

ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ

ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΙΑ

Υπό Βικτωράτου - Τσιριγώτη Κων/να
Ιατρός Ακτινολόγος - Α' Δ/ντρια
Ακτινολογικού Τμήματος Ασκληπιείου Βούλας

Υπολογίζεται ότι η οστική πυκνότητα (BMD) καθορίζει μόνον κατά 60-80% την αντοχή του οστού, ενώ ανάμεσα στους άλλους παράγοντες που την επηρρεάζουν περιλαμβάνονται η μικροαρχιτεκτονική του οστού και παράγοντες εξωσκελετικοί, όπως π.χ. η γεωμετρία των οστών.

Παρ' όλα αυτά μέχρι σήμερα μόνον η οστική μάζα είναι δυνατόν να προσδιορισθεί με μια ακρίβεια (accuracy) και επαναληψιμότητα (precision), που καθιστούν την οστική πυκνομετρία τη βασικότερη παρακλινική εξέταση για τη διάγνωση και τη θεραπευτική αντιμετώπιση της οστεοπόρωσης.

Ακρίβεια και επαναληψιμότητα σε μία μέτρηση οστικής πυκνότητος και τι σημασία έχει κάθε μία από τις παραμέτρους αυτές.

Ακρίβεια (Accuracy). Είναι η απόκλιση της μετρούμενης τιμής της οστικής πυκνότητας (BMD) από την αντίστοιχη αληθινή τιμή της. Η αληθινή τιμή της οστικής πυκνότητας (BMD) προσδιορίζεται πειραματικά μετά από χημική επεξεργασία και ζύγιση της στάχτης του μετρηθέντος οστού. Με τον τρόπο αυτό η κρίβεια εκφράζεται σαν η εκατοστιαία διαφορά της μετρούμενης οστικής πυκνότητας (BMD) από την αληθή οστική πυκνότητα (BMD). Η ακρίβεια μίας οστεοπυκνομετρικής τεχνικής είναι η παραμέτρος που καθορίζει κυρίως τη δυνατότητά της να αξιολογεί συγκριτικά την όποια μεμονωμένη τιμή της οστικής πυκνότητας (BMD), με την αντίστοιχη ζώνη των φυσιολογικών τιμών και τον ουδό κατάγματος.

Ένα αξιοπρόσεκτο σημείο που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη στην εκτίμηση της ακρίβεια της μέτρησης οστικής πυκνότητας με απλή και διπλή δέσμη φωτονίων ή ακτίνων X είναι το γεγονός ότι η γεωμετρία του οστού παίζει ρόλο στην ακρίβεια της μέτρησης.

Επαναληψιμότητα (precision). Είναι η διακύμανση περί τη μέση τιμή επανειλημμένων μετρήσεων της οστικής πυκνότητας (BMD) του ίδιου δείγματος. Η επαναληψιμότητα εκφράζεται σαν εκατοστιαία σχέση σταθερής απόκλησης

των επανειλημμένων μερήσεων προς την αντίστοιχη μέση τιμή. Στην περίπτωση αυτή η τιμή της οστικής πυκνότητας (BMD) που λαμβάνεται σε μία επαναληπτική μέτρηση αξιολογείται σε σχέση με τη ζώνη τιμών του φυσιολογικού πληθυσμού, καθώς επίσης με την προηγηθείσα μέτρηση.

Υπολογίζεται οτι εάν η επαναληψιμότητα της μέτρησης είναι ίση με 2%, η ελάχιστη μεταβολή της οστικής πυκνότητας (BMD) που μπορεί να ανιχνευθεί είναι 3,6%, με επίπεδο αξιοπιστίας 90%. Εάν η επαναληψιμότητα βελτιωθεί στο 1%, τότε η ελάχιστη μεταβολή που μπορεί να ανιχνευθεί με την ίδια αξιοπιστία είναι 1,8% αντίστοιχα. Κατ' επέκταση, η παράμετρος της επαναληψιμότητας καθορίζει και τον ελάχιστο χρόνο, μετα την πάροδο του οποίου πρέπει να επανεξετασθεί ο ασθενής, ώστε οι μεταβολές της οστικής πυκνότητας (BMD) που αναμένονται από την κλινική του εικόνα, να είναι με βεβαιότητα ανιχνεύσιμες. Επαναληψιμότητα 2% επιτρέπει την επανεξέταση μετά πάροδο τουλάχιστον ενός έτους, ενώ επαναληψιμότητα 1% δίνει δικαίωμα για νέα μέτρηση μετά πάροδο τουλάχιστον 6 μηνών.

Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για να υπολογίσουμε την περιεκτικότητα του οστού σε μεταλλικά στοιχεία και επομένως έμμεσα την οστική πυκνότητα είναι:

1. Απλή απορρόφηση φωτονίων (Single Photon Absorptiometry SPA).

Η μέθοδος αυτή μετρά την οστική πυκνότητα στο αντιβράχιο. Η περιοχή αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα και χρησιμοποιείται από πολλούς σαν η πιο αντιπροσωπευτική περιοχή μέτρησης οστικής πυκνότητας τόσο του φλοιώδους όσο και του σπογγώδους οστού, γιατί στον καρπό η κερκίδα αποτελείται κατά 75% από σπογγώδες οστούν και όσο προχωράμε κεντρικά αυξάνει η αναλογία του φλοιώδους οστού έτσι στην διάφυση της κερκίδας το 95% του οστού είναι φλοιώδες.

Είναι λοιπόν εφικτή η μέτρηση της οστικής πυκνότητας και του φλοιώδους οστού με μία μόνο μέτρηση του αντι-

βραχίου. Επίσης στην περιοχή του αντιβραχίου δεν υπάρχουν μαλακά μόρια και η μέτρηση είναι πιο αντικειμενική.

Μέχρι προ τινός η μέτρηση της οστικής πυκνότητας με απλή απορρόφηση φωτονίων γινόταν με μονοενεργειακή πηγή Ιωδίου 125 και ανίχνευση της διερχόμενης από το οστούν ακτινοβολίας με κρύσταλλο Ιωδιούχου Νατρίου. Με την τεχνική αυτή η δόση της εκπεμπομένης ακτινοβολίας είναι χαμηλή ~5 mrem. Η ακρίβεια της μέτρησης στην μέση της κερκίδας είναι 4% και στο περιφερικό άκρο 5%.

Η επαναληψιμότητα είναι 1-4% και στις δύο περιοχές.

2. Διπλή απορρόφηση φωτονίων (Dual Photon Absorptiometry DPA)

Εδώ μετράμε την οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων ή του αυχένα του μηριαίου.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί σαν ραδιενεργό πηγή το ισότοπο γαδολίνιο 153 το οποίο εκπέμπει δύο δέσμες φωτονίων σε δύο διαφορετικές ενέργειες. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία στη μέτρηση μιας περιοχής με DPA (διπλή φωτονίου) είναι ~10-15 mrem και η διάρκεια της εξέτασης ~20 min. Η ακρίβεια της μέτρησης είναι 3-4% στον αυχένα του μηριαίου οστού, και 3-6% στην ΟΜΣΣ.

Η επαναληψιμότητα της μεθόδου είναι 1-4% και υστερεί σαφώς των αποτελεσμάτων με την μέθοδο διπλής απορρόφησης ακτίνων X ή ΔΕΧΑ.

3. Διπλή απορρόφηση ακτίνων X (Dual X-Ray Absorptiometry DPX ή DEXA)

Η μέθοδος αυτή έχει σχεδόν αντικαταστήσει τις δύο προηγούμενες. Η DEXA χρησιμοποιεί ταυτόχρονα δύο δέσμες ακτίνων X διαφορετικών ενεργειών από τις οποίες η μία δέσμη ενέρειας απορροφάται κυρίως από τους μαλακούς ιστούς.

Έτσι επιτυγχάνεται η διόρθωση του λάθους μέτρησης που πρέχεται από τους μαλακούς ιστούς και το υπερκείμενο λάθος ιδιαίτερα όταν η θέση μέτρησης βρίσκεται σε βάθος όπως π.χ. η ΟΜΣΣ.

Η δεύτερη δέσμη διερχόμενη δια μέσου του οστού υφίσταται κάποια απορρόφηση ο βαθμός της οποίας είναι ανάλογος της περιεκτικότητος της περιοχής σε ασβεστοποιημένο οστούν. Όσο μεγαλύτερη ποσότητα μεταλλοποιημένου οστού τόση περισσότερη ποσότητα ακτινοβολίας απορροφάται και τόσο λιγότερη διέρχεται το οστούν. Με βαση την διερχόμενη ακτινοβολία υπολογίζεται η ποσότητα του οστού που περιέχεται στο συγκεκριμένο σημείο του σκελετού. Το αποτέλεσμα της μέτρησης εκφράζεται σε gr/cm².

Η ακρίβεια της μεθόδου είναι πολύ καλύτερη από την αντιστοιχή με τα ραδιοϊσότοπα και υπολογίζεται σε 0,5-2%, η δε επαναληψιμότητα σε 1%. Ο χρόνος έκθεσης του

ασθενούς είναι ~5 λεπτά κατά περιοχή. Η παρεχομένη ακτινοβολία είναι περίπου 1 mrem.

Με την ως άνω τεχνική μπορεί να μετρηθεί η οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης και σε πλάγια θέση.

Στην οστική πυκνομετρία η φυσιολογική διασπορά των τιμών της οστικής πυκνότητας εκφράζεται με σταθερές αποκλίσεις από τη μέση τιμή της οστικής πυκνότητα (BMD) μιας συγκεκριμένης ηλιακής ομάδας, που αποτελεί την λεγομένη κορυφαία οστική πυκνότητα. Έτσι η μία σταθερή απόκλιση (SD) κάτω από τη μέση οστική πυκνότητα (BMD) απόμων της ίδιας με την εξεταζομένη ηλικία χαρακτηρίζεται ως Z-score.

Με βάση τα παραπάνω καθορισθέντα από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ), ένα άτομο χαρακτηρίζεται ως οστεοπορωτικό όταν έχει ένα T-score μικρότερο από μείο (-)2,5 (T-sc, -2,5), ως οστεοπενικό αν το T-score βρίσκεται μεταξύ -1 και -2,5 και εντός των φυσιολογικών ορίων όταν βρίσκεται μεταξύ +1 και -1 SD.

4. Η ποσοτική υπολογιστική τομογραφία (Peripheral Quantitative Computed Tomography PQCT)

Η μέθοδος χρησιμοποιεί τροποποίηση της υπολογιστικής τομογραφίας της σπονδυλικής στήλης, συγκρίνοντας την πυκνότητα του σποιγγώδους ή τους φλοιώδους τμήματος του σπονδύλου με διαλύματα σταθερών πυκνοτήτων φωσφορικού ασβεστίου. Επειδή η μέθοδος μετρά την πραγματική πυκνότητα του οστού το αποτέλεσμα δίνεται σαν gr/cm³. Η ακρίβεια μετρήσεως (*in vitro accuracy*) είναι 5-10% και η επαναληψιμότητα (*in vitro precision*) 2-4%.

5. Μέτρηση των χαρακτηριστικών των οστών με υπερήχους (Ultrasound attenuation)

Η χρήση των υπερήχων, σαν εναλλακτική μέθοδος για τον έμμεσο προσδιορισμό της οστικής πυκνότητας, αλλά και άλλων ιδιοτήτων του οστού, έχει διαδοθεί προόσφατα. Τόσο η μεταβολή της ταχύτητας, όσο και η εξασθένηση της υπερηχητικής δέσμης από τους ιστούς, συσχετίζονται με την πυκνότητα αλλά και την κατασκευή του σποιγγώδους οστού.

Οι κυριότεροι ακτινολογικοί δείκτες που εχρησιμοποιούντο στην διάγνωση της οστεοπόρωσης παλαιότερα ήταν:

Σπονδυλικός δείκτης

Βασίζεται στην παραμόρφωση των σπονδύλων κατά την εξελίξη του οστεοπορωτικού συνδρόμου. Έτσι ο φυσιολογικός σπονδυλος είναι τετράπλευρος (Σπονδυλικός Δείκτης 1), προοδευτικά με την εμφάνιση της οστεοπόρωσης οι επιφυσιακές πλάκες των σπονδυλικών σωμάτων υποχωρούν στο μέσο εν είδει αμφικοίλου φακού. Αργότε-

ρα καθιζάνει η άνω επιφυσιακή επιφάνεια του σπονδύλου. Σώματος με αποτέλεσμα την σφηνοειδή παραμόρφωση (Σπονδυλικός Δείκτης 3). Τελικά το σπονδυλικό σώμα καθιζάνει τελείως (Σπονδυλικός Δείκτης 4).

1. Φυσιολ. Σπονδ.	Σ.Δ. 1
2. Αρχόμενη οστεοπόρωση	Σ.Δ. 2
3. Προχωρημένη οστεοπόρωση	Σ.Δ. 3
4. Βαριά οστεοπόρωση	Σ.Δ. 4

Μηριαίος Δείκτης

Ο δείκτης αυτός προσμετρά την δοκιδική διάταξη του άνω άκρου του μηριαίου οστού. Ως γνωστόν υπάρχουν 4 δοκιδικά συστήματα στην περιοχή δύο συστήματα συμπίστης (πρωτεύον, δευτερεύον) και δύο συστήματα ελκυσμού. Η πλήρης παρουσία των οστεοδοκίδων βαθμολογείται με 5 (φυσιολογικό) ενώ η πλήρης εξαφάνιση των δοκιδικών συτημάτων βαθμολογείται με 1.

Δείκτης μικρότερος του 4 είναι ενδεικτικός οστεοπενίας ιδιαίτερα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

Σωστή λήψη α/φίας: Τα Ισχία πρέπει να είναι σε ελαφρά έσω στροφή ($15-20^{\circ}$) για να απεικονίζεται ο αυχένας του μηριαίου.

Μετακαρπιαίος δείκτης

Σε κατά μέτωπο α/φία των χεριών υπολογίζεται με βάση μαθηματικό τύπο η εσωτερική και εξωτερική διάμετρος της μεσότητος του 2^{ου} μετακαρπίου ή και των πέντε μετακαρπίων.

Πτερνικός δείκτης

Το οστό της πτέρνας όπως όλα τα φορτιζόμενα σπογγώδη οστά περιέχει συστήματα δοκιδικών δεσμών. Οι δέσμες αυτές είναι διατεταγμένες ανάλογα με τις δυνάμεις συμπίεσης και εκλυσμού που ασκούνται. Διακρίνουμε έτοι στην πτέρνα δέσμες συμπίεσης στο σώμα και τον αυχένα και εκλυσμού στο πρόσθιο και οπίσθιο μέρος. Ανάλογα με τον βαθμό οστικής αραίωσης οι δέσμες εξαφανίζονται προοδευτικά δίνοντας μια κλιμάκωση βαρύτητος της οστεοπόρωσης.

Κνημιαίος δείκτης

Η λέπτινοτη του φλοιού του κάτω 3/μορίου της κνήμης λόγω οστικής αραίωσης μπορεί να μετρηθεί αντικειμενικά με μία σταθερή πλάγια α/φία κνήμης-ποδοκνημικής.

Ποιά περιοχή θα διαλέξουμε να μετρήσουμε για την οστική πυκνότητα

Η περιοχή που θα μετρήσουμε την οστική πυκνότητα εξαρτάται από τον λόγο για τον οποίο την μετρούμε και την ηλικία του πάσχοντος.

Η οστεοπόρωση είναι βεβαίως μια συστηματική μετα-

βολική νόσος των οστών και η απώλεια της οστικής μάζας επισυμβαίνει σ' ολόκληρο τον σκελετό. Μ' αυτή τη σκέψη η οστική πυκνότητα θα μπορούσε να μετρηθεί σ' οποιοδήποτε σημείο του σκελετού. Όμως είναι βέβαιο ότι, αν θέλουμε να υπολογίσουμε τον κίνυνο πιθανού κατάγματος σε ένα σημείο του σκελετού, τον υπολογίζουμε ακριβέστερα, αν μετρήσουμε την οστική πυκνότητα (BMD) να γίνεται στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (ΟΜΣΣ) στις γυναίκες αυτές. Αντίθετα, το ισχίο, τα κατάγματα του οποίου επισυμβαίνουν αργότερα (σε ατόμα άνω των 65-70 ετών) προτιμάται σ' αυτές τις μεγαλύτερες ηλικίες. Ένας επιπλέον λόγος για τη προτίμηση του ισχίου στα πιο ηλικιώμενά άτομα είναι και το γεγονός ότι πολύ συχνά σ' αυτές τις μεγάλες ηλικίες συνυπάρχουν και εκφυλιστικές οστεοαρθρικές βλάβες στην ΟΜΣΣ, αποτιτανώσεις στην κοιλιακή ασπρή κι ενδεχομένως και συμπτεστικά σπονδυλικά κατάγματα, που θα αυξήσουν ψευδώς την λαμβανομένη τιμή της οστικής πυκνότητας (BMD). Ακόμη, η ταχύτητα της οστικής απώλειας είναι σαφώς μεγαλύτερη στην ΟΜΣΣ στις άμεσα μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες απ' ότι στις πιο ηλικιώμενές.

Τέλος θα αναφερθούμε στην ακτινική επιβάρυνση που δέχεται ένα άτομο που επιβάλλεται σε μέτρηση της οστικής πυκνότητας (BMD) με σύγχρονα μηχανήματα, DEXA που θα μπορούσε να χαρακτηρίσει αμελητέα αφού αυτή κυμαίνεται από 1-5 μσν, όταν στην απλή ακτινογραφία θώρακος ο εξεταζόμενος επιβαρύνεται με 50 μσν και όταν η ημερησία ακτινική επιβάρυνση από την κοσμική ακτινοβολία είναι της τάξης των 5-7 μσν/ημερησίων.

Υπάρχουν μερικοί περιορισμοί στην χρήση της DEXA στην καθημερινή πράξη. Δεν θα πρέπει να γίνεται πριν περάσουν 2-4 ημέρες από ένα σπινθηρογράφημα οστών, ένα βαριούχο υποκλυσμό ή μια διάβαση του εντέρου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Consensus development conference: Diagnosis, prophylaxis and treatment of osteoporosis. Am.J. Med., 1991, 90: 170-210.
2. Melton LJ, Atkinson EJ,O'Fallon WM, Wahner HN, Riggs BL: Long-term fracture prediction by bone mineral assessed at different skeletal sites, J. Bone Miner. Res., 1993, 8 (10): 1227-1233.
3. Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS, Stone K, Fox KM, Ensrud KE,: Risk-factors for hip fractur in white women. N. Engl. J. Med. 1995: 332: 767-73.
4. Health Technology Advisory Committee: Bone densitometry as a screening tool for osteoporosis in post-menopausal women. Radiology Management, 1998, 43-53.