



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΝΙΚΕΣ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τσιαντή Μαριάννα 21008

ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΑ Π.ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2024

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

1. ΓΕΩΡΓΙΑ Π.ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ-ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ ΠΜΣ

2. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΠΑΚΑΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

3. ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μαριάννα Τσιαντή του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 21028 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών <<Σύγχρονες Εφαρμογές στην Ιατρική Απεικόνιση>> του Τομέα Ακτινολογίας-Ακτινοθεραπείας του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας με τίτλο << Οστεοπόρωση βασικές αρχές και κλινικές εφαρμογές >> και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο/Η Δηλών/ούσα



Έκφραση ευχαριστιών

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου κ. Οικονόμου Γεωργία για την αμέριστη συμπαράσταση, την στήριξη και την πολύτιμη καθοδήγηση της στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου καθώς βρίσκεται δίπλα μου σε κάθε δυσκολία που καλούμε να αντιμετωπίσω.

Οστεοπόρωση βασικές αρχές και κλινικές εφαρμογές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η οστεοπόρωση αναγνωρίζεται ως μια συστηματική σκελετική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από μειωμένη οστική μάζα και αυξημένη ευθραυστότητα, θέτοντας σημαντικές προκλήσεις για τη δημόσια υγεία παγκοσμίως. Η παρούσα εργασία ασχολείται με τις πολύπλευρες πτυχές της οστεοπόρωσης, περιλαμβάνοντας το ιστορικό της υπόβαθρο, τα επιδημιολογικά δεδομένα και την πολύπλοκη αλληλεπίδραση των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξή της. Η συζήτηση περιλαμβάνει μια εμπειριστατωμένη ανάλυση του ορισμού της οστεοπόρωσης, της ταξινόμησης και του φάσματος των παραγόντων κινδύνου, τροποποιήσιμων και μη, υπογραμμίζοντας την επίδραση της ηλικίας, του φύλου, της εθνικότητας, της γενετικής και των επιλογών του τρόπου ζωής. Εξετάζεται η παθοφυσιολογία της οστικής απώλειας και αναδιαμόρφωσης, εστιάζοντας στους κυτταρικούς μηχανισμούς που συμβάλλουν στην πάθηση. Διερευνώνται οι διαγνωστικές προσεγγίσεις, δίνοντας έμφαση στο ρόλο των προηγμένων απεικονιστικών τεχνικών στην ακριβή διάγνωση και την αξιολόγηση του κινδύνου κατάγματος. Επιπλέον, παρουσιάζεται η σημασία των εργαστηριακών εξετάσεων και των βιοδεικτών για την κατανόηση του οστικού μεταβολισμού και την καθοδήγηση της διαχείρισης της οστεοπόρωσης. Η εργασία ασχολείται επίσης με τις κλινικές εκδηλώσεις και τις επιπλοκές της οστεοπόρωσης, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεών της στην ποιότητα ζωής και τη σημασία της αξιολόγησης του κινδύνου κατάγματος. Παρέχεται μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των στρατηγικών θεραπείας και διαχείρισης, όπου περιγράφονται λεπτομερώς τόσο οι μη φαρμακολογικές παρεμβάσεις, όπως οι τροποποιήσεις του τρόπου ζωής και η άσκηση, όσο και οι φαρμακολογικές επιλογές, όπως τα διφωσφονικά και οι εκλεκτικοί διαμορφωτές των οιστρογονικών υποδοχέων (SERM). Εν κατακλείδι, το έγγραφο υπογραμμίζει τις τρέχουσες ερευνητικές τάσεις και τις μελλοντικές κατευθύνσεις στην οστεοπόρωση, εστιάζοντας στις αναδυόμενες θεραπείες και τις διαγνωστικές εξελίξεις.

Λέξεις Κλειδιά: Οστεοπόρωση, Αξιολόγηση, Θεραπεία

ABSTRACT

Osteoporosis is recognized as a systemic skeletal disorder characterized by reduced bone mass and increased fragility, posing significant public health challenges worldwide. This paper deals with the multifaceted aspects of osteoporosis, encompassing its historical background, epidemiological data, and the complex interplay of factors influencing its development. The discussion includes an in-depth analysis of osteoporosis definition, classification, and the spectrum of risk factors, both modifiable and non-modifiable, highlighting the influence of age, gender, ethnicity, genetics, and lifestyle choices. The pathophysiology of bone loss and remodeling is examined, focusing on the cellular mechanisms that contribute to the condition. Diagnostic approaches are explored, emphasizing the role of clinical assessment, patient history, and advanced imaging techniques in accurate diagnosis and fracture risk evaluation. Additionally, the significance of laboratory tests and biomarkers in understanding bone metabolism and guiding osteoporosis management is presented. The thesis also addresses the clinical manifestations and complications of osteoporosis, including its impact on quality of life and the importance of fracture risk assessment. An overview of treatment and management strategies is provided, detailing both non-pharmacological interventions, such as lifestyle modifications and exercise, and pharmacological options like bisphosphonates and selective estrogen receptor modulators (SERMs). In conclusion, the paper highlights current research trends and future directions in osteoporosis, focusing on emerging therapies and diagnostic advancements.

Keywords: Osteoporosis, Imaging, Evaluation, Treatment

Περιεχόμενα

Οστεοπόρωση βασικές αρχές και κλινικές εφαρμογές.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
Ιστορικό και Σημασία της Οστεοπόρωσης.....	10
1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΠΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗΣ ΟΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗΣ.....	11
1.1. Ορισμός και Ταξινόμηση της Οστεοπόρωσης.....	11
1.2. Επιδημιολογία και Επικράτηση.....	13
1.3. Συχνότητα της Οστεοπόρωσης.....	15
1.4. Παράγοντες Κινδύνου για την Ανάπτυξη της Οστεοπόρωσης.....	16
1.4.1. Μη τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου.....	16
1.4.2. Τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου.....	17
1.5. Παθοφυσιολογία Οστικής Απώλειας και Αναδιαμόρφωσης.....	19
2. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ.....	23
2.1. Κλινική Αξιολόγηση και Ιστορικό Ασθενούς.....	23
2.2. Απεικονιστικές Τεχνικές.....	25
2.2.1. Η Απεικονιστική Μέθοδος DEXA.....	25
2.2.2. Εκτίμηση Σπονδυλικών Καταγμάτων.....	29
2.2.3. Ποσοτική Αξονική Τομογραφία.....	30
2.2.4. Περιφερική Ποσοτική Αξονική Τομογραφία.....	31
2.2.5. Μαγνητική Τομογραφία.....	31
2.3. Εργαστηριακές Δοκιμές και Βιοδείκτες.....	34
3. ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ.....	37
3.1 Συμπτώματα και Σημεία Οστεοπόρωσης.....	37
3.2 Εκτίμηση Κινδύνου Κατάγματος.....	38
3.3 Συχνές Επιπλοκές που Σχετίζονται με την Οστεοπόρωση.....	39

4. ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	41
4.1 Μη Φαρμακολογικές Παρεμβάσεις.....	41
4.2 Φαρμακολογικές Επιλογές για την Οστεοπόρωση.....	42
4.3 Τροποποιήσεις Τρόπου Ζωής και Προληπτικά Μέτρα	43
5. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	45
5.1 Αναδυόμενες Θεραπείες και Νέες Παρεμβάσεις	45
5.2 Υποσχόμενοι Τομείς για Μελλοντική Έρευνα.....	46
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
Βιβλιογραφία	50

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστορικό και Σημασία της Οστεοπόρωσης

Η οστεοπόρωση είναι ένας σιωπηλός αλλά τρομερός αντίπαλος στη σφαίρα της σκελετικής υγείας, που διαβρώνει σιωπηλά τη δομική ακεραιότητα των οστών. Η σημασία της δεν έγκειται απλώς στον εξάπλωσή της, αλλά στις βαθιές επιπτώσεις που έχει για την παγκόσμια υγεία, τη γήρανση των πληθυσμών και τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης παγκοσμίως.

Στον πυρήνα της, η οστεοπόρωση ενσωματώνει μια σύνθετη αλληλεπίδραση παραγόντων, από γενετικές προδιαθέσεις έως επιλογές τρόπου ζωής, που επηρεάζουν την οστική πυκνότητα και αντοχή. Η πάθηση αυτή εκδηλώνεται ως προοδευτική αποδυνάμωση των οστών, καθιστώντας τα εύθραυστα και επιρρεπή σε κατάγματα. Ενώ οι συνέπειες της οστεοπόρωσης μπορεί να μην είναι άμεσα εμφανείς, ο αντίκτυπός της έρχεται δραματικά στην επιφάνεια με τη μορφή καταγμάτων, οδηγώντας συχνά σε εξουθενωτικές αναπηρίες, μειωμένη ποιότητα ζωής, ακόμη και θνησιμότητα, ιδίως μεταξύ των ηλικιωμένων (Kanis et al., 2013).

Η κατανόηση της σημασίας της οστεοπόρωσης εκτείνεται πέρα από τις επιπτώσεις της σε ατομικό επίπεδο. Η κοινωνική επιβάρυνση που προκαλεί είναι μνημειώδης, ασκώντας πιέσεις στους πόρους υγειονομικής περίθαλψης, στην οικονομική παραγωγικότητα και στη συνολική ευημερία των πληθυσμών. Με τη γήρανση του δημογραφικού τοπίου σε παγκόσμιο επίπεδο, η εξάπλωση της οστεοπόρωσης έχει αυξηθεί κατακόρυφα, τονίζοντας τη σημασία της στις ατζέντες δημόσιας υγείας (Knudtson, 2009).

Η ουσία της κατανόησης της οστεοπόρωσης έγκειται στην πρόληψη και τη δυνατότητα διαχείρισής της. Η εκπαίδευση, η έγκαιρη διάγνωση και οι προληπτικές παρεμβάσεις αποτελούν το κλειδί για τον μετριασμό των επιπτώσεών της. Με την προώθηση της ευαισθητοποίησης σχετικά με τις αλλαγές του τρόπου ζωής, την κατάλληλη διατροφή, τα σχήματα άσκησης και τις ιατρικές παρεμβάσεις, η πορεία της οστεοπόρωσης μπορεί να αλλάξει, μειώνοντας τη συχνότητα των καταγμάτων και τις συναφείς συνέπειές τους. Επιπλέον, η διερεύνηση των περίπλοκων μηχανισμών που διέπουν τον οστικό μεταβολισμό, τη γενετική, τις ορμονικές επιδράσεις και τις εξελίξεις στα διαγνωστικά εργαλεία και τις θεραπευτικές παρεμβάσεις αποκαλύπτει πολλά υποσχόμενες

προοπτικές στη διαχείριση της οστεοπόρωσης. Η έρευνα συνεχίζει να αποκαλύπτει νέες στρατηγικές, από φαρμακευτικές καινοτομίες έως παρεμβάσεις στον τρόπο ζωής, με στόχο την ενίσχυση των οστών και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ατόμων που διατρέχουν κίνδυνο ή πάσχουν από αυτή την πάθηση (Akkawi & Zmerly, 2018).

1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΠΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗΣ ΟΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗΣ

1.1. Ορισμός και Ταξινόμηση της Οστεοπόρωσης.

Η οστεοπόρωση είναι μια συστηματική σκελετική διαταραχή, χαρακτηρίζεται από χαμηλή οστική μάζα και αρχιτεκτονική αλλοίωση του οστικού ιστού, που οδηγεί σε αυξημένη ευθραυστότητα των οστών και ευαισθησία σε κατάγματα. Ο όρος "οστεοπόρωση" προέρχεται από τις λέξεις «οστούν» που σημαίνει κόκκαλο και "πορώδης" που σημαίνει «ο έχων πόρους», υπογραμμίζοντας την πορώδη και εύθραυστη φύση των προσβεβλημένων οστών. Αυτή η κατάσταση αποτελεί σημαντική πρόκληση για τη δημόσια υγεία παγκοσμίως λόγω της υψηλής της συσχέτισης με κατάγματα και της επακόλουθης νοσηρότητας και θνησιμότητας.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ, WHO) έχει παράσχει έναν ευρέως αποδεκτό ορισμό της οστεοπόρωσης. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ, η οστεοπόρωση ορίζεται ως η οστική πυκνότητα (bone mineral density - BMD) που πέφτει 2,5 τυπικές αποκλίσεις ή περισσότερες κάτω από τη μέση μέγιστη BMD νεαρών, υγιών ατόμων, όπως μετράται με απορροφησιομετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (dual-energy X-ray absorptiometry - DXA). Ο ορισμός αυτός χρησιμεύει ως σημείο αναφοράς για τη διάγνωση και την ταξινόμηση, καθώς ποσοτικοποιεί την έκταση της οστικής απώλειας και παρέχει μια βάση για την αξιολόγηση του κινδύνου κατάγματος.

Η ταξινόμηση της οστεοπόρωσης περιλαμβάνει δύο κύριες κατηγορίες: την πρωτοπαθή και τη δευτεροπαθή οστεοπόρωση.

Η πρωτοπαθής οστεοπόρωση

Στην πρωτοπαθή οστεοπόρωση ανήκουν ασθενείς στους οποίους δεν εντοπίζεται αιτία που προκαλεί οστεοπόρωση. Έτσι η πρωτοπαθής οστεοπόρωση περιλαμβάνει την νεανική και την ιδιοπαθή οστεοπόρωση. Η ιδιοπαθής οστεοπόρωση χωρίζεται περαιτέρω σε δύο υποτύπους: την **μετεμμηνοπαυσιακή** οστεοπόρωση (τύπος I) και **τη σχετιζόμενη με την ηλικία** (γεροντική) οστεοπόρωση (τύπος II) (Rachner et al., 2011).

Ιδιοπαθής οστεοπόρωση (τύπος Ι) - Μετεμμηνοπαυσιακή οστεοπόρωση

Εμφανίζεται σε γυναίκες μετά τη διακοπή της λειτουργίας των ωοθηκών γύρω στα 50 με 65 έτη, οδηγώντας σε μειωμένα επίπεδα οιστρογόνων. Τα οιστρογόνα διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της υγείας των οστών αναστέλλοντας τη δραστηριότητα των οστεοκλαστών και προάγοντας τον σχηματισμό οστού από οστεοβλάστες. Η μείωση των επιπέδων οιστρογόνων κατά την εμμηνόπαυση συμβάλλει στην επιτάχυνση της οστικής απώλειας, καθιστώντας τις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ιδιαίτερα ευάλωτες στην οστεοπόρωση (Clynes et al., 2020).

Ιδιοπαθής οστεοπόρωση (τύπου ΙΙ)- Γεροντική οστεοπόρωση

Η γεροντική οστεοπόρωση επηρεάζει τόσο τους άνδρες όσο και τις γυναίκες και σχετίζεται κυρίως με τη φυσική διαδικασία γήρανσης, αφορά κυρίως άτομα 70 ετών και άνω. Με το πέρας της ηλικίας, παρατηρείται σταδιακή μείωση της οστικής μάζας και αλλοιώσεις στην μικροαρχιτεκτονική των οστών λόγω της έλλειψης ασβεστίου, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο των καταγμάτων. Ενώ η μετεμμηνοπαυσιακή και η γεροντική οστεοπόρωση μοιράζονται παρόμοια χαρακτηριστικά, οι υποκείμενοι μηχανισμοί μπορεί να διαφέρουν σε κάποιο βαθμό, κάτι που απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

Η δευτερογενής οστεοπόρωση

Η δευτερογενής οστεοπόρωση αναφέρεται στην απώλεια οστικής μάζας που προκύπτει από υποκείμενες ιατρικές καταστάσεις ή φάρμακα. Πολλοί παράγοντες μπορούν να συμβάλουν στη δευτερογενή οστεοπόρωση, συμπεριλαμβανομένων των ενδοκρινικών διαταραχών (υπερθυρεοειδισμός, υπερπαραθυρεοειδισμός). Ο εντοπισμός και η αντιμετώπιση της υποκείμενης αιτίας της δευτεροπαθούς οστεοπόρωσης είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διαχείριση και θεραπεία (Ebeling et al., 2022).

Νεανική οστεοπόρωση

Η νεανική οστεοπόρωση αφορά κυρίως μικρά παιδιά και νεαρούς ενήλικες και των δύο φύλων. Η ηλικία αυτών κυμαίνεται από 8-14 έτη, όπου έχουν ήδη εκδηλωθεί τα πρώιμα συμπτώματα της νόσου. Η ανάπτυξη αυτών των παιδιών είναι φυσιολογική και έχουν πλήρη λειτουργία γεννητικών αδένων. Η νόσος εκδηλώνεται με έντονη οστεαλγία και μετατραυματικά κατάγματα.

Εκτός από την ταξινόμηση με βάση την αιτιολογία, η οστεοπόρωση μπορεί επίσης να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με τον κίνδυνο κατάγματος.

Το εργαλείο για την εκτίμηση κινδύνου κατάγματος FRAX (Fracture Risk Assessment Tool) είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο κλινικό εργαλείο που εκτιμά τη 10ετή πιθανότητα ενός ατόμου για μείζονα οστεοπορωτικά κατάγματα (συμπεριλαμβανομένων καταγμάτων ισχίου, σπονδύλων, βραχιονίου και αντιβραχίου) με βάση διάφορους παράγοντες κινδύνου. Το FRAX ενσωματώνει παράγοντες κλινικού κινδύνου όπως ηλικία, φύλο, ιστορικό κατάγματος, οικογενειακό ιστορικό, δείκτη μάζας σώματος και παράγοντες τρόπου ζωής με ή χωρίς μέτρηση BMD για τον υπολογισμό του κινδύνου κατάγματος. Αυτή η προσέγγιση βοηθά τους κλινικούς ιατρούς να προσαρμόσουν τις θεραπευτικές αποφάσεις και τις παρεμβάσεις σε άτομα με τον υψηλότερο κίνδυνο καταγμάτων.

Η κατανόηση του ορισμού και της ταξινόμησης της οστεοπόρωσης παρέχει τη βάση για ακριβή διάγνωση, κατάλληλη εκτίμηση κινδύνου και προσαρμοσμένες στρατηγικές θεραπείας. Αναγνωρίζοντας την ετερογένεια αυτής της κατάστασης, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να υιοθετήσουν μια εξατομικευμένη προσέγγιση στη φροντίδα των ασθενών, βελτιστοποιώντας έτσι τα αποτελέσματα και μειώνοντας τον αριθμό καταγμάτων που σχετίζονται με την οστεοπόρωση (Marcus et al., 2013).

1.2. Επιδημιολογία και Επικράτηση

Η οστεοπόρωση αποτελεί μείζον πρόβλημα δημόσιας υγείας παγκοσμίως, που χαρακτηρίζεται από υψηλή θνησιμότητα και σημαντική οικονομική επιβάρυνση. Η κατανόηση της επιδημιολογίας της οστεοπόρωσης είναι ζωτικής σημασίας για αποτελεσματικές στρατηγικές πρόληψης, διάγνωσης και διαχείρισης.

Η εμφάνιση της οστεοπόρωσης ποικίλλει σε διαφορετικούς πληθυσμούς και γεωγραφικές περιοχές. Οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν παράσχει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την κατανομή και την επιβάρυνση αυτής της πάθησης, διευκολύνοντας στοχευμένες παρεμβάσεις και την κατανομή των πόρων. Αυτές οι μελέτες

χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους για την εκτίμηση των ποσοστών εμφάνισης της οστεοπόρωσης, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων της οστικής πυκνότητας (bone mineral density - BMD), των μητρώων καταγμάτων και των ερευνών πληθυσμού (Ralston & Uitterlinden, 2010)

Οι γεωγραφικές διακυμάνσεις επίσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση της οστεοπόρωσης και για τον λόγο αυτό παρατηρούνται σε παγκόσμιο επίπεδο. Διάφοροι παράγοντες συμβάλλουν σε αυτές τις παραλλαγές, συμπεριλαμβανομένων των γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, των πολιτισμικών πρακτικών και των επιλογών τρόπου ζωής. Περιοχές με υψηλότερα ποσοστά οστεοπόρωσης συχνά συνδέονται με χαμηλότερες τιμές BMD και αυξημένη συχνότητα καταγμάτων. Επιπλέον, μερικοί πληθυσμοί, όπως οι πληθυσμοί του Καυκάσου και της Ασίας, διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο να αναπτύξουν οστεοπόρωση σε σύγκριση με άλλες (Drake et al., 2015).

Η ηλικία και το φύλο επίσης είναι καθοριστικοί παράγοντες στην ανάπτυξη της οστεοπόρωσης. Η προχωρημένη ηλικία σχετίζεται με υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισής της, κυρίως λόγω της μείωσης της οστικής μάζας που σχετίζεται με την ηλικία και των αλλοιώσεων στη μικροαρχιτεκτονική των οστών. Η συχνότητα εμφάνισης της οστεοπόρωσης αυξάνεται εκθετικά με την ηλικία, ιδιαίτερα στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μείωση των επιπέδων των οιστρογόνων μετά την εμμηνόπαυση, η οποία επιταχύνει την οστική απώλεια και οδηγεί τις γυναίκες σε οστικά κατάγματα. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η οστεοπόρωση επηρεάζει και τους άνδρες, αν και σε μικρότερο βαθμό εν σύγκριση με τις γυναίκες.

Η επίδραση της οστεοπόρωσης στην υγεία των γυναικών προκαλεί ιδιαίτερη ανησυχία. Οι μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες διατρέχουν σημαντικά υψηλότερο κίνδυνο να αναπτύξουν οστεοπόρωση λόγω ανεπάρκειας οιστρογόνων. Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι περίπου το 50% των γυναικών ηλικίας 50 ετών και άνω θα εμφανίσουν κάταγμα κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Αυτό υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη για προληπτικά μέτρα και έγκαιρη διάγνωση σε αυτόν τον ευάλωτο πληθυσμό (Lorentzon & Cummings, 2015).

Η οικονομική επιβάρυνση της οστεοπόρωσης είναι σημαντική και συνεχίζει να κλιμακώνεται με τη γήρανση του πληθυσμού. Τα οστεοπορωτικά κατάγματα, ιδιαίτερα τα κατάγματα του ισχίου, συμβάλλουν σημαντικά στο κόστος υγειονομικής

περίθαλψης, στα έτη ζωής προσαρμοσμένα στην αναπηρία (disability-adjusted life years - DALYs) και στην πρόωγη θνησιμότητα. Τα κατάγματα που σχετίζονται με την οστεοπόρωση δεν είναι μόνο σωματικά εξουθενωτικά, αλλά επηρεάζουν και την ποιότητα ζωής ενός ατόμου, οδηγώντας σε μειωμένη κινητικότητα, αυξημένη εξάρτηση από τους άλλους και ψυχολογική δυσφορία.

Οι αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης και πρόληψης είναι απαραίτητες για τον μετριασμό του βάρους της οστεοπόρωσης. Οι προσπάθειες πρόληψης θα πρέπει να επικεντρωθούν στη βελτιστοποίηση της μέγιστης οστικής μάζας κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, καθώς και στην προώθηση συμπεριφορών υγιεινού τρόπου ζωής, όπως η τακτική άσκηση με βάρος, η επαρκής πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D και η αποφυγή του καπνίσματος και της υπερβολικής κατανάλωσης αλκοόλ. Η έγκαιρη αναγνώριση ατόμων υψηλού κινδύνου για οστεοπόρωση και κατάγματα είναι κρίσιμη για την εφαρμογή στοχευμένων παρεμβάσεων, συμπεριλαμβανομένων φαρμακολογικών θεραπειών και τροποποιήσεων του τρόπου ζωής (Ralston & Uitterlinden, 2010).

Συμπερασματικά, η οστεοπόρωση είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα υγείας με σημαντικό αντίκτυπο στα άτομα, στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και στην κοινωνία συνολικά. Η εμφάνιση της οστεοπόρωσης εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο, τους γενετικούς και γεωγραφικούς παράγοντες. Οι γυναίκες, ιδιαίτερα οι μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, φέρουν το σημαντικότερο βάρος αυτής της πάθησης. Τα οστεοπορωτικά κατάγματα συμβάλλουν σημαντικά στη νοσηρότητα, τη θνησιμότητα και το κόστος υγειονομικής περίθαλψης. Μια ολοκληρωμένη κατανόηση της επιδημιολογίας και της συχνότητας εμφάνισης της οστεοπόρωσης παρέχει τη βάση για την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών για την πρόληψη, τη διάγνωση και τη διαχείριση αυτής της πάθησης.

1.3. Συχνότητα της Οστεοπόρωσης

Παγκοσμίως υποφέρουν από οστεοπόρωση περίπου 200 εκατομμύρια γυναίκες. Σύμφωνα με έρευνες των Η.Π.Α. το 29% των γυναικών, δηλαδή περίπου το 1/3 και το 18% των ανδρών ηλικίας 45-79 ετών παρουσιάζουν κάποιου βαθμού οστεοπόρωση (Γιαννιού, 2014 & Γάτσος, 2013). Έρευνες στην Ελλάδα, έχουν δείξει ότι άτομα άνω των 60 ετών έχουν τη νόσο, με τις γυναίκες να κατέχουν υψηλό ποσοστό 19%, ενώ οι άνδρες 11% (Γιαννιού, 2014). Σύμφωνα με το Ελληνικό Ίδρυμα Ρευματολογικών

Ερευνών, η πάθηση παρουσιάζεται από τα 50 έτη και άνω σε ποσοστό των 28,4% των Ελληνίδων. Στην έρευνα έγινε μέτρηση της οστικής πυκνότητας της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και το άνω μέρος του μηριαίου οστού (Γάτσος, 2013). Τέλος κατέληξαν ότι η νόσος προκαλεί ένα κατάγμα κάθε 30 δευτερόλεπτα, ενώ όλα τα οστεοπορωτικά κατάγματα αντιστοιχούν σε 2,7 εκατομμύρια κατάγματα σε ευρωπαίους άνδρες και γυναίκες (Kanis & Johnell, 2005 όπως αναφέρεται η Γιαννιού, 2014).

1.4. Παράγοντες Κίνδυνου για την Ανάπτυξη της Οστεοπόρωσης

Η οστεοπόρωση είναι μια πολυπαραγοντική νόσος που επηρεάζεται από ποικιλία παραγόντων κινδύνου οι οποίοι συμβάλλουν στην ανάπτυξη και την εξέλιξη της οστικής απώλειας και της ευθραυστότητας. Η κατανόηση αυτών των παραγόντων κινδύνου είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό ατόμων με αυξημένο κίνδυνο, την εφαρμογή προληπτικών στρατηγικών και την προσαρμογή των θεραπευτικών προσεγγίσεων. Οι παράγοντες κινδύνου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε μη τροποποιήσιμους και τροποποιήσιμους παράγοντες, καθένας από τους οποίους παίζει ξεχωριστό ρόλο στην παθογένεση της οστεοπόρωσης.

1.4.1. Μη τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου

Οι μη τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου αποτελούν εγγενή χαρακτηριστικά ή καταστάσεις που δεν μπορούν να αλλάξουν. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν την ηλικία, το φύλο, την εθνικότητα και τη γενετική προδιάθεση.

Η ηλικία είναι ένας από τους ισχυρότερους παράγοντες κινδύνου για την οστεοπόρωση. Καθώς τα άτομα γερνούν, υπάρχει μια φυσική μείωση της οστικής μάζας και αλλοιώσεις στην ποιότητα των οστών, καθιστώντας τα οστά πιο ευαίσθητα σε κατάγματα. Ο ρυθμός οστικής απώλειας επιταχύνεται στις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση λόγω μειωμένων επιπέδων οιστρογόνων, οδηγώντας σε υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης οστεοπόρωσης εν σύγκριση με τους άνδρες της ίδιας ηλικίας (Khosla & Hofbauer, 2017).

Το φύλο είναι ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας του κινδύνου οστεοπόρωσης. Οι γυναίκες, ιδιαίτερα οι μετεμμηνόπαυσιακές γυναίκες, έχουν υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης οστεοπόρωσης και είναι πιο επιρρεπείς σε κατάγματα σε σύγκριση με τους άνδρες. Αυτό αποδίδεται κυρίως στη μείωση των επιπέδων των οιστρογόνων μετά την εμμηνόπαυση, η οποία επιταχύνει την οστική απώλεια και θέτει σε κίνδυνο την οστική

αντοχή. Ωστόσο, οι άνδρες είναι επίσης επιρρεπείς στην οστεοπόρωση, ειδικά με την παρουσία άλλων παραγόντων κινδύνου όπως η προχωρημένη ηλικία, οι χρόνιες ιατρικές παθήσεις ή η παρατεταμένη χρήση ορισμένων φαρμάκων.

Η εθνικότητα αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα στην εμφάνιση της οστεοπόρωσης, με παραλλαγές που παρατηρούνται σε διαφορετικούς πληθυσμούς. Για παράδειγμα, οι πληθυσμοί του Καυκάσου και της Ασίας τείνουν να έχουν υψηλότερα ποσοστά εμφάνισης οστεοπόρωσης σε σύγκριση με τους Αφροαμερικανούς και τους Ισπανόφωνους πληθυσμούς. Οι εθνοτικές διαφορές στην οστική πυκνότητα, τη σύσταση του σώματος και τους γενετικούς παράγοντες συμβάλλουν σε αυτές τις ανομοιότητες. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι η οστεοπόρωση μπορεί να επηρεάσει άτομα κάθε εθνοτικής καταγωγής και ο αντίκτυπος της εθνότητας θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε ένα ευρύτερο πλαίσιο άλλων παραγόντων κινδύνου.

Οι γενετικοί παράγοντες συμβάλλουν στην ανάπτυξη της οστεοπόρωσης μέσω της επιρροής τους στον μεταβολισμό των οστών και στη ρύθμιση της σκελετικής ομοιόστασης. Παραλλαγές στα γονίδια που εμπλέκονται στο σχηματισμό οστών και στις οδούς απορρόφησης μπορεί να επηρεάσουν την ευαισθησία ενός ατόμου στην οστεοπόρωση. Το οικογενειακό ιστορικό οστεοπόρωσης και καταγμάτων ευθραυστότητας αυξάνει επίσης τον κίνδυνο, υποδηλώνοντας μια γενετική συνιστώσα της νόσου. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση μεταξύ γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων είναι πολύπλοκη και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να αποσαφηνιστεί πλήρως ο ρόλος των γενετικών παραγόντων στον κίνδυνο οστεοπόρωσης (Mazziotti et al., 2012).

1.4.2. Τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου

Οι τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου είναι παράγοντες που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής ή την υγεία που μπορούν να αλλάξουν μέσω παρεμβάσεων ή αλλαγών συμπεριφοράς. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν την ανεπαρκή διατροφή, τη σωματική αδράνεια, το κάπνισμα, την υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ και ορισμένες ιατρικές καταστάσεις ή φάρμακα.

Η διατροφή αποτελεί έναν από σημαντικότερους παράγοντες για την υγεία των οστών, έτσι η ανεπαρκής πρόσληψη βασικών θρεπτικών συστατικών μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο οστεοπόρωσης. Η ανεπαρκής πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ανοργανοποίηση των οστών και να συμβάλει στην οστική

απώλεια. Μια διαίτα που δεν περιέχει φρούτα, λαχανικά και άλλα μικροθρεπτικά συστατικά μπορεί επίσης να επηρεάσει έμμεσα την υγεία των οστών. Από την άλλη πλευρά, η υπερβολική πρόσληψη νατρίου, καφεΐνης και φωσφόρου έχει συσχετιστεί με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των οστών. Η επίτευξη μιας καλά ισορροπημένης διατροφής που περιλαμβάνει επαρκές ασβέστιο, βιταμίνη D και άλλα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά είναι σημαντική για τη διατήρηση της βέλτιστης υγείας των οστών (Ralston & Uitterlinden, 2010).

Η σωματική αδράνεια και η καθιστική ζωή είναι σημαντικοί παράγοντες κινδύνου για την οστεοπόρωση. Οι ασκήσεις με βάρη και ενδυνάμωσης μυών είναι απαραίτητες για την τόνωση του σχηματισμού οστών και τη διατήρηση της οστικής πυκνότητας. Η έλλειψη άσκησης ή οι παρατεταμένες περιόδους αδράνειας μπορεί να οδηγήσουν σε επιταχυνόμενη απώλεια οστού και αυξημένο κίνδυνο κατάγματος. Η τακτική ενασχόληση με ασκήσεις αντοχής και μυϊκής ενδυνάμωσης καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής συνιστάται για τη διατήρηση της υγείας των οστών.

Το κάπνισμα έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των οστών και θεωρείται τροποποιήσιμος παράγοντας κινδύνου για την οστεοπόρωση. Το κάπνισμα βλάπτει τον μεταβολισμό των οστών παρεμποδίζοντας την παραγωγή οιστρογόνων και άλλων ορμονών που είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της οστικής πυκνότητας. Επηρεάζει επίσης την απορρόφηση του ασβεστίου και βλάπτει τη λειτουργία των οστεοβλαστών, των κυττάρων που είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό των οστών. Τα άτομα που καπνίζουν διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο να αναπτύξουν οστεοπόρωση και να εμφανίσουν κατάγματα σε σύγκριση με τους μη καπνιστές. Η διακοπή του καπνίσματος έχει αποδειχθεί ότι έχει θετικές επιπτώσεις στην υγεία των οστών και μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κινδύνου οστεοπόρωσης.

Η κατανάλωση αλκοόλ σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο οστεοπόρωσης. Η χρόνια κατάχρηση αλκοόλ παρεμποδίζει την απορρόφηση του ασβεστίου και τον μεταβολισμό, οδηγώντας σε μειωμένη οστική πυκνότητα και αυξημένη ευαισθησία σε κατάγματα. Το αλκοόλ επηρεάζει επίσης τα επίπεδα ορμονών, διαταράσσει τη λειτουργία του ήπατος και βλάπτει την ικανότητα του σώματος να παράγει νέο οστικό ιστό. Ο περιορισμός της πρόσληψης αλκοόλ σε μέτρια επίπεδα (έως ένα ποτό την ημέρα για τις γυναίκες και έως δύο ποτά την ημέρα για τους άνδρες) συνιστάται για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία των οστών (Becker et al., 2010).

Ορισμένες ιατρικές καταστάσεις και φάρμακα μπορούν να συμβάλουν στην απώλεια οστικής μάζας και να αυξήσουν τον κίνδυνο οστεοπόρωσης. Ενδοκρινικές διαταραχές όπως ο υπερθυρεοειδισμός, ο υπερπαραθυρεοειδισμός και το σύνδρομο Cushing μπορεί να διαταράξουν τον φυσιολογικό μεταβολισμό των οστών και να οδηγήσουν σε απώλεια οστού. Γαστρεντερικές ασθένειες όπως η κοιλιοκάκη και η φλεγμονώδης νόσος του εντέρου μπορούν να επηρεάσουν την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών, επηρεάζοντας τη διαθεσιμότητα του ασβεστίου και άλλων μετάλλων που είναι απαραίτητα για την υγεία των οστών. Η μακροχρόνια χρήση ορισμένων φαρμάκων όπως τα γλυκοκορτικοειδή (π.χ. πρεδνιζόνη) μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οστική πυκνότητα και να αυξήσει τον κίνδυνο καταγμάτων. Είναι σημαντικό τα άτομα με αυτές τις παθήσεις ή που λαμβάνουν αυτά τα φάρμακα να συνεργάζονται στενά με τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης για να ελαχιστοποιήσουν τον αντίκτυπο στην υγεία των οστών μέσω κατάλληλων στρατηγικών διαχείρισης και παρακολούθησης.

Η κατανόηση και η αντιμετώπιση των τροποποιήσιμων παραγόντων κινδύνου για την οστεοπόρωση είναι ζωτικής σημασίας για τις προσπάθειες πρόληψης και διαχείρισης. Η υιοθέτηση ενός υγιεινού τρόπου ζωής που περιλαμβάνει μια καλά ισορροπημένη διατροφή, τακτική άσκηση, διακοπή του καπνίσματος και μέτρο στην κατανάλωση αλκοόλ μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση της βέλτιστης υγείας των οστών. Οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη διάγνωση και την ενημέρωση για τους παράγοντες κινδύνου και στην εφαρμογή κατάλληλων μέτρων για τη μείωση της επιβάρυνσης της οστεοπόρωσης και των συναφών καταγμάτων (Rachner et al., 2011).

1.5. Παθοφυσιολογία Οστικής Απώλειας και Αναδιαμόρφωσης

Η παθοφυσιολογία της οστεοπόρωσης περιλαμβάνει μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση κυτταρικών και μοριακών διεργασιών που διαταράσσουν την ισορροπία μεταξύ σχηματισμού οστού και απορρόφησης, με αποτέλεσμα επιταχυνόμενη οστική απώλεια και μειωμένη οστική αντοχή. Η κατανόηση αυτών των υποκείμενων μηχανισμών είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της ανάπτυξης και της εξέλιξης της οστεοπόρωσης και την ανάπτυξη στοχευμένων θεραπευτικών προσεγγίσεων (Schuiling et al., 2011).

Το οστό είναι ένας δυναμικός ιστός που υφίσταται συνεχή αναδιαμόρφωση μέσω μιας αυστηρά ρυθμισμένης διαδικασίας που περιλαμβάνει τον σχηματισμό οστών από τους οστεοβλάστες και την οστική απορρόφηση από τους οστεοκλάστες. Αυτή η διαδικασία αναδιαμόρφωσης διατηρεί τη σκελετική ακεραιότητα και επιτρέπει την αποκατάσταση μικροβλαβών, την προσαρμογή στη μηχανική καταπόνηση και την απελευθέρωση ασβεστίου και μετάλλων στην κυκλοφορία του αίματος. Ωστόσο, στην οστεοπόρωση, υπάρχει μια ανισορροπία μεταξύ της οστικής απορρόφησης και του σχηματισμού, που οδηγεί σε υπερβολική οστική απορρόφηση και ανεπαρκή σχηματισμό οστού.

Οι βασικοί κυτταρικοί παράγοντες στην αναδόμηση των οστών είναι οι οστεοβλάστες και οι οστεοκλάστες. Οι οστεοκλάστες είναι υπεύθυνοι για την απορρόφηση των οστών, ενώ οι οστεοβλάστες είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμό οστού. Οι οστεοκλάστες προέρχονται από αιμοποιητικούς πρόδρομους και ρυθμίζονται από τον ενεργοποιητή υποδοχέα της οδού σηματοδότησης του πυρηνικού παράγοντα-κάπα Β (receptor activator of nuclear factor-kappa B ligand - RANKL)/RANK/οστεοπρωτεγερίνης (OPG). Ο RANKL, που παράγεται από οστεοβλάστες και στρωματικά κύτταρα, συνδέεται με τον υποδοχέα του RANK στα πρόδρομα κύτταρα οστεοκλαστών, διεγείροντας τη διαφοροποίηση, την ωρίμανση και την ενεργοποίησή τους. Η OPG δρα ως υποδοχέας δόλωμα για τον RANKL, περιορίζοντας τη δέσμευσή του στο RANK και ως εκ τούτου αναστέλλοντας το σχηματισμό και τη δραστηριότητα των οστεοκλαστών (Emkey et al., 2014).

Στην οστεοπόρωση, υπάρχει αύξηση του σχηματισμού και της δραστηριότητας των οστεοκλαστών, που οδηγεί σε υπερβολική οστική απορρόφηση. Αυτή η ανισορροπία μπορεί να συμβεί λόγω πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των ορμονικών αλλαγών, των φλεγμονωδών κυτοκινών και των αλλαγών στο μικροπεριβάλλον του οστού. Η ανεπάρκεια οιστρογόνων, ιδιαίτερα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, παίζει σημαντικό ρόλο στην παθογένεση της οστεοπόρωσης. Τα οιστρογόνα αναστέλλουν τη δραστηριότητα των οστεοκλαστών και προάγουν τον σχηματισμό οστού με τη μεσολάβηση των οστεοβλαστών. Η ανεπάρκεια οιστρογόνων οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή RANKL και μειωμένη παραγωγή OPG, με αποτέλεσμα ενισχυμένη οστεοκλαστογένεση και επιταχυνόμενη οστική απορρόφηση (Catalano et al., 2017).

Εκτός από την ανεπάρκεια οιστρογόνων, άλλοι παράγοντες συμβάλλουν στην αυξημένη οστική απορρόφηση που παρατηρείται στην οστεοπόρωση. Η χρόνια φλεγμονή, που χαρακτηρίζεται από αυξημένα επίπεδα προφλεγμονωδών κυτοκινών

όπως η ιντερλευκίνη-1 (IL-1), η ιντερλευκίνη-6 (IL-6) και ο παράγοντας-άλφα νέκρωσης όγκου (TNF- α), μπορεί να διεγείρει το σχηματισμό και τη δραστηριότητα οστεοκλαστών. Αυτές οι κυτοκίνες δρουν στους οστεοβλάστες και άλλα κύτταρα του μυελού των οστών για να ενισχύσουν την παραγωγή RANKL, οδηγώντας σε ενεργοποίηση οστεοκλαστών. Το φλεγμονώδες μικροπεριβάλλον διαταράσσει τη λεπτή ισορροπία μεταξύ της οστικής απορρόφησης και του σχηματισμού, ευνοώντας την οστική απώλεια.

Οι αλλαγές στο μικροπεριβάλλον των οστών παίζουν επίσης ρόλο στην παθοφυσιολογία της οστεοπόρωσης. Η γήρανση και το αυξημένο οξειδωτικό στρες οδηγούν στη συσσώρευση τελικών προϊόντων προηγμένης γλυκοζυλίωσης (advanced glycation end products - AGEs) στη μήτρα των οστών, μειώνοντας τη δομική της ακεραιότητα και την αντοχή των οστών. Τα AGEs μπορούν να προάγουν την ενεργοποίηση των οστεοκλαστών και να αναστέλλουν τη λειτουργία των οστεοβλαστών, επιδεινώνοντας περαιτέρω την οστική απώλεια. Επιπλέον, αλλαγές στα επίπεδα των αυξητικών παραγόντων και των μορίων σηματοδότησης, όπως ο αυξητικός παράγοντας-1 (IGF-1) και ο μετασχηματιστικός αυξητικός παράγοντας-βήτα (TGF- β), μπορούν να επηρεάσουν την αναδιαμόρφωση των οστών και να συμβάλουν στην ανάπτυξη οστεοπόρωσης (Ferrari et al., 2012).

Η κατανόηση της παθοφυσιολογίας της οστικής απώλειας είναι απαραίτητη καθώς έχει ανοίξει το δρόμο για την ανάπτυξη στοχευμένων θεραπειών για την οστεοπόρωση. Οι αντιαπορροφητικοί παράγοντες, όπως τα διφωσφονικά και η δενοσουμάμπη, αναστέλλουν τη δραστηριότητα των οστεοκλαστών και μειώνουν την οστική απορρόφηση. Οι αναβολικοί παράγοντες, όπως η τεριπαρατίδη και η ρομοζουμάμπη, προάγουν τον σχηματισμό οστών διεγείροντας τη δραστηριότητα των οστεοβλαστών. Αυτές οι θεραπευτικές προσεγγίσεις στοχεύουν στην αποκατάσταση της ισορροπίας μεταξύ της οστικής απορρόφησης και του σχηματισμού, μετριάζοντας την απώλεια οστικής μάζας και μειώνοντας τον κίνδυνο κατάγματος.

Η αναδυόμενη έρευνα διερευνά επίσης νέους στόχους και μονοπάτια για τη θεραπεία της οστεοπόρωσης. Για παράδειγμα, οι αναστολείς της σκληροστίνης, μιας πρωτεΐνης που αναστέλλει τη σηματοδότηση Wnt και ρυθμίζει αρνητικά τον σχηματισμό των οστών, δείχνουν πολλά υποσχόμενοι για την τόνωση του σχηματισμού οστών και τη βελτίωση της οστικής πυκνότητας. Άλλες πιθανές θεραπευτικές οδοί περιλαμβάνουν ρυθμιστές της οδού RANKL/OPG, αναστολείς καθεψίνης K και παράγοντες που

στοχεύουν στην ισορροπία των παραγόντων αναδόμησης των οστών (Armas et al., 2012).

2. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

2.1. Κλινική Αξιολόγηση και Ιστορικό Ασθενούς

Η κλινική αξιολόγηση και η λήψη ενός ολοκληρωμένου ιστορικού του ασθενούς διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στη διαγνωστική αξιολόγηση της οστεοπόρωσης. Μέσω προσεκτικής αξιολόγησης κλινικών σημείων, συμπτωμάτων και παραγόντων κινδύνου, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να εντοπίσουν άτομα που μπορεί να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο οστεοπόρωσης και καταγμάτων. Αυτή η ενότητα εστιάζει στη σημασία της κλινικής αξιολόγησης και του ιστορικού του ασθενούς στη διαγνωστική προσέγγιση της οστεοπόρωσης.

Η κλινική αξιολόγηση ξεκινά με μια ενδελεχή αξιολόγηση του ιατρικού ιστορικού του ασθενούς, συμπεριλαμβανομένου του προσωπικού και οικογενειακού ιστορικού καταγμάτων, ιατρικών καταστάσεων και φαρμάκων. Το ιστορικό καταγμάτων ευθραυστότητας, που ορίζεται ως κατάγματα που προκύπτουν από ελάχιστο τραύμα ή μηχανική καταπόνηση που συνήθως δεν προκαλεί κάταγμα σε υγιή άτομα, αποτελεί βασικό δείκτη της υποκείμενης ευθραυστότητας των οστών και αυξημένου κινδύνου κατάγματος. Τα κατάγματα συνήθως αφορούν το ισχίο, τη σπονδυλική στήλη, τον καρπό ή το βραχιόνιο οστό και η εκτίμηση τους βοηθά σημαντικά στην πρόληψη του κινδύνου της οστεοπόρωσης (Lippuner, 2012).

Η λήψη ενός λεπτομερούς προσωπικού και οικογενειακού ιστορικού είναι απαραίτητη καθώς η οστεοπόρωση έχει μια γενετική συνιστώσα. Άτομα με οικογενειακό ιστορικό οστεοπόρωσης ή καταγμάτων ευθραυστότητας, ειδικά σε συγγενείς πρώτου βαθμού, μπορεί να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να αναπτύξουν τα ίδια την πάθηση. Επιπλέον, ορισμένες ιατρικές καταστάσεις και φάρμακα μπορούν να συμβάλουν στην απώλεια οστικής μάζας και να αυξήσουν τον κίνδυνο οστεοπόρωσης. Καταστάσεις όπως ο υπερθυρεοειδισμός, ο υπερπαραθυρεοειδισμός, η ρευματοειδής αρθρίτιδα και οι γαστρεντερικές νόσοι, καθώς και φάρμακα όπως τα γλυκοκορτικοειδή, οι αναστολείς της αρωματάσης και τα αντισπασμωδικά, μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την υγεία των οστών (Mazziotti et al., 2012).

Η αξιολόγηση των παραγόντων του τρόπου ζωής είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή της κλινικής αξιολόγησης. Η έρευνα σχετικά με τα επίπεδα σωματικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα τις ασκήσεις βάρους και μυϊκής ενδυνάμωσης, παρέχει πληροφορίες για τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των οστών. Η καθιστική ζωή και η έλλειψη άσκησης

συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο οστεοπόρωσης. Επιπλέον, παράγοντες του τρόπου ζωής όπως το κάπνισμα και η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την υγεία των οστών και να συμβάλουν στην απώλεια οστικής μάζας. Μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση αυτών των παραγόντων επιτρέπει στους επαγγελματίες υγείας να εντοπίσουν άτομα που μπορεί να ωφεληθούν από στοχευμένες παρεμβάσεις και τροποποιήσεις συμπεριφοράς.

Οι κλινικές ενδείξεις και τα συμπτώματα μπορούν επίσης να διευκολύνουν τη διάγνωση της οστεοπόρωσης. Η απώλεια ύψους με την πάροδο του χρόνου ή η ανάπτυξη μιας σκυμμένης στάσης (κύφωση) μπορεί να υποδηλώνει σπονδυλικά κατάγματα και υποκείμενη ευθραυστότητα των οστών. Αυτά τα σημάδια συχνά συνδέονται με χρόνιο πόνο στην πλάτη ή σε άλλες πληγείσες περιοχές. Η αξιολόγηση του πόνου των οστών, της μυϊκής αδυναμίας και των σημείων αδυναμίας μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό ατόμων που διατρέχουν κίνδυνο επιπλοκών που σχετίζονται με την οστεοπόρωση (Pietschmann et al., 2016).

Η παρουσία δευτερογενών αιτιών οστεοπόρωσης θα πρέπει επίσης να διερευνηθεί κατά την κλινική αξιολόγηση. Ορισμένες ιατρικές καταστάσεις, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μπορούν να συμβάλουν στη δευτεροπαθή οστεοπόρωση. Συμπτώματα που σχετίζονται με αυτές τις καταστάσεις, όπως ταχυπαλμίες που σχετίζονται με υπερθυρεοειδισμό ή γαστρεντερικά συμπτώματα ενδεικτικά δυσαπορρόφησης, μπορεί να υπάρχουν και θα πρέπει να εγείρουν υποψίες για μια υποκείμενη αιτία οστικής απώλειας.

Επιπλέον, η εκτίμηση του κινδύνου πτώσεων είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της οστεοπόρωσης. Άτομα που έχουν ιστορικό πτώσεων ή παρουσιάζουν παράγοντες που αυξάνουν τον κίνδυνο πτώσης, όπως διαταραχές βάδισης και ισορροπίας ή προβλήματα όρασης, μπορεί να είναι πιο ευαίσθητα σε κατάγματα. Ο εντοπισμός και η αντιμετώπιση αυτών των παραγόντων μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της πιθανότητας μελλοντικών καταγμάτων (Lippuner, 2012).

Η κλινική αξιολόγηση και το ιστορικό του ασθενούς χρησιμεύουν ως βάση για την αναγνώριση ατόμων που διατρέχουν κίνδυνο οστεοπόρωσης και καταγμάτων, και καθοδηγούν τις διαγνωστικές έρευνες. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια αυτής της αξιολόγησης δημιουργούν την ανάγκη για περαιτέρω αξιολόγηση χρησιμοποιώντας τεχνικές απεικόνισης και εργαστηριακές δοκιμές. Συνδυάζοντας την

κλινική αξιολόγηση με άλλες διαγνωστικές προσεγγίσεις, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να διαγνώσουν με ακρίβεια την οστεοπόρωση, να εκτιμήσουν τον κίνδυνο κατάγματος και να αναπτύξουν κατάλληλες στρατηγικές διαχείρισης.

2.2. Απεικονιστικές Τεχνικές

Οι τεχνικές απεικόνισης παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαγνωστική αξιολόγηση της οστεοπόρωσης παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την οστική πυκνότητα, την ποιότητα και τη δομή. Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν την απεικόνιση και την αξιολόγηση της σκελετικής ακεραιότητας, βοηθώντας στην αναγνώριση ατόμων με χαμηλή οστική μάζα και αυξημένο κίνδυνο κατάγματος. Αυτή η ενότητα εστιάζει στις τεχνικές απεικόνισης που χρησιμοποιούνται συνήθως στη διάγνωση και τη διαχείριση της οστεοπόρωσης.

2.2.1. Η Απεικονιστική Μέθοδος DEXA

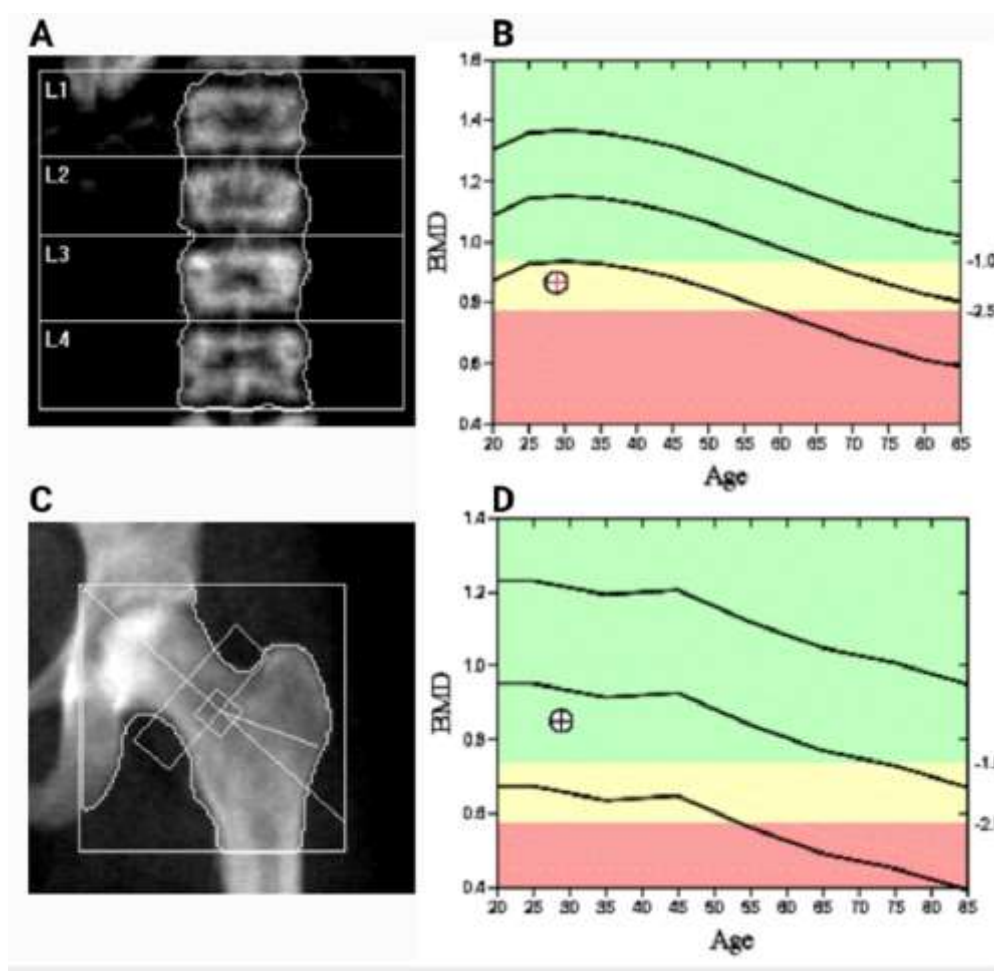
Η απορρόφηση ακτίνων X διπλής ενέργειας (Dual-energy X-ray absorptiometry - DEXA) θεωρείται η τυπική μέθοδος απεικόνισης για τη μέτρηση της οστικής πυκνότητας (bone mineral density - BMD). Η DEXA αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο στη διαγνωστική διαδικασία της οστεοπόρωσης. Ως μια υπερσύγχρονη απεικονιστική τεχνική, η DEXA διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην έγκαιρη ανίχνευση και διαχείριση της οστεοπόρωσης, προσφέροντας πληροφορίες που είναι κρίσιμες για την αποτελεσματική φροντίδα των ασθενών (Sangondimath & Sen, 2023).



Εικόνα 1. Η μέθοδος σάρωσης DEXA. Πηγή: (Fathima et al., 2019)

Η θεμελιώδης αρχή πίσω από την τεχνολογία DEXA έγκειται στη χρήση ακτινοβολίας X σε δύο διαφορετικά επίπεδα ενέργειας. Αυτή η προσέγγιση διπλής ενέργειας είναι το

κλειδί για τη λειτουργικότητά της. Όταν οι δέσμες αυτές περνούν μέσα από τα οστά, η διαφορετική απορρόφηση των δύο ενεργειών από τους ιστούς επιτρέπει τον προσδιορισμό της οστικής πυκνότητας (BMD) δηλαδή την περιεκτικότητα των οστών σε ασβέστιο. Η δυνατότητα αυτή οφείλεται στο διαφορετικό γραμμικό συντελεστή απορρόφησης της ακτινοβολίας X για κάθε άτομο της ύλης και στην μεταβολή αυτού του συντελεστή ανάλογα με την τιμή των kVp της χρησιμοποιούμενης δέσμης. Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα, τόσο πυκνότερο και ισχυρότερο είναι το οστό, γεγονός που είναι ζωτικής σημασίας για την εκτίμηση του κινδύνου οστεοπόρωσης (Lorente-Ramos et al., 2011).



Εικόνα 2. Σπινθηρογράφημα απορρόφησης ακτίνων X διπλής ενέργειας (DEXA) της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Α) με αντίστοιχη πυκνομετρία (Β) και του ισχίου και του αυχένα του μηριαίου οστού (Γ) με αντίστοιχη πυκνομετρία (Δ) περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλή οστική πυκνότητα, όπως υποδεικνύεται από το σημάδι στην πυκνομετρία (Β) που βρίσκεται στην κίτρινη περιοχή.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στις σαρώσεις DEXA είναι ειδικά σχεδιασμένος ώστε να μεγιστοποιεί την ακρίβεια, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την ταλαιπωρία του

ασθενούς. Συνήθως, ένα μηχάνημα DEXA αποτελείται από ένα μεγάλο επίπεδο τραπέζι και έναν "βραχίονα" που αναρτάται πάνω από το κεφάλι, ο οποίος στεγάζει τη γεννήτρια ακτίνων X και αντιδιαμετρικά τον ανιχνευτή. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, ο ασθενής ξαπλώνει ακίνητος στο τραπέζι, ενώ ο βραχίονας κινείται από πάνω του, εκπέμποντας χαμηλής δόσης ακτίνες X. Η διαδικασία είναι μη επεμβατική και ανώδυνη και συνήθως διαρκεί μόνο 10 έως 20 λεπτά (Fathima et al., 2022).

Μια σημαντική πτυχή της απήχησης της DEXA σε κλινικά περιβάλλοντα είναι η ακρίβεια και η αναπαραγωγικότητά της, οι οποίες είναι απαραίτητες για την παρακολούθηση των αλλαγών της οστικής πυκνότητας με την πάροδο του χρόνου. Αυτή η ακρίβεια οφείλεται εν μέρει στους προηγμένους αλγόριθμους λογισμικού που αναλύουν τη διαφορική απορρόφηση των ακτίνων X, παρέχοντας μια λεπτομερή εικόνα της οστικής πυκνότητας (Sangondimath & Sen, 2023).

Οι σαρώσεις DEXA αξιολογούν την BMD σε συγκεκριμένα σημεία, όπως το ισχίο και την σπονδυλική στήλη, τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα σε οστεοπορωτικά κατάγματα. Τα αποτελέσματα DEXA αναφέρονται ως T-scores και Z-scores. Το T-score συγκρίνει την BMD ενός ατόμου με τη μέση BMD ενός υγιούς νεαρού ενήλικα του ίδιου φύλου, παρέχοντας ένα μέτρο της οστικής πυκνότητας σε σχέση με τη μέγιστη οστική μάζα. Το 1994 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization - WHO) πρότεινε ο ορισμός της οστεοπόρωσης να βασίζεται στις μετρήσεις BMD στις περιοχές τις σπονδυλικής στήλης, του ισχίου και της πηχεοκαρπικής άρθρωσης σε μονάδες τυπικών αποκλίσεων (Standard Deviations - SD) με την ονομασία T-score (Bisaccia et al., 2019).

Παρακάτω αναφέρονται οι τρεις βασικές κατηγορίες T-score στις οποίες κατατάσσονται οι ασθενείς σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό.

- T-score $-2,5$ ή χαμηλότερο = οστεοπόρωση
- T-score μεταξύ $-1,1$ έως και $-2,4$ = οστεοπενία (χαμηλή οστική μάζα).
- T-score -1 και υψηλότερο = φυσιολογικό αποτέλεσμα.

Στις μετρήσεις DEXA όπως το T-score υπάρχει και το Z-score ένας άλλος δείκτης των μετρήσεων BMD. Η διαφορά τους είναι ότι στο Z-score αντί τα δεδομένα να σχετίζονται με το φυσιολογικό νεαρό ενήλικα, γίνεται συσχέτιση με το μέσο όρο του BMD για την ομάδα στην οποία ανήκει ο ασθενής, λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία,

το φύλο και την εθνικότητα. Εκφράζεται σε μονάδα τυπικής απόκλισης SD του πληθυσμού. Έτσι συγκρίνει την BMD με τη μέση BMD ατόμων ίδιας ηλικίας, φύλου και εθνικής καταγωγής, χρησιμεύοντας ως αναφορά για την υγεία των οστών σε σχέση με τον πληθυσμό. Οι σαρώσεις DEXA είναι ασφαλείς, γρήγορες και ευρέως διαθέσιμες, καθιστώντας τις ένα απαραίτητο εργαλείο για την αξιολόγηση του κινδύνου κατάγματος και την παρακολούθηση της ανταπόκρισης στη θεραπεία (Krug et al., 2010).

Μια άλλη κομβική πτυχή των σαρώσεων DEXA είναι η εξαιρετικά χαμηλή δόση ακτινοβολίας, γεγονός που την καθιστά ασφαλή επιλογή για επαναλαμβανόμενη χρήση (Lorente-Ramos et al., 2011). Η αποτελεσματική δόση ακτινοβολίας από μια σάρωση DEXA είναι περίπου 1 έως 10 μικροδευτερόλεπτα (mSv), η οποία είναι μικρότερη από τη μέση ημερήσια έκθεση σε ακτινοβολία υποβάθρου και πολύ χαμηλότερη από άλλες διαγνωστικές διαδικασίες ακτίνων X. Για σύγκριση, μια τυπική ακτινογραφία θώρακα εκθέτει τον ασθενή σε περίπου 100 mSv ακτινοβολίας. Αυτή η χαμηλή δόση είναι ιδιαίτερα σημαντική για ασθενείς που χρειάζονται τακτική παρακολούθηση, όπως εκείνοι με ιστορικό καταγμάτων ή εκείνοι που λαμβάνουν μακροχρόνια θεραπεία με στεροειδή, η οποία μπορεί να επηρεάσει την οστική πυκνότητα (Bisaccia et al., 2019).

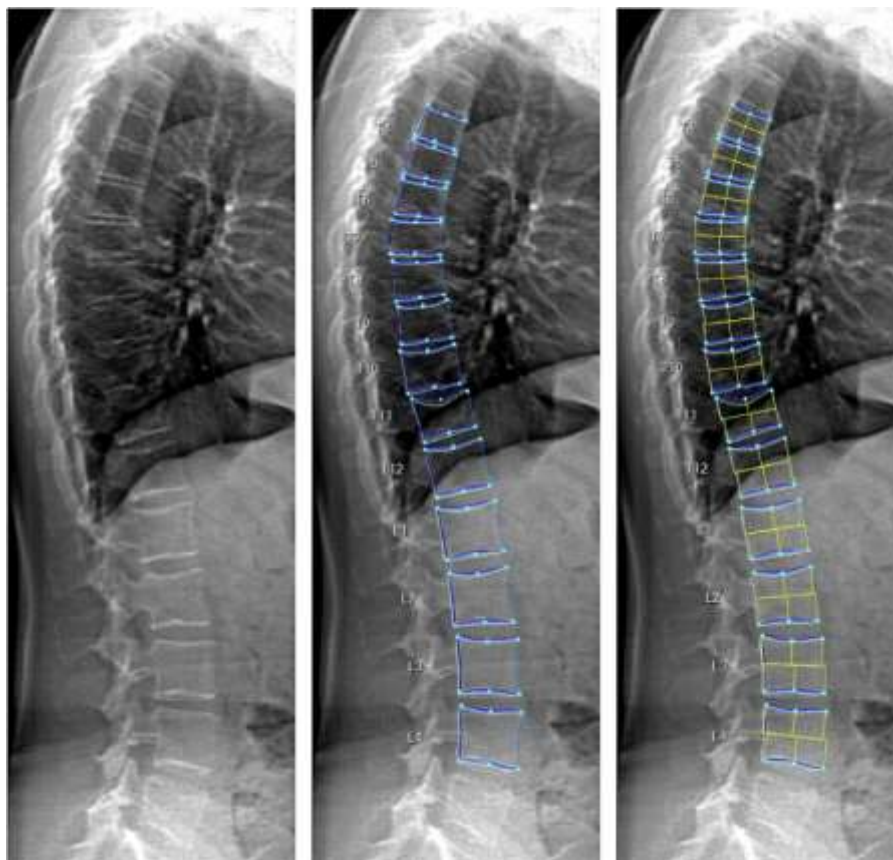
Η ικανότητα της DEXA να αξιολογεί ποσοτικά την οστική πυκνότητα προσφέρεται για τη διάγνωση και τη διαχείριση της οστεοπόρωσης. Εντοπίζοντας τα άτομα με χαμηλή οστική πυκνότητα, η DEXA επιτρέπει την έναρξη κατάλληλων θεραπευτικών παρεμβάσεων, όπως αλλαγές στον τρόπο ζωής, συμπληρώματα ή φάρμακα για τη βελτίωση της οστικής αντοχής και τη μείωση του κινδύνου καταγμάτων. Επιπλέον, οι επακόλουθες σαρώσεις DEXA μπορούν να παρακολουθούν την αποτελεσματικότητα αυτών των παρεμβάσεων με την πάροδο του χρόνου, καθοδηγώντας προσαρμογές στα θεραπευτικά σχέδια (Fathima et al., 2022).

Συμπερασματικά, η DEXA αποτελεί ένα ζωτικής σημασίας εργαλείο στη μάχη κατά της οστεοπόρωσης. Η εξελιγμένη τεχνολογία της προσφέρει έναν μοναδικό συνδυασμό ακρίβειας, ακρίβειας και ασφάλειας, απαραίτητο για τη διάγνωση και τη διαχρονική παρακολούθηση αυτής της συχνής αλλά σοβαρής πάθησης. Παρέχοντας λεπτομερή εικόνα της οστικής πυκνότητας, οι σαρώσεις DEXA όχι μόνο βοηθούν στην έγκαιρη ανίχνευση και θεραπεία της οστεοπόρωσης, αλλά συμβάλλουν επίσης σημαντικά στην πρόληψη δυνητικά εξουθενωτικών καταγμάτων, βελτιώνοντας έτσι τα αποτελέσματα

και την ποιότητα ζωής των ασθενών. Καθώς η έρευνα και η τεχνολογία εξελίσσονται, η DEXA είναι πιθανό να παραμείνει στην πρώτη γραμμή της διάγνωσης και της διαχείρισης της οστεοπόρωσης, ενσαρκώνοντας τη σύνθεση της ιατρικής καινοτομίας και της φροντίδας με επίκεντρο τον ασθενή.

2.2.2. Εκτίμηση Σπονδυλικών Καταγμάτων

Η εκτίμηση σπονδυλικών καταγμάτων (vertebral fracture assessment - VFA) είναι μια εξειδικευμένη μορφή DEXA που εστιάζει στην απεικόνιση της σπονδυλικής στήλης για την ανίχνευση σπονδυλικών καταγμάτων. Η VFA χρησιμοποιεί εικόνες σπονδυλικής στήλης χαμηλής δόσης σε πλάγια θέση που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια μιας σάρωσης DEXA για τον εντοπισμό επικρατούντων σπονδυλικών καταγμάτων ή παραμορφώσεων. Τα σπονδυλικά κατάγματα, συχνά είναι ασυμπτωματικά ή ανεπαρκώς αναφερόμενα, είναι ιδιαίτερα ενδεικτικά της υποκείμενης οστεοπόρωσης. Η VFA παρέχει μια οπτική αναπαράσταση των σπονδυλικών καταγμάτων και βοηθά στην αναγνώριση, ταξινόμηση και παρακολούθηση των καταγμάτων με την πάροδο του χρόνου.

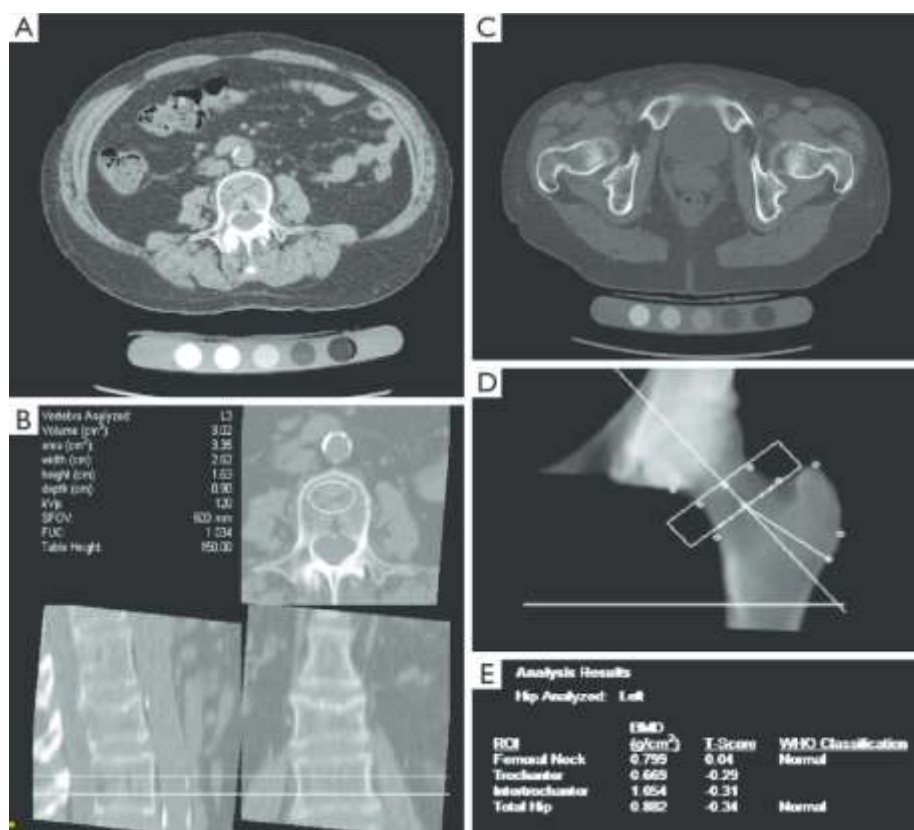


Εικόνα 3. Παράδειγμα εικόνας vertebral fracture assessment, που δείχνει ένα μέτριο οστεοπορωτικό κάταγμα στο T11 (αριστερή εικόνα). Η ίδια εικόνα με σήμανση- το πιο σκούρο μπλε είναι πιο μακριά,

το πιο ανοιχτό μπλε είναι πιο κοντά. Τα σημεία μορφομετρίας εμφανίζονται ως κουκκίδες (Μεσαία εικόνα). Η ίδια εικόνα, αλλά τώρα με σήμανση και μετρήσεις (Δεξιά εικόνα). Πηγή: (van der Velde et al., 2015).

2.2.3. Ποσοτική Αξονική Τομογραφία

Η ποσοτική αξονική τομογραφία (quantitative computed tomography - QCT) είναι μια άλλη τεχνική απεικόνισης που παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την οστική πυκνότητα και την τρισδιάστατη οστική δομή. Οι σαρώσεις QCT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της BMD στη σπονδυλική στήλη, το ισχίο ή άλλες περιφερικές θέσεις και μπορούν να διαφοροποιήσουν το δοκιδωτό και το φλοιώδες οστό. Η QCT μετρά την οστική πυκνότητα σε μονάδες Hounsfield (HU) και παρέχει ογκομετρικές τιμές BMD. Αυτό επιτρέπει μια πιο ακριβή εκτίμηση της οστικής πυκνότητας και μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε άτομα με εκφυλιστικές αλλαγές ή καταστάσεις που επηρεάζουν την ποιότητα των οστών, όπως οστεοαρθρίτιδα ή νεφρική νόσο. Η QCT χρησιμοποιείται λιγότερο συχνά από την DEXA λόγω του υψηλότερου κόστους, της αυξημένης έκθεσης στην ακτινοβολία και της περιορισμένης διαθεσιμότητάς του (Link, 2012).



Εικόνα 4. Ποσοτική υπολογιστική τομογραφία (QCT) της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου. Εικόνα που ελήφθη στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης μιας γυναίκας 65 ετών (A),

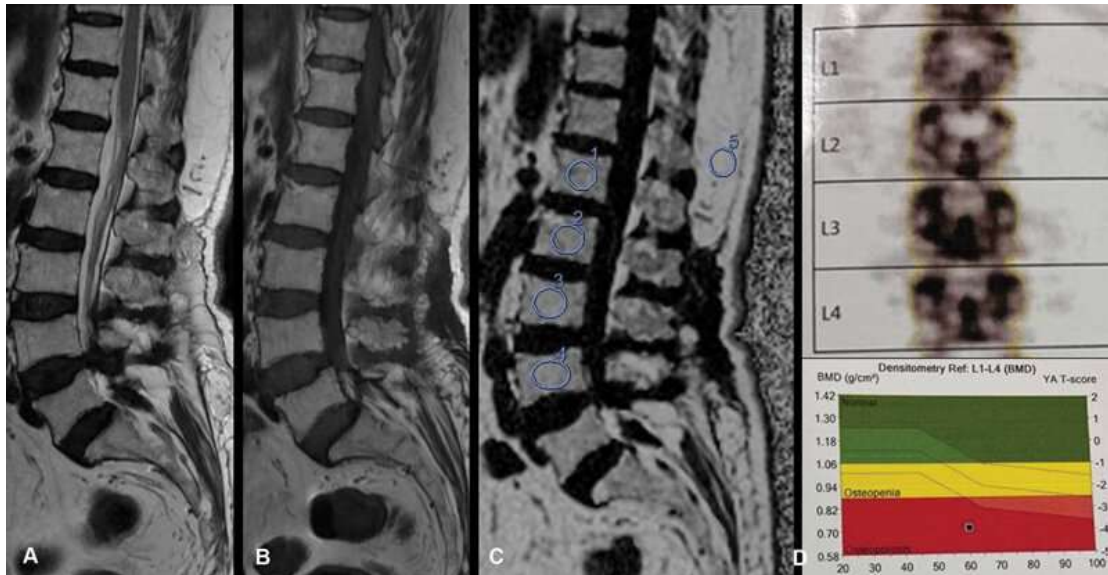
με ορισμό της περιοχής ενδιαφέροντος στον σπόνδυλο L3, η οποία αποδίδει BMD (68,4 mg/cm²) στην οστεοπορωτική περιοχή σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Αμερικανικού Συμβουλίου Ακτινολόγων (B). Εικόνα που ελήφθη στο ισχίο μιας γυναίκας 76 ετών (Γ), με ορισμό των περιοχών ενδιαφέροντος στον αριστερό μηριαίο αυχένα (Δ) και επακόλουθη ανάλυση της οστικής πυκνότητας (BMD) που δείχνει φυσιολογική οστική πυκνότητα (Ε). Πηγή: (Oei et al., 2016)

2.2.4. Περιφερική Ποσοτική Αξονική Τομογραφία

Η περιφερική ποσοτική αξονική τομογραφία (peripheral quantitative computed tomography - pQCT) είναι μια παραλλαγή της QCT που εστιάζει στην αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας και δομής σε περιφερικά σημεία, συνήθως στην κερκίδα και την κνήμη. Η pQCT μετρά τόσο την οστική πυκνότητα του δοκιδωτού όσο και του φλοιώδους οστού και παρέχει πληροφορίες για τη γεωμετρία των οστών, όπως η περιοχή διατομής και το πάχος του φλοιού. Αυτή η τεχνική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε ερευνητικά περιβάλλοντα και στην αξιολόγηση της υγείας των οστών σε συγκεκριμένους πληθυσμούς, όπως τα παιδιά, οι έφηβοι και οι αθλητές (Guglielmi et al., 2012).

2.2.5. Μαγνητική Τομογραφία

Η μαγνητική τομογραφία (magnetic resonance imaging - MRI) είναι μια μη επεμβατική τεχνική απεικόνισης που μπορεί να αξιολογήσει την ποιότητα των οστών και τη μικροαρχιτεκτονική. Αν και η μαγνητική τομογραφία δεν χρησιμοποιείται συνήθως για τη μέτρηση της BMD, ωστόσο μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση του μυελού των οστών, τη μικροδομή των οστών και την παρουσία σπονδυλικών καταγμάτων. Η μαγνητική τομογραφία μπορεί επίσης να βοηθήσει στον εντοπισμό άλλων αιτιών οστικής απώλειας, όπως όγκοι ή λοιμώξεις. Αν και η μαγνητική τομογραφία δεν είναι η κύρια μέθοδος για τη διάγνωση της οστεοπόρωσης, μπορεί να είναι χρήσιμη σε συγκεκριμένες κλινικές καταστάσεις όπου απαιτείται πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση της ποιότητας των οστών (Tse et al., 2021).



Εικόνα 5. Μαγνητική τομογραφία (MRI) της οσφυοϊεράς μοίρας της σπονδυλικής στήλης και οστική πυκνότητα (BMD) σε γυναίκα ασθενή 65 ετών με οσφυαλγία.. Πηγή: (Naik et al., 2023)

2.2.6 Ακτινογραφία

Η απλή ακτινογραφία χρησιμοποιείται συχνά σε οστεοπορωτικούς ασθενείς, κύριες περιοχές απεικόνισης είναι η ΟΜΣΣ, η λεκάνη, τα ισχία ή άλλες περιοχές του σκελετού. Η χρησιμότητα της σε πρώιμο στάδιο είναι περιορισμένη, χωρίς όμως αυτό να μειώνει την αξία της καθώς αποτελεί την μοναδική μέθοδο διάγνωσης των οστεοπορωτικών καταγμάτων και αποτελεί το διαφοροδιαγνωστικό μέσο των οστικών παθήσεων. Σε προχωρημένο στάδιο η ακτινολογική εικόνα της οστεοπόρωσης είναι χαρακτηριστική, ιδιαίτερα στην περιοχή της ΟΜΣΣ στην οποία ο σπόνδυλος παρουσιάζεται διαυγαστικός και τα όρια του διαγράφονται έντονα. Στην εικόνα γίνεται αντιληπτή η λέπτυνση/εξάλειψη των οριζώντιων δοκίδων και πάχυνση των καθέτων. Όσο η οστεοπόρωση εξελίσσεται οι σπόνδυλοι γίνονται μαλακοί, οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι εισέρχονται στο σώμα του σπονδύλου και δίνουν μία αμφίκοιλη μορφή (όζοι Schmorl). Τα περιφερικά μακρά οστά στην οστεοπόρωση απεικονίζονται διαφορετικά από ότι στην ΟΜΣΣ. Σε αυτά διευρύνεται ο μυελικός σωλήνας και λεπτύνεται ο φλοιός. Η κατάληξη της ταχέως αναπτυσσόμενης οστεοπόρωσης οδηγεί στο κάταγμα το οποίο συμβαίνει στο ισχίο, τον καρπό και άλλα οστά χωρίς να ασκηθεί ιδιαίτερα έντονη βία. Τέλος πριν την αρχή μίας οποιασδήποτε θεραπείας για την αντιμετώπιση της οστεοπόρωσης πρέπει να πραγματοποιηθεί μία απλή ακτινογραφία ΘΜΣΣ, ΟΜΣΣ και ισχίων.



Εικόνα 6. Ακτινογραφία πλάγια της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης σε άνδρα 78 ετών με οσφυαλγία. Οι σπόνδυλοι παρατηρούνται αραιωμένοι με έντονο περίγραμμα και κατακόρυφη δοκίδωση. Ο Θ12 παρουσιάζει καθίζηση στην άνω επιφάνεια, που έχει γίνει αμφίκοιλη και πυκνωτική (άνω βέλος). Πρόκειται για πρόσφατη καθίζηση γεροντικού τύπου, μπροστά στους σπονδύλους Ο1 και Ο2 φαίνεται η ασβέστωση της κοιλιακής αορτής. Πηγή: (Fathima et al., 2019)

Οι τεχνικές απεικόνισης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαγνωστική αξιολόγηση της οστεοπόρωσης παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την οστική πυκνότητα, την ποιότητα και τη δομή. Η DEXA παραμένει το χρυσό πρότυπο για την αξιολόγηση της BMD στο ισχίο και τη σπονδυλική στήλη, ενώ η VFA προσφέρει μια εξειδικευμένη αξιολόγηση των σπονδυλικών καταγμάτων. Η QCT και η pQCT παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την οστική πυκνότητα και τη δομή, με την QCT να προσφέρει ογκομετρικές μετρήσεις και την pQCT να εστιάζει στα περιφερειακά σημεία. Η μαγνητική τομογραφία, αν και δεν χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση της BMD, μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την ποιότητα των οστών και τη μικροαρχιτεκτονική. Η επιλογή της μεθόδου απεικόνισης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα, το κόστος, η έκθεση στην ακτινοβολία και το συγκεκριμένο κλινικό σενάριο.

Αυτές οι τεχνικές απεικόνισης βοηθούν στη διάγνωση της οστεοπόρωσης, στην αξιολόγηση του κινδύνου κατάγματος και στην παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας της θεραπείας. Παρέχουν αντικειμενικές μετρήσεις της οστικής πυκνότητας και προσφέρουν απεικόνιση σπονδυλικών καταγμάτων ή

παραμορφώσεων. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται από την απεικόνιση διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη λήψη κλινικών αποφάσεων, όπως ο προσδιορισμός της ανάγκης για φαρμακολογική θεραπεία, αλλαγές του τρόπου ζωής και η αξιολόγηση της ανταπόκρισης στη θεραπεία.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι τεχνικές απεικόνισης θα πρέπει να ερμηνεύονται σε συνδυασμό με την κλινική αξιολόγηση, το ιστορικό του ασθενούς και άλλα διαγνωστικά εργαλεία. Η διάγνωση της οστεοπόρωσης βασίζεται σε μια πολύπλευρη προσέγγιση που ενσωματώνει την κλινική αξιολόγηση, τα απεικονιστικά ευρήματα και τα εργαστηριακά αποτελέσματα. Επιπλέον, η επιλογή της μεθόδου απεικόνισης θα πρέπει να εξατομικεύεται με βάση την κλινική εικόνα του ασθενούς, τους παράγοντες κινδύνου και τους διαθέσιμους πόρους.

2.3. Εργαστηριακές Δοκιμές και Βιοδείκτες

Οι εργαστηριακές εξετάσεις και οι βιοδείκτες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαγνωστική αξιολόγηση και διαχείριση της οστεοπόρωσης. Αυτές οι εξετάσεις παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τον μεταβολισμό των οστών, την ορμονική κατάσταση και τη συνολική υγεία του σκελετού. Με την αξιολόγηση συγκεκριμένων δεικτών στο αίμα ή στα ούρα, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να αποκτήσουν γνώσεις για την υποκείμενη παθοφυσιολογία της οστεοπόρωσης, να αξιολογήσουν τον κίνδυνο κατάγματος και να παρακολουθήσουν την ανταπόκριση στη θεραπεία. Αυτή η ενότητα εστιάζει στις εργαστηριακές δοκιμές και στους βιοδείκτες που χρησιμοποιούνται συνήθως στη διάγνωση και τη διαχείριση της οστεοπόρωσης.

Τα επίπεδα ασβεστίου και φωσφορικών στον ορό μετρώνται τακτικά στην αξιολόγηση της υγείας των οστών. Ανωμαλίες σε αυτά τα επίπεδα ηλεκτρολυτών μπορεί να υποδηλώνουν υποκείμενες διαταραχές που επηρεάζουν τον μεταβολισμό των οστών, όπως υπερπαραθυρεοειδισμό ή νεφρική νόσο. Τα επίπεδα ασβεστίου και φωσφορικών στον ορό συχνά αξιολογούνται μαζί με άλλες εργαστηριακές παραμέτρους για την αξιολόγηση της συνολικής ομοιόστασης μετάλλων και τον εντοπισμό πιθανών συντελεστών στην απώλεια οστικής μάζας (Garnero, 2017).

Η κατάσταση της βιταμίνης D είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία των οστών και η μέτρηση των επιπέδων της 25-υδροξυβιταμίνης D [25(OH)D] στον ορό παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση της βιταμίνης D ενός ατόμου. Η ανεπάρκεια βιταμίνης D σχετίζεται με μειωμένη απορρόφηση ασβεστίου και μειωμένη μεταλλοποίηση των

οστών, αυξάνοντας τον κίνδυνο οστεοπόρωσης. Τα επίπεδα 25(OH)D στον ορό κάτω από το συνιστώμενο όριο υποδηλώνουν ανεπαρκή επίπεδα βιταμίνης D και μπορεί να δικαιολογούν τη λήψη συμπληρωμάτων (Cabral et al., 2016).

Η ορμονική αξιολόγηση είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση της οστεοπόρωσης, ιδιαίτερα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Η μέτρηση των επιπέδων οιστραδιόλης στον ορό παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση των οιστρογόνων, καθώς η ανεπάρκεια οιστρογόνων συμβάλλει σημαντικά στην απώλεια οστού στην μετεμμηνοπαυσιακή οστεοπόρωση. Επιπλέον, στους άνδρες, η αξιολόγηση των επιπέδων τεστοστερόνης μπορεί να είναι σχετική, καθώς τα χαμηλά επίπεδα τεστοστερόνης μπορούν να συμβάλουν στην απώλεια οστικής μάζας. Οι ορμονικές αξιολογήσεις βοηθούν στον εντοπισμό ατόμων που μπορεί να ωφεληθούν από τη θεραπεία ορμονικής υποκατάστασης ή άλλες στοχευμένες παρεμβάσεις (Link, 2012).

Οι δείκτες οστικής ανανέωσης (bone turnover markers - BTM) είναι βιοδείκτες που αντικατοπτρίζουν το ρυθμό αναδιαμόρφωσης των οστών και μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για τον μεταβολισμό των οστών. Οι BTM μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δείκτες οστικής απορρόφησης και δείκτες σχηματισμού οστού. Οι δείκτες οστικής απορρόφησης, όπως το καρβοξυτελικό τελοπεπτίδιο του κολλαγόνου τύπου I (CTX) και το N-τελικό τελοπεπτίδιο του κολλαγόνου τύπου I (NTX), αντικατοπτρίζουν τη δραστηριότητα των οστεοκλαστών και τον ρυθμό οστικής απορρόφησης. Οι δείκτες σχηματισμού οστών, όπως το N-τερματικό προπεπτίδιο προκολλαγόνου τύπου I (P1NP) και η ειδική για τα οστά αλκαλική φωσφατάση (BAP), αντανακλούν τη δραστηριότητα των οστεοβλαστών και τον ρυθμό σχηματισμού οστού. Οι BTM μπορούν να μετρηθούν στο αίμα ή στα ούρα και είναι χρήσιμοι για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της θεραπείας, την παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου και τον εντοπισμό καταστάσεων υψηλής οστικής εναλλαγής.

Οι ορμόνες που ρυθμίζουν το ασβέστιο, όπως η παραθυρεοειδική ορμόνη (parathyroid hormone - PTH), παίζουν ζωτικό ρόλο στον μεταβολισμό των οστών. Η μέτρηση των επιπέδων της PTH στον ορό μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό ανωμαλιών στην ομοιόσταση του ασβεστίου, όπως ο πρωτοπαθής υπερπαραθυρεοειδισμός, ο οποίος μπορεί να συμβάλει στην απώλεια οστικής μάζας. Τα αυξημένα επίπεδα PTH μπορεί να υποδηλώνουν αυξημένη οστική απορρόφηση και μειωμένη οστική πυκνότητα (Garnero, 2017).

Ο γενετικός έλεγχος αποτελεί ανερχόμενο τομέα στη διάγνωση της οστεοπόρωσης. Ο εντοπισμός συγκεκριμένων γενετικών παραλλαγών που σχετίζονται με τον κίνδυνο οστεοπόρωσης μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ευαισθησία ενός ατόμου στην πάθηση. Ο γενετικός έλεγχος μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό ατόμων με αυξημένο κίνδυνο, να καθοδηγήσει τις αποφάσεις θεραπείας και να διευκολύνει τις στρατηγικές έγκαιρης παρέμβασης. Ωστόσο, η κλινική χρησιμότητα του γενετικού ελέγχου στην πρακτική ρουτίνας εξακολουθεί να εξελίσσεται και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την πλήρη κατανόηση του ρόλου του στη διάγνωση και τη διαχείριση της οστεοπόρωσης (Cabral et al., 2016).

3. ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΠΛΟΚΕΣ

3.1 Συμπτώματα και Σημεία Οστεοπόρωσης

Οι εκδηλώσεις της οστεοπόρωσης συχνά υποκρύπτονται με λεπτότητα, καθιστώντας την αναγνώρισή της μια δύσκολη προσπάθεια μέχρι να εμφανιστούν πιο σοβαρές συνέπειες. Τα συμπτώματα και τα σημεία αυτής της πάθησης εμφανίζονται κυρίως σε μεταγενέστερα στάδια ή όταν συμβαίνουν κατάγματα, τα οποία από μόνα τους γίνονται αποκαλυπτικοί δείκτες της υποκείμενης οστικής ευθραυστότητας (Watts, 2018).

Ένα από τα χαρακτηριστικά σημεία της οστεοπόρωσης είναι η αυξημένη ευαισθησία σε κατάγματα, τα οποία τείνουν να συμβαίνουν σε περιοχές που είναι επιρρεπείς στην καταπόνηση, όπως τα ισχία, οι καρποί και οι σπόνδυλοι. Τα κατάγματα των σπονδύλων, ειδικότερα, μπορεί να εμφανιστούν ύπουλα και να χαρακτηρίζονται από σταδιακή εμφάνιση πόνου στην πλάτη, απώλεια ύψους και σκυφτή στάση του σώματος (κύφωση). Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο ότι δεν εκδηλώνονται όλα τα κατάγματα με εμφανή συμπτώματα- μερικές φορές, συμβαίνουν αθόρυβα, ιδίως στη σπονδυλική στήλη, οδηγώντας σε ανώδυνες αλλά επακόλουθες παραμορφώσεις (Lorentzon & Cummings, 2015).

Πέρα από τα κατάγματα, τα άτομα που παλεύουν με την οστεοπόρωση μπορεί να παρουσιάσουν σταδιακή μείωση του ύψους τους λόγω καταγμάτων συμπίεσης στη σπονδυλική στήλη. Αυτή η μείωση του αναστήματος συνοδεύει συχνά μια καμπουριασμένη στάση του σώματος, συμβάλλοντας σε λειτουργικούς περιορισμούς και σε μια αλλοιωμένη φυσική εμφάνιση. Επιπλέον, η ύπουλη φύση της οστεοπόρωσης επεκτείνεται στην τάση της να παραμένει ασυμπτωματική για παρατεταμένες περιόδους. Σε πολλές περιπτώσεις, τα άτομα μπορεί να μην παρουσιάζουν εμφανή σημεία μέχρι να συμβεί ένα κάταγμα ή μέχρι η αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας να αποκαλύψει σημαντική απώλεια. Αυτή η σιωπηλή εξέλιξη υπογραμμίζει τη σημασία των προληπτικών ελέγχων, ιδίως σε πληθυσμούς υψηλού κινδύνου, για τον προληπτικό εντοπισμό και τη διαχείριση της οστεοπόρωσης πριν από την εμφάνιση εξουθενωτικών καταγμάτων. Επιπλέον, τα δευτερογενή σημεία της οστεοπόρωσης μπορεί να περιλαμβάνουν αυξημένη τάση για απώλεια δοντιών, ιδίως στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Μελέτες έχουν υποδείξει συσχέτιση μεταξύ της μειωμένης οστικής

πυκνότητας και της οδοντικής υγείας, ρίχνοντας φως στις συστηματικές επιπτώσεις αυτής της κατάστασης (Sözen et al., 2017).

3.2 Εκτίμηση Κινδύνου Κατάγματος

Η εκτίμηση του κινδύνου κατάγματος σε άτομα που είναι επιρρεπή στην οστεοπόρωση αποτελεί κομβικό σημείο της κλινικής πρακτικής, αναπόσπαστο μέρος τόσο της διάγνωσης όσο και των προληπτικών παρεμβάσεων. Η περίπλοκη αλληλεπίδραση των διαφόρων παραγόντων κινδύνου απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, η οποία συνδυάζει εργαλεία κλινικής αξιολόγησης, απεικονιστικές τεχνικές και αλγόριθμους πρόβλεψης για την αποτελεσματική διαστρωμάτωση του κινδύνου κατάγματος.

Κεντρικό ρόλο στην εκτίμηση του κινδύνου κατάγματος διαδραματίζει η αξιολόγηση της «οστικής πυκνότητας» (Bone Mineral Density - BMD) μέσω της «απορροφησιομετρίας ακτίνων X διπλής ενέργειας» (Dual-energy X-ray Absorptiometry - DXA). Αυτό το χρυσό πρότυπο μέτρησης ποσοτικοποιεί την οστική πυκνότητα σε συγκεκριμένα σημεία, συνήθως στο ισχίο και τη σπονδυλική στήλη, βοηθώντας στον εντοπισμό χαμηλής οστικής μάζας και στην πρόβλεψη της πιθανότητας κατάγματος. Τα άτομα με χαμηλές τιμές BMD, ιδίως εκείνα που εμπίπτουν στις οστεοπενικές ή οστεοπορωτικές περιοχές, αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο καταγμάτων, καθιστώντας έτσι αναγκαία την στενότερη παρακολούθηση και τις πιθανές στρατηγικές παρέμβασης (Liu et al., 2019).

Ωστόσο, πέρα από τις μετρήσεις της BMD, ένα πλήθος κλινικών παραγόντων κινδύνου συμβάλλει περαιτέρω στην πρόβλεψη καταγμάτων. Οι παράμετροι που περιλαμβάνουν την ηλικία, το φύλο, το προηγούμενο ιστορικό καταγμάτων, το οικογενειακό ιστορικό οστεοπορωτικών καταγμάτων, οι παράγοντες του τρόπου ζωής (όπως το κάπνισμα και η κατανάλωση αλκοόλ), οι συννοσηρότητες και η χρήση φαρμάκων επηρεάζουν συλλογικά τον κίνδυνο κατάγματος. Η ενσωμάτωση αυτών των παραγόντων σε εργαλεία αξιολόγησης όπως το FRAX (Fracture Risk Assessment Tool) βελτιώνει τη διαστρωμάτωση του κινδύνου, προσφέροντας μια πιο διαφοροποιημένη εκτίμηση της πιθανότητας κατάγματος σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα (Leslie & Lix, 2014).

Επιπλέον, η πρόοδος της τεχνολογίας έχει εισαγάγει νέες απεικονιστικές μεθόδους και βιοδείκτες που ενισχύουν την εκτίμηση του κινδύνου κατάγματος. Η περιφερική ποσοτική υπολογιστική τομογραφία υψηλής ανάλυσης (HR-pQCT) επιτρέπει τη λεπτομερή αξιολόγηση της μικροαρχιτεκτονικής των οστών, προσφέροντας

πληροφορίες για τη δομική ακεραιότητα πέραν των μετρήσεων της BMD. Οι βιοδείκτες που αντικατοπτρίζουν τον οστικό κύκλο εργασιών, όπως τα επίπεδα ορού της ειδικής για τα οστά αλκαλικής φωσφατάσης ή του C-τελικού τελοπεπτιδίου, συμβάλλουν στην εκτίμηση του κινδύνου, διευκρινίζοντας τη δυναμική φύση του οστικού μεταβολισμού (Curtis et al., 2017).

3.3 Συχνές Επιπλοκές που Σχετίζονται με την Οστεοπόρωση

Η οστεοπόρωση, μια συστηματική σκελετική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από μειωμένη αντοχή των οστών και αυξημένη ευθραυστότητα, επιφέρει ένα φάσμα επιπλοκών που επηρεάζουν σημαντικά την υγεία και την ποιότητα ζωής των ατόμων. Οι επιπλοκές αυτές εκτείνονται πολύ πέρα από το πεδίο των καταγμάτων, περιλαμβάνοντας ένα πλήθος κλινικών συνεπειών που υπογραμμίζουν τη συστηματική φύση αυτής της πάθησης.

Οι κυριότερες από αυτές τις επιπλοκές είναι τα κατάγματα, τα οποία αποτελούν τη χαρακτηριστική συνέπεια της οστεοπόρωσης. Τα κατάγματα ευθραυστότητας, που συμβαίνουν κυρίως στους σπονδύλους, το ισχίο και τον καρπό, συνεπάγονται όχι μόνο οξύ πόνο και σωματική βλάβη, αλλά ενέχουν επίσης σημαντικούς κινδύνους νοσηρότητας και θνησιμότητας. Τα σπονδυλικά κατάγματα, ειδικότερα, μπορεί να εκδηλωθούν ύπουλα, με αποτέλεσμα χρόνιο πόνο, μειωμένη κινητικότητα και παραμορφώσεις που θέτουν σε κίνδυνο την αναπνευστική λειτουργία και μειώνουν τη συνολική ευημερία του ατόμου (Varacallo & Fox, 2014).

Οι επιπτώσεις των καταγμάτων επεκτείνονται πέρα από τις άμεσες σωματικές επιπτώσεις. Τα άτομα που αντιμετωπίζουν κατάγματα που σχετίζονται με την οστεοπόρωση συχνά υποφέρουν από ψυχολογική δυσφορία, μειωμένη ποιότητα ζωής και αυξημένη εξάρτηση από τους φροντιστές. Επιπλέον, αυτά τα κατάγματα προαναγγέλλουν έναν κύκλο επακόλουθων καταγμάτων, με κάθε περιστατικό να ενισχύει σημαντικά τον κίνδυνο επακόλουθων σκελετικών επιπλοκών και να θέτει σημαντικές προκλήσεις στη διαχείριση των καταγμάτων και την αποκατάσταση. Πέρα από τα κατάγματα, η οστεοπόρωση διαπλέκεται περίπλοκα με άλλες ιατρικές παθήσεις, επιδεινώνοντας τα αποτελέσματά τους. Για παράδειγμα, η αλληλεπίδραση μεταξύ της οστεοπόρωσης και της σαρκοπενίας, της σχετιζόμενης με την ηλικία μείωσης της μυϊκής μάζας και λειτουργίας, δημιουργεί έναν φαύλο κύκλο αδυναμίας και πτώσεων,

κλιμακώνοντας περαιτέρω τον κίνδυνο καταγμάτων και των σχετικών επιπλοκών τους (Bjerke et al., 2018).

Επιπλέον, η οστεοπόρωση διαπλέκεται με αυξημένο κίνδυνο ακινησίας και λειτουργικής εξασθένησης. Η μειωμένη οστική πυκνότητα και τα κατάγματα περιορίζουν την κινητικότητα, προδιαθέτοντας τα άτομα σε έναν καθιστικό τρόπο ζωής που διαιωνίζει τη μυϊκή ατροφία, επιδεινώνει την οστική απώλεια και προάγει έναν κύκλο επιδείνωσης της σωματικής λειτουργίας. Ακόμη, η οστεοπόρωση δημιουργεί οικονομικές επιβαρύνσεις, καθώς διαπερνά τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης με σημαντικό κόστος που αποδίδεται στις νοσηλείες, την αποκατάσταση και τη μακροχρόνια φροντίδα που απαιτούνται από τα οστεοπορωτικά κατάγματα και τις επιπλοκές τους (Griffith & Genant, 2012).

4. ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

4.1 Μη Φαρμακολογικές Παρεμβάσεις

Οι μη φαρμακευτικές παρεμβάσεις αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο της πολύπλευρης διαχείρισης της οστεοπόρωσης, προσφέροντας δυνατότητες για την ενίσχυση της υγείας των οστών, τη μείωση του κινδύνου κατάγματος και την ενίσχυση της συνολικής ευεξίας. Οι παρεμβάσεις αυτές περιλαμβάνουν ένα φάσμα τροποποιήσεων του τρόπου ζωής και στρατηγικών συμπεριφοράς με στόχο την ενίσχυση των οστών, τον μετριασμό των πτώσεων και την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της φαρμακοθεραπείας στη διαχείριση της οστεοπόρωσης.

Η άσκηση αναδεικνύεται σε ακρογωνιαίο λίθο των μη φαρμακολογικών παρεμβάσεων, προωθώντας τη μυοσκελετική υγεία και την οστική πυκνότητα. Οι ασκήσεις με βάρη και αντιστάσεις, που περιλαμβάνουν δραστηριότητες όπως το περπάτημα, το τρέξιμο, η προπόνηση με αντιστάσεις και το tai chi, ασκούν ευεργετικά αποτελέσματα στην υγεία των οστών, διεγείροντας τον οστικό σχηματισμό, ενισχύοντας τη μυϊκή δύναμη και βελτιώνοντας την ισορροπία και τον συντονισμό. Αυτές οι ασκήσεις, όταν προσαρμόζονται στις ατομικές ικανότητες και προτιμήσεις, όχι μόνο ενισχύουν την οστική πυκνότητα αλλά μειώνουν επίσης τον κίνδυνο πτώσεων, γεγονόςς ζωτικής σημασίας για την αποφυγή καταγμάτων (Coronado-Zarco et al., 2019).

Οι διατροφικές παρεμβάσεις διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη βελτιστοποίηση της υγείας των οστών και στην άμβλυση του οστεοπορωτικού κινδύνου. Η επαρκής πρόσληψη ασβεστίου, κυρίως μέσω διαιτητικών πηγών ή συμπληρώματος, και η εξασφάλιση επαρκών επιπέδων βιταμίνης D είναι θεμελιώδους σημασίας για τη διατήρηση της οστικής ανοργανοποίησης και τη μείωση του κινδύνου κατάγματος. Επιπλέον, μια ισορροπημένη διατροφή πλούσια σε βασικά θρεπτικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένου του μαγνησίου, της βιταμίνης K και της πρωτεΐνης, συμβάλλει συνεργικά στην υγεία των οστών, προάγοντας τον σχηματισμό και την ανθεκτικότητα των οστών (Coronado-Zarco et al., 2019).

Οι στρατηγικές πρόληψης των πτώσεων αποτελούν μια άλλη καίρια πτυχή των μη φαρμακολογικών παρεμβάσεων, ιδίως όσον αφορά τον μετριασμό του κινδύνου κατάγματος σε άτομα με οστεοπόρωση. Οι τροποποιήσεις στο περιβάλλον διαβίωσης, όπως η απομάκρυνση των κινδύνων, η βελτίωση του φωτισμού, η τοποθέτηση χειρολαβών και η εξασφάλιση αντιολισθητικών επιφανειών, χρησιμεύουν ως πρακτικά

μέτρα για τη μείωση της πιθανότητας πτώσεων. Επιπλέον, τα εκπαιδευτικά προγράμματα που επικεντρώνονται στην εκπαίδευση της ισορροπίας, τη βελτίωση της βάρδισης και την ευαισθητοποίηση σε θέματα πτώσεων μεταδίδουν κρίσιμες δεξιότητες που δίνουν τη δυνατότητα στα άτομα να αποτρέψουν τις πτώσεις και να μετριάσουν τους κινδύνους καταγμάτων (Body et al., 2011).

Οι τροποποιήσεις του τρόπου ζωής, συμπεριλαμβανομένης της διακοπής του καπνίσματος και της μέτριας κατανάλωσης αλκοόλ, είναι καθοριστικής σημασίας για τη διαχείριση της οστεοπόρωσης. Το κάπνισμα και η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ επηρεάζουν αρνητικά την υγεία των οστών, επιδεινώνοντας την οστική απώλεια και αυξάνοντας την ευαισθησία σε κατάγματα. Η αντιμετώπιση αυτών των τροποποιήσιμων παραγόντων κινδύνου μέσω αλλαγών συμπεριφοράς ευθυγραμμίζεται με μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ενίσχυση των οστών και τη μείωση των οστεοπορωτικών κινδύνων (Tian et al., 2021).

4.2 Φαρμακολογικές Επιλογές για την Οστεοπόρωση

Οι φαρμακολογικές παρεμβάσεις αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο των θεραπευτικών στρατηγικών για τη διαχείριση της οστεοπόρωσης, με στόχο την άμβλυνση της οστικής απώλειας, την ενίσχυση της οστικής πυκνότητας και τη μείωση του κινδύνου κατάγματος. Μια πληθώρα φαρμακολογικών παραγόντων, καθένας από τους οποίους στοχεύει σε διαφορετικές πτυχές του οστικού μεταβολισμού, αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του οπλοστασίου κατά αυτής της σκελετικής διαταραχής.

Τα διφωσφονικά, από τα πιο ευρέως συνταγογραφούμενα φάρμακα, αναστέλλουν την οστική απορρόφηση με τη δέσμευση σε κρυστάλλους υδροξυαπατίτη εντός του οστικού ιστού, εμποδίζοντας έτσι τη δραστηριότητα των οστεοκλαστών. Η αλενδρονάτη, η ριζεδρονάτη και το ζολεδρονικό οξύ αποτελούν εξέχοντα παραδείγματα αυτής της κατηγορίας, χορηγούμενα από το στόμα ή ενδοφλεβίως, που αποδεικνύουν αποτελεσματικότητα στην αύξηση της οστικής πυκνότητας και στη μείωση του κινδύνου καταγμάτων, ιδίως των σπονδυλικών καταγμάτων και των καταγμάτων του ισχίου (Das & Crockett, 2013).

Οι εκλεκτικοί διαμορφωτές των υποδοχέων οιστρογόνων (SERM), όπως η ραλοξιφαίνη, ασκούν οιστρογονοειδείς επιδράσεις στα οστά, μετριάζοντας την οστική απορρόφηση χωρίς ορμονικές επιπτώσεις σε μη σκελετικούς ιστούς. Η ραλοξιφαίνη δρα ειδικά ως αγωνιστής οιστρογόνων στα οστά, αυξάνοντας την οστική πυκνότητα

και μειώνοντας τον κίνδυνο σπονδυλικών καταγμάτων σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Επιπλέον, η denosumab, ένα μονοκλωνικό αντίσωμα που στοχεύει τον RANK ligand, διαταράσσει τον σχηματισμό και τη λειτουργία των οστεοκλαστών, περιορίζοντας έτσι την οστική απορρόφηση. Χορηγούμενο υποδόρια, το denosumab παρουσιάζει αποτελεσματικότητα στην ενίσχυση της οστικής πυκνότητας και στη μείωση του κινδύνου κατάγματος σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και άνδρες με οστεοπόρωση (Tian et al., 2021).

Οι αναβολικοί παράγοντες, όπως η τεριπαρατίδη και η αβαλοπαρατίδη, διεγείρουν τον οστικό σχηματισμό προωθώντας τη δραστηριότητα των οστεοβλαστών, ενισχύοντας την ανάπτυξη και την πυκνότητα των οστών. Αυτοί οι παράγοντες, που χορηγούνται μέσω καθημερινών υποδόριων ενέσεων, προσφέρουν μια μοναδική θεραπευτική προσέγγιση ενισχύοντας άμεσα τον οστικό σχηματισμό και ενδείκνυνται ιδιαίτερα σε σοβαρές περιπτώσεις οστεοπόρωσης ή σε άτομα με υψηλό κίνδυνο κατάγματος (Pavone et al., 2017).

Οι αναδύμενες θεραπείες, συμπεριλαμβανομένων των αναστολέων της σκληροστίνης και των αναστολέων της καθεψίνης K, παρουσιάζουν πολλά υποσχόμενες προοπτικές στη διαχείριση της οστεοπόρωσης. Οι αναστολείς της σκληροστίνης, όπως η romosozumab, αυξάνουν τον οστικό σχηματισμό ανταγωνιζόμενοι την πρωτεΐνη σκληροστίνη, ενώ οι αναστολείς της καθεψίνης K αναστέλλουν τη λειτουργία των οστεοκλαστών, συμβάλλοντας και οι δύο στην ενίσχυση της οστικής πυκνότητας και στη μείωση του κινδύνου κατάγματος (Iolascon et al., 2020).

4.3 Τροποποιήσεις Τρόπου Ζωής και Προληπτικά Μέτρα

Στο ολοκληρωμένο τοπίο της διαχείρισης της οστεοπόρωσης, οι τροποποιήσεις του τρόπου ζωής και τα προληπτικά μέτρα αποτελούν καθοριστικά στοιχεία για την αποτροπή της εμφάνισης ή της εξέλιξης αυτής της σκελετικής διαταραχής. Αυτές οι παρεμβάσεις, αν και μη φαρμακευτικές, ασκούν σημαντική επιρροή στην ενίσχυση της οστικής υγείας και στον μετριασμό των κινδύνων κατάγματος σε διάφορους πληθυσμούς.

Κεντρικό ρόλο μεταξύ αυτών των μέτρων κατέχει η προώθηση μιας ισορροπημένης και πλούσιας σε θρεπτικά συστατικά διατροφής, με ιδιαίτερη έμφαση στην επαρκή πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D. Το ασβέστιο, αναπόσπαστο στοιχείο της οστικής ανοργανοποίησης, αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της σκελετικής υγείας. Η

εξασφάλιση επαρκούς διατροφικού ασβεστίου ή η συμπληρωματική χορήγηση σε περιπτώσεις ανεπάρκειας προάγει την οστική πυκνότητα και την ανθεκτικότητα. Ταυτόχρονα, τα επαρκή επίπεδα βιταμίνης D, ζωτικής σημασίας για την απορρόφηση του ασβεστίου και τον οστικό μεταβολισμό, χρησιμεύουν ως βασικό συμπλήρωμα στη βελτιστοποίηση της σκελετικής υγείας (Zhu & Prince, 2015).

Η άσκηση, και ιδίως οι δραστηριότητες με βάρη και μυϊκή ενδυνάμωση, αποτελεί απαραίτητη πτυχή της πρόληψης και της διαχείρισης της οστεοπόρωσης. Η τακτική σωματική δραστηριότητα όχι μόνο ενισχύει την οστική πυκνότητα, αλλά και τους μύες, βελτιώνει την ισορροπία και μειώνει τον κίνδυνο πτώσεων - έναν βασικό παράγοντα που συμβάλλει στα οστεοπορωτικά κατάγματα. Προσαρμοσμένα σχήματα άσκησης, που περιλαμβάνουν δραστηριότητες όπως το περπάτημα, η προπόνηση με αντιστάσεις και οι ασκήσεις ισορροπίας, αποτελούν βασικές στρατηγικές για την προώθηση της υγείας των οστών σε διάφορες ηλικιακές ομάδες και προφίλ κινδύνου (Nguyen, 2017).

Οι αλλαγές του τρόπου ζωής επεκτείνονται πέρα από τη διατροφή και την άσκηση και περιλαμβάνουν τη διακοπή του καπνίσματος και τη μετριοπαθή κατανάλωση αλκοόλ. Το κάπνισμα, που αναγνωρίζεται ως τροποποιήσιμος παράγοντας κινδύνου, επηρεάζει αρνητικά την υγεία των οστών, επιταχύνοντας την οστική απώλεια και αυξάνοντας την ευαισθησία στα κατάγματα. Ομοίως, η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ ενισχύει τους κινδύνους κατάγματος, υπογραμμίζοντας τη σημασία του περιορισμού της κατανάλωσης για την ενίσχυση της σκελετικής ακεραιότητας. Επιπλέον, η προώθηση ενός ασφαλούς περιβάλλοντος διαβίωσης, η αντιμετώπιση των κινδύνων πτώσης, η εξασφάλιση επαρκούς φωτισμού και η εγκατάσταση βοηθητικών συσκευών, όπου είναι απαραίτητο, αποτελεί μια ρεαλιστική προσέγγιση για την πρόληψη των πτώσεων και την αποτροπή των καταγμάτων, ιδίως στον ηλικιωμένο πληθυσμό (Nguyen, 2017).

5. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

5.1 Αναδυόμενες Θεραπείες και Νέες Παρεμβάσεις

Στον τομέα της έρευνας για την οστεοπόρωση, οι αναδυόμενες θεραπείες και οι διαγνωστικές εξελίξεις προαναγγέλλουν πολλά υποσχόμενες προοπτικές, προσφέροντας νέες παρεμβάσεις και εκλεπτυσμένες διαγνωστικές τεχνικές που είναι έτοιμες να αναδιαμορφώσουν το τοπίο της διαχείρισης της νόσου.

Ένα αξιοσημείωτο βήμα έγκειται στην εξέλιξη των φαρμακολογικών παρεμβάσεων, με έμφαση σε καινοτόμους παράγοντες που στοχεύουν σε διάφορες πτυχές του οστικού μεταβολισμού. Οι αναστολείς της σκληροστίνης, με παράδειγμα τη ρομοζοζουμάμπη, αποτελούν την επιτομή αυτής της αλλαγής παραδείγματος, ενισχύοντας τον οστικό σχηματισμό μέσω του ανταγωνισμού της πρωτεΐνης σκληροστίνης. Αυτοί οι παράγοντες παρουσιάζουν δυνατότητες ενίσχυσης της οστικής πυκνότητας και μείωσης των κινδύνων κατάγματος, αναδεικνύοντας μια νέα οδό στη θεραπευτική της οστεοπόρωσης. Επιπλέον, η διερεύνηση των αναστολέων της καθεψίνης K φωτίζει μια άλλη πτυχή του φαρμακολογικού οπλοστασίου κατά της οστεοπόρωσης. Αναστέλλοντας επιλεκτικά τη λειτουργία των οστεοκλαστών, οι παράγοντες αυτοί υπόσχονται να περιορίσουν την οστική απορρόφηση, να αυξήσουν την οστική πυκνότητα και να μετριάσουν τους κινδύνους καταγμάτων (De Martins et al., 2020).

Η πρόοδος των διαγνωστικών τεχνικών αποτελεί ένα άλλο κεντρικό όριο στην έρευνα για την οστεοπόρωση. Οι απεικονιστικές μέθοδοι υψηλής ανάλυσης, συμπεριλαμβανομένης της περιφερικής ποσοτικής υπολογιστικής τομογραφίας υψηλής ανάλυσης (HR-pQCT), παρέχουν περίπλοκες πληροφορίες για τη μικροαρχιτεκτονική των οστών, υπερβαίνοντας τις παραδοσιακές μετρήσεις οστικής πυκνότητας. Η HR-pQCT σκιαγραφεί παραμέτρους ποιότητας των οστών, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της οστικής ακεραιότητας και του κινδύνου κατάγματος πέρα από τη συμβατική πυκνομετρία (Noh et al., 2020).

Επιπλέον, οι αναδυόμενοι βιοδείκτες που αντικατοπτρίζουν τον κύκλο εργασιών και την ποιότητα των οστών, όπως τα επίπεδα συγκεκριμένων πρωτεϊνών ή πεπτιδίων στον ορό, διευκρινίζουν τη δυναμική φύση του οστικού μεταβολισμού. Αυτοί οι βιοδείκτες χρησιμεύουν ως συμπλήρωμα των συμβατικών αξιολογήσεων, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για τους περίπλοκους μηχανισμούς που διέπουν την υγεία των οστών και την εξέλιξη της νόσου (Chan et al., 2016).

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στην έρευνα για την οστεοπόρωση εκτοξεύεται ως καινοτόμος προσέγγιση στην προγνωστική μοντελοποίηση και τη διαστρωμάτωση του κινδύνου. Οι αλγόριθμοι, αξιοποιώντας τεράστια σύνολα δεδομένων και προγνωστικές αναλύσεις, βελτιώνουν τις προβλέψεις κινδύνου κατάγματος, επιτρέποντας εξατομικευμένες παρεμβάσεις και εξατομικευμένες στρατηγικές διαχείρισης (Makras et al., 2015).

5.2 Υποσχόμενοι Τομείς για Μελλοντική Έρευνα

Η πορεία της έρευνας για την οστεοπόρωση αποκαλύπτει έναν εκτεταμένο ορίζοντα γεμάτο με πολλά υποσχόμενους τομείς που είναι έτοιμοι να φέρουν επανάσταση στην κατανόηση, τη διαχείριση και την πρόληψη της νόσου. Αυτά τα κομβικά σημεία της μελλοντικής έρευνας περιλαμβάνουν ποικίλους τομείς, από τη διαλεύκανση των υποκείμενων παθοφυσιολογικών μηχανισμών έως καινοτόμες θεραπευτικές προσεγγίσεις και ολιστικές στρατηγικές διαχείρισης.

Η κατανόηση της περίπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ γενετικής και περιβαλλοντικών παραγόντων αποτελεί κομβική οδό για τη σκιαγράφηση της αιτιολογίας και της ατομικής προδιάθεσης στην οστεοπόρωση. Η αποκάλυψη των γενετικών καθοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν τον οστικό μεταβολισμό και την ευαισθησία στα κατάγματα προσφέρει γνώσεις για εξατομικευμένες εκτιμήσεις κινδύνου και προσαρμοσμένες παρεμβάσεις, προωθώντας προσεγγίσεις της ιατρικής ακριβείας στη διαχείριση της οστεοπόρωσης (Li et al., 2021).

Η εξερεύνηση της επιγενετικής υπόσχεται την κατανόηση της δυναμικής ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης που διέπει την υγεία και τη νόσο των οστών. Η αποκρυπτογράφηση των επιγενετικών τροποποιήσεων, όπως η μεθυλίωση του DNA ή οι τροποποιήσεις των ιστονών, διευκρινίζει τη διαγενεακή μετάδοση των οστικών χαρακτηριστικών και τις πιθανές οδούς για στοχευμένες παρεμβάσεις. Επιπλέον, η διαλεύκανση των μηχανισμών που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ οστών και κυττάρων και των σηματοδοτικών μονοπατιών παραμένει ένα από τα κεντρικά σημεία της έρευνας για την οστεοπόρωση. Η εμβάθυνση στην περίπλοκη διασταύρωση μεταξύ οστεοβλαστών, οστεοκλαστών και άλλων ρυθμιστικών κυττάρων αποκαλύπτει νέους θεραπευτικούς στόχους για τη διαμόρφωση της οστικής αναδιαμόρφωσης και την ενίσχυση της σκελετικής ακεραιότητας (Adami et al., 2022).

Η διερεύνηση νέων θεραπευτικών μεθόδων εκτείνεται πέρα από τους συμβατικούς φαρμακολογικούς παράγοντες. Καινοτόμες προσεγγίσεις, συμπεριλαμβανομένων τεχνικών αναγεννητικής ιατρικής, όπως οι θεραπείες με βλαστοκύτταρα ή η μηχανική ιστών, παρουσιάζουν δυνατότητες για την προώθηση της οστικής αναγέννησης και αποκατάστασης, προσφέροντας πρωτοποριακές εναλλακτικές λύσεις σε σοβαρές περιπτώσεις οστεοπορωτικών ή δύσκολων καταγμάτων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών υγείας και των φορητών συσκευών αναδύεται ως ένα εκκολαπτόμενο πεδίο στην έρευνα για την οστεοπόρωση. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων των φορητών αισθητήρων, των εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας και της τηλεϊατρικής διευκολύνει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, την τήρηση των θεραπευτικών σχημάτων και την έγκαιρη ανίχνευση των σκελετικών αλλαγών, φέρνοντας έτσι επανάσταση στη διαχείριση της νόσου και τη φροντίδα των ασθενών (Gennari et al., 2020).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την οστεοπόρωση, ερευνώντας διεξοδικά τις παραμέτρους που επηρεάζουν την σκελετική υγεία και τις δυσμενείς επιπτώσεις της απουσίας της. Η οστική απώλεια εξαρτάται από μία σειρά παραγόντων, οι οποίοι παρουσιάζονται αναλυτικά.

Η ύπουλη εξέλιξη της οστεοπόρωσης, που χαρακτηρίζεται από μειωμένη οστική πυκνότητα και αυξημένη ευθραυστότητα, υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη πρόληπτικών μέτρων. Η κατανόηση των αιτιολογικών παραγόντων, που περιλαμβάνουν γενετικές προδιαθέσεις, περιβαλλοντικές επιδράσεις και επιλογές του τρόπου ζωής, αποτελεί το θεμέλιο λίθο για την ενίσχυση της σκελετικής υγείας και την αποτροπή των συνεπειών της οστεοπόρωσης.

Τα κατάγματα, η χαρακτηριστική συνέπεια της νόσου, προκαλούν αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα, δημιουργώντας την επιτακτική ανάγκη πρόληψης των καταγμάτων και προσαρμοσμένων παρεμβάσεων. Η πρόληψη-διάγνωση της οστεοπόρωσης μέσω των προηγμένων μεθόδων απεικόνισης, η αξιοποίηση φαρμακολογικών παρεμβάσεων και οι τροποποιήσεις του τρόπου ζωής αποτελούν καίριες στρατηγικές για τον μετριασμό της επιβάρυνσης από την νόσο. Επίσης τονίζεται η σημασία των μέτρων πρόληψης, διάγνωσης και θεραπείας ιδιαίτερα για την ευαίσθητη ομάδα των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών λόγω της ταχύτατης οστικής απώλειας.

Επιπλέον, η διερεύνηση των αναδυόμενων θεραπειών και των διαγνωστικών εξελίξεων ανοίγει ελπιδοφόρους ορίζοντες στην έρευνα για την οστεοπόρωση. Η μέτρηση της οστικής μάζας με DEXA αποτελεί την μέθοδο αναφοράς ιδιαίτερα για τις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση, καθώς ελλοχεύει ο κίνδυνος του κατάγματος λόγω της ταχύτατης οστικής απώλειας. Επίσης η DEXA χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της θεραπείας. Η μέθοδος αυτή αποτελεί την βέλτιστη τεχνική διάγνωσης της οστεοπόρωσης κυρίως στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες καθώς αποτελεί μη επεμβατική τεχνική, οικονομική, ταχεία, περισσότερο ακριβής από τις τυπικές ακτινογραφίες και τέλος τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι σχεδόν μηδαμινά.

Οι συμπληρωματικές μέθοδοι απεικόνισης όπως η απλή ακτινογραφία δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την έκταση και τον βαθμό των σπονδυλικών καταγμάτων, Παράλληλα η ποσοτική αξονική τομογραφία (pQCT) επιτρέπει την μελέτη χωριστά

του σπογγώδους οστού από το φλοιό και η μαγνητική τομογραφία (MRI) παίζει ρόλο στην λεπτομερή απεικόνιση των καταγμάτων ειδικότερα σε προχωρημένα στάδια της νόσου.

Η διάγνωση και η διαχείριση της οστεοπόρωσης αποτελεί σημαντική πρόκληση παγκοσμίως, η γνώση, η καινοτομία και η αδιάκοπη αναζήτηση για αναδυόμενες θεραπείες ανοίγουν νέους δρόμους συμβάλλοντας στην έγκαιρη αντιμετώπιση της οστεοπόρωσης.

Βιβλιογραφία

- Adami, G., Fassio, A., Gatti, D., Viapiana, O., Benini, C., Danila, M. I., ... & Rossini, M. (2022). Osteoporosis in 10 yearstime: a glimpse into the future of osteoporosis. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease*, *14*, 1759720X221083541.
- Akkawi, I., & Zmerly, H. (2018). Osteoporosis: current concepts. *Joints*, *6*(02), 122-127.
- Armas, L. A., & Recker, R. R. (2012). Pathophysiology of osteoporosis: new mechanistic insights. *Endocrinology and Metabolism Clinics*, *41*(3), 475-486.
- Becker, D. J., Kilgore, M. L., & Morrisey, M. A. (2010). The societal burden of osteoporosis. *Current rheumatology reports*, *12*, 186-191.
- Bisaccia, M., Rinonapoli, G., Meccariello, L., Ripani, U., Pace, V., Rollo, G., ... & De Masi De Luca, A. (2019). Osteoporosis in male patients: epidemiology, clinical aspects and DEXA Scan assessment. *Clinical Cases in Mineral & Bone Metabolism*, *16*(1).
- Bjerke, B. T., Zarrabian, M., Aleem, I. S., Fogelson, J. L., Currier, B. L., Freedman, B. A., ... & Nassr, A. (2018). Incidence of osteoporosis-related complications following posterior lumbar fusion. *Global Spine Journal*, *8*(6), 563-569.
- Body, J. J., Bergmann, P., Boonen, S., Boutsen, Y., Bruyère, O., Devogelaer, J. P., ... & Reginster, J. Y. (2011). Non-pharmacological management of osteoporosis: a consensus of the Belgian Bone Club. *Osteoporosis international*, *22*, 2769-2788.
- Cabral, H. W. S., Andolphi, B. F. G., Ferreira, B. V. C., Alves, D. C. F., Morelato, R. L., Chambo Filho, A., & Borges, L. S. (2016). The use of biomarkers in clinical osteoporosis. *Revista da Associação Médica Brasileira*, *62*, 368-376.
- Catalano, A., Martino, G., Morabito, N., Scarcella, C., Gaudio, A., Basile, G., & Lasco, A. (2017). Pain in osteoporosis: from pathophysiology to therapeutic approach. *Drugs & aging*, *34*, 755-765.
- Chan, C. K., Mason, A., Cooper, C., & Dennison, E. (2016). Novel advances in the treatment of osteoporosis. *British medical bulletin*, *119*(1), 129-142.

- Clynes, M. A., Harvey, N. C., Curtis, E. M., Fuggle, N. R., Dennison, E. M., & Cooper, C. (2020). The epidemiology of osteoporosis. *British medical bulletin*.
- Coronado-Zarco, R., de León, A. O. G., García-Lara, A., Quinzanos-Fresnedo, J., Nava-Bringas, T. I., & Macías-Hernández, S. I. (2019). Nonpharmacological interventions for osteoporosis treatment: Systematic review of clinical practice guidelines. *Osteoporosis and sarcopenia*, 5(3), 69-77.
- Curtis, E. M., Moon, R. J., Harvey, N. C., & Cooper, C. (2017). Reprint of: The impact of fragility fracture and approaches to osteoporosis risk assessment worldwide. *International journal of orthopaedic and trauma nursing*, 26, 7-17.
- Das, S., & Crockett, J. C. (2013). Osteoporosis—a current view of pharmacological prevention and treatment. *Drug design, development and therapy*, 435-448.
- De Martinis, M., Sirufo, M. M., & Ginaldi, L. (2020). Osteoporosis: Current and emerging therapies targeted to immunological checkpoints. *Current medicinal chemistry*, 27(37), 6356-6372.
- Drake, M. T., Clarke, B. L., & Lewiecki, E. M. (2015). The pathophysiology and treatment of osteoporosis. *Clinical therapeutics*, 37(8), 1837-1850.
- Ebeling, P. R., Nguyen, H. H., Aleksova, J., Vincent, A. J., Wong, P., & Milat, F. (2022). Secondary osteoporosis. *Endocrine Reviews*, 43(2), 240-313.
- Emkey, G. R., & Epstein, S. (2014). Secondary osteoporosis: pathophysiology & diagnosis. *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*, 28(6), 911-935.
- Fathima, S. N., Selvi, R. T., & Beham, M. P. (2019). Assessment of BMD and Statistical Analysis for Osteoporosis Detection. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 12(4), 1907-1914.
- Ferrari, S., Bianchi, M. L., Eisman, J. A., Foldes, A. J., Adami, S., Wahl, D. A., ... & IOF Committee of Scientific Advisors Working Group on Osteoporosis Pathophysiology. (2012). Osteoporosis in young adults: pathophysiology, diagnosis, and management. *Osteoporosis International*, 23, 2735-2748.
- Garnero, P. (2017). The utility of biomarkers in osteoporosis management. *Molecular diagnosis & therapy*, 21(4), 401-418.

- Gennari, L., Merlotti, D., Falchetti, A., Eller Vainicher, C., Cosso, R., & Chiodini, I. (2020). Emerging therapeutic targets for osteoporosis. *Expert Opinion on Therapeutic Targets*, 24(2), 115-130.
- Griffith, J. F., & Genant, H. K. (2012). New advances in imaging osteoporosis and its complications. *Endocrine*, 42, 39-51.
- Guglielmi, G., Damilakis, J., Solomou, G., & Bazzocchi, A. (2012). Quality assurance of imaging techniques used in the clinical management of osteoporosis. *La Radiologia Medica*, 117(8), 1347-1354.
- Iolascon, G., Moretti, A., Toro, G., Gimigliano, F., Liguori, S., & Paoletta, M. (2020). Pharmacological therapy of osteoporosis: what's new?. *Clinical interventions in aging*, 485-491.
- Kanis, J. A., Borgström, F., Compston, J., Dreinhöfer, K., Nolte, E., Jonsson, L., ... & Stenmark, J. (2013). SCOPE: a scorecard for osteoporosis in Europe. *Archives of osteoporosis*, 8, 1-63.
- Khosla, S., & Hofbauer, L. C. (2017). Osteoporosis treatment: recent developments and ongoing challenges. *The lancet Diabetes & endocrinology*, 5(11), 898-907.
- Knudtson, M. (2009). Osteoporosis: background and overview. *The Journal for Nurse Practitioners*, 5(6), S4-S12.
- Krug, R., Burghardt, A. J., Majumdar, S., & Link, T. M. (2010). High-resolution imaging techniques for the assessment of osteoporosis. *Radiologic Clinics*, 48(3), 601-621.
- Leslie, W. D., & Lix, L. M. (2014). Comparison between various fracture risk assessment tools. *Osteoporosis international*, 25, 1-21.
- Li, S. S., He, S. H., Xie, P. Y., Li, W., Zhang, X. X., Li, T. F., & Li, D. F. (2021). Recent progresses in the treatment of osteoporosis. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 717065.
- Link, T. M. (2012). Osteoporosis imaging: state of the art and advanced imaging. *Radiology*, 263(1), 3-17.
- Lippuner, K. (2012). The future of osteoporosis treatment—a research update. *Swiss medical weekly*, 142(2930), w13624-w13624.

- Liu, J., Curtis, E. M., Cooper, C., & Harvey, N. C. (2019). State of the art in osteoporosis risk assessment and treatment. *Journal of endocrinological investigation*, *42*, 1149-1164.
- Lorente-Ramos, R., Azpeitia-Armán, J., Muñoz-Hernández, A., García-Gómez, J. M., Díez-Martínez, P., & Grande-Bárez, M. (2011). Dual-energy x-ray absorptiometry in the diagnosis of osteoporosis: a practical guide. *AJR-American Journal of Roentgenology*, *196*(4), 897.
- Lorentzon, M., & Cummings, S. R. (2015). Osteoporosis: the evolution of a diagnosis. *Journal of internal medicine*, *277*(6), 650-661.
- Makras, P., Delaroudis, S., & Anastasilakis, A. D. (2015). Novel therapies for osteoporosis. *Metabolism*, *64*(10), 1199-1214.
- Marcus, R., Dempster, D. W., Cauley, J. A., & Feldman, D. (Eds.). (2013). *Osteoporosis*. Academic press.
- Mazziotti, G., Bilezikian, J., Canalis, E., Cocchi, D., & Giustina, A. (2012). New understanding and treatments for osteoporosis. *Endocrine*, *41*, 58-69.
- Naik, S., Jain, M., Bhoi, S. K., & Tripathy, S. (2023). Correlation between Vertebral Marrow Fat Fraction in MRI Using DIXON Technique and BMD in DXA in Patients of Suspected Osteoporosis. *Indian Journal of Radiology and Imaging*.
- Nazia Fathima, S. M., Tamilselvi, R., & Parisa Beham, M. (2022). A Survey on Osteoporosis Detection Methods with a Focus on X-ray and DEXA Images. *IETE Journal of Research*, *68*(6), 4640-4664.
- Nguyen, V. H. (2017). Osteoporosis prevention and osteoporosis exercise in community-based public health programs. *Osteoporosis and sarcopenia*, *3*(1), 18-31.
- Noh, J. Y., Yang, Y., & Jung, H. (2020). Molecular mechanisms and emerging therapeutics for osteoporosis. *International journal of molecular sciences*, *21*(20), 7623.
- Oei, L., Koromani, F., Rivadeneira, F., Zillikens, M. C., & Oei, E. H. (2016). Quantitative imaging methods in osteoporosis. *Quantitative imaging in medicine and surgery*, *6*(6), 680.

- Pavone, V., Testa, G., Giardina, S. M., Vescio, A., Restivo, D. A., & Sessa, G. (2017). Pharmacological therapy of osteoporosis: a systematic current review of literature. *Frontiers in pharmacology*, 8, 803.
- Pietschmann, P., Mechtcheriakova, D., Meshcheryakova, A., Föger-Samwald, U., & Ellinger, I. (2016). Immunology of osteoporosis: a mini-review. *Gerontology*, 62(2), 128-137.
- Rachner, T. D., Khosla, S., & Hofbauer, L. C. (2011). Osteoporosis: now and the future. *The Lancet*, 377(9773), 1276-1287.
- Ralston, S. H., & Uitterlinden, A. G. (2010). Genetics of osteoporosis. *Endocrine reviews*, 31(5), 629-662.
- Sangondimath, G., & Sen, R. K. (2023). DEXA and Imaging in Osteoporosis. *Indian Journal of Orthopaedics*, 1-12.
- Schuling, K. D., Robinia, K., & Nye, R. (2011). Osteoporosis update. *Journal of midwifery & women's health*, 56(6), 615-627.
- Sözen, T., Özışık, L., & Başaran, N. Ç. (2017). An overview and management of osteoporosis. *European journal of rheumatology*, 4(1), 46.
- Tian, J., Wu, S., Dong, L., & Tang, H. (2021). Pharmacological and non-pharmacological interventions for osteoporosis: A protocol for an overview with an evidence map and a network meta-analysis of trials. *Medicine*, 100(24).
- Tse, J. J., Smith, A. C., Kuczynski, M. T., Kaketsis, D. A., & Manske, S. L. (2021). Advancements in osteoporosis imaging, screening, and study of disease etiology. *Current Osteoporosis Reports*, 19, 532-541.
- van der Velde, R., Ozanian, T., Dumitrescu, B., Haslam, J., Staal, J., Brett, A., ... & Geusens, P. (2015). Performance of statistical models of shape and appearance for semiautomatic segmentations of spinal vertebrae T4–L4 on digitized vertebral fracture assessment images. *The Spine Journal*, 15(6), 1248-1254.
- Varacallo, M. A., & Fox, E. J. (2014). Osteoporosis and its complications. *Medical Clinics*, 98(4), 817-831.
- Watts, N. B. (2018). Postmenopausal osteoporosis: a clinical review. *Journal of women's health*, 27(9), 1093-1096.

Zhu, K., & Prince, R. L. (2015). Lifestyle and osteoporosis. *Current osteoporosis reports, 13*, 52-59.