics of fracture risk prediction of the hip and spine by quantitative computed tomography. *Radiol Clin North Am* 1991;29:1-18.

Hernandez JD, Wesseling K, Pereira R, Gales B, Harrison R, Salsky IB. Technical approach to iliac crest biopsy. *Clinical journal of the American Society of Nephrology : CJASN* 2008; 3 Suppl 3: S164-9.

Hildebrand T, Rüegsegger P. A new method for the model-independent assessment of thickness in three-dimensional images. *J Microsc.* 1997; 185:67–75.

Hill K, Schwarz J, Flicker L, Carroll S. Falls among healthy, community-dwelling, older women: a prospective study of frequency, circumstances, consequences and prediction accuracy. *Aust NZ J Public Health* 1999; 23: 41–8.

Hill KD, Wee R. Psychotropic drug-induced falls in older people: a review of interventions aimed at reducing the problem. *Drugs Aging.* 2012;29:15e30.

Himann J E, Cunningham D A, Rechnitzer P A. Peterson D B. Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sp Exerc* 1988; 20: 161-166.

Himes, C., & Reynolds, S. (2012). Effect of obesity on falls, injury, and disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(1), 124–129.

Holmberg J, Karlberg M, Harlacher U, Magnusson M. Experience of handicap and anxiety in phobic postural vertigo. *Acta Otolaryngol* 2005;125:270–5.

Holviola, J.H.S., Sallinen, J.M., Kraemer, W.J., Alen, M.J., Häkkinen, K.K.T., 2006. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and balance in middle-aged and older women. *Journal of Strength & Conditioning Research* 20 (2), 336–344.

Howe TE, Rochester L, Neil F, Skelton DA, Ballinger C. Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011.

Howland J, Peterson EW, Levin WC, Fried L, Pordon D, Bak S. Fear of falling among the community-dwelling elderly. *J Aging Health* 1993; 5: 229–43.

Huang TT. Home environmental hazards among community-dwelling elderly persons in Taiwan. *J Nurs Res*. 2005 Mar;13(1):49-57.

Huntzinger A, AGS Releases Guideline for Prevention of Falls in Older Persons (2010), *American Family Physician* Volume 82

Hwang SN, Wehrli FW, Williams JL. Probability-based structural parameters from three- dimensional nuclear magnetic resonance images as predictors of trabecular bone strength. *Med Phys*. 1997; 24:1255–1261. [PubMed: 9284249]

Inman V T, Ralston H J, Todd F. *Human Walking*. Baltimore: Williams-Wilkins, 1981

Isaacs B. Falls. In Exton-Smith AN, Weksler ME eds. *Practical Geriatric Medicine*. New York: Churchill Livingstone, 1985; 154–60.

Isberner F, Ristzel D, Sarvela O, Brown K, Hu P, Newbolds D. Falls in elderly rural home health clients. *Home Health Care Serv Q* 1998; 17: 41–51.

Jacobsen SJ, Sargent DJ, Atkinson EJ et al. Contribution of weather to the seasonality of distal forearm fractures: a population-based study in Rochester, Minnesota. *Osteoporos Int* 1999; 9: 254–9.

Johnell O, Melton 3rd LJ, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Kurland LT. Fracture risk in patients with parkinsonism: a population-based study in Olmsted County, Minnesota. *Age Ageing* 1992;21(1):32-8.

Jonsson R, Sixt E, Landahl S, Rosenhall U. Prevalence of dizziness and vertigo in an urban elderly population. *J Vestib Res* 2004;14:47–52.

Judge J O, Davis R B, Ounpuu S. Step length reduction in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. *J Gerontol Med Sci* 1996; 51A: M303- M312.

Kadam UT. Potential health impacts of multiple drug pre- scribing for older people: a case-control study. *Br J Gen Pract* 2011; 61: 128–130.

Kalender WA. CT: the unexpected evolution of an imaging modality. *Eur Radiol* 2005; 15 Suppl 4: D21-D24 [PMID: 16479640 DOI: 10.1007/s10406-005-0128-3]

Kalyani RR, Stein B, Valiyil R, Manno R, Maynard JW, Crews DC: Vitamin D treatment for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 2010, 58(7):1299–1310.

Kannus P, Parkkari J, Koskinen S et al. Fall-induced injuries and deaths among older people. *JAMA* 1999; 281: 1895–9.

Kannus P, Parkkari J, Niemi S, et al. Prevention of hip fracture in elderly people with use of a hip protector. *N Engl J Med* 2000;343:1506-1513

Keegan TH, Kelsey JL, King AC, Quesenberry CP Jr, Sidney S. Characteristics of fallers who fracture at the foot, distal forearm, proximal humerus, pelvis, and shaft of the tibia/fibula compared with fallers who do not fracture. *Am J Epidemiol*. 2004;159(2):192-203.

Kelsey JL, Browner WS, Seeley DG, Nevitt MC, Cummings SR. Risk factors for fractures of the distal forearm and proximal humerus. *Am J Epidemiol* 1992;135:477±89.

Kelsey JL, Procter-Gray E, Berry SD, Hannan MT, Kiel DP, Lipsitz LA, Li W: Reevaluating the implications of recurrent falls in older adults: Location changes the inference. *J Am Geriatr Soc* 2012, 60:517–524.

Kelsey JL, Procter-Gray E, Hannan MT, Li W: Heterogeneity of falls among older adults: Implications for public health prevention. *Am J Public Health* 2012, 102:2149–2156.

Kelsey, J., Berry, S., Procter-Gray, E., Quach, L., Nguyen, U., Li, W., et al. (2010). Indoor and outdoor falls in older adults are different: The maintenance of balance, independent living, intellect, and zest in the elderly of Boston study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(11), 2135–2141.

Kemmler W, von Stengel S, Engelke K, Haberle L, Kalender WA. Exercise effects on bone mineral density, falls, coronary risk factors, and health care costs in older women: the randomized controlled senior fitness and prevention (SEFIP) study. *Arch Intern Med*. 2010;170(2):179–185.

Kerrigan, D.C., Lee, L.W., Collins, J.J., Riley, P.O., Lipsitz, L.A., 2001. Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82 (1), 26–30.

Kiely, D.K., Kiel, D.P., Burrows, A.B., Lipsitz, L.A., 1998. Identifying nursing home residents at risk for falling. *Journal of the American Geriatric Society* 46, 551–555.

King MB, Tinetti ME. Falls in community-dwelling older persons. *JAGS* 1995;43:1146–54.

Kinn S, Clawson D. Health visitor risk assessment for preventing falls in elderly people. *Br J Nurs* 2002; 11: 316–21.

Kleerekoper M, Villanueva AR, Stanciu J, et al. The role of three- dimensional trabecular microstructure in the pathogenesis of verte- bral compression fractures. *Calcif Tissue Int.* 1985;37(6):594–7.

Koepsell TD, Wolf ME, Buchner DM, Kukull WA, LaCroix AZ, Tencer AF, Frankenfeld CL, Tautvydas M, Larson EB. Footwear style and risk of falls in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(9):1495-1501

Koester KJ, Ager 3rd JW, Ritchie RO. The true toughness of human cortical bone measured with realistically short cracks. *Nat Mater.* 2008;7(8):672–7.

Kojima T, Akishita M, Nakamura T *et al.* Polypharmacy as a risk for fall occurrence in geriatric outpatients. *Geriatr Gerontol Int* 2012; 12: 425–430.

Koski K, Luukinen H, Laippala P, Kivela SL. Physiological factors and medications as predictors of injurious falls by elderly people: a prospective population-based study. *Age Ageing* 1996; 25: 29–38.

Krug R, Banerjee S, Han ET, et al. Feasibility of in vivo structural analysis of high-resolution magnetic resonance images of the proximal femur. *Osteoporos Int.* 2005; 16:1307–1314. [PubMed: 15999292]

Krug R, Larson PEZ, Wang C, et al. Ultrashort echo time MRI of cortical bone at 7 tesla field strength: a feasibility study. *J Magn Reson Imaging.* 2011 Epub ahead of print. 10.1002/jmri. 22648

Kunkel D, Pickering RM, Ashburn AM. Comparison of retrospective interviews and prospective diaries to facilitate fall reports among people with stroke. *Age Ageing*. 2011;40(2):277-80. <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afq177>. PMID:21242191.

Kwan M-S, Close J, Wong A, Lord S: Falls incidence, risk factors, and consequences in Chinese older people: a systematic review. *J Am Geriatr Soc* 2011, 59(3):536–543.

Laib A, Häuselmann HJ, Rüegsegger P. In vivo high resolution 3D-QCT of the human forearm. *Technol Health Care*. 1998; 6:329–37. [PubMed: 10100936]

Laib A, Newitt DC, Lu Y, et al. New model-independent measures of trabecular bone structure applied to in vivo high-resolution mr images. *Osteoporos Int*. 2002; 13:130–136. [PubMed: 11905523]

Lamb SE, Jørstad-Stein EC, Hauer K, Becker C: Development of a common outcome data set for fall injury prevention trials: The Prevention of Falls Network Europe consensus. *J Am Geriatr Soc* 2005, 53:1618–1622.

Landy DC, Mintzer MJ, Dearwater SR, Graygo JA, Schulman CI: Fatal falls in an ethnically diverse urban community: The link between demographic factors and the circumstances surrounding fatal falls. *Southern Med J* 2012, 105:405–410.

Lauritzen JB, Petersen MM, Lund B. Effect of external hip protectors on hip fractures. *Lancet* 1993;341:11-3.

Lawson J, Fitzgerald J, Birchall J, Aldren CP, Kenny RA. Diagnosis of geriatric patients with severe dizziness. *J Am Geriatr Soc* 1999;47:12–7.

Legrand E, Chappard D, Pascaretti C, et al. Trabecular bone microarchitecture, bone mineral density, and vertebral fractures in male osteoporosis. *J Bone Miner Res* 2000; 15: 13-19.

Leipzig RM, Cumming RG, Tinetti ME. Drugs and falls in older people: a systematic review and meta- analysis. I. Psychotropic drugs. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47:30-9.

Lespessailles E, Chappard C, Bonnet N, Benhamou CL. Imaging techniques for evaluating bone microarchitecture. *Joint Bone Spine* 2006; 73: 254-261.

Letts L, Moreland J, Richardson J *et al.* The physical environment as a fall risk factor in older adults: systematic review and meta-analysis of cross-sectional and cohort studies. *Aust Occup Ther J* 2010; 57: 51–64.

Li WJ, Keegan THM, Sternfeld B, Sidney S, Quesenberry CP, Kelsey JL: Outdoor falls among middle-aged and older adults: a neglected public health problem. *Am J Public Health* 2006, 96(7):1192–1200.

Li, F., Harmer, P., Fisher, K. J., McAuley, E., Chaumeton, N., Eckstrom, E., & Wilson, N. L. (2005). Tai Chi and fall reductions in older adults: A randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(2), 187–194.

Link TM, Bauer J, Kollstedt A, *et al.* Trabecular bone structure of the distal radius, the calcaneus, and the spine: which site predicts fracture status of the spine best? *Invest Radiol.* 2004; 39:487– 497. [PubMed: 15257210]

Link TM, Majumdar S, Augat P, *et al.* In vivo high resolution mri of the calcaneus: differences in trabecular structure in osteoporosis patients. *J Bone Miner Res.* 1998; 13:1175–1182. [PubMed: 9661082]

Link TM, Majumdar S, Augat P, *et al.* Proximal femur: assessment for osteoporosis with T2* decay characteristics at MR imaging. *Radiology.* 1998; 209:531–536. [PubMed: 9807585]

Liu C-J, Latham N. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009.

Liu XS, Stein EM, Zhou B, *et al.* Individual trabecula segmentation (ITS)-based morphological analyses and microfinite element analysis of hr-pqct images discriminate postmenopausal fragility fractures independent of DXA measurements. *J Bone Miner Res.* 2012; 27:263–72. [PubMed: 22072446]

Liu XS, Zhang XH, Sekhon KK, *et al.* High-resolution peripheral quantitative computed tomography can assess microstructural and mechanical properties of human distal tibial bone. *J Bone Miner Res.* 2010; 25:746–56. [PubMed: 19775199]

Lord SR, Castell S, Corcoran J, et al. The effect of group exercise on physical functioning and falls in frail older people living in retirement villages: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2003;51: 1685-92.

Lord SR, MacLean D, Stathers G. Physiological factors associated with injurious falls in older people living in the community. *J Gerontol* 1992; 38:338-46.

Lord SR, Menz HB, Sherrington C. Home environment risk factors for falls in older people and the efficacy of home modifications. *Age Ageing* 2006; 35: ii55–ii59.

Lord SR, Sherrington C, Menz HB, Close JCT: Falls in older people: Risk factors and strategies for prevention. 2nd edition. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2007.

Lord SR, Ward JA, Williams P, Anstey KJ. Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *J Am Geriatr Soc* 1994; 42: 1110–7.

Lundgren-Lindquist B, Jette AM. Mobility disability among elderly men and women in Sweden. *Int Disabil Studies* 1990;12:1 – 5.

Macdonald HM, Nishiyama KK, Kang J, et al. Age-related patterns of trabecular and cortical bone loss differ between sexes and skeletal sites: A population-based HR-pQCT study. *J Bone Miner Res.* 2011;26(1):50–62.

MacNeil JA, Boyd SK. Bone strength at the distal radius can be estimated from high-resolution peripheral quantitative computed tomography and the finite element method. *Bone.* 2008; 42:1203–13. [PubMed: 18358799]

Magila, M.C., Caramelli, P., 2000. Funcoes Executivas no Idoso. In: Forlenza, O.V., Caramelli, P. (Eds.), *Neuropsiquiatria Geriátrica*. Atheneu, São Paulo, (in Portuguese), pp. 517–525.

Majumdar S, Genant H, Grampp S, et al. Correlation of trabecular bone structure with age, bone mineral density and osteoporotic status: in vivo studies in the distal radius using high resolution magnetic resonance imaging. *J Bone Miner Res.* 1997; 12:111–118. [PubMed: 9240733]

Majumdar S, Kothari M, Augat P, et al. High-resolution magnetic resonance imaging: Three- dimensional trabecular bone architecture and biomechanical properties. *Bone*. 1998; 22:445–454. [PubMed: 9600777]

Majumdar S, Link T, Augat P, et al. Trabecular bone architecture in the distal radius using mr imaging in subjects with fractures of the proximal femur. *Osteoporos Int*. 1999; 10:231–239. [PubMed: 10525716]

Majumdar S, Newitt D, Mathur A, et al. Magnetic resonance imaging of trabecular bone structure in the distal radius: relationship with x-ray tomographic microscopy and biomechanics. *Osteoporos Int*. 1996; 6:376–385. [PubMed: 8931032]

Majumdar S, Thomasson D, Shimakawa A, et al. Quantitation of the susceptibility difference between trabecular bone and bone marrow: experimental studies. *Magn Reson Med*. 1991; 22:111–127. [PubMed: 1798386]

Maki, B.E., 1997. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear? *Journal of the American Geriatric Society* 45 (3), 313–320.

Maltais F, LeBlanc P, Jobin J, Casaburi R. Peripheral muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 2000; 21: 665–677. PMID: 11194778

Mann E, Kopke S, Haastert B, Pitkala K, Meyer G. Psychotropic medication use among nursing home residents in Austria: a cross-sectional study. *BMC Geriatr*. 2009;9:18.

Marchese R, Bove M, Abbruzzese G. Effect of cognitive and motor tasks on postural stability in Parkinson's disease: a posturographic study. *Mov Disord* 2003;18(6):652-8.

Martins L, Queiros J, Ferreira A, et al. Renal osteodystrophy: histologic evaluation after renal transplantation. *Transplant Proc* 2000; 32: 2599-2601.

Mathers LJ, Weiss HB. Incidence and characteristics of fall-related emergency department visits. *Acad Emerg Med* 1998;5:1064–70.

McCullagh MC. Home modification. *Am J Nurs*. 2006 Oct;106(10):54-63; quiz 63 - 4.

McLean D, Lord SR. Falling in older people at home: transfer limitations and environmental risk factors. *Aust Occup Ther J* 1996; 43: 13–8.

Means KM, O'Sullivan PS, Rodell DE. Balance, mobility, and falls among elderly African American women. *Am J Phys Med Rehabil* 2000; 79: 30–9.

Means KM, Rodell DE, O'Sullivan PS. Balance, mobility, and falls among community-dwelling elderly persons: effects of a rehabilitation exercise program. *Am J Phys Med Rehab* 2005;84:238-50.

Melton LJ, Gabriel SE, Crowson CS, et al: Cost-equivalence of different osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 14:383-388, 2003

Melton LJ, Riggs BL, Keaveny TM, et al. Relation of vertebral deformities to bone density, structure, and strength. *J Bone Miner Res.* 2010; 25:1922–30. [PubMed: 20533526]

Melton LJ, Riggs BL, van Lenthe GH, et al. Contribution of in vivo structural measurements and load/strength ratios to the determination of forearm fracture risk in postmenopausal women. *J Bone Miner Res.* 2007; 22:1442–8. [PubMed: 17539738]

Meyer HE, Tverdal A, Falch JA. Risk factors for hip fracture in middle-aged Norwegian women and men. *Am J Epidemiol* 1993;137:1203-11.

Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, Menz HB, Steele JR. Household shoe wearing habits of older adults: Are they associated with falls risk? In: Frederick EC, Yang SW, editors. *Proceedings of the 8th Footwear Biomechanics Symposium*; 2007 Jun 27- 29; Taipei (Taiwan). p. 77-78.

Milat AJ, Watson WL, Monger C, Barr M, Giffin M, Reid M: Prevalence, circumstances and consequences of falls among community-dwelling older people: results of the 2009 NSW falls prevention baseline survey. *N S W Public Health Bull* 2011, 22(3–4):43–48.

Milos V, Bondesson A, Magnusson M, Jakobsson U, Westerlund T, Midlov P. Fall risk-increasing drugs and falls: a cross-sectional study among elderly patients in primary care. *BMC Geriatr* 2014; 14: 40.

Mitchell, R., Lord, S., Harvey, L., & Close, J. (2014). Associations between obesity and overweight and fall risk, health status and quality of life in older people. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 38(1), 13–18.

Moe S, Drueke T, Cunningham J, et al. Definition, evaluation, and classification of renal osteodystrophy: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int* 2006; 69: 1945-1953.

Morency P, Voyer C, Burrows S, Goudreau S: Outdoor falls in an urban context: Winter weather impacts and geographical variations. *Can J Public Health* 2012, 103:218–222.

Morris ME, Iansek R, Matyas TA, Summers JJ. Stride length regulation in Parkinson's disease. Normalization strategies and underlying mechanisms. *Brain* 1996;119(Pt 2):551 – 68.

Morris ME, Iansek R, Matyas TA, Summers JJ. The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson's disease. *Brain* 1994;117(Pt 5): 1169 – 81.

Morris, J.C., et al., Senile dementia of the Alzheimer's type: an important risk factor for serious falls. *J Gerontol*, 1987. 42(4): p. 412-7.

Moss, A. (1992) Are the elderly safe at home? *Journal of Community Health Nursing*, 9 (1), 13–19.

Moxley Scarborough, D., Krebs, D.E., Harris, B.A., 1999. Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait &*

Myers, H. (2003) Hospital fall risk assessment tools: a critique of the literature. *International Journal of Nursing Practice*, 9, 158–165.

Myers, H. & Nikoletti, S. (2003) Falls risk assessment: a prospective investigation of nurses' clinical judgement and risk assessment tools in predicting patient falls. *International Journal of Nursing Practice*, 9, 158–165.

Nachreiner NM, Findorff MJ, Wyman JF, McCarthy TC: Circumstances and consequences of falls in community-dwelling older women. *J Womens Health* 2007, 16(10):1437–1446.

Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk factors for injurious falls: a prospective study. *J Gerontol*. 1991Sep;46(5):M164-70.

Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, Black D. Risk factors for recurrent nonsyncopal falls: a prospective study. *J Am Med Assoc* 1989;261:2663–8.

Nevitt MC, Cummings SR. Type of fall and risk of hip and wrist fractures: the Study of Osteoporotic Fractures. *J Am Gerontol Soc* 1993;41:1226±34.

Nevitt, M. C., Cumming, S. R., Kidd, S., & Black, D. (1989). Risk factors for recurrent nonsyncopal falls: a prospective study. *Journal of the American Medical Association*, 261(18), 2663–2668.

Nguyen ND, Pongchaiyakul C, Center JR, Eisman JA, Nguyen TV. Identification of high-risk individuals for hip fracture: a 14-year prospective study. *J Bone Miner Res* 2005;20:1921–8.

NIA workshop on aging and bone quality. Bethesda, September 3-4, 1992, Proceedings. *Calcif Tissue Int*. 1993;53 Suppl 1:S1–180.

NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA*. 2001 Feb 14;285(6):785–95.

Nishiyama K, Macdonald M, Hanley A, Boyd K. Women with previous fragility fractures can be classified based on bone microarchitecture and finite element analysis measured with hr-pqct. *Osteoporos Int*. 2012 doi:10.1007/s00198-012-2160-1.

Northridge ME, Nevitt MC, Kelsey JL, Link B. Home hazards and falls in the elderly: the role of health and functional status. *Am J Public Health* 1995; 85: 509–15.

O'Loughlin JL, Robitaille Y, Boivin JF, Suissa S. Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly. *Am J Epidemiol* 1993;137:342–54.

O'Neill S, Brady RR, Kerssens JJ, et al. Mortality associated with traumatic injuries in the elderly: a population based study. *Arch Gerontol Geriatr* 2012;54:e426–30.

Oberg T, Karsznia A, ijberrg K. Joint angle parameters in gait: Reference data for normal subjects, lo-79 years of age. J Rehabil Res Der 1994; 31: 199-213.

Oberg T, Karsznia A. ijberrg K. Basic parameters: Reference data for normal subjects. IO-79 years of age. J Rehabil Res Dev 1993; 30: 210-233.

Ochs AN, Lenhardt J, Harkins MLS, editors. Neural and vestibular ageing associated with falls. New York: Van Norstrand Reinhold Company; 1985.

Ory MG, Schechtman KB, Miller P et al. Frailty and injuries in later life: the FICSIT trials. J Am Geriatr Soc 1993; 41: 283–96.

Ostrosky K M, VanSwearingen J M, Burdett R G, Gee Z. A comparison of gait characteristics in young and old subjects. Phys Ther 1994; 74: 637-646.

Paganini-Hill, A., Chao, A., Ross, R., & Henderson, B. (1991). Exercise and other factors in the prevention of hip fracture: The leisure world study. Epidemiology, 2(1), 16–25.

Palvanen M, Kannus P, Parkkari J, PitkaÈjaÈrvi T, Pasanen M, veri land JaÈrvinen M The Injury Mechanisms of Osteoporotic Upper Extremity Fractures Among Older Adults: A Controlled Study of 287 Consecutive Patients and Their 108 Controls. Osteoporos Int 2000) 11:822±831

Parfitt AM, Drezner MK, Glorieux FH, et al. Bone histomorphometry: standardization of nomenclature, symbols, and units. Report of the ASBMR Histomorphometry Nomenclature Committee. J Bone Miner Res 1987; 2: 595-610.

Parfitt AM, Qiu S, Rao DS. The mineralization index—a new approach to the histomorphometric appraisal of osteomalacia. Bone 2004; 35: 320-325.

Pavol, M.J., Owings, T.M., Foley, K.T., Grabiner, M.D., 1999. Gait characteristics as risk factors for falling from trips induced in older adults. Journals of Gerontology, Series A. Biological Sciences and Medical Sciences 54A (11), M583–M590.

Pedersen SW, Oberg B, Larsson LE, Lindval B. Gait analysis, iso-kinetic muscle strength measurement in patients with Parkinson's disease. *Scand J Rehabil Med* 1997;29:67–74.

Peel N. Validating recall of falls by older people. *Accid Anal Prev*. 2000;32(3):371-2. [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00066-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00066-4). PMID:10776852.

Perez-Jara J, Enguix A, Fernandez-Quintas JM, Gomez-Salvador B, Baz R, Olmos P, et al. Fear of falling among elderly patients with dizziness and syncope in a tilt setting. *Can J Aging* 2009;28:157–63.

Perracini MR, Teixeira LF, Ramos JL, Pires RS, Najas MS. Fall-related factors among less and more active older outpatients. *Rev Bras Fisioter*. 2012;16(2):166-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552012005000009>. PMID:22378477

Pescatello L. Exercise for health: the merits of physical activity. *West J Med* 2001;174:114-8.

Phan CM, Matsuura M, Bauer JS, et al. Trabecular bone structure of the calcaneus: comparison of mr imaging at 3.0 and 1.5 t with micro-ct as the standard of reference. *Radiology*. 2006; 239:488– 496. [PubMed: 16569786]

Piermartiri, T.C.B., Bezerra, N.C., Hoeller, A.A., 2009. Preventive effect of the physical therapy to minimize the occurrence of falls in patients with Alzheimer's disease. *Rev. Neurosci*. 17, 349–355 (in Portuguese).

Pijnappels, M., van der Burg, J., Reeves, N.D., van Dieën, J.H., 2008. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *European Journal of Applied Physiology* 102 (5), 585–592.

Pluijm SM, Smit J H, Tromp EA, Stel VS, Deeg DJ, Bouter LM, et al. A risk profile for identifying community-dwelling elderly with a high risk of recurrent falling: results of a 3-year prospective study. *Osteoporosis Int* 2006;17:417–25.

Polack S, Eusebio C, Fletcher A, Foster A, Kuper H. Visual impairment from cataract and health related quality of life: results from a case- control study in the Philippines. *Ophthalmic Epidemiol* 2010;17(3):152–159.

Polack S, Kuper H, Wadud Z, Fletcher A, Foster A. Quality of life and visual impairment from cataract in Satkhira district, Bangladesh. *Br J Ophthalmol* 2008;92(8):1026-1030.

Pothuau L, Laib A, Levitz P, et al. Three-dimensional-line skeleton graph analysis of high-resolution magnetic resonance images: a validation study from 34-microm-resolution microcomputed tomography. *J Bone Miner Res.* 2002; 17:1883–1895. [PubMed: 12369792]

Preboth, M. (2002) *Brochure on the Prevention of Falls in the Elderly*. Available at: <http://www.aafp.org/afp> (accessed January 2003).

Preville M, Hebert R, Boyer R, Bravo G. Correlates of psychotropic drug use in the elderly compared to adults aged 18-64: results from the Quebec Health Survey. *Aging Ment Health.* 2001;5:216-224.

Prudham D, Evans JG. Factors associated with falls in the elderly: a community study. *Age Ageing* 1981; 10: 141–6.

Ralston SH. Bone densitometry and bone biopsy. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2005; 19: 487-501.

Ranhoff AH, Holvik K, Martinsen MI, Domaas K, Solheim LF: Older hip fracture patients: Three groups with different needs. *BMC Geriatr* 2010, 10:e65.

Rauch F. Watching bone cells at work: what we can see from bone biopsies. *Pediatr Nephrol* 2006; 21: 457-62.

Resnick B, Spellbring AM. Understanding what motivates older adults to exercise. *J Gerontol Nurs* 2000;26:34-42.

Rigby B J. Aging pattern in collagen in vivo and in vitro. *J Sot Cosmet Chem* 1983; 34: 439-451.

Rizzo JA, Friedkin R, Williams CS et al. Healthcare utilisation and costs in a Medicare population by fall status. *Med Care* 1998; 36: 1174–88.

Robbins S, Waked E, McClaran J. Proprioception and stability: Foot position awareness as a function of age and footwear. *Age Ageing.* 1995;24(1):67-72.

Robertson, M. C., Campbell, A. J., Gardner, M. M., & Devlin, N. (2002). Preventing injuries in older people by preventing falls: A meta-analysis of individual-level data. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(5), 905–911.

Robinovitch, S.N., Hayes, W.C., McMahon, T.A., 1991. Prediction of femoral impact forces in falls on the hip. *Journal of Biomechanical Engineering* 113 (4), 366–374.

Roddy E, Zhang W, Doherty M. Aerobic walking or strengthening exercise for osteoarthritis of the knee? A systematic review. *Ann Rheum Dis* 2005;64:544-8.

Rogers MW. Disorders of posture, balance, and gait in Parkinson's disease. *Clin Geriatr Med* 1996;12:825 – 45.

Roman de Mettelinge T, Cambier D, Calders P, Van Den Noortgate N, Delbaere K. Understanding the relationship between type 2 diabetes mellitus and falls in older adults: a prospective cohort study. *PLoS ONE* 2013; 8: e67055.

Rosen CJ: Nutrition vitamin D and falls-are intermittent, high doses better? *Nat Rev Endocrinol* 2011, 7(12):695–696.

Rosenblatt, N., & Grabiner, M. (2012). Relationship between obesity and falls by middle-aged and older women. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 93, 718–722.

Royal College of Physicians. Osteoporosis- clinical guidelines for the prevention and treatment [on-line]. Available: <http://www.open.gov.uk/doh/osteop.htm>, 1999].

Rubenstein LZ, Josephson KR, Robbins AS. Falls in the nursing home. *Ann Intern Med* 1994; 121: 442–51.

Rubenstein LZ, Josephson KR. The epidemiology of falls and syncope. *Clin Geriatr Med*. 2002 May;18(2):141-58.

Rubenstein Z. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing* 2006; 35-S2: ii37–ii41

Rubenstein, L. Z., Kenny, R. A., Martin, F. C., Tinetti, M. E., & AGS-BGS-AAOS Panel on Falls Prevention (2001). Guideline for prevention of falls in older persons. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 49, 664–772.

Sai AJ, Gallagher JC, Smith LM, Logsdon S. Fall predictors in the community dwelling elderly: a cross sectional and prospective cohort study. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2010;10(2):142-50. PMID:20516631.

Salkeld G, Cameron ID, Cumming RG *et al*. Quality of life related to fear of falling and hip fracture in older women: a time trade off study. *BMJ* 2000; 320: 341–346.

Salvi F, Marchetti A, D'Angelo F, Boemi M, Lattanzio F, Cherubini A. Adverse drug events as a cause of hospital- ization in older adults. *Drug Saf* 2012; 35 (Suppl 1): 29–45.

Sándor GKB. Minimization of the morbidity in craniomaxillofacial osseous reconstruction. 2003

Sattin RW, Rodriguez JG, DeVito CA, Wingo PA. Home environmental hazards and the risk of fall injury events among community-dwelling older persons. Study to Assess Falls Among the Elderly (SAFE) Group. *J Am Geriatr Soc*. 1998 Jun;46(6):669-76.

Schiller JS, Kramarow EA, Dey AN. Fall injury episodes among noninstitutionalized older adults: United States, 2001-2003. *Adv Data*. 2007 Sep 21;(392):1-16.

Schoenfelder DP. A fall prevention program for elderly individuals. Exercise in long-term care settings. *J Gerontol Nurs* 2000;26:43-51.

Schwartz AV, Hillier TA, Sellmeyer DE *et al*. Older women with diabetes have a higher risk of falls: a prospective study. *Diabetes Care* 2002; 25: 1749–54.

Schwartz AV, Villa ML, Prill M *et al*. Falls in older Mexican-American women. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47: 1371–8.

Schwartz AV, Vittinghoff E, Sellmeyer DE *et al*. Diabetes-related complications, glycemic control, and falls in older adults. *Diabetes Care* 2008; 31: 391–6.

Seeman E, Delmas PD. Bone quality—the material and structural basis of bone strength and fragility. *N Engl J Med*. 2006;354(21):2250–61.

Sheridan, P.L., Hausdorff, J.M., 2007. The role of higher-level cognitive function in gait: executive dysfunction contributes to fall risk in Alzheimer's disease. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* 24, 125–137.

Sherrington C, Menz HB. An evaluation of footwear worn at the time of fall-related hip fracture. *Age Ageing.* 2003; 32(3):310-14.

Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JCT, Lord SR. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *NSW Public Health Bulletin.* 2011;22:78–83.

Shkuratova, N., Morris, M.E., Huxham, F., 2004. Effects of age on balance control during walking. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 85 (4), 582–588.

Silva MJ, Gibson LJ. Modeling the mechanical behavior of vertebral trabecular bone: Effects of age-related changes in microstructure. *Bone.* 1997;21(2):191–9.

Silva RB, Costa-Paiva L, Oshima MM, Morais SS, Pinto- Neto AM. Frequência de quedas e associação com parâmetros estabilométricos de equilíbrio em mulheres na pós-menopausa com e sem osteoporose. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2009;31(10):496-502. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-72032009001000005>. PMID:19942997.

Sjoberck, M., Elfgrén, C., Larsson, E., Brockstedt, S., La'tt, J., Englund, E., Passant, U., 2010. Alzheimer's disease (AD) and executive dysfunction. A case-control study on the significance of frontal white matter changes detected by diffusion tensor imaging (DTI). *Arch. Gerontol. Geriatr.* 50, 260–266.

Skelton DA and Beyer N, Exercise and injury prevention in older people, *Scand J Med Sci Sports.* 2003 Feb;13(1):77-85. Review

Slyfield CR, Tkachenko EV, Fischer SE, et al. Mechanical failure begins preferentially near resorption cavities in human vertebral cancellous bone under compression. *Bone.* 2012;50(6):1281–7.

Smith MD, Chang AT, Seale HE, Walsh JR, Hodges PW. Balance is impaired in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Gait Posture* 2010; 31: 456–460. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.01.022 PMID: 20206529

Solgaard S, Petersen VS. Epidemiology of distal radius fractures. *Acta Orthop Scand* 1985;56:391±3.

Sornay-Rendu E, Boutroy S, Munoz F, Delmas PD. Alterations of cortical and trabecular architecture are associated with fractures in postmenopausal women, partially independent of decreased BMD measured by DXA: the OFELY study. *J Bone Miner Res.* 2007; 22:425–33. [PubMed: 17181395]

Sornay-Rendu E, Cabrera-Bravo JL, Boutroy S, Munoz F, Delmas PD. Severity of vertebral fractures is associated with alterations of cortical architecture in postmenopausal women. *J Bone Miner Res.* 2009; 24:737–43. [PubMed: 19113929]

Sorock, G.S., 1988. Falls among the elderly. *American Journal of Preventive Medicine* 4, 282–288.

Speechley M, Tinetti M. Falls and injuries in frail and vigorous community elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991; 39: 46–52.

Stein EM, Liu XS, Nickolas TL, et al. Abnormal microarchitecture and reduced stiffness at the radius and tibia in postmenopausal women with fractures. *J Bone Miner Res.* 2010; 25:2572–81. [PubMed: 20564238]

Stein EM, Liu XS, Nickolas TL, et al. Microarchitectural abnormalities are more severe in postmenopausal women with vertebral compared with nonvertebral fractures. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012; 97:E1918–26. [PubMed: 22821893]
Women with and without fracture were compared and microarchitecture parameters and novel ITS measurements by HR-pQCT discriminated the fracture status independently of aBMD by DXA.

Stel VS, Smit JH, Pluijm SM, Lips P. Consequences of falling in older men and women and risk factors for health service use and functional decline. *Age Ageing* 2004; 33: 58–65.

Stella, F., 2006. Funções cognitivas e envelhecimento. In: Py, L., Pacheco, J.L., Sá, J.L.M., Goldman, S. (Eds.), *Tempo de Envelhecer: percursos e dimensões psicossociais*. 2nd ed. NAU, Rio de Janeiro, (in Portuguese), pp. 283–312.

Stern GM, Franklyn SE, Imms FJ, Prestidge SP. Quantitative assessments of gait and mobility in Parkinson's disease. *J Neural Transm Suppl* 1983;19:201–14.

Stevens J, Corso P, Finkelstein E, Miller T: The costs of fatal and nonfatal falls among older adults. *Inj Prev* 2006, 12:290–295.

Stevens JA. Falls among older adults – risk factors and prevention strategies. *J Safety Res* 2005; 36: 409–411.

Stevens, J. & Olson, S. (2002) *Falls at Home*. Available at: [http:// www.cdc.com](http://www.cdc.com) (accessed January 2003).

Stewart KJ, Ouyang P, Bacher AC, et al. Exercise effects on cardiac size and left ventricular diastolic function; relationships to changes in fitness, fatness, blood pressure and insulin resistance. *Heart* 2006;92: 893-9.

Stone KL, Seeley DG, Lui LY et al. BMD at multiple sites and risk of fracture of multiple types: long-term results from the Study of Osteoporotic Fractures. *J Bone Miner Res* 2003; 18: 1947–54.

Studenski S, Duncan PW, Chandler J *et al*. Predicting falls: the role of mobility and nonphysical factors. *J Am Geriatr Soc* 1994; 42: 297–302.

Swanenburg J, Bruin ED, Uebelhart D, Mulder T. Falls prediction in elderly people: a 1-year prospective study. *Gait Posture*. 2010;31(3):317-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.11.013>. PMID:20047833.

Tager IB, Haight T, Sternfeld B, et al. Effects of physical activity and body composition on functional limitation in the elderly: application of the marginal structural model. *Epidemiology* 2004;15:479-93.

Taipale, H., Bell, J., Gnjdic, D., Sulkava, R., & Hartikainen, S. (2012). Sedative load among community-dwelling people aged 75 years or older. Association with balance and mobility. *Journal of Clinical Pharmacology*, 32(2), 218–224.

Takeshima N, Rogers ME, Watanabe E, et al. Water- based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34: 544-51.

Talbot LA, Musiol RJ, Witham EK, Metter EJ: Falls in young, middle-aged and older community dwelling adults: Perceived cause, environmental factors and injury. BMC Public Health 2005, 5:e86.

Techawiboonwong A, Song HK, Leonard MB, et al. Cortical bone water: in vivo quantification with ultrashort echo-time MR imaging. Radiology. 2008; 248:824–833. [PubMed: 18632530]

Tennstedt S, Howland J, Lachman M et al. A randomized, cot rolled trial of a group intervention to reduce fear of falling and associated activity restriction in older adults. J Gerontol B Phychol Sci Soc Sci 1998;53B:P384-P392

Teno J, Kiel DP, Mor V. Multiple stumbles: a risk factor for falls in community-dwelling elderly. A prospective study. J Am Geriatr Soc 1990; 38: 1321–5.

Thevenot J, Hirvasniemi J, Finnila M, et al. Trabecular homogeneity index derived from plain radiograph to evaluate bone quality. J Bone Miner Res. 2013

Thompson P, Buchner D, Pina IL, et al. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). Circulation 2003;107:3109-16.

Tideiksaar R, Feiner CF, Maby J. Falls prevention: The efficacy of a bed alarm system in an acute care setting. Mt. Sinai J Med 1993;60:522-527

Tideiksaar R. Falling in old age : prevention and management. 2nd ed. New York: Springer Pub Co, 1997.

Tideiksaar R. Falls among the elderly: a community prevention program. Am J Public Health 1992;82:892-93.

Tideiksaar R. Falls in older people : prevention and management. 4th ed. Baltimore, MD: Health Professions Press, 2010.

Tideiksaar R. Geriatric falls in the home. Home Healthc Nurse. 1986 Mar-Apr;4(2):14-23.

Tideiksaar R. Preventing falls: how to identify risk factors, reduce complications. *Geriatrics*. 1996 Feb;51(2):43-6, 49-50, 53, quiz 54-5.

Tiedemann A, Sherrington C, Close JC, Lord SR. Exercise and Sports Science Australia position statement on exercise and falls prevention in older people. *J Sci Med Sport*. 2011;14(6):489–495.

Tinetti ME, Doucette J, Claus E, Marottoli R: Risk-factors for serious injury during falls by older persons in the community. *J Am Geriatr Soc* 1995, 43(11):1214–1221.

Tinetti ME, Mendes de Leon CF, Doucette JT, Baker DI. Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol* 1994; 49: M140–M147.

Tinetti ME, Richman D, Powell L: Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol* 1990, 45(6):239–243.

Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Eng J Med* 1988; 319: 1701–7.

Tinetti ME, Speechley M. Prevention of falls among the elderly. *N Eng J Med* 1989; 320: 1055–9.

Tinetti ME. Preventing falls in elderly persons. *N Engl J Med* 2003;348:42-9.

Tinetti ME. Prevention of falls and fall injuries in elderly persons: a research agenda. *Prev Med* 1994;23:756–62.

Trueblood P R, Rubenstein L Z. Assessment of instability and gait in elderly persons. *Comprehensive Ther* 1991; 17: 20-29.

U.S. Department of Health and Human Services. Bone health and osteoporosis: A Report of the Surgeon General. Rockville, MD: U.S. Department of Health and Human Services, Office of the Surgeon General, 2004.

Ueno E, Yanagisawa N, Takami M. Gait disorders in parkinsonism. A study with floor reaction forces and EMG. *Adv Neurol* 1993;60: 414–8.

van den Bogert, A.J., Pavol, M.J., Grabiner, M.D., 2002. Response time is more important than walking speed for the ability of older adults to avoid a fall after a trip. *Journal of Biomechanics* 35 (2), 199–205.

Van den Kroonenberg, A.J., Hayes, W.C., McMahon, T.A., 1995. Dynamic models for sideways falls from standing height. *Journal of Biomechanical Engineering* 117 (3), 309–318.

van der Velde N, Stricker BH, Pols HA, van der Cammen TJ. Withdrawal of fall-risk-increasing drugs in older persons: effect on mobility test outcomes. *Drugs Aging* 2007; 24: 691–699.

van Schie CH. Neuropathy: mobility and quality of life. *Diabetes Metab Res Rev* 2008; 24: S45–51.

van Sloten TT, Savelberg HH, Duimel-Peeters IG et al. Peripheral neuropathy, decreased muscle strength and obesity are strongly associated with walking in persons with type 2 diabetes without manifest mobility limitations. *Diabetes Res Clin Pract* 2011; 91: 32–9.

Vico L, Zouch M, Amirouche A, et al. High-resolution pQCT analysis at the distal radius and tibia discriminates patients with recent wrist and femoral neck fractures. *J Bone Miner Res.* 2008; 23:1741–50. [PubMed: 18665795]

Vilayphiou N, Boutroy S, Sornay-Rendu E, et al. Finite element analysis performed on radius and tibia hr-pQCT images and fragility fractures at all sites in postmenopausal women. *Bone.* 2010; 46:1030–7. [PubMed: 20044044]

Voleti VB, Hubschman JP. Age-related eye disease *Maturitas* 2013;75:29-33.

Volpato S, Leveille SG, Blaum C, Fried LP, Guralnik JM. Risk factors for falls in older disabled women with diabetes: the women's health and aging study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005; 60: 1539–45.

Wall J C, Hogan D B, Turnbull G I, Fox R A. The kinematics of idiopathic gait disorder. A comparison with healthy young and elderly females. *Stand J Rehabil* 1991; 23: 159-164.

Wallace C, Reiber GE, LeMaster J et al. Incidence of falls, risk factors for falls, and fall-related fractures in individuals with diabetes and a prior foot ulcer. *Diabetes Care* 2002; 25: 1983–6.

Washburn RA, Smith KW, Jette AM, Janney CA: The physical-activity scale for elderly (PASE) - development and evaluation. *J Clin Epidemiol* 1993, 46(2):153–162.

Waters R L, Lunsford B R, Perry J. Byrd R. Energy-speed relationship of walking: standard tables. *J Orthop Res* 1988; 6: 215-222.

Wehrli FW, Fernández-Seara MA. Nuclear magnetic resonance studies of bone water. *Ann Biomed Eng.* 2005; 33:79–86. [PubMed: 15709708]

Wehrli FW, Ford JC, Haddad JG. Osteoporosis: clinical assessment with quantitative MR imaging in diagnosis. *Radiology.* 1995; 196:631–641. [PubMed: 7644622]

Weiner DK, Hanlon JT, Studenski SA. Effects of central nervous system polypharmacy on falls liability in community-dwelling elderly. *Gerontology.* 1998;44:217e221.

Weinstein RS, Hutson MS. Decreased trabecular width and increased trabecular spacing contribute to bone loss with aging. *Bone.* 1987;8(3):137–42.

Weisskoff RM, Zuo CS, Boxerman JL, et al. Microscopic susceptibility variation and transverse relaxation: theory and experiment. *Magn Reson Med.* 1994; 31:601–610. [PubMed: 8057812]

WHO. Manual of the international classification of diseases, injuries, and causes of death. Ninth revision, 1977; Vol. 1.

Wielinski CL, Erickson-Davies C, Wichmann R, Walde-Douglas M, Parashos SA. Falls and injuries resulting from falls among patients with Parkinson's disease and other parkinsonian syndromes. *Mov Disord* 2005;20(4):410-5.

Winter D A. Patla A E, Frank J S, Walt S E. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Phys Ther* 1990; 70: 340-347.

Winter D A. The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological, 2nd edition. Waterloo: University of Waterloo Press, 1991.

Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG et al. Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerised balance training. *J Am Geriatr Soc* 1996; 44: 489–97.

Woo J, Ho S C, Lau J, Chan S G, Yuen Y K. Age-associated gait-changes in the elderly: pathological or physiological? *Neuroepidemiology* 1995; 14: 65-71.

Wood BH, Bilclough JA, Bowron A, Walker RW. Incidence and prediction of falls in Parkinson's disease: a prospective multidisciplinary study. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 2002;72(6):721-5.

Woolcott JC, Richardson KJ, Wiens MO, et al. Meta-analysis of the impact of 9 medication classes on falls in elderly persons. *Arch Intern Med.* 2009;169: 1952e1960.

Wouters EF. Chronic obstructive pulmonary disease. 5: systemic effects of COPD. *Thorax.* 2002; 57 (12): 1067–1070. PMID: 12454303

Yaari, R., Corey-Bloom, J., 2007. Alzheimer's disease. *Semin. Neurol.* 27, 32–41.

Yack H J. Berger R C. Dynamic stability in the elderly: identifying a possible measure. *J Gerontol Med Sci* 1993; 48: M225- M230.

Yasumura S, Haga H, Niino N. Circumstances of injurious falls leading to medical care among elderly people living in a rural community. *Arch Gerontol Geriatr.* 1996;23(2):95–109.

Zebaze RM, Ghasem-Zadeh A, Bohte A, et al. Intracortical remodelling and porosity in the distal radius and post-mortem femurs of women: A cross-sectional study. *Lancet.* 2010;375(9727):1729– 36. Cortical bone is a key component of bone strength. The transition between cortical and trabecular compartments is difficult to establish due to the trabecularization of the inner side of the cortex.

Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H, Ohta T. Is type A behaviour pattern associated with falling among the community-dwelling elderly? *Arch Gerontol Geriatr* 2004; 38: 145–52.

Zia A, Kamaruzzaman SB, Tan MP. Polypharmacy and falls in older people: balancing evidence-based medicine against falls risk. *Postgrad Med* 2015; 127: 330–337.