

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ -ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΟΛΟΓΙΑ-ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Η επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα

Φαίδων Μάγκος

ΑΜ 421202

Τριμελής επιτροπή

Επιβλέπων: Λάμπρος Συντώσης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλη: Σταύρος Κάβουρας, Λέκτορας

Αντωνία Ματάλα, Επίκουρη Καθηγήτρια

Αθήνα 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΟΣΤΙΚΗ ΜΑΖΑ

ΆΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΣΤΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΚΕΝΑ

ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΜΕΘΟΔΟΙ

Εθελοντές

Ερευνητικό πρωτόκολλο

Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Σύσταση οστών

Σύσταση σώματος

Στατιστική ανάλυση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παλιότερα, η οστεοπόρωση θεωρούνταν μια ασθένεια που έπληττε μόνο τις γυναίκες, και μάλιστα μόνο μετά την εμμηνόπαυση. Σήμερα, όμως, είναι κοινή αποδοχή ότι μπορεί να εμφανιστεί σε όλες τις ηλικίες και στα δύο φύλα, αν και με διαφορετική συχνότητα.¹ Η οστεοπόρωση είναι μια σκελετική ασθένεια που χαρακτηρίζεται από διαταραχή της μικρο-αρχιτεκτονικής του οστού, η οποία οδηγεί σε ελαττωμένη δύναμη και δημιουργεί τις προϋποθέσεις εμφάνισης κατάγματος. Τα οστεοπορωτικά κατάγματα αποτελούν το κυριότερο, αν όχι το μόνο, κλινικό σύμπτωμα της ασθένειας. Στο διεθνή χώρο, η συχνότητα εμφάνισης οστεοπόρωσης αυξάνεται βαθμιαία, ενώ παράλληλα αυξάνεται και η συχνότητα εμφάνισης καταγμάτων.^{2,3} Τα περιορισμένα δεδομένα που υπάρχουν για την Ελλάδα επιβεβαιώνουν αυτήν την τάση.⁴ Η οστεοπόρωση έχει πολυδιάστατες επιπτώσεις, τόσο σε κοινωνικό (π.χ. οικονομικό κόστος νοσηλίας) όσο και σε προσωπικό επίπεδο, καθώς περιορίζει με μεγάλο βαθμό την κίνηση και την ανεξαρτησία του ατόμου.

Η δύναμη ενός οστού και η ανθεκτικότητά του στην επιβάρυνση αποτελεί συνάρτηση της μάζας των ανοργάνων αλάτων που περιέχει, των φυσικών τους ιδιοτήτων, και της γεωμετρικής τους διάταξης. Από τις τρεις αυτές πατραμέτρους, η πρώτη (οστική μάζα) είναι η πιο εύκολο να μετρηθεί με βάση τη σημερινή τεχνολογία, γι' αυτό και έχει συγκεντρώσει το επιστημονικό ενδιαφέρον των τελευταίων 3-4 δεκαετιών. Τελευταία, όμως, άλλες μέθοδοι, όπως αυτές που βασίζονται σε υπερήχους ή η μαγνητική τομογραφία, κατέστησαν δυνατή και τη μελέτη της γεωμετρίας των οστών αλλά και διαφόρων άλλων εγγενών ιδιοτήτων τους.⁵ Το ενδιαφέρον για την οστική μάζα και κατ'επέκταση την πυκνότητα των οστών διακαίολογείται από το γεγονός ότι η δύναμη των οστών φαίνεται ότι μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το τετράγωνο της πυκνότητάς τους. Για το λόγο αυτό, άλλωστε,

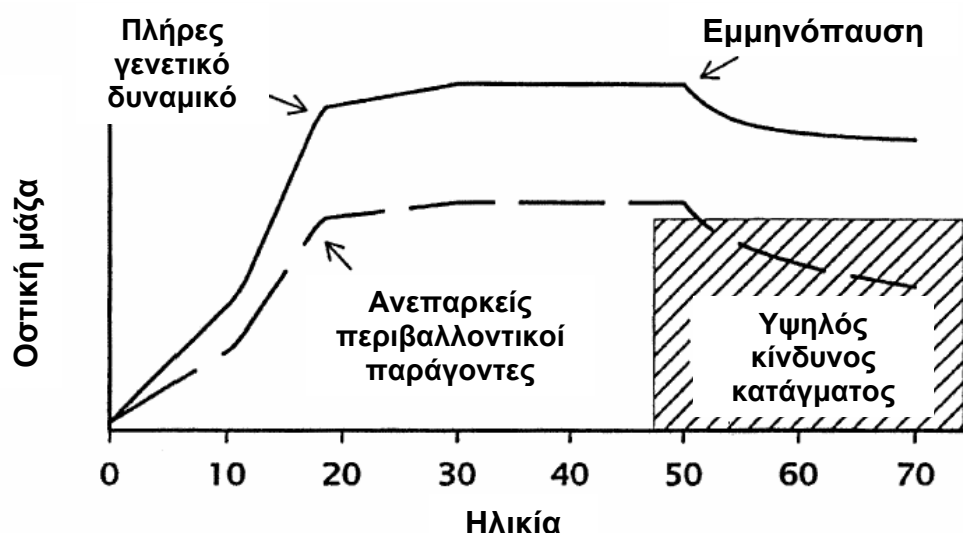
η διάγνωση της οστεοπόρωσης σήμερα βασίζεται στη μέτρηση της οστικής πυκνότητας.⁶

ΟΣΤΙΚΗ ΜΑΖΑ

Η μάζα ενός οστού καθορίζεται κάθε στιγμή από το καθαρό αποτέλεσμα της αντίθετης δράσης δύο ειδών κυττάρων: των οστεοκλαστών, που απορροφούν οστέινη ουσία και των οστεοβλαστών, που παράγουν νέα.⁷ Τα κύτταρα αυτά, μαζί με άλλα είδη κυττάρων (π.χ. φαγοκύτταρα), οργανώνονται και συγκροτούν συσσωματώματα, καθένα από τα οποία καλείται βασική πολυκυτταρική μονάδα.⁸ Με βάση θεωρητικούς υπολογισμούς, κάθε στιγμή λειτουργούν ταυρόχρονα στο ανθρώπινο σώμα περίπου 2.000.000 τέτοιες μονάδες που ανανεώνουν τα οστά, με κάθε κύκλο απορρόφησης-εναπόθεσης να διαρκεί περίπου 100 ημέρες. Για το λόγο αυτό, η ανακύκλωση των οστών είναι μια σχετικά αργή διαδικασία και η εμφάνιση αλλαγών στη μάζα και τη δομή τους απαιτεί μακροχρόνια παρακολούθηση. Το γεγονός αυτό αποτελεί και το μεγαλύτερο, και ανυπέρβλητο έως τώρα, εμπόδιο για τη διεξαγωγή μακροχρόνιων προοπτικών παρεμβατικών μελετών στον άνθρωπο.

Ως αποτέλεσμα της συγχρονισμένης δράσης των βασικών πολυκυτταρικών μονάδων, η οστική μάζα μεταβάλλεται κατά τα διάφορα στάδια της ζωής, κάτω από την επίδραση γενετικών αλλά και περιβαλλοντικών παραγόντων.⁹ Κάτα την παιδική και την εφηβική ηλικία, η ανάπτυξη του σώματος συνοδεύεται και από αύξηση του μήκους και του πάχους των οστών, με συνεχή εναπόθεση μεταλλικών αλάτων, κυρίως ασβεστίου και φωσφόρου (αλλά και νατρίου και καλίου). Στο τέλος της εφηβικής ηλικίας ο σκελετός έχει ήδη ολοκληρωθεί κατά περίπου 75-90%. Η οστική μάζα συνεχίζει να αυξάνεται με επιβραδυνόμενο ρυθμό και φτάνει σε ένα μέγιστο σημείο μεταξύ 20 και 30 ετών. Η ακριβής ηλικία μεγίστου για κάθε οστό του σκελετού και για κάθε είδος οστού (συμπαγές ή σπογγώδες)

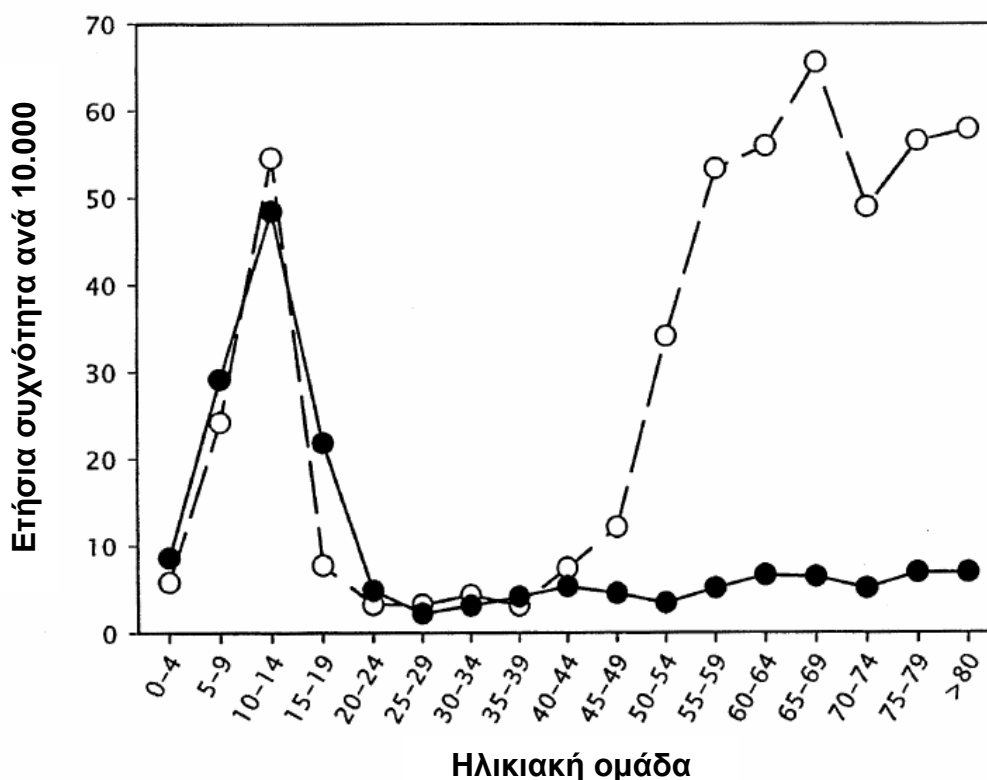
ποικίλλει. Κατά την ενήλικη ζωή (20-50 ετών), η οστική μάζα παραμένει σχετικά σταθερή, ενώ από την ηλικία των 50-60 ετών αρχίζει να μειώνεται και ιδιαίτερα στις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση. Ο ρυθμός μείωσης επίσης ποικίλλει για κάθε οστό και κάθε είδος οστού. Η πορεία αυτή δίνεται σχηματικά στην εικόνα 1.



Εικόνα 1. Διαγραμματική αναπαράσταση της φυσικής πορείας της οστικής μάζας σε άτομα που φτάνουν τη μέγιστη όπως αυτή οριοθετείται από το γενετικό τους υπόβαθρο και σε άτομα που δεν τη φτάνουν, λόγω ανεπάρκειας περιβαλλοντικών παραγόντων.⁹

Η σημασία της φυσικής πορείας της οστικής μάζας έγκειται στο γεγονός ότι καθώς αυτή μειώνεται, κάποια στιγμή φτάνει σε ένα κατώφλιο επίπεδο, κάτω από το οποίο το οστό είναι τόσο αδύναμο ώστε να μη μπορεί να αντισταθεί στις δυνάμεις και τις επιβαρύνσεις που υφίσταται, ακόμα και κατά τις καθημερινές δραστηριότητες. Αναπόφευκτη, τότε, είναι η πρόκληση κατάγματος. Καθίσταται, επομένως, προφανές ότι η επίτευξη της μέγιστης δυνατής οστικής μάζας κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, η διατήρησή της στην ενήλικη ζωή, και η όσο το δυνατόν επιβράδυνση του ρυθμού απώλειάς της κατά την τρίτη ηλικία, είναι παράγοντες που μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο οστεοπόρωσης και κατ' επέκταση, ενδεχομένως, τον κίνδυνο καταγμάτων.¹⁰

Η στενή σχέση μεταξύ οστικής πυκνότητας και συχνότητας εμφάνισης καταγμάτων φαίνεται στην εικόνα 2. Μετά την ηλικία των 40-50 ετών, όταν δηλαδή αρχίζει να μειώνεται η οστική μάζα, παρατηρείται μια δραματική αύξηση του αριθμού των οστεοπορωτικών καταγμάτων, ιδιαίτερα στις γυναίκες και λιγότερο στους άνδρες.⁹ Παράλληλα, όμως, φαίνεται ότι μια ακόμα περίοδος της ζωής του ανθρώπου όπου υπάρχει μια παρόμοια αύξηση είναι η παιδική-εφηβική ηλικία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επιτάχυνση της αύξησης των οστών στις τρεις διαστάσεις προηγείται της αύξησης της οστικής τους μάζας, με αποτέλεσμα μια παροδική μείωση της δομικής τους πυκνότητας. Όταν ολοκληρωθεί η ανάπτυξη του σκελετού κατά μήκος (γύρω στα 15 με 20 χρόνια) η εναπόθεση οστού στο εσωτερικό των οστών βαθμιαία προκαλεί αύξηση της οστικής πυκνότητας προς τα μέγιστα επίπεδα.



Εικόνα 2. Συχνότητα εμφάνισης καταγμάτων στα άκρα σε άνδρες (μαύροι κύκλοι) και σε γυναίκες (λευκοί κύκλοι) από τη Νότια Σουηδία.⁹

Πολλοί παράγοντες είναι εκείνοι που επηρεάζουν την οστική πυκνότητα, άλλοι γενετικοί και άλλοι περιβαλλοντικοί. Σε γενικές γραμμές, η κληρονομικότητα

φαίνεται ότι είναι υπεύθυνη για περίπου 50-80% της ολικής διακύμανσης στην οστική πυκνότητα.¹¹ Τα εμπλεκόμενα γονίδια δεν έχουν αναγνωριστεί επακριβώς, αλλά τα πιο σημαντικά από αυτά φαίνεται ότι σχετίζονται με το μέγεθος του σώματος. Σημαντικό ρόλο έχουν επίσης τα γονίδια που κωδικοποιούν ορμόνες του άξονα αυξητικής ορμόνης-αυξητικών παραγόντων, των στεροειδών ορμονών, του πρωετίνικου υποδοχέα της βιταμίνης D και διαφόρων κυτοκινών.^{12,13} Πρέπει, βέβαια, να γίνει αντιληπτό ότι η κληρονομικότητα και το περιβάλλον δεν είναι παράγοντες εντελώς ανεξάρτητοι. Για παράδειγμα, τα γονίδια καθορίζουν την ικανότητα ενός ατόμου να απορροφά τα διάφορα θρεπτικά συστατικά (π.χ. ασβέστιο). Σε χαμηλές προσλήψεις, λοιπόν, ένα άτομο με γενετικό υπόβαθρο τέτοιο που να του επιτρέπει να χρησιμοποιεί επαρκώς το ασβέστιο θα έχει υψηλότερη οστική μάζα από ένα άλλο που δε χρησιμοποιεί τόσο αποτελεσματικά το ασβέστιο. Σε υψηλές προσλήψεις, όμως, οι κληρονομικές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών ατόμων δε θα είναι εμφανείς. Για το λόγο αυτό, ο σημαντικός ρόλος των γονιδίων δε θα πρέπει να αποτελεί τη βάση μιας μοιρολατρικής αντίληψης σχετικά με τους παράγοντες εκείνους που μπορούν δυνητικά να μεγιστοποιήσουν την οστική μάζα.

ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΣΤΑ

Τα οστά προσαρμόζονται στα φορτία που ασκούνται σε αυτά, έτσι ώστε αυξημένο μηχανικό φορτίο να προκαλεί αύξηση της οστικής πυκνότητας, ενώ απομάκρυνση των μηχανικών φορτίων να προκαλεί απώλεια οστού.^{14,15} Ένα πλήθος από συγκριτικές μελέτες μεταξύ αθλητών και ελέγχων υποδεικνύουν μεγάλες διαφορές στην οστική πυκνότητα, που μπορεί να φτάσουν έως και το 40-50% ανάλογα με το άθλημα και το είδος του οστού (Πίνακας). Φαίνεται ότι οι διαφορές παρουσιάζονται ιδιαίτερα στα οστά εκείνα που υφίστανται μηχανική φόρτιση ως αποτέλεσμα της άσκησης (π.χ. χέρια στους αντισφαιριστές, πόδια στους ποδοσφαιριστές, κλπ.), ενώ αντίθετα, αθλήματα χωρίς έντονη μηχανική φόρτιση (π.χ. κολύμβηση ή τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων) δεν έχουν καμία επίδραση. Οι παρεμβατικές μελέτες επιβεβαιώνουν σε γενικές γραμμές, αλλά όχι ομόφωνα, μια προσαρμοστική αύξηση στην οστική πυκνότητα ως αποτέλεσμα της προπόνησης. Ωστόσο, το μέγεθος αυτής της βελτίωσης κυμαίνεται από 1% έως 5%,¹⁶⁻¹⁸ πολύ μικρότερο

δηλαδή από τη διαφορά που παρατηρείται στις συγκριτικές μελέτες μεταξύ αθλητών και ελέγχων (βλ. Πίνακα).^{19,20}

Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ηλικία όπου αρχίζει η παρέμβαση. Σχετικές έρευνες παρέχουν ενδείξεις ότι η παιδική και η εφηβική ηλικία αποτελούν τις καταλληλότερες, αν όχι και μοναδικές, περιόδους για την απόκτηση υψηλότερης οστικής μάζας.²¹ Για παράδειγμα, μια μελέτη σε παιδιά υπέδειξε ότι οι αυξήσεις στην οστική πυκνότητα ήταν προοδευτικά αυξανόμενες με αυξανόμενα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας.²² Υπάρχουν, επίσης, ενδείξεις ότι η άσκηση αποτελεί σημαντικότερο παράγοντα για τη σκελετική υγεία από ότι άλλοι παράγοντες, όπως το ασβέστιο.²³ Σε γενικές γραμμές, οι έφηβοι που ασκούνται μπορεί να έχουν έως και κατά 10-20% μεγαλύτερες αυξήσεις στην οστική μάζα συγκριτικά με υγιείς ελέγχους.²¹

Πίνακας. Η επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα – μελέτες σε αθλητές

Μελέτη	Ομάδες	Δείγμα	Ηλικία (έτη)	Φύλο	Οστό	Αποτέλεσμα ^α
Aloia et al. (1978) ²⁴	Μαραθωνοδρόμοι	30	42 ± 8	Α	Κερκίδα, άπω	+4
	Έλεγχος	16	45 ± 8			
Baker & Demers (1988) ²⁵	Ευμνηοροϊκές αθλήτριες	10	19 ± 1	Θ	Ο1-Ο3	+6 [†]
	Αμνηοροϊκές αθλήτριες	6	19 ± 1			-10 [†]
	Έλεγχος	12	20 ± 1			
Bilanin et al. (1989) ²⁶	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων	13	29 ± 4	Α	Ο2-Ο4	-10*
	Έλεγχος	11	27 ± 4		Κνήμη	+3
Block et al. (1989) ²⁷	Υδατοσφαιριστές	20	22 ± 2	Α	Θ12-Ο3 (σπογγώδες)	+16* [†]
					Θ12-Ο3 (ολικό)	+10* [†]
	Αρσιβαρίστες	19	25 ± 3		Μηρός	+10*
					Θ12-Ο3 (σπογγώδες)	+20* [†]
Έλεγχος	20	26 ± 3	Θ12-Ο3 (ολικό)	+10 [†]		
			Μηρός	+8		
Cheng et al. (1991) ²⁸	Φυσικά δραστήριες γυναίκες	67	50-60	Θ	Αστράγαλος	+8* [†]
	Καθιστικές γυναίκες	41	50-60			
Dalen & Olsson (1974) ²⁹	Δρομείς	15	50-59	Α	Χέρι, άπω	+19*
					Χέρι, μέσο	+6
					Βραχιόνιο	+19*
					Ο3	+9
					Μηριαίο, κεφαλή	+8
Έλεγχος	24	45-59	Μηριαίο, διάφυση	+13*		
			Αστράγαλος	+21*		
Harber et al. (1991) ³⁰	Ευμνηοροϊκές δρομείς	17	27 ± 5	Θ	Αστράγαλος	-2 [†]
	Αμνηοροϊκές δρομείς	11	26 ± 6			0 [†]
	Έλεγχος	14	27 ± 7			

Heinonen et al. (1993) ³¹	Αρσιβαρίστριες	18	25 ± 5	Θ	O2-O4	+15*
					Μηριαίο, κεφαλή	+10
					Μηριαίο, άπω	+19*
					Γόνατο	+21*
					Κνήμη, εγγύς	+12*
	Ορειβάτες	30	23 ± 3		Αστράγαλος	+4
					Κερκίδα, άπω	+29*
					O2-O4	0
					Μηριαίο, κεφαλή	+2
					Μηριαίο, άπω	+5
	Σκιέρ	28	21 ± 3		Γόνατο	+3
					Κνήμη, εγγύς	+4
					Αστράγαλος	+4
					Κερκίδα, άπω	+1
					O2-O4	0
Ποδηλάτριες	29	24 ± 6		Μηριαίο, κεφαλή	+5	
				Μηριαίο, άπω	+5	
				Γόνατο	+2	
				Κνήμη, εγγύς	+3	
				Αστράγαλος	+3	
Έλεγχοι (μερικώς δραστήριες)	25	23 ± 3		Κερκίδα, άπω	-1	
				O2-O4	0	
				Μηριαίο, κεφαλή	-2	
				Μηριαίο, άπω	+2	
				Γόνατο	+1	
Heinrich et al. (1990) ³²	Body builders	11	26 ± 5	Θ	Κνήμη, εγγύς	-1
					Αστράγαλος	-2
					Κερκίδα, άπω	+5
					Κερκίδα, εγγύς	+9*
					Κερκίδα, άπω	+16*
					Μηριαίο, κεφαλή	+15*
					Μηριαίο, τρίγωνο Ward	+23*
					Μηριαίο, μέγ. τροχαντήρας	+12*
O2-O4	+12*					

	Κολυμβήτριες	13	22 ± 3		Κερκίδα, εγγύς Κερκίδα, άπω Μηριαίο, κεφαλή Μηριαίο, τρίγωνο Ward Μηριαίο, μέγ. τροχαντήρας Ο2-Ο4	+3 +3 +2 0 +5 +5
	Κολlegιακές δρομείς	5	20 ± 1		Κερκίδα, εγγύς Κερκίδα, άπω Μηριαίο, κεφαλή Μηριαίο, τρίγωνο Ward Μηριαίο, μέγ. τροχαντήρας Ο2-Ο4	-3 0 +8 +3 +10 +2
	Δρομείς αναψυχής	11	30 ± 5		Κερκίδα, εγγύς Κερκίδα, άπω Μηριαίο, κεφαλή Μηριαίο, τρίγωνο Ward Μηριαίο, μέγ. τροχαντήρας Ο2-Ο4	-1 -5 0 -1 0 +4
	Έλεγχοι	18	25 ± 4			
Huddleston et al. (1980) ³³	Αντισφαιριστές-κυρίαρχο χέρι Αντισφαιριστές-αντίθετο χέρι	35	70-84	A	Κερκίδα, μέσο	+11*
Jacobson et al. (1984) ³⁴	Αντισφαιρίστριες	11	18-22	Θ	Κερκίδα, άπω Κερκίδα, μέσο Μετατάρσιο Σπονδ. στήλη, οσφυϊκή	+4 0 +23* +11*
	Κολυμβήτριες	23 23 17 17	18-22		Κερκίδα, άπω Κερκίδα, μέσο Μετατάρσιο Σπονδ. στήλη, οσφυϊκή	+3 0 +10* -3
	Έλεγχοι	17-181	18-22			
Jacobson et al. (1984) ³⁴	Αθλητικές γυναίκες	30 30 14 17	22-40	Θ	Κερκίδα, άπω Κερκίδα, μέσο Μετατάρσιο Σπονδ. στήλη, οσφυϊκή	+11* +4* 0 +11*
	Έλεγχοι	10-67	20-40			

Jacobson et al. (1984) ³⁴	Αθλητικές γυναίκες	39 39 19	40-55	Θ	Κερκίδα, άπω Κερκίδα, μέσο Σπονδ. στήλη, οσφυϊκή	+4 +1 +11*
	Έλεγχοι	29-74	40-55			
Jacobson et al. (1984) ³⁴	Αθλητικές γυναίκες	17 17 8	55-70	Θ	Κερκίδα, άπω Κερκίδα, μέσο Σπονδ. στήλη, οσφυϊκή	+17* +16* +12*
	Έλεγχοι	19-115	55-70			
Kannus et al. (1993) [από Suominen (1993) ²⁰]	Αντισφαιριστές-κυρίαρχο χέρι	20	19-34	A	Βραχιόνιο, εγγύς Βραχιόνιο, διάφυση Κερκίδα, διάφυση Κερκίδα, άπω Ωλένη, διάφυση Ωλένη, άπω Χέρι	+14* +25* +10* +11* +3* +6* +8
	Έλεγχοι- κυρίαρχο χέρι	20	20-37			
Montoye et al. (1980) ³⁵	Αντισφαιριστές-κυρίαρχο χέρι	60	64 ± 4	A	Κερκίδα Ωλένη Βραχιόνιο	+2,5* +1,4* +9,3*
	Αντισφαιριστές-αντίθετο χέρι					
Myerson et al. (1992) ³⁶	Ευμηνοροϊκές δρομείς	13	21-35	Θ	Σώμα Κεφάλι Πόδια Χέρια Κορμός Σπονδυλική στήλη Σπονδ. στήλη, οσφυϊκή	+3 -5 +5 +3 +4 -3 -5
	Αμηνοροϊκές δρομείς	13	21-35		Σώμα Κεφάλι Πόδια Χέρια Κορμός Σπονδυλική στήλη Σπονδ. στήλη, οσφυϊκή	-4 -9 -1 -5 -7 -13* -10
	Έλεγχοι	12	21-35			

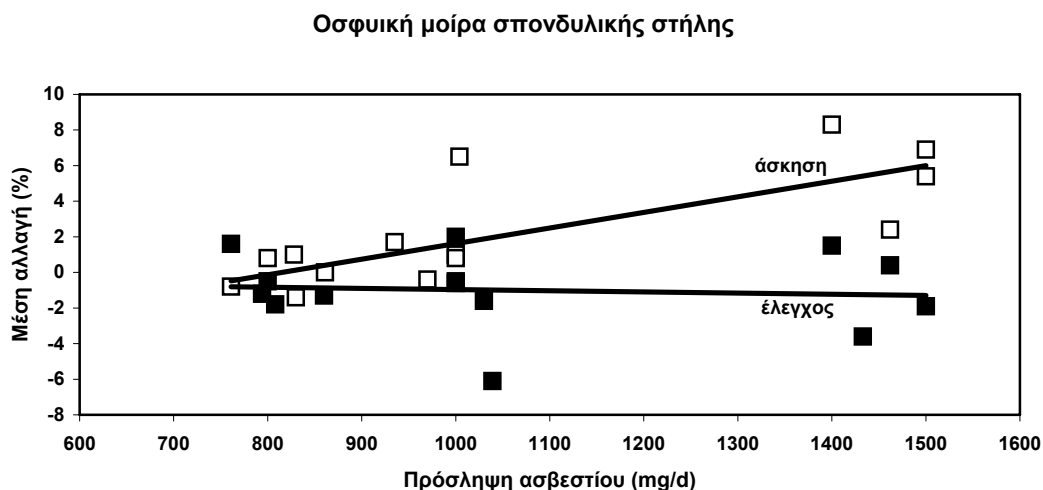
Kirk et al. (1989) ³⁷	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων	10	25-35	Θ	Κερκίδα, διάφυση Θ12-03	+1 +12 [†]
	Έλεγχοι	10	25-35			
Kirk et al. (1989) ³⁷	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων	9	55-65	Θ	Κερκίδα, διάφυση Θ12-03	-7 +1 [†]
	Έλεγχοι	9	55-65			
Lane et al. (1986) ³⁸	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων	8	58	A	O1	+44 [†]
	Έλεγχοι	8	58			
Lane et al. (1986) ³⁸	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων	6	56	Θ	O1	+35 [†]
	Έλεγχοι	6	56			
Nelson et al. (1988) ³⁹	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων	15	62 ± 5	Θ	O1-03 Μηριαίο, εγγύς Κερκίδα	0, -2 [†] -6 -5
	Έλεγχοι	18	61 ± 6			
Nilsson & Westlin (1971) ⁴⁰	Αρσιβαρίστες	11	21 ± 8	A	Μηριαίο, άπω	+47*
	Αθλητές ρίψεων	4	24 ± 3			+42*
	Δρομείς	25	22 ± 7			+40*
	Ποδοσφαιριστές	15	25 ± 5			+39*
	Κολυμβητές	9	18 ± 5			+35*
	Ασκούμενοι έλεγχοι	24	23 ± 5			+27*
	Έλεγχοι	15	23 ± 5			
Orwoll et al. (1989) ⁴¹	Κολυμβητές	58	60 ± 13	A	Κερκίδα, εγγύς Θ12-01	+4* +14* [†]
	Έλεγχοι	78	60 ± 12			
Orwoll et al. (1989) ⁴¹	Κολυμβήτριες	41	55 ± 10	Θ	Κερκίδα, εγγύς Θ12-01	+2 +2 [†]
	Έλεγχοι	41	53 ± 9			
Risser et al. (1990) ⁴²	Πετοσφαίριση	12	20 ± 5	Θ	Αστράγαλος O2-O4	+21* +11*
	Καλαθοσφαίριση	9	20 ± 3		Αστράγαλος O2-O4	+29* +7
	Κολυμβήτριες	10	18 ± 4		Αστράγαλος O2-O4	-11 -11*
	Έλεγχοι	13	20 ± 5			

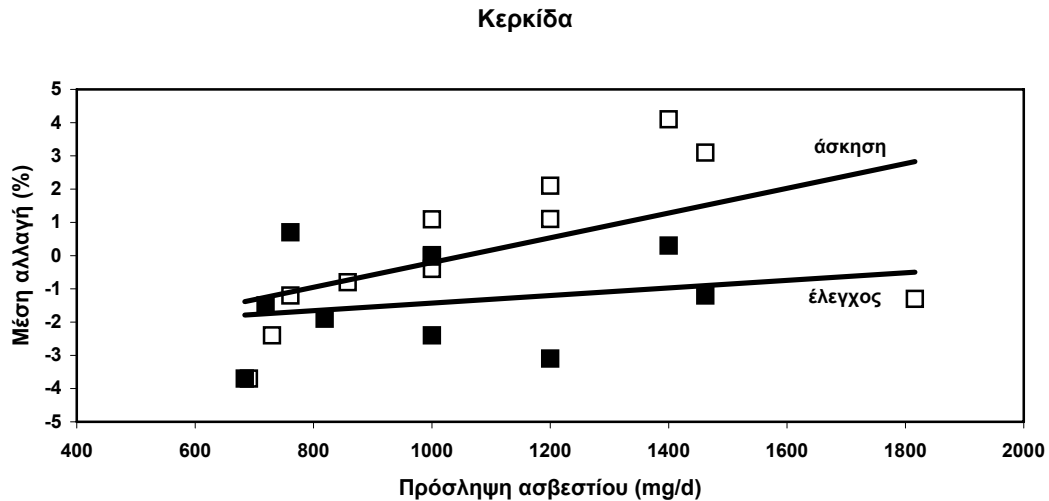
Suominen et al. (1992) [από Suominen (1993) ²⁰]	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων, σκιέρ	18	66-85	Θ	Αστράγαλος	+12, +6 [†]
	Άλλοι αθλητές	34	67-85			+3, +3 [†]
	Έλεγχοι	42	70-81			
Suominen & Rahkila (1991) ⁴³	Σπρίντερς, άλτες	16	70-81	A	Αστράγαλος	+23*, +16* [†]
	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων, σκιέρ	67	70-81			+19*, +13* [†]
	Αρσιβαρίστες, ρίπτες	14	70-79			+19*, +11 [†]
	Έλεγχοι	42	70-81			
Suominen et al. (1989) [από Suominen (1993) ²⁰]	Δρομείς μεγάλων αποστάσεων, σκιέρ	10	46-60	A	Αστράγαλος	+43* [†]
	Αρσιβαρίστες, ρίπτες	8	48-57			+35* [†]
	Έλεγχοι	52	51-55			
Virvidakis et al. (1990) ⁴⁴	Αρσιβαρίστες	59	15-20	A	Χέρι, άπω Χέρι, εγγύς	+51*
	Έλεγχοι	91	15-20			+41*
Wolman et al. (1991) ⁴⁵	Δρομείς	21	25-28	Θ	Μηριαίο, διάφυση	+8*
	Κοπηλάτριες	36	24-26			+2
	Χορεύτριες	10	21-25			-1
	Έλεγχοι	13	27-30			
Andreoli et al. (2001) ⁴⁶	Αθλητές judo	12	23 ± 3	A	Σώμα	+10.2*
					Χέρια	+18.0*
					Πόδια	+9.2*
					Κορμός	+16.7*
	Αθλητές karate	14	22 ± 4		Σώμα	+7.1*
					Χέρια	+7.0*
					Πόδια	+11.3*
					Κορμός	+9.8*
	Υδατοσφαιριστές	24	22 ± 3		Σώμα	+3.1
					Χέρια	+9.0*
			Πόδια	+2.8		
			Κορμός	+5.9		
	Έλεγχοι	12	23 ± 3			
Liu et al. (2003) ⁴⁷	Άλτες	12	20 ± 1	A	Κνήμη (ολικό)	-1.7 [†]
					Κνήμη (συμπαγές)	-1.1 [†]
	Κολυμβητές	15	20 ± 1		Κνήμη (ολικό)	-6.1 [†]
					Κνήμη (συμπαγές)	-1.1 [†]
	Έλεγχοι	10	20 ± 2			

Liu et al. (2003) ⁴⁷	Άλτριες	13	20 ± 1	Θ	Κνήμη (ολικό)	0.8 [†]
	Κολυμβήτριες	15	19 ± 1		Κνήμη (συμπαγές)	-4.0 [†]
					Κνήμη (ολικό)	-13.2 ^{*†}
	Έλεγχοι	15	20 ± 1		Κνήμη (συμπαγές)	-5.0 [†]
Talmage et al. (1986) ⁴⁸	Αθλητικές γυναίκες	124	18-89	Θ	Κερκίδα, διάφυση	
	Έλεγχοι	1105	18-98		Κερκίδα, άπω	

^aΤα αποτελέσματα εκφράζονται ως ποσοστιαία διαφορά μεταξύ κάθε ομάδας αθλητών και της ομάδας ελέγχου (%). ^{*}Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αθλητών και ελέγχων. [†]Η μέτρηση αναφέρεται σε ογκομετρική οστική πυκνότητα (g/cm³). Σε κάθε άλλη περίπτωση, η μέτρηση αναφέρεται σε επιφανειακή οστική πυκνότητα (g/cm²).

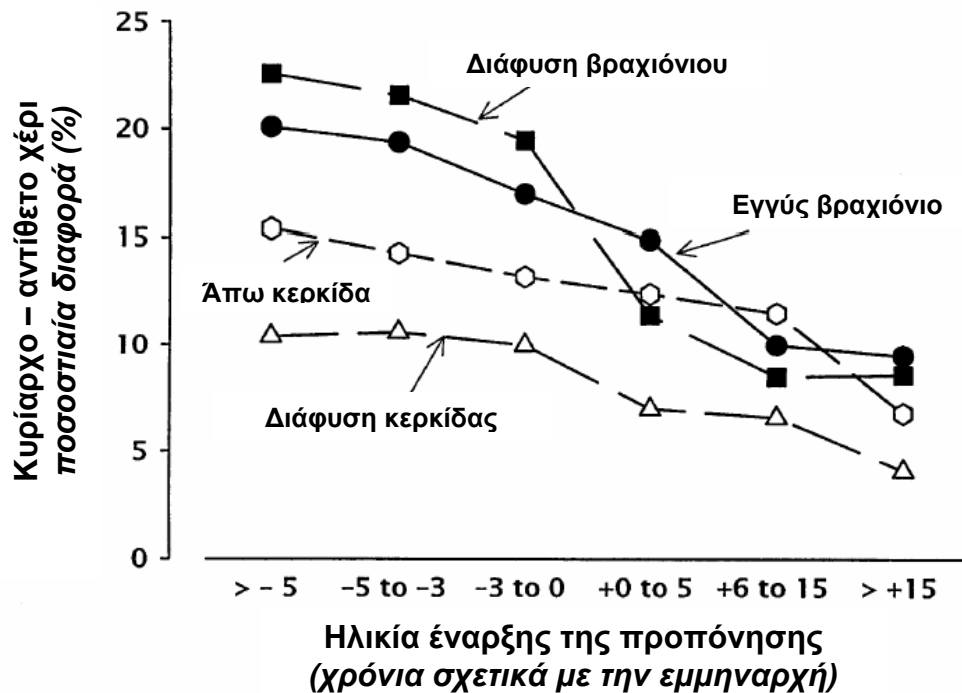
Στο σημείο αυτό, βέβαια, πρέπει να τονιστεί ότι για να έχει αποτέλεσμα μια προπονητική παρέμβαση στους ενήλικες και τους υπερήλικες, η διαίτα πρέπει να είναι επαρκής σε ασβέστιο (εικόνα 3).⁴⁹ Αν και αυξήσεις στην οστική πυκνότητα (ή και μειώσεις στο ρυθμό απώλειας) ως αποτέλεσμα άσκησης μπορούν να επιτευχθούν σε αυτές τις ηλικιακές ομάδες, φαίνεται ότι μια προσαρμογή στην άσκηση, και συγκεκριμένα η μεταβολή της γεωμετρίας του οστού, είναι μοναδική για τα παιδιά. Έτσι, αντισφαιριστές που άρχισαν να προπονούνται σε μικρότερες ηλικίες είχαν μεγαλύτερη διάμετρο στα οστά του χεριού από αυτούς που άρχισαν να προπονούνται μετά την εφηβεία.⁵⁰ Αμφότεροι, όμως, είχαν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα στο κυρίαρχο χέρι, αν και η διαφορά αυτή συσχετιζόταν αρνητικά με μεγαλύτερες ηλικίες έναρξης της προπόνησης (εικόνα 4).⁵¹ Καθώς η δύναμη του οστού είναι συνάρτηση του γινομένου διάμετρος × πυκνότητα², αυτή η μόνιμη αλλαγή στη γεωμετρία του οστού (δηλ. η μεγαλύτερη διάμετρος) προσφέρει ένα διαχρονικό πλεονέκτημα σχετικά με τον κίνδυνο εμφάνισης καταγμάτων.⁹





Εικόνα 3. Αλληλεπίδραση μεταξύ της πρόσληψης ασβεστίου από τη διατροφή και μέσης αλλαγής στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (επάνω) και της κερκίδας του χεριού (κάτω) σε προπονητική παρέμβαση, στην ομάδα άσκησης (λευκά τετράγωνα) και στην ομάδα ελέγχου (μαύρα τετράγωνα).⁴⁹

Οι διαφορές στην οστική πυκνότητα μεταξύ κυρίαρχου και αντίθετου χεριού αποτελούν ίσως και την καλύτερη απόδειξη ότι η άσκηση μπορεί να έχει ευεργετικές επιδράσεις στο σκελετό, ανεξάρτητα από το γονιδιακό υπόβαθρο του ατόμου. Αν και οι μελέτες που αναφέρθηκαν παραπάνω αφορούν αθλητές υψηλού επιπέδου, και επομένως η γενίκευση των ευρημάτων τους για το λιγότερο δραστήριο πληθυσμό είναι προβληματική, υπάρχουν ενδείξεις ότι η αύξηση της οστικής πυκνότητας κατά την τρίτη δεκαετία της ζωής μπορεί να μεγεθυνθεί από υψηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας.⁵² Παράλληλα, προοπτικές μελέτες σε αθλητές έχουν δείξει ότι οι ρυθμοί αύξησης της οστικής μάζας στην ηλικία μεταξύ 15 και 30 ετών επίσης ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του αθλήματος.⁵³⁻⁵⁵



Εικόνα 4. Η επίδραση της ηλικίας έναρξης της προπόνησης αντισφαίρισης στη διαφορά στην οστική μάζα μεταξύ κυρίαρχου και αντίθετου χεριού.⁵¹

Συνολικά, τα διαθέσιμα δεδομένα αναφορικά με την άσκηση και την οστική πυκνότητα υποδεικνύουν ότι η απόκριση του σκελετού σε μια παρέμβαση προπόνησης διέπεται από τις ακόλουθες 5 αρχές:^{56,57}

1. *Αρχή της ειδικότητας.* Η άσκηση θα πρέπει να φορτίζει μηχανικά το οστό εκείνο στο οποίο μετράται η οστική πυκνότητα, καθώς η απόκριση στη μηχανική φόρτιση φαίνεται ότι αποτελεί τοπικό και όχι γενικό φαινόμενο.
2. *Αρχή της υπερφόρτισης.* Το προπονητικό ερέθισμα θα πρέπει να υπερβαίνει σε δύναμη την καθημερινή φόρτιση του οστού για να επέλθουν αλλαγές.
3. *Αρχή της αντιστρεψιμότητας.* Οι θετικές επιδράσεις ενός προπονητικού προγράμματος στα οστά θα διατηρηθούν για όσο χρόνο συνεχίζεται η άσκηση. Αν η άσκηση σταματήσει, τα αποτελέσματα θα χαθούν.
4. *Αρχή των αρχικών τιμών.* Τα άτομα με τη μικρότερη αρχική οστική πυκνότητα θα είναι αυτά που θα αποκομίσουν και τα μεγαλύτερα οφέλη. Όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική οστική μάζα τόσο ασθενέστερη θα είναι και η απόκριση στην άσκηση.

5. Αρχή της προοδευτικά μειωμένης απόκρισης. Κάθε άτομο έχει ένα βιολογικά και γενετικά καθορισμένο ανώτατο όριο οστικής πυκνότητας, το οποίο και καθορίζει το μέγεθος της απόκρισης στην άσκηση. Όσο το όριο αυτό πλησιάζεται, τόσο μειώνεται και ο ρυθμός αύξησης της οστικής μάζας.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΚΕΝΑ

Παρότι έχουν διεξαχθεί αναρίθμητες παρόμοιες έρευνες, ορισμένες ομάδες αθλητών δεν έχουν μελετηθεί ακόμα διεξοδικά και, επομένως, η επίδραση ορισμένων τύπων άσκησης στα οστά παραμένει ασαφής. Παραδείγματα αποτελούν οι χειροσφαιριστές, οι υδατοσφαιριστές και οι δρομείς μικρών αποστάσεων. Επίσης, ενώ είναι προφανές ότι η κολύμβηση δεν έχει ευεργετικές επιδράσεις στην οστική πυκνότητα, κάτι τέτοιο δεν έχει τεκμηριωθεί ακόμα για την υδατοσφαίριση. Τα λίγα διαθέσιμα δεδομένα είναι αντικρουόμενα, ενώ ορισμένοι ερευνητές συγκροτούν ομάδες που αποτελούνται και από τα δύο είδη αθλητών, υποθέτοντας *a priori* ότι αυτοί δε διαφέρουν μεταξύ τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο η κολύμβηση όσο και η υδατοσφαίριση είναι αθλήματα υγρού στίβου, στα οποία το υδάτινο περιβάλλον αφαιρεί την ευεργετική επίδραση που έχει το σωματικό βάρος στα οστά. Παρόμοιο ερευνητικό κενό υπάρχει αναφορικά με τις διαφορές στην οστική πυκνότητα των ποδιών μεταξύ δρομέων μικρών και μεγάλων αποστάσεων, ή στην οστική πυκνότητα των χεριών μεταξύ χειροσφαιριστών και υδατοσφαιριστών. Τέλος, είναι άγνωστο αν και κατά πόσο διαφέρουν οι κολυμβητές μικρών και μεγάλων αποστάσεων.

ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Οι σκοποί, λοιπόν, της παρούσας μελέτης είναι:

1. Να επιβεβαιωθούν ή όχι οι τάσεις που θέλουν κάθε είδος άσκησης να προκαλεί θετικές επιδράσεις κυρίως (αν όχι αποκλειστικά) στα οστά εκείνα που συμμετέχουν στην άσκηση, και μόνο όταν αυτή περιλαμβάνει δυναμική φόρτιση των οστών.

Η υπόθεσή μας είναι ότι οι χειροσφαιριστές και οι υδατοσφαιριστές θα έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα στα χέρια, ενώ οι δρομείς μικρών και μεγάλων αποστάσεων θα έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα στα πόδια. Περιμένουμε τους κολυμβητές να μη διαφέρουν σε κανένα σημείο από την ομάδα ελέγχου.

2. Να διερευνηθούν πιθανές διαφορές μεταξύ υδατοσφαιριστών και χειροσφαιριστών, καθώς τα δύο αυτά αθλήματα προσομοιάζουν στην κίνηση και στο είδος της προπόνησης, αλλά διεξάγονται σε διαφορετικό περιβάλλον.

Η υπόθεσή μας είναι ότι οι χειροσφαιριστές και οι υδατοσφαιριστές θα έχουν ίδια οστική πυκνότητα στα χέρια, αλλά η πρώτη ομάδα θα υπερτερεί στα πόδια.

3. Να διερευνηθούν πιθανές διαφορές μεταξύ δρομέων μικρών και μεγάλων αποστάσεων, καθώς τα δύο αυτά αθλήματα προσομοιάζουν στην κίνηση και διεξάγονται στο ίδιο περιβάλλον, αλλά διαφέρουν στο είδος της προπόνησης.

Η υπόθεσή μας είναι ότι οι δρομείς μικρών αποστάσεων θα έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα σε όλα τα σημεία του σώματος σε σχέση με αυτούς των μεγάλων αποστάσεων.

4. Να διερευνηθούν πιθανές διαφορές μεταξύ υδατοσφαιριστών και κολυμβητών, καθώς τα δύο αυτά αθλήματα διεξάγονται στο ίδιο περιβάλλον, αλλά διαφέρουν τόσο στην κίνηση όσο και στο είδος της προπόνησης.

Η υπόθεσή μας είναι ότι οι υδατοσφαιριστές θα έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα σε όλα τα σημεία του σώματος σε σχέση με τους κολυμβητές.

5. Να διερευνηθούν πιθανές διαφορές μεταξύ κολυμβητών και δρομέων μεγάλων αποστάσεων, καθώς τα δύο αυτά αθλήματα διεξάγονται σε διαφορετικό περιβάλλον, διαφέρουν στην κίνηση, αλλά και στο είδος της προπόνησης.

Η υπόθεσή μας είναι ότι οι δρομείς μεγάλων αποστάσεων θα έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα στα πόδια, αλλά δε θα διαφέρουν σε κανένα άλλο σημείο του σώματος από τους κολυμβητές.

6. Να διερευνηθούν οι κύριες επιδράσεις και οι πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ κολυμβητών και δρομέων μικρών και μεγάλων αποστάσεων.

Η υπόθεσή μας είναι ότι οι δρομείς θα υπερτερούν των κολυμβητών, και ότι οι αθλητές μικρών αποστάσεων θα υπερτερούν αυτών των μεγάλων αποστάσεων. Αν οι επιδράσεις είναι ανεξάρητες (δηλαδή χωρίς να υπάρχει αλληλεπίδραση), αναμένουμε τους κολυμβητές μικρών αποστάσεων και τους δρομείς μεγάλων αποστάσεων να μη διαφέρουν μεταξύ τους, ούτε ενδεχομένως και από την ομάδα ελέγχου.

ΜΕΘΟΔΟΙ

Εθελοντές

Οι εθελοντές θα είναι είναι άνδρες αθλητές υψηλού επιπέδου, οι οποίοι θα αγωνίζονται επαγγελματικά σε αθλήματα ξηρού και υγρού στίβου, ομαδικά και ατομικά (χειροσφαιριστές, υδατοσφαιριστές, κολυμβητές και δρομείς μικρών και μεγάλων αποστάσεων). Παράλληλα, θα υπάρχει και μια ομάδα ελέγχου, αποτελούμενη από άτομα που δεν ασκούνται συστηματικά και έχουν σε γενικές γραμμές καθιστικό τρόπο ζωής. Όλοι θα είναι υγιείς και θα υπογράψουν συμφωνητικό εθελοντικής συμμετοχής προτού γίνει δεκτή η συμμετοχή τους.

Ερευνητικό πρωτόκολλο

Όλες οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν στο Εργαστήριο Διατροφής και Κλινικής Διαιτολογίας του Τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Οι εθελοντές θα προσέλθουν ύστερα από 12 ώρες νηστείας, επαρκώς ενυδατωμένοι, και χωρίς να έχουν ασκηθεί την προηγούμενη ημέρα.

Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Το ύψος και το βάρος θα μετρηθούν με ελαφρά ρούχα αλλά χωρίς παπούτσια, και θα καταγραφούν στο πλησιέστερο 0,1 cm και 0,1 kg, αντίστοιχα. Ο δείκτης μάζας σώματος θα υπολογιστεί ως βάρος δια ύψος εις το τετράγωνο (kg/m^2).

Σύσταση οστών

Η οστική μάζα (g), η οστική επιφάνεια (cm^2) και η επιφανειακή οστική πυκνότητα (g/cm^2) όλου του σώματος, αλλά και των διαφόρων τμημάτων αυτού (κεφάλι, κορμός, σπονδυλική στήλη, πλευρές, λεκάνη, χέρια και πόδια), θα προσδιοριστούν με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτίνων χ διπλής ενέργειας (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA), χρησιμοποιώντας το σκάνερ σώματος DPX-MD+ (Lunar Corp., Madison, WI, USA). Ο συνολικός

χρόνος σκαναρίσματος θα είναι περίπου 11 min και το μέγεθος των pixel θα είναι 4.8×9.6 mm. Τα αποτελέσματα θα αναλυθούν με κατάλληλο λειτουργικό πρόγραμμα (έκδοση 4.7e) της Lunar. Έλεγχοι διασφάλισης της ποιότητας των μετρήσεων θα πραγματοποιούνται σε καθημερινή βάση. Ο συντελεστής μεταβλητότητας για τη μέτρηση της ολικής οστικής πυκνότητας στο εργαστήριο είναι 0.7%.

Σύσταση σώματος

Η σύσταση του σώματος και των διαφόρων επιμέρους τμημάτων αυτού σε μαλακούς ιστούς (εξαιρουμένης της οστικής μάζας), δηλαδή η λιπώδης και η άλιπη μάζα, θα προσδιοριστούν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του DXA.

Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα θα υποστούν πρώτα έλεγχο κανονικότητας και εφόσον ακολουθούν την κανονική κατανομή, θα αναλυθούν ως έχουν. Σε αντίθετη περίπτωση, θα γίνουν κατάλληλοι μεθηματικοί μετασχηματισμοί (π.χ. φυσικός ή νεπέριος λογάριθμος) ώστε να εξασφαλιστεί η κανονικότητα. Τα αποτελέσματα θα εκφραστούν ως μέσοι \pm τυπικές αποκλίσεις ή τυπικά σφάλματα. Οι διαφορές μεταξύ των ομάδων θα διερευνηθούν με απλή ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA). Αν βρεθούν σημαντικές διαφορές, αυτές θα αναλυθούν περαιτέρω με τη χρήση του Tukey HSD τεστ για πολλαπλές συγκρίσεις. Διόρθωση για την επίδραση άλλων παραγόντων στα αποτελέσματα αυτά θα γίνει με ανάλυση απλής ή πολλαπλής συνδιακύμανσης (ANCOVA), χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες συμμεταβλητές, αντίστοιχα. Στην περίπτωση αυτή, οι διαφορές μεταξύ των ομάδων θα διερευνηθούν με τη χρήση του LSD τεστ. Οι ανεξάρτητες σχέσεις μεταξύ δύο μεταβλητών θα προσδιοριστούν με υπολογισμό των συντελεστών απλής συσχέτισης για συνεχείς μεταβλητές (Pearson). Διόρθωση για την επίδραση άλλων παραγόντων θα γίνει με υπολογισμό των συντελεστών μερικής συσχέτισης. Θα διεξαχθεί ακόμα ανάλυση γραμμικής

πανινδρόμησης, απλής και πολλαπλής. Η εισαγωγή των ανεξάρτητων μεταβλητών θα γίνει είτε βεβιασμένα (forced entry) είτε τμηματικά (stepwise entry). Τα 6 διαφορετικά γκρουπ της μελέτης θα εισαχθούν στην παλινδρόμηση με τη βοήθεια 5 ψευδομεταβλητών, με την ομάδα ελέγχου να έχει την τιμή 0 και στις 5. Όλες οι αναλύσεις θα πραγματοποιηθούν σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ (95%), με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS for Windows, release 10.0.5 (SPSS Inc., Chicago, IL).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. National Institutes of Health. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *NIH Consensus Statement* 2000;17(1):1-45.
2. Lau EM. Epidemiology of osteoporosis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2001;15(3):335-44.
3. Amin S. Male osteoporosis: epidemiology and pathophysiology. *Curr Osteoporos Rep* 2003;1(2):71-7.
4. Paspati I, Galanos A, Lyritis GP. Hip fracture epidemiology in Greece during 1977-1992. *Calcif Tissue Int* 1998;62(6):542-7.
5. Genant HK, Faulkner KG, Gluer CC, Engelke K. Bone densitometry: current assessment. *Osteoporos Int* 1993;3 Suppl 1:91-7.
6. Kanis JA, Gluer CC. An update on the diagnosis and assessment of osteoporosis with densitometry. Committee of Scientific Advisors, International Osteoporosis Foundation. *Osteoporos Int* 2000;11(3):192-202.
7. Marks SC, Jr. , Odgren PR. Structure and development of the skeleton. In: Bilezikian JP, Raisz LG, Rodan GA, eds. *Principles of Bone Biology, Second Edition, Volume 1*. New York, NY: Academic Press, 2002: 3-15.
8. Frost HM. Why do marathon runners have less bone than weight lifters? A vital-biomechanical view and explanation. *Bone* 1997;20(3):183-9.
9. Heaney RP, Abrams S, Dawson-Hughes B, et al. Peak bone mass. *Osteoporos Int* 2000;11(12):985-1009.
10. Eisman JA, Kelly PJ, Morrison NA, et al. Peak bone mass and osteoporosis prevention. *Osteoporos Int* 1993;3 Suppl 1:56-60.
11. Pocock NA, Eisman JA, Hopper JL, Yeates MG, Sambrook PN, Eberl S. Genetic determinants of bone mass in adults. A twin study. *J Clin Invest* 1987;80(3):706-10.
12. Peacock M, Turner CH, Econs MJ, Foroud T. Genetics of osteoporosis. *Endocr Rev* 2002;23(3):303-26.

13. Eisman JA. Genetics of osteoporosis. *Endocr Rev* 1999;20(6):788-804.
14. Rubin CT, Lanyon LE. Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66(3):397-402.
15. Rubin CT, Lanyon LE. Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calcif Tissue Int* 1985;37(4):411-7.
16. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Exercise and bone mineral density in men: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 2000;88(5):1730-6.
17. Kelley GA. Exercise and regional bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analytic review of randomized trials. *Am J Phys Med Rehabil* 1998;77(1):76-87.
18. Kelley GA. Aerobic exercise and bone density at the hip in postmenopausal women: a meta-analysis. *Prev Med* 1998;27(6):798-807.
19. Snow-Harter C, Marcus R. Exercise, bone mineral density, and osteoporosis. *Exerc Sport Sci Rev* 1991;19:351-88.
20. Suominen H. Bone mineral density and long term exercise. An overview of cross-sectional athlete studies. *Sports Med* 1993;16(5):316-30.
21. Bailey DA, Faulkner RA, McKay HA. Growth, physical activity, and bone mineral acquisition. *Exerc Sport Sci Rev* 1996;24:233-66.
22. Slemenda CW, Miller JZ, Hui SL, Reister TK, Johnston CC, Jr. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. *J Bone Miner Res* 1991;6(11):1227-33.
23. Welten DC, Kemper HC, Post GB, et al. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 1994;9(7):1089-96.
24. Aloia JF, Cohn SH, Babu T, Abesamis C, Kalici N, Ellis K. Skeletal mass and body composition in marathon runners. *Metabolism* 1978;27(12):1793-6.
25. Baker E, Demers L. Menstrual status in female athletes: correlation with reproductive hormones and bone density. *Obstet Gynecol* 1988;72(5):683-7.

26. Bilanin JE, Blanchard MS, Russek-Cohen E. Lower vertebral bone density in male long distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(1):66-70.
27. Block JE, Friedlander AL, Brooks GA, Steiger P, Stubbs HA, Genant HK. Determinants of bone density among athletes engaged in weight-bearing and non-weight-bearing activity. *J Appl Physiol* 1989;67(3):1100-5.
28. Cheng S, Suominen H, Rantanen T, Parkatti T, Heikkinen E. Bone mineral density and physical activity in 50-60-year-old women. *Bone Miner* 1991;12(2):123-32.
29. Dalen N, Olsson KE. Bone mineral content and physical activity. *Acta Orthop Scand* 1974;45(2):170-4.
30. Harber VJ, Webber CE, Sutton JR, MacDougall JD. The effect of amenorrhea on calcaneal bone density and total bone turnover in runners. *Int J Sports Med* 1991;12(5):505-8.
31. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievanen H, Manttari A, Vuori I. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone Miner* 1993;23(1):1-14.
32. Heinrich CH, Going SB, Pamentier RW, Perry CD, Boyden TW, Lohman TG. Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22(5):558-63.
33. Huddleston AL, Rockwell D, Kulund DN, Harrison RB. Bone mass in lifetime tennis athletes. *Jama* 1980;244(10):1107-9.
34. Jacobson PC, Beaver W, Grubb SA, Taft TN, Talmage RV. Bone density in women: college athletes and older athletic women. *J Orthop Res* 1984;2(4):328-32.
35. Montoye HJ, Smith EL, Fardon DF, Howley ET. Bone mineral in senior tennis players. *Scand J Sports Sci* 1980;2(1):26-32.
36. Myerson M, Gutin B, Warren MP, Wang J, Lichtman S, Pierson RN, Jr. Total body bone density in amenorrheic runners. *Obstet Gynecol* 1992;79(6):973-8.
37. Kirk S, Sharp CF, Elbaum N, et al. Effect of long-distance running on bone mass in women. *J Bone Miner Res* 1989;4(4):515-22.
38. Lane NE, Bloch DA, Jones HH, Marshall WH, Jr., Wood PD, Fries JF. Long-distance running, bone density, and osteoarthritis. *Jama* 1986;255(9):1147-51.

39. Nelson ME, Meredith CN, Dawson-Hughes B, Evans WJ. Hormone and bone mineral status in endurance-trained and sedentary postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 1988;66(5):927-33.
40. Nilsson BE, Westlin NE. Bone density in athletes. *Clin Orthop* 1971;77:179-82.
41. Orwoll ES, Ferar J, Oviatt SK, McClung MR, Huntington K. The relationship of swimming exercise to bone mass in men and women. *Arch Intern Med* 1989;149(10):2197-200.
42. Risser WL, Lee EJ, LeBlanc A, Poindexter HB, Risser JM, Schneider V. Bone density in eumenorrheic female college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22(5):570-4.
43. Suominen H, Rahkila P. Bone mineral density of the calcaneus in 70- to 81-yr-old male athletes and a population sample. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(11):1227-33.
44. Virvidakis K, Georgiou E, Korkotsidis A, Ntalles K, Proukakis C. Bone mineral content of junior competitive weightlifters. *Int J Sports Med* 1990;11(3):244-6.
45. Wolman RL, Faulmann L, Clark P, Hesp R, Harries MG. Different training patterns and bone mineral density of the femoral shaft in elite, female athletes. *Ann Rheum Dis* 1991;50(7):487-9.
46. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(4):507-11.
47. Liu L, Maruno R, Mashimo T, et al. Effects of physical training on cortical bone at midtibia assessed by peripheral QCT. *J Appl Physiol* 2003;95(1):219-24.
48. Talmage RV, Stinnett SS, Landwehr JT, Vincent LM, McCartney WH. Age-related loss of bone mineral density in non-athletic and athletic women. *Bone Miner* 1986;1(2):115-25.
49. Specker BL. Evidence for an interaction between calcium intake and physical activity on changes in bone mineral density. *J Bone Miner Res* 1996;11(10):1539-44.

50. Haapasalo H, Sievanen H, Kannus P, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Dimensions and estimated mechanical characteristics of the humerus after long-term tennis loading. *J Bone Miner Res* 1996;11(6):864-72.
51. Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, et al. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med* 1995;123(1):27-31.
52. Recker RR, Davies KM, Hinders SM, Heaney RP, Stegman MR, Kimmel DB. Bone gain in young adult women. *Jama* 1992;268(17):2403-8.
53. Nurmi-Lawton JA, Baxter-Jones AD, Mirwald RL, et al. Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: a 3-year longitudinal study. *J Bone Miner Res* 2004;19(2):314-22.
54. Gustavsson A, Thorsen K, Nordstrom P. A 3-year longitudinal study of the effect of physical activity on the accrual of bone mineral density in healthy adolescent males. *Calcif Tissue Int* 2003;73(2):108-14.
55. Bennell KL, Malcolm SA, Khan KM, et al. Bone mass and bone turnover in power athletes, endurance athletes, and controls: a 12-month longitudinal study. *Bone* 1997;20(5):477-84.
56. American College of Sports Medicine position stand. Osteoporosis and exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(4):i-vii.
57. Drinkwater BL. Physical activity, fitness, and osteoporosis. In: Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, eds. *Physical Activity, Fitness, and Health--International Proceedings and Consensus Statement*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1994: 724-36.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επίδραση της άσκησης στα οστά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ειδικότητα και το μέγεθος των μηχανικών ερεθισμάτων. Οστά τα οποία επιβαρύνονται σε βαθμό μεγαλύτερο του φυσιολογικού αναμένεται να αυξήσουν τη μάζα και την πυκνότητά τους, έτσι ώστε να αντεπεξέλθουν στις αυξημένες δυνάμεις. Αντίθετα, καμία επίδραση δεν παρατηρείται στα οστά εκείνα που δε συμμετέχουν ή δε φορτίζονται επαρκώς κατά την άσκηση. Έτσι, λοιπόν, οι ποδοσφαιριστές έχουν αυξημένη οστική πυκνότητα στα πόδια, οι αντισφαιριστές στα χέρια, οι αροισφαιριστές σε όλο το σώμα, κ.ο.κ.

Ο σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να εξετάσει ορισμένες παραμέτρους της επίδρασης της χρόνιας άσκησης στα οστά. Συμμετείχαν συνολικά 132 εθελοντές (85 άνδρες, 47 γυναίκες), ηλικίας 17-34 ετών, εκ των οποίων 12 χειροσφαιριστές, 43 υδατοσφαιριστές (21 άνδρες, 22 γυναίκες), 26 κολυμβητές (16 άνδρες, 10 γυναίκες), 21 δρομείς και 30 μη αθλητές (15 άνδρες, 15 γυναίκες). Οι άνδρες κολυμβητές και δρομείς ήταν μικρών (9 και 11, αντίστοιχα) και μεγάλων (7 και 10, αντίστοιχα) αποστάσεων. Συλλέχθηκαν δεδομένα για την ηλικία, το βάρος, το ύψος και τη σύσταση του σώματος. Η οστική μάζα (BMC, g), η οστική προεκτεινόμενη επιφάνεια (Ap, cm²) και η επιφανειακή οστική πυκνότητα (aBMD, g/cm²) μετρήθηκαν σε ολόκληρο το σώμα και στα επιμέρους τμήματα με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτίνων χ διπλής ενέργειας. Η στατιστική επεξεργασία περιελάμβανε έλεγχο κανονικότητας, υπολογισμό των μέσων και των τυπικών αποκλίσεων ή σφαλμάτων, και σύγκριση με τη χρήση απλής και πολλαπλής ανάλυσης της διακύμανσης. Διόρθωση για την επίδραση άλλων μεταβλητών έγινε με απλή και πολλαπλή ανάλυση της συνδιακύμανσης. Επιλέχθηκε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 95% ($\alpha = 0,05$).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν οδηγούν στην εξαγωγή των ακόλουθων συμπερασμάτων:

1) Η χειροσφαίριση οδηγεί σε γενικευμένη αύξηση της οστικής μάζας και πυκνότητας σε ολόκληρο το σώμα, χωρίς όμως εκλεκτική εντόπιση στα χέρια. Αντίθετα, η θετική επίδραση της υδατοσφαίρισης εντοπίζεται κυρίως στα οστά των

άνω άκρων (αλλά και του κορμού), αλλά αυτό συμβαίνει εις βάρος των κάτω άκρων και χωρίς σημαντικές μεταβολές σε επίπεδο ολόκληρου του σκελετού.

2) Η ανακατανομή αυτή της οστικής μάζας στο σώμα των υδατοσφαιριστών παρατηρείται τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες.

3) Η κολύμβηση, επίσης, προκαλεί σημαντικά μειωμένη οστική πυκνότητα στα πόδια, γεγονός που αντικατοπτρίζεται σε χαμηλότερες τιμές για ολόκληρο το σκελετό και στα δύο φύλα.

4) Η κολύμβηση φαίνεται ότι είναι ικανή να αυξήσει την οστική πυκνότητα των άνω άκρων στις γυναίκες, σε βαθμό μάλιστα παρόμοιο με αυτόν της υδατοσφαίρισης, αλλά κάτι τέτοιο δε συμβαίνει στους άνδρες.

5) Οι άνδρες έχουν, σε γενικές γραμμές, υψηλότερη οστική πυκνότητα από τις γυναίκες σε ολόκληρο το σκελετό και στα περισσότερα επιμέρους ανατομικά τμήματα, αλλά χαμηλότερες τιμές στο κρανίο. Οι φυλετικές αυτές διαφορές οφείλονται κατά κύριο λόγο στις μεγαλύτερες σωματικές διαστάσεις των ανδρών.

6) Σε αντίθεση με την κολύμβηση, το τρέξιμο οδηγεί σε σημαντικές αυξήσεις της μάζας και της πυκνότητας των οστών των κάτω άκρων αλλά και του κορμού, κάτι που προκαλεί και αύξηση της ολικής οστικής πυκνότητας.

7) Ωστόσο, η παρατεταμένη άσκηση υπομέγιστης έντασης, άσχετα με το αν περιλαμβάνει τρέξιμο ή κολύμπι, φαίνεται ότι έχει αρνητικές συνέπειες για τα οστά των κάτω άκρων, ενώ αντίθετα, η άσκηση μικρής διάρκειας αλλά υψηλής έντασης (επίσης ανεξάρτητα από το είδος της) έχει θετικές επιδράσεις στον κορμό.

8) Έτσι, το είδος της άσκησης (τρέξιμο ή κολύμβηση) και η διάρκειά της, όπως αυτή προσδιορίζεται από την καλυπτώμενη απόσταση (μικρή ή μεγάλη), έχουν σημαντικές και ανεξάρτητες επιδράσεις στην οστική πυκνότητα. Η συνολική επίδραση του συνδυασμού τους ανά δύο (π.χ. δρομείς μικρών αποστάσεων, κολυμβητές μεγάλων αποστάσεων, κλπ.) φαίνεται ότι αποτελεί τη συνισταμένη των επιμέρους δράσεων, δηλαδή τα χαρακτηριστικά της άσκησης (είδος και διάρκεια) δρουν ανεξάρτητα και αθροιστικά.

Τα δεδομένα αυτά μπορούν, δυνητικά, να βοηθήσουν στο σχεδιασμό κατάλληλων προγραμμάτων φυσικής δραστηριότητας για τη βελτιστοποίηση της υγείας των οστών.

ΜΕΛΕΤΗ 1

Η επίδραση της χειροσφαίρισης και της υδατοσφαίρισης στις διαστάσεις, τη μάζα και την πυκνότητα των οστών του σκελετού

Σκοπός

Η μελέτη της ειδικότητας της απόκρισης των οστών στην άσκηση, χρησιμοποιώντας ως μοντέλο τα αθλήματα της χειροσφαίρισης και της υδατοσφαίρισης.

Δείγμα

Συμμετείχαν 49 άνδρες, ηλικίας 17–34 ετών. Από αυτούς, 12 ήταν χειροσφαιριστές (handball, HB), 22 ήταν υδατοσφαιριστές (water polo, WP) και 15 ήταν μη αθλητές που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου (control, C).

Στατιστική ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκε απλή ανάλυση της διακύμανσης (one-way ANOVA) και ο post hoc έλεγχος του Tukey για πολλαπλές συγκρίσεις. Διόρθωση για την επίδραση άλλων μεταβλητών (π.χ. ηλικία, βάρος, ύψος) έγινε με ανάλυση της συνδιακύμανσης (ANCOVA).

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα για την ηλικία, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τη σύσταση του σώματος των εθελοντών δίνονται στον Πίνακα 1. Οι 3 ομάδες δε διέφεραν σε ηλικία ($P = 0.062$), αν και οι C έτειναν να είναι νεότεροι από τους HB και WP. Οι αθλητές ήταν από κοινού ψηλότεροι (σε $P = 0.009$) και βαρύτεροι (σε $P = 0.001$) από τους C. Οι C είχαν χαμηλότερες μέσες τιμές BMI από τους WP ($P = 0.001$) αλλά όχι από τους HB ($P = 0.100$). Δε βρέθηκαν διαφορές στη λιπώδη μάζα ($P = 0.283$) ή το ποσοστό λίπους ($P = 0.150$), αλλά οι 2 ομάδες αθλητών είχαν εξίσου υψηλότερη ισχνή μάζα (σε $P < 0.001$) σε σχέση με τους C. Οι HB και οι WP δε διέφεραν σε κανένα από τα προαναφερόμενα περιγραφικά χαρακτηριστικά. Λόγω της τάσης των C να είναι νεότεροι από τους αθλητές και επειδή μικρές διαφορές στην ηλικία κατά την 3^η δεκαετία της ζωής ενδέχεται να επηρεάζουν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό τις οστικές παραμέτρους, διαφορετικά μάλιστα σε κάθε σημείο του σώματος, η

περαιτέρω ανάλυση των οστικών παραμέτρων έγινε με τη χρήση της ηλικίας ως συµμεταβλητής.

Πίνακας 1. Ηλικία, ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος

	C	HB	WP
Ηλικία (έτη)	22.0 ± 3.3	25.0 ± 4.1	24.6 ± 3.6
Ύψος (cm)	177.8 ± 6.1	184.7 ± 7.0*	185.3 ± 4.4*
Βάρος (kg)	74.4 ± 9.3	85.7 ± 7.6*	90.1 ± 6.6*
BMI (kg/m ²)	23.49 ± 2.10	25.14 ± 2.12	26.26 ± 1.93*
Ποσοστό λίπους (%)	17.8 ± 6.0	14.0 ± 4.0	16.6 ± 4.6
Λιπώδης µάζα (kg)	13.6 ± 6.0	12.1 ± 4.0	15.0 ± 4.6
Ισχή µάζα (kg)	57.4 ± 4.7	69.2 ± 5.2*	70.8 ± 5.0*

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικές αποκλίσεις (SD).

*P < 0.05 vs. C.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την επιφανειακή οστική πυκνότητα (areal bone mineral density, aBMD), τόσο σε επίπεδο ολόκληρου του σώματος όσο και για διάφορα τμήματά του ξεχωριστά. Όπως φαίνεται, οι HB είχαν μεγαλύτερη ολική aBMD από τους C, γεγονός που αντανάκλασε υψηλότερη aBMD σε όλα τα επιμέρους σημεία του σώματος, αλλά παράλληλα, μικρότερη aBMD στο κεφάλι (P < 0.05). Αντίθετα, η αριθμητικά υψηλότερη ολική aBMD των WP σε σχέση με τους C δεν έφτασε τα όρια στατιστικής σημαντικότητας (P = 0.090), παρόλο που οι αθλητές αυτοί είχαν σημαντικά υψηλότερη aBMD στα χέρια και τον κορμό (συμπεριλαμβανομένων των πλευρών και της λεκάνης, αλλά όχι της σπονδυλικής στήλης) από ότι οι C (P < 0.05). Οι δύο αυτές ομάδες (WP και C) δε διέφεραν στην aBMD του κρανίου και των ποδιών. Οι διαφορές μεταξύ των αθλητών ποικίλλαν, με τους HB να έχουν υψηλότερες τιμές στα πόδια, τον κορμό, τη λεκάνη, τη σπονδυλική στήλη, αλλά και σε ολόκληρο το σώμα (P < 0.05). Οι WP υπερερούσαν μόνο στο κρανίο (P < 0.05), αν και έτειναν να έχουν υψηλότερη aBMD στα χέρια από ότι οι HB (P = 0.060).

Για να διαπιστωθεί αν και κατά πόσο οι παραπάνω διαφορές στην aBMD οφείλονταν στη διαφορετική σωματική διάπλαση των συµμετεχόντων (Πίνακας 1), η ανάλυση επαναλήφθηκε διορθώνοντας αυτή τη φορά και για την επίδραση του βάρους και του ύψους (Πίνακας 3). Οι HB εξακολουθούσαν να έχουν υψηλότερη ολική και περιφερική aBMD συγκριτικά με τους C (P < 0.05). Ωστόσο, οι διαφορές

στο κρανίο και τα χέρια ($P = 0.094$) δεν ήταν πιά εμφανείς. Παρομοίως, εξαφανίστηκαν οι διαφορές μεταξύ των WP και των C στον κορμό και τη λεκάνη, αλλά οι αθλητές εξακολουθούσαν να έχουν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα χέρια και τις πλευρές ($P < 0.05$). Είναι εντοπιστικό ότι, μετά τη διόρθωση για τις σωματικές διαστάσεις, οι WP είχαν σημαντικά χαμηλότερη aBMD στα πόδια από τους C ($P < 0.05$). Η διόρθωση αυτή, όμως, δεν επέφερε καμία μεταβολή στις διαφορές ανάμεσα στους HB και τους WP, κάτι που ήταν άλλωστε αναμενόμενο αφού οι 2 ομάδες των αθλητών είχαν και παρόμοια σωματική διάπλαση.

Πίνακας 2. Περιφερική και ολική aBMD (g/cm^2)

	C	HB	WP
Κεφάλι	2.220 ± 0.039	$2.097 \pm 0.043^*$	$2.251 \pm 0.032^\dagger$
Χέρια	1.091 ± 0.029	$1.211 \pm 0.031^*$	$1.285 \pm 0.023^*$
Πόδια	1.497 ± 0.027	$1.648 \pm 0.030^*$	$1.472 \pm 0.022^\dagger$
Κορμός	1.048 ± 0.019	$1.213 \pm 0.021^*$	$1.127 \pm 0.015^{*\dagger}$
Πλευρές	0.811 ± 0.015	$0.923 \pm 0.016^*$	$0.913 \pm 0.012^*$
Λεκάνη	1.268 ± 0.025	$1.471 \pm 0.027^*$	$1.345 \pm 0.020^{*\dagger}$
Σπονδυλική στήλη	1.241 ± 0.037	$1.532 \pm 0.040^*$	$1.315 \pm 0.030^\dagger$
Ολική	1.310 ± 0.021	$1.429 \pm 0.022^*$	$1.357 \pm 0.017^\dagger$

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι \pm τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία.

* $P < 0.05$ vs. C.

† $P < 0.05$ vs. HB.

Πίνακας 3. Περιφερική και ολική aBMD (g/cm^2)

	C	HB	WP
Κεφάλι	2.184 ± 0.044	2.115 ± 0.040	$2.266 \pm 0.034^\dagger$
Χέρια	1.135 ± 0.031	1.210 ± 0.029	$1.254 \pm 0.024^*$
Πόδια	1.541 ± 0.031	$1.642 \pm 0.028^*$	$1.444 \pm 0.024^{*\dagger}$
Κορμός	1.080 ± 0.021	$1.209 \pm 0.020^*$	$1.106 \pm 0.016^\dagger$
Πλευρές	0.838 ± 0.016	$0.922 \pm 0.015^*$	$0.895 \pm 0.012^*$
Λεκάνη	1.310 ± 0.028	$1.467 \pm 0.026^*$	$1.318 \pm 0.021^\dagger$
Σπονδυλική στήλη	1.293 ± 0.043	$1.522 \pm 0.040^*$	$1.283 \pm 0.033^\dagger$
Ολική	1.341 ± 0.023	$1.427 \pm 0.021^*$	$1.336 \pm 0.018^\dagger$

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι \pm τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία, το βάρος και το ύψος.

* $P < 0.05$ vs. C.

† $P < 0.05$ vs. HB.

Αναφορικά με την οστική μάζα (bone mineral content, BMC), τα αποτελέσματα της ANCOVA διορθωμένα για την ηλικία δεν υπέδειξαν καμία διαφορά μεταξύ των

ομάδων στο κεφάλι ($P = 0.766$), ενώ η BMC των ποδιών, του κορμού, αλλά και ολόκληρου του σώματος ακολουθούσε τη σειρά $HB > WP > C$ (σε $P = 0.015, 0.007$ και 0.023 , αντίστοιχα). Η BMC των χεριών, όμως, ήταν από κοινού μεγαλύτερη στους αθλητές από ότι στους C (σε $P < 0.001$), ενώ μάλιστα, οι WP έτειναν να έχουν υψηλότερες τιμές από τους HB ($P = 0.064$). Γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι οι διαφορές στη BMC μεταξύ των ομάδων θα οφείλονται – αναπόφευκτα – και στη διαφορετική σωματική τους διάπλαση. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 4 μετά από διόρθωση για τους συγχυτικούς αυτούς παράγοντες. Όπως προκύπτει, μετά από διόρθωση για το βάρος και το ύψος, οι μόνες διαφορές που εξαλείφθηκαν ήταν αυτές μεταξύ των WP και των C. Η BMC των ποδιών, του κορμού και ολόκληρου του σώματος ακολουθούσε πια το μοτίβο $HB > WP = C$ (σε $P = 0.002, < 0.001$ και < 0.001 , αντίστοιχα). Μάλιστα, στα πόδια, οι WP έτειναν να έχουν χαμηλότερες τιμές από τους C ($P = 0.094$). Αντίθετα, η BMC των χεριών παρέμεινε υψηλότερη και στις 2 ομάδες των αθλητών σε σχέση με τους C (σε $P = 0.002$). Στο κεφάλι δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ($P = 0.704$).

Πίνακας 4. Περιφερική και ολική BMC (g)

	C	HB	WP
Κεφάλι	508 ± 15	510 ± 14	523 ± 12
Χέρια	474 ± 19	552 ± 18*	579 ± 15*
Πόδια	1443 ± 37	1613 ± 34*	1353 ± 28†
Κορμός	1260 ± 49	1566 ± 45*	1343 ± 37†
Ολική	3686 ± 91	4240 ± 83*	3798 ± 70†

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία, το βάρος και το ύψος.

* $P < 0.05$ vs. C.

† $P < 0.05$ vs. HB.

Όπως ήταν αναμενόμενο, λόγω των μεγαλύτερων σωματικών τους διαστάσεων, και άρα μεγαλύτερων σκελετών, οι 2 ομάδες αθλητών είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη προεκτεινόμενη επιφάνεια οστών (bone projected area, Ap) συγκριτικά με τους C. Αυτό ίσχυε τόσο για το σύνολο του σώματος όσο και για τα χέρια, τα πόδια και τον κορμό ($HB = WP > C$, όλα σε $P < 0.001$), αλλά όχι για το κρανίο ($P = 0.111$). Δεν υπήρχε καμία διαφορά μεταξύ των αθλητών. Η διόρθωση για βάρος και ύψος φανέρωσε πμό ενδιαφέροντα αποτελέσματα (Πίνακας 5). Η Ap των οστών του χεριού εξακολουθούσε να είναι μεγαλύτερη και στις 2 ομάδες αθλητών σε σχέση με

τους C (σε $P = 0.007$), ενώ η Αρ του κρανίου δε διέφερε ($P = 0.148$). Όσον αφορά στα πόδια και τη σπονδυλική στήλη, όμως, οι ΗΒ είχαν πια σημαντικά μεγαλύτερη Αρ και από τους C και από τους WP (σε $P = 0.021$ για τα πόδια και $P = 0.020$ για τη σπονδυλική στήλη). Τέλος, η ολική Αρ ήταν ανά 2 ομάδες διαφορετική ($HB > WP > C$ σε $P = 0.022$).

Πίνακας 5. Περιφερική και ολική Αρ (cm²)

	C	HB	WP
Κεφάλι	233 ± 5	241 ± 4	230 ± 4
Χέρια	414 ± 10	454 ± 9*	460 ± 8*
Πόδια	932 ± 14	980 ± 13*	935 ± 11†
Κορμός	1154 ± 27	1289 ± 25*	1213 ± 21†
Ολική	2733 ± 32	2964 ± 29*	2839 ± 24*†

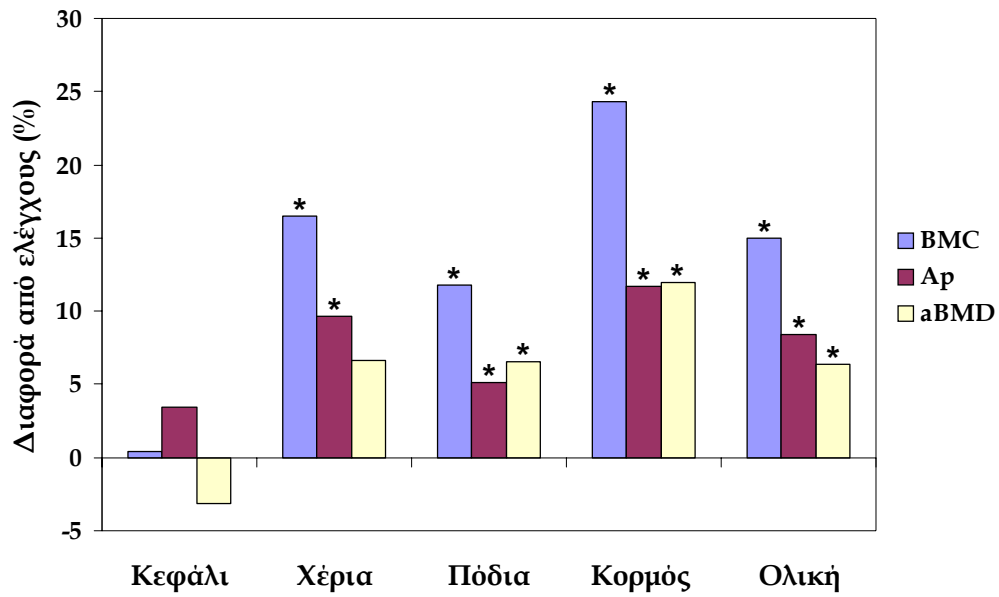
Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία, το βάρος και το ύψος.

* $P < 0.05$ vs. C.

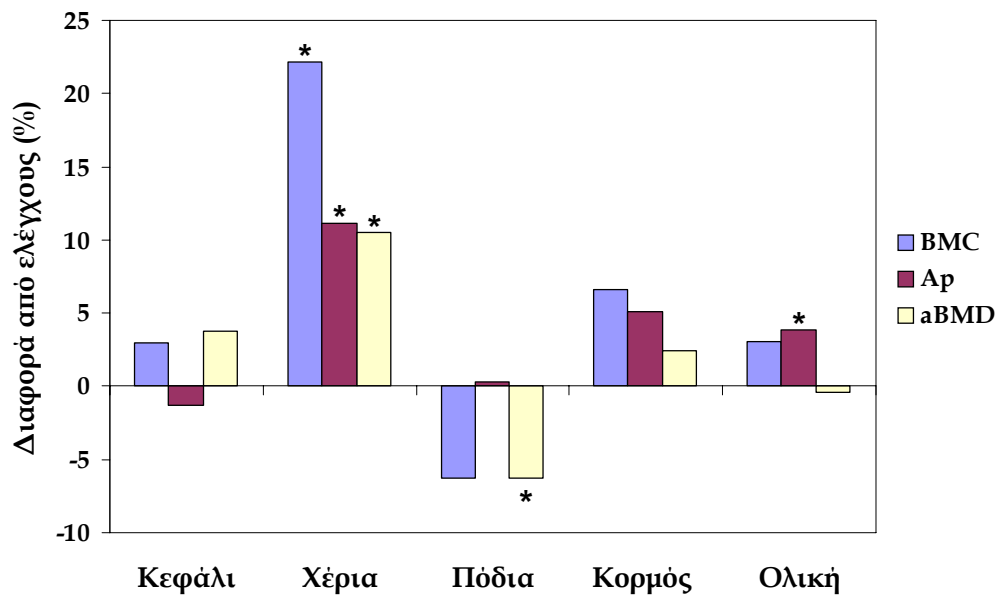
† $P < 0.05$ vs. HB.

Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ αθλητών και C στις οστικές παραμέτρους (BMC, Αρ και aBMD), μετά από διόρθωση για την επίδραση της ηλικίας, του βάρους και του ύψους, δίνονται σχηματικά στην Εικόνα 1. Είναι εμφανές ότι οι ΗΒ είχαν αυξημένη BMC (11.8–24.3%) και Αρ (5.2–11.7%) σε όλα τα επιμέρους τμήματα (πλην του κεφαλιού) και σε ολόκληρο το σώμα. Η αναλογικά μεγαλύτερη αύξηση της BMC σε σχέση με την Αρ στα πόδια (2.29 φορές), τον κορμό (2.08 φορές) και το σώμα (1.78 φορές) είχε ως αποτέλεσμα την παρουσία αυξημένης aBMD κατά 6.4–11.9%, με τη μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται στον κορμό. Ωστόσο, η αναλογικά μικρότερη αύξηση της BMC στα χέρια σε σχέση με την αντίστοιχη Αρ (1.70 φορές) εξάλειψε τη στατιστική σημαντικότητα από την κατά τα άλλα 6.6% υψηλότερη aBMD των ΗΒ ($P = 0.094$). Αντιθέτως, οι WP είχαν σημαντικά μεγαλύτερη BMC (22.2%), Αρ (11.1%) και aBMD (10.5%) στα χέρια. Επίσης, η τάση για χαμηλότερη BMC στα πόδια ($P = 0.094$), σε συνδυασμό με την παρόμοια Αρ, οδήγησαν σε σημαντικά μειωμένη aBMD σε σχέση με τους C (-6.3%). Τέλος, η αριθμητική υπεροχή των WP στην ολική BMC (3.0%) υπερκαλύφθηκε από μια σημαντική αύξηση στην αντίστοιχη Αρ (3.9%), με αποτέλεσμα η ολική aBMD μη διαφέρει από τους C (-0.4%).

Χειροσφαιριστές



Υδατοσφαιριστές



Εικόνα 1. Ποσοστιαίες διαφορές στην οστική μάζα (BMC), την προεκτεινόμενη επιφάνεια των οστών (Ap) και την επιφανειακή οστική ποκνότητα (aBMD) ανάμεσα στους αθλητές και την ομάδα ελέγχου, ύστερα από διόρθωση για ηλικία, βάρος και ύψος. *Δηλώνει ότι η διαφορά μεταξύ της συγκεκριμένης ομάδας αθλητών και των ελέγχων για τη συγκεκριμένη παράμετρο είναι στατιστικά σημαντική ($P < 0.05$).

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι οι HB δεν είχαν αυξημένη aBMD στα χέρια συγκριτικά με τους C, μετά τη διόρθωση για το υψηλότερο βάρος και ύψος τους (Πίνακας 3 και Εικόνα 1). Μάλιστα, η μεγαλύτερη επίδραση της χειροσφαίρισης εντοπίστηκε στον κορμό, υποδηλώνοντας ότι ίσως τελικά το άθλημα αυτό οδηγεί σε μια γενικευμένη αύξηση της οστικής μάζας ως αποτέλεσμα της μηχανικής φόρτισης ολόκληρου του σώματος, χωρίς εκλεκτική εντόπιση στα χέρια. Αντίθετα, οι WP είχαν αυξημένη aBMD στα οστά του χεριού αλλά μειωμένη σε αυτά του ποδιού, χωρίς όμως σημαντικές μεταβολές στον κορμό ή σε ολόκληρο το σώμα. Το φαινόμενο αυτό παραπέμπει σε μια εκλεκτική μετατόπιση οστικής μάζας από τα πόδια στα χέρια.

Ένας τρόπος για τη διερεύνηση της τοπικής επίδρασης που ενδεχομένως να έχει κάθε είδος άσκησης στα οστά είναι ο υπολογισμός του λόγου περιφερική aBMD προς ολική aBMD. Αυξημένος λόγος υποδεικνύει ότι το συγκεκριμένο τμήμα του σκελετού ευνοείται, ενώ μειωμένος λόγος υποδηλώνει το αντίθετο. Οι λόγοι αυτοί χρησιμεύουν ιδιαίτερα για τη σύγκριση της ίδιας ανατομικής θέσης μεταξύ διαφορετικών ατόμων ή ομάδων ατόμων. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι εκφράζοντας τις περιφερικές aBMD ως κλάσμα της ολικής, αυτομάτως εκλείπει έως ένα βαθμό η συγχυτική επίδραση όλων εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν την οστική πυκνότητα αλλά δεν έχουν ελεγχθεί (π.χ. σωματική διάπλαση, διατροφή, γενετικό υπόβαθρο). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Περιφερικοί λόγοι aBMD

	C	HB	WP
Κεφάλι	1.698 ± 0.026	1.469 ± 0.028*	1.661 ± 0.021†
Χέρια	0.832 ± 0.013	0.847 ± 0.014	0.946 ± 0.010*†
Πόδια	1.142 ± 0.008	1.153 ± 0.009	1.085 ± 0.007*†
Κορμός	0.799 ± 0.006	0.849 ± 0.006*	0.831 ± 0.005*†
Σπονδυλική στήλη	0.947 ± 0.020	1.070 ± 0.021*	0.969 ± 0.016†

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία. Οι λόγοι έχουν προέλθει από τη διαίρεση της κάθε επιμέρους aBMD με την ολική.

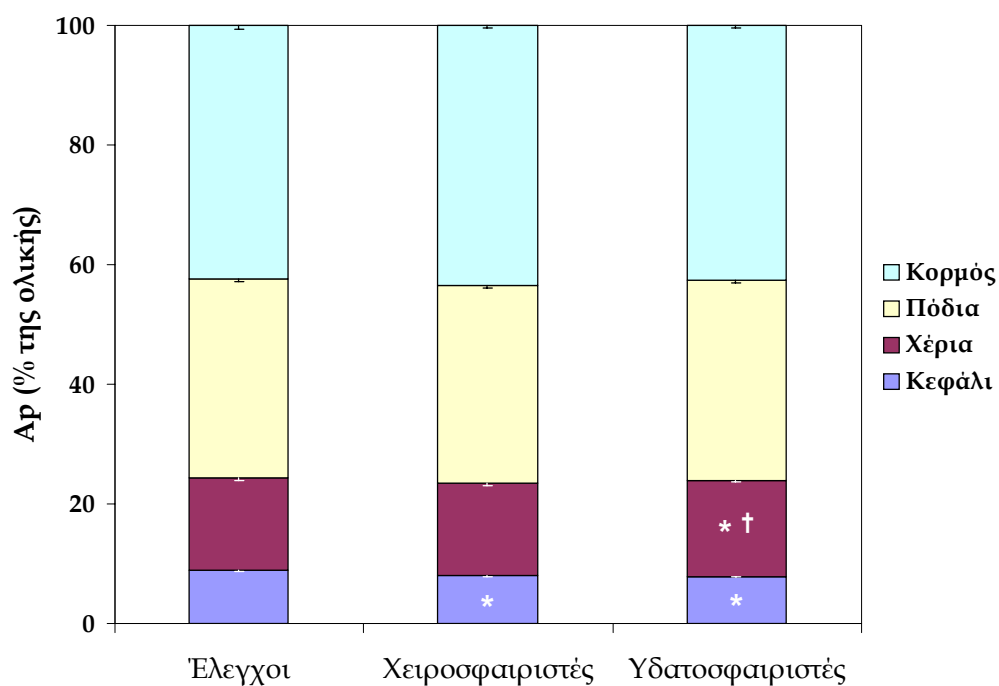
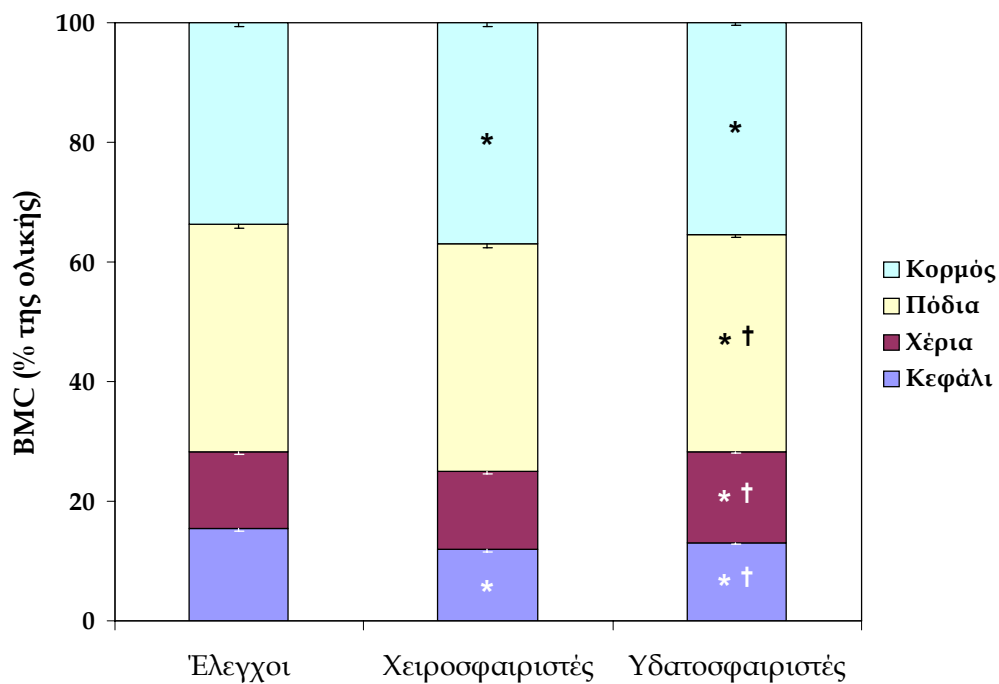
*P < 0.05 vs. C.

†P < 0.05 vs. HB.

Όπως προκύπτει, οι HB είχαν υψηλότερους λόγους από τους C στον κορμό (συμπεριλαμβανομένης της σπονδυλικής στήλης) και μειωμένο λόγο στο κεφάλι (P < 0.05). Ωστόσο, δε διέφεραν στα χέρια και τα πόδια. Αντίθετα, οι WP είχαν αυξημένο

λόγο στα χέρια και μειωμένο λόγο στα πόδια σε σχέση τόσο με τους C όσο και με τους HB (σε $P < 0.001$). Παράλληλα, είχαν υψηλότερο λόγο στον κορμό από τους C και χαμηλότερο από τους HB (σε $P = 0.023$), αλλά δε διέφεραν από τους C στη σπονδυλική στήλη. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής συνηγορούν στο ότι η χειροσφαίριση δεν προκαλεί εκλεκτική φόρτιση των οστών του χεριού, αλλά έχει μια γενικευμένη θετική επίδραση σε ολόκληρο το σώμα και ιδιαίτερα στον κορμό και τη σπονδυλική στήλη. Αντίθετα, η υδατοσφαίριση φαίνεται ότι ευνοεί τα άνω άκρα, αλλά αυτό γίνεται εις βάρος των κάτω άκρων.

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η κατανομή της ολικής BMC στα επιμέρους ανατομικά τμήματα του σώματος, όπως επίσης και η συνεισφορά των τελευταίων στην ολική A_p (Εικόνα 2). Οι αθλητές είχαν μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής τους BMC εντοπισμένο στον κορμό από ότι οι C ($HB = WP > C$ σε $P = 0.039$), με τη διαφορά μεταξύ HB και WP να φτάνει τα όρια στατιστικής σημαντικότητας ($P = 0.056$). Αντίθετα, η BMC του κρανίου αντιστοιχούσε σε μικρότερο ποσοστό ($C > WP > HB$ σε $P = 0.027$). Επιπλέον, οι WP είχαν υψηλότερο ποσοστό της ολικής τους BMC στα χέρια από ότι οι HB και οι C (15.2 ± 0.3 , 13.0 ± 0.3 και $12.8 \pm 0.3\%$, αντίστοιχα, με $WP > HB = C$ σε $P < 0.001$), ενώ παράλληλα, είχαν χαμηλότερο ποσοστό στα πόδια (36.3 ± 0.5 , 38.2 ± 0.7 και $38.0 \pm 0.6\%$, αντίστοιχα, με $WP < HB = C$ σε $P = 0.030$). Οι διαφορές στην ποσοστιαία συμμετοχή των επιμέρους τμημάτων του σώματος στην ολική A_p ήταν λιγοστές. Τα οστά του κρανίου καταλάμβαναν μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής A_p στους C από ότι στους HB και τους WP (9.0 ± 0.2 , 8.1 ± 0.2 και $7.9 \pm 0.1\%$, αντίστοιχα, με $C > HB = WP$ σε $P < 0.001$), ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε για την A_p των χεριών στους WP σε σχέση με τους HB και τους C (16.1 ± 0.2 , 15.3 ± 0.3 και $15.3 \pm 0.3\%$, αντίστοιχα, με $WP > HB = C$ σε $P = 0.043$). Δε βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων όσον αφορά στην ποσοστιαία συμμετοχή των ποδιών ($P = 0.932$) και του κορμού ($P = 0.319$) στην ολική A_p του σώματος.



Εικόνα 2. Η ποσοστιαία κατανομή της ολικής οστικής μάζας (BMC) και προεκτεινόμενης οστικής επιφάνειας (Ap) στα επιμέρους τμήματα του σώματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους \pm τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία. *P < 0.05 vs. ομάδα ελέγχου και †P < 0.05 vs. χειροσφαιριστές.

Συμπεράσματα

Είναι προφανές ότι τα αθλήματα της χειροσφαίρισης και της υδατοσφαίρισης οδηγούν σε εντελώς διαφορετικές προσαρμογές στις διαστάσεις, τη μάζα και την πυκνότητα των οστών. Η χειροσφαίριση φαίνεται ότι έχει ευεργετική επίδραση σε όλα τα τμήματα του σκελετού, προκαλώντας αύξηση τόσο της μάζας (BMC) όσο και των φαινομενικών διαστάσεων (Ap) των οστών, σε τέτοια όμως αναλογία που να αυξάνεται και η επιφανειακή τους πυκνότητα (aBMD). Δεν υπήρχαν ενδείξεις για εκλεκτική φόρτιση των άνω άκρων σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα. Αντίθετα, η υδατοσφαίριση δεν προκάλεσε σημαντικές μεταβολές στην οστική πυκνότητα ολόκληρου του σώματος ή του κορμού (0.5-1.5%), ως αποτέλεσμα μικρών και μη σημαντικών αυξήσεων τόσο στη BMC όσο και στην Ap (3.0-6-5%). Ωστόσο, οδήγησε σε σημαντικά υψηλότερη BMC, Ap και aBMD στα χέρια. Αυτό, όμως, φαίνεται ότι συνέβη σε βάρος της μάζας και της πυκνότητας των οστών των κάτω άκρων.

ΜΕΛΕΤΗ 2

Η επίδραση του φύλου στην απόκριση των οστών σε διαφορετικής μορφής άσκηση σε υδάτινο περιβάλλον

Σκοπός

Η μελέτη της επίδρασης της υδατοσφαίρισης και της κολύμβησης στα οστά του σκελετού ανδρών και γυναικών.

Δείγμα

Συμμετείχαν συνολικά 99 εθελοντές (52 άνδρες και 47 γυναίκες), ηλικίας 17-34 ετών (Πίνακας 1). Από αυτούς, 26 ήταν κολυμβητές (swimming, SW), 43 ήταν υδατοσφαιριστές (water polo, WP) και 30 ήταν μη αθλητές που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου (control, C). Όλες οι γυναίκες ήταν ευμμηνορροϊκές.

Πίνακας 1. Σύσταση του δείγματος κατά είδος άσκησης και φύλο

	C	SW	WP	Σύνολο
Ανδρες	15	16	21	52
Γυναίκες	15	10	22	47
Σύνολο	30	26	43	99

Στατιστική ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση της διακύμανσης (two-way ANOVA με σχεδιασμό 2×3) με αλληλεπίδραση, θέτοντας το φύλο (άνδρες/γυναίκες) και την ομάδα (C/SW/WP) ως κύριους παράγοντες. Για την post hoc σύγκριση των μέσων, εφαρμόστηκε ο έλεγχος του Tukey. Σε περίπτωση αλληλεπίδρασης, όταν δηλαδή οι διαφορές μεταξύ των ομάδων και δεν ήταν ίδιες και για τα δύο φύλα (ή αντίστροφα, όταν οι διαφορές μεταξύ των φύλων δεν ήταν ίδιες και για τις 3 ομάδες), έγινε περαιτέρω ανάλυση μέσα σε κάθε φύλο (μεταξύ των ομάδων) ή σε μέσα σε κάθε ομάδα (μεταξύ των φύλων) ξεχωριστά. Στην πρώτη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε απλή ανάλυση της διακύμανσης (one-way ANOVA) και ο post hoc έλεγχος του Tukey για πολλαπλές συγκρίσεις, ενώ στη δεύτερη εφαρμόστηκε το ανεξάρτητο t τεστ του Student. Διόρθωση για την επίδραση άλλων μεταβλητών (π.χ. ηλικία, βάρος, ύψος) έγινε με πολλαπλή ανάλυση της συνδιακύμανσης (MANCOVA).

Αποτελέσματα

Τα βασικά χαρακτηριστικά των εθελοντών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Η ηλικία ήταν και η μοναδική παράμετρος για την οποία εντοπίστηκε αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ομάδας ($P = 0.048$). Περαιτέρω ανάλυση έδειξε ότι ενώ η επίδραση του φύλου δεν ήταν σημαντική σε καμία περίπτωση ($P = 0.248$), η επίδραση της ομάδας ήταν ($P < 0.001$), γεγονός που οφειλόταν στο ότι οι γυναίκες SW ήταν νεότερες από τις C ($P = 0.03$), ενώ οι άνδρες WP ήταν γηραιότεροι από τους C και SW (σε $P = 0.05$). Όσον αφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τη σύσταση του σώματος, δεν υπήρξε καμία περίπτωση αλληλεπίδρασης ($P = 0.840$ για το ύψος, $P = 0.107$ για το βάρος, $P = 0.133$ για το BMI, $P = 0.346$ για το ποσοστό λίπους, $P = 0.788$ για τη λιπώδη μάζα και $P = 0.071$ για την ισχνή μάζα). Η κύρια επίδραση του φύλου ήταν σημαντική σε όλες αυτές τις παραμέτρους σε $P < 0.001$. Συνοπτικά, οι άνδρες ήταν ψηλότεροι, βαρύτεροι και είχαν μεγαλύτερες τιμές BMI από τις γυναίκες. Επίσης, είχαν περισσότερη ισχνή μάζα, αλλά λιγότερη λιπώδη μάζα και μικρότερο ποσοστό λίπους στο σώμα. Αυτές οι διαφορές μεταξύ των φύλων ίσχυαν για όλες τις ομάδες (C, SW και WP).

Παράλληλα, σημαντική σε όλες αυτές τις παραμέτρους σε $P < 0.001$ ήταν και η κύρια επίδραση του είδους της άσκησης, η οποία προφανώς ήταν κοινή και για τα δύο φύλα. Έτσι λοιπόν, οι SW και οι WP ήταν ψηλότεροι από τους C (σε $P < 0.001$), ενώ οι WP ήταν βαρύτεροι από τους SW και αυτοί με τη σειρά τους ήταν βαρύτεροι από τους C (σε $P = 0.035$). Ως αποτέλεσμα, οι WP είχαν μεγαλύτερες τιμές BMI από τις δύο άλλες ομάδες (σε $P < 0.001$). Το ποσοστό λίπος δε διέφερε μεταξύ C και WP ($P = 0.068$) και ήταν από κοινού υψηλότερο από αυτό στους SW (σε $P < 0.001$). Παρόμοιο ήταν το αποτέλεσμα για τη λιπώδη μάζα (SW < C = WP σε $P = 0.001$), ενώ τέλος, οι WP και οι SW είχαν περισσότερη ισχνή μάζα από τους C (σε $P < 0.001$).

Λόγω των επιμέρους διαφορών στην ηλικία, τα αποτελέσματα των αναλύσεων για την επιφανειακή οστική πυκνότητα (aBMD) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 διορθωμένα ως προς αυτήν την παράμετρο. Η επίδραση του φύλου ήταν εμφανής σε όλες τις περιοχές σε $P < 0.001$, εκτός όμως από τη σπονδυλική στήλη ($P = 0.088$). Οι άνδρες είχαν υψηλότερη aBMD από τις γυναίκες σε όλες τις περιπτώσεις (χέρια, πόδια, κορμός, πλευρές, λεκάνη, ολόκληρο το σώμα), ωστόσο, το αντίθετο συνέβαινε στο κεφάλι. Οι φυλετικές αυτές διαφορές ήταν κοινές για όλες τις ομάδες.

Πίνακας 2. Ηλικία, ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος

	Ανδρες			Γυναίκες		
	C	SW	WP	C	SW	WP
Ηλικία (έτη) [†]	22.0 ± 3.3 ^a	20.3 ± 2.2 ^a	24.6 ± 3.6 ^b	22.9 ± 2.2 ^a	19.8 ± 2.4 ^b	22.0 ± 3.4 ^{a,b}
Ύψος (cm)*	177.8 ± 6.1 ^a	186.6 ± 6.4 ^b	185.3 ± 4.4 ^b	164.2 ± 5.0 ^a	171.2 ± 5.6 ^b	170.8 ± 5.7 ^b
Βάρος (kg)*	74.4 ± 9.3 ^a	80.3 ± 9.6 ^b	90.1 ± 6.6 ^c	58.2 ± 4.9 ^a	62.5 ± 5.4 ^b	66.8 ± 7.5 ^c
BMI (kg/m ²)*	23.49 ± 2.10 ^a	23.01 ± 1.79 ^a	26.26 ± 1.93 ^b	21.58 ± 1.44 ^a	21.30 ± 1.31 ^a	22.88 ± 2.22 ^b
Ποσοστό λίπους (%)*	17.8 ± 6.0 ^a	11.8 ± 2.8 ^b	16.6 ± 4.6 ^a	30.1 ± 4.5 ^a	20.7 ± 5.0 ^b	25.9 ± 5.4 ^a
Λιπώδης μάζα (kg)*	13.6 ± 6.0 ^a	9.6 ± 2.7 ^b	15.0 ± 4.6 ^a	17.6 ± 3.5 ^a	12.9 ± 3.5 ^b	17.5 ± 5.4 ^a
Ισχή μάζα (kg)*	57.4 ± 4.7 ^a	67.1 ± 7.7 ^b	70.8 ± 5.0 ^b	38.1 ± 3.3 ^a	46.5 ± 4.7 ^b	46.2 ± 4.0 ^b

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικές αποκλίσεις (SD).

[†]Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ομάδας ήταν στατιστικά σημαντική ($P < 0.05$).

*Στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου ($P < 0.05$ για άνδρες vs. γυναίκες της ίδιας ομάδας).

^{a,b,c}Οι ομάδες του ίδιου φύλου που δεν έχουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε $P < 0.05$.

Πίνακας 3. Περιφερική και ολική aBMD (g/cm²)

	Άνδρες			Γυναίκες		
	C	SW	WP	C	SW	WP
Κεφάλι*	2.213 ± 0.037 ^a	2.058 ± 0.037 ^b	2.252 ± 0.033 ^a	2.321 ± 0.037 ^a	2.202 ± 0.047 ^b	2.301 ± 0.030 ^a
Χέρια†	1.082 ± 0.026 ^{a*}	1.096 ± 0.027 ^{a*}	1.271 ± 0.023 ^{b*}	0.902 ± 0.017 ^a	1.004 ± 0.021 ^b	1.056 ± 0.013 ^c
Πόδια*	1.471 ± 0.024 ^a	1.373 ± 0.024 ^b	1.464 ± 0.022 ^a	1.232 ± 0.024 ^a	1.185 ± 0.031 ^b	1.243 ± 0.020 ^a
Κορμός*	1.037 ± 0.017 ^a	1.041 ± 0.017 ^a	1.126 ± 0.015 ^b	0.945 ± 0.017 ^a	0.983 ± 0.021 ^a	1.034 ± 0.014 ^b
Πλευρές*	0.803 ± 0.013 ^a	0.819 ± 0.013 ^b	0.917 ± 0.012 ^c	0.707 ± 0.013 ^a	0.755 ± 0.016 ^b	0.814 ± 0.011 ^c
Λεκάνη*	1.251 ± 0.025 ^a	1.254 ± 0.024 ^a	1.345 ± 0.022 ^b	1.126 ± 0.025 ^a	1.171 ± 0.031 ^a	1.192 ± 0.020 ^b
Σπονδυλική στήλη	1.229 ± 0.028 ^a	1.241 ± 0.028 ^a	1.309 ± 0.026 ^b	1.172 ± 0.028 ^a	1.212 ± 0.036 ^a	1.276 ± 0.023 ^b
Ολική*	1.295 ± 0.017 ^a	1.238 ± 0.017 ^a	1.353 ± 0.015 ^b	1.170 ± 0.017 ^a	1.167 ± 0.022 ^a	1.217 ± 0.014 ^b

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία.

†Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ομάδας ήταν στατιστικά σημαντική ($P < 0.05$).

*Στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου ($P < 0.05$ για άνδρες vs. γυναίκες της ίδιας ομάδας).

^{a,b,c}Οι ομάδες του ίδιου φύλου που δεν έχουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε $P < 0.05$.

Η κύρια επίδραση της ομάδας ήταν σημαντική σε όλα τα τμήματα του σκελετού. Οι SW είχαν μικρότερη aBMD στο κεφάλι από ότι οι C και οι WP (σε $P = 0.001$). Η μόνη περίπτωση αλληλεπίδρασης μεταξύ ομάδας και φύλου εμφανίστηκε στα χέρια ($P = 0.002$). Ενώ η επίδραση του φύλου ήταν κοινή για όλες τις ομάδες (άνδρες > γυναίκες σε C, SW και WP σε $P < 0.001$, 0.031 και < 0.001 , αντίστοιχα), οι διαφορές μεταξύ των ομάδων δεν ήταν ίδιες και στα δύο φύλα. Στους άνδρες, οι WP είχαν υψηλότερη aBMD στα οστά των άνω άκρων από τους C και τους SW (σε $P < 0.001$), ενώ στις γυναίκες, η σειρά που προέκυψε ήταν $WP > SW > C$ (σε $P = 0.046$). Δεν εντοπίστηκαν άλλες περιπτώσεις αλληλεπίδρασης ($P = 0.621$ στα πόδια, $P = 0.529$ στον κορμό, $P = 0.309$ στις πλευρές, $P = 0.349$ στη λεκάνη, $P = 0.866$ στη σπονδυλική στήλη και $P = 0.146$ σε ολόκληρο το σώμα). Έτσι, λοιπόν, οι SW είχαν χαμηλότερη aBMD στα πόδια (σε $P = 0.008$) και οι WP είχαν υψηλότερη aBMD στον κορμό (σε $P < 0.001$) και από τις δύο άλλες ομάδες. Η aBMD στις πλευρές ακολουθούσε τη σειρά $WP > SW > C$ (σε $P = 0.030$). Τέλος, οι WP είχαν υψηλότερες τιμές στη λεκάνη, τη σπονδυλική στήλη, και το σύνολο του σκελετού, τόσο από τους C όσο και από τους SW (σε $P = 0.036$, 0.031 και 0.001 , αντίστοιχα). Οι τελευταίοι δε διέφεραν μεταξύ τους.

Για να διαπιστωθεί αν και κατά πόσο οι διαφορές μεταξύ των φύλων αλλά και μεταξύ των ομάδων οφείλονται στις διαφορετικές σωματικές διαστάσεις των συμμετεχόντων (π.χ. άνδρες > γυναίκες, $WP > C$), η ανάλυση επαναλήφθηκε, διορθώνοντας αυτήν την φορά όχι μόνο για την ηλικία, αλλά και για το βάρος και το ύψος (Πίνακας 4). Είναι χαρακτηριστικό ότι, η επίδραση του φύλου σχεδόν εξαφανίστηκε μετά από αυτή τη διαδικασία, ενώ παρέμεινε στατιστικά σημαντική μόνο για την aBMD των ποδιών ($P = 0.001$), με τους άνδρες να υπερτερούν των γυναικών. Στις υπόλοιπες περιοχές του σκελετού, όμως, δεν υπήρχαν πια φυλετικές διαφορές, αν και διαφάνηκαν ορισμένες τάσεις, με τις γυναίκες να τείνουν να έχουν υψηλότερη aBMD στο κεφάλι ($P = 0.068$) αλλά και τη σπονδυλική στήλη ($P = 0.071$), ενώ τους άνδρες να τείνουν να έχουν υψηλότερη ολική aBMD ($P = 0.067$). Η μοναδική περίπτωση αλληλεπίδρασης εμφανίστηκε και πάλι στα χέρια ($P = 0.005$). Οι άνδρες και οι γυναίκες κάθε ομάδας δε διέφεραν σημαντικά (μόνο στους WP υπήρχε μια τάση για άνδρες > γυναίκες σε $P = 0.061$), ωστόσο, η επίδραση της ομάδας διέφερε στα δύο φύλα. Έτσι λοιπόν, μεταξύ των ανδρών, οι WP υπερείχαν τόσο των C όσο και των SW (σε $P = 0.005$), ενώ στις γυναίκες, οι δύο ομάδες αθλητριών είχαν από κοινού υψηλότερες τιμές από τις C ($P = 0.002$).

Πίνακας 4. Περιφερική και ολική aBMD (g/cm²)

	Άνδρες			Γυναίκες		
	C	SW	WP	C	SW	WP
Κεφάλι	2.214 ± 0.037 ^a	2.065 ± 0.046 ^b	2.249 ± 0.047 ^a	2.318 ± 0.052 ^a	2.204 ± 0.052 ^b	2.299 ± 0.035 ^a
Χέρια†	1.118 ± 0.028 ^a	1.107 ± 0.027 ^a	1.237 ± 0.024 ^b	0.915 ± 0.018 ^a	1.013 ± 0.021 ^b	1.044 ± 0.014 ^b
Πόδια*	1.465 ± 0.022 ^a	1.334 ± 0.028 ^b	1.375 ± 0.028 ^b	1.314 ± 0.031 ^a	1.242 ± 0.031 ^b	1.279 ± 0.021 ^b
Κορμός	1.033 ± 0.015 ^a	1.012 ± 0.019 ^a	1.059 ± 0.019 ^b	1.007 ± 0.021 ^a	1.026 ± 0.021 ^a	1.060 ± 0.014 ^b
Πλευρές	0.800 ± 0.011 ^a	0.799 ± 0.014 ^a	0.859 ± 0.014 ^b	0.757 ± 0.016 ^a	0.792 ± 0.016 ^a	0.835 ± 0.010 ^b
Λεκάνη	1.247 ± 0.023	1.228 ± 0.028	1.260 ± 0.029	1.197 ± 0.031	1.227 ± 0.031	1.222 ± 0.021
Σπονδυλική στήλη	1.222 ± 0.027	1.186 ± 0.033	1.226 ± 0.034	1.261 ± 0.037	1.264 ± 0.037	1.316 ± 0.025
Ολική	1.291 ± 0.016 ^a	1.215 ± 0.019 ^b	1.290 ± 0.020 ^a	1.225 ± 0.022 ^a	1.208 ± 0.022 ^b	1.241 ± 0.015 ^a

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία, το βάρος και το ύψος.

†Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ομάδας ήταν στατιστικά σημαντική (P < 0.05).

*Στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου (P < 0.05 για άνδρες vs. γυναίκες της ίδιας ομάδας).

^{a,b,c}Οι ομάδες του ίδιου φύλου που δεν έχουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε P < 0.05.

Οι SW εξακολουθούσαν να έχουν χαμηλότερη aBMD στο κεφάλι σε σχέση με τους C και τους WP (σε $P = 0.006$), ενώ και οι δύο ομάδες αθλητών είχαν πια μειωμένη aBMD στα πόδια συγκριτικά με τους C (σε $P = 0.015$). Η υπεροχή των WP στον κορμό έναντι των C και των SW παρέμεινε στατιστικά σημαντική (σε $P = 0.023$), ενώ παρόμοιο ήταν και το αποτέλεσμα για τις πλευρές (σε $P < 0.001$). Δεν υπήρχε καμία επίδραση της άσκησης στην aBMD της λεκάνης ($P = 0.743$) και της σπονδυλικής στήλης ($P = 0.334$). Υπήρχαν, όμως, διαφορές σε επίπεδο ολόκληρου του σώματος ($P = 0.011$), με τους WP και τους C να έχουν ίση και υψηλότερη ολική aBMD σε σχέση με τους SW (σε $P = 0.018$).

Για να διερευνηθεί η συνεισφορά των αλλαγών στο μέγεθος και τη μάζα των οστών στις παρατηρούμενες διαφορές στην aBMD, μελετήθηκαν ακόμα οι επιδράσεις του φύλου και της ομάδας στην περιφερική και ολική BMC και A_p , μετά τις κατάλληλες διορθώσεις για την ηλικία, το βάρος και το ύψος (Πίνακας 5). Δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών στη BMC του κρανίου ($P = 0.923$), ούτε και αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ομάδας ($P = 0.643$), αλλά οι SW είχαν χαμηλότερες τιμές από τους WP και τους C (σε $P = 0.047$). Αλληλεπίδραση, ωστόσο, εντοπίστηκε για τα άνω ($P = 0.001$) και τα κάτω ($P = 0.029$) άκρα. Στα χέρια, αυτό οφειλόταν τόσο σε διαφορετική επίδραση του φύλου μέσα σε κάθε ομάδα όσο και σε διαφορετική επίδραση της ομάδας μέσα σε κάθε φύλο. Πιο συγκεκριμένα, τα δυο φύλα δε διέφεραν στη BMC των χεριών στους C ($P = 0.091$), ενώ οι άνδρες υπερτερούσαν των γυναικών στους SW ($P = 0.028$) και τους WP ($P = 0.002$). Από την άλλη, μεταξύ των ανδρών, οι WP είχαν μεγαλύτερες τιμές από τους SW και τους C (σε $P < 0.001$), ενώ μεταξύ των γυναικών, και οι δύο ομάδες αθλητριών είχαν υψηλότερη BMC σε σχέση με τις C (σε $P = 0.006$). Στα κάτω άκρα, όμως, δεν υπήρχε καμία επίδραση του φύλου ($P = 0.104, 0.435$ και 0.171 στους C, SW και WP, αντίστοιχα). Επίσης, οι 3 ομάδες δε διέφεραν μεταξύ τους στις γυναίκες ($P = 0.633$), αλλά διέφεραν στους άνδρες ($P = 0.004$), με τους SW να έχουν χαμηλότερες τιμές τόσο από τους WP όσο και από τους C (σε $P = 0.050$). Δεν εντοπίστηκαν αλληλεπιδράσεις μεταξύ φύλου και ομάδας για τη BMC στον κορμό ($P = 0.750$) και το σύνολο του σκελετού ($P = 0.328$). Στις δύο αυτές περιπτώσεις, οι άνδρες και οι γυναίκες δε διέφεραν μεταξύ τους ($P = 0.799$ και 0.073 για τον κορμό και το σύνολο, αντίστοιχα). Ωστόσο, οι WP είχαν υψηλότερη BMC στον κορμό μόνο από τους C ($P = 0.007$), και σε ολόκληρο το σώμα μόνο από τους SW ($P = 0.006$), αλλά όχι από τους C ($P = 0.052$).

Πίνακας 5. Περιφερική και ολική BMC (g) και Ap (cm²)

	Ανδρες			Γυναίκες		
	C	SW	WP	C	SW	WP
BMC (g)						
Κεφάλι	514 ± 11 ^a	482 ± 14 ^b	517 ± 14 ^a	521 ± 15 ^a	489 ± 15 ^b	507 ± 10 ^a
Χέρια†	476 ± 14 ^a	487 ± 14 ^{a*}	573 ± 13 ^{b*}	307 ± 9 ^a	348 ± 11 ^b	362 ± 7 ^b
Πόδια†	1409 ± 35 ^a	1233 ± 34 ^b	1334 ± 30 ^a	925 ± 17	919 ± 14	899 ± 21
Κορμός	1114 ± 30 ^a	1162 ± 37 ^{a,b}	1193 ± 38 ^b	1120 ± 41 ^a	1153 ± 41 ^{a,b}	1228 ± 28 ^b
Ολική	3291 ± 55 ^{a,b}	3164 ± 68 ^a	3426 ± 70 ^b	3114 ± 76 ^{a,b}	3121 ± 76 ^a	3225 ± 51 ^b
Ap (cm²)						
Κεφάλι	232 ± 4	234 ± 4	230 ± 4	225 ± 5	222 ± 5	221 ± 3
Χέρια*	389 ± 6 ^a	411 ± 7 ^b	427 ± 8 ^b	370 ± 8 ^a	377 ± 8 ^b	380 ± 6 ^b
Πόδια†	922 ± 15	893 ± 15	931 ± 14	740 ± 10	759 ± 12	751 ± 8
Κορμός	1075 ± 18 ^a	1145 ± 23 ^b	1114 ± 23 ^b	1093 ± 26 ^a	1115 ± 26 ^b	1155 ± 17 ^b
Ολική	2543 ± 23 ^a	2601 ± 28 ^{a,b}	2627 ± 29 ^b	2513 ± 31 ^a	2562 ± 31 ^{a,b}	2592 ± 21 ^b

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία, το βάρος και το ύψος.

†Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ομάδας ήταν στατιστικά σημαντική ($P < 0.05$).

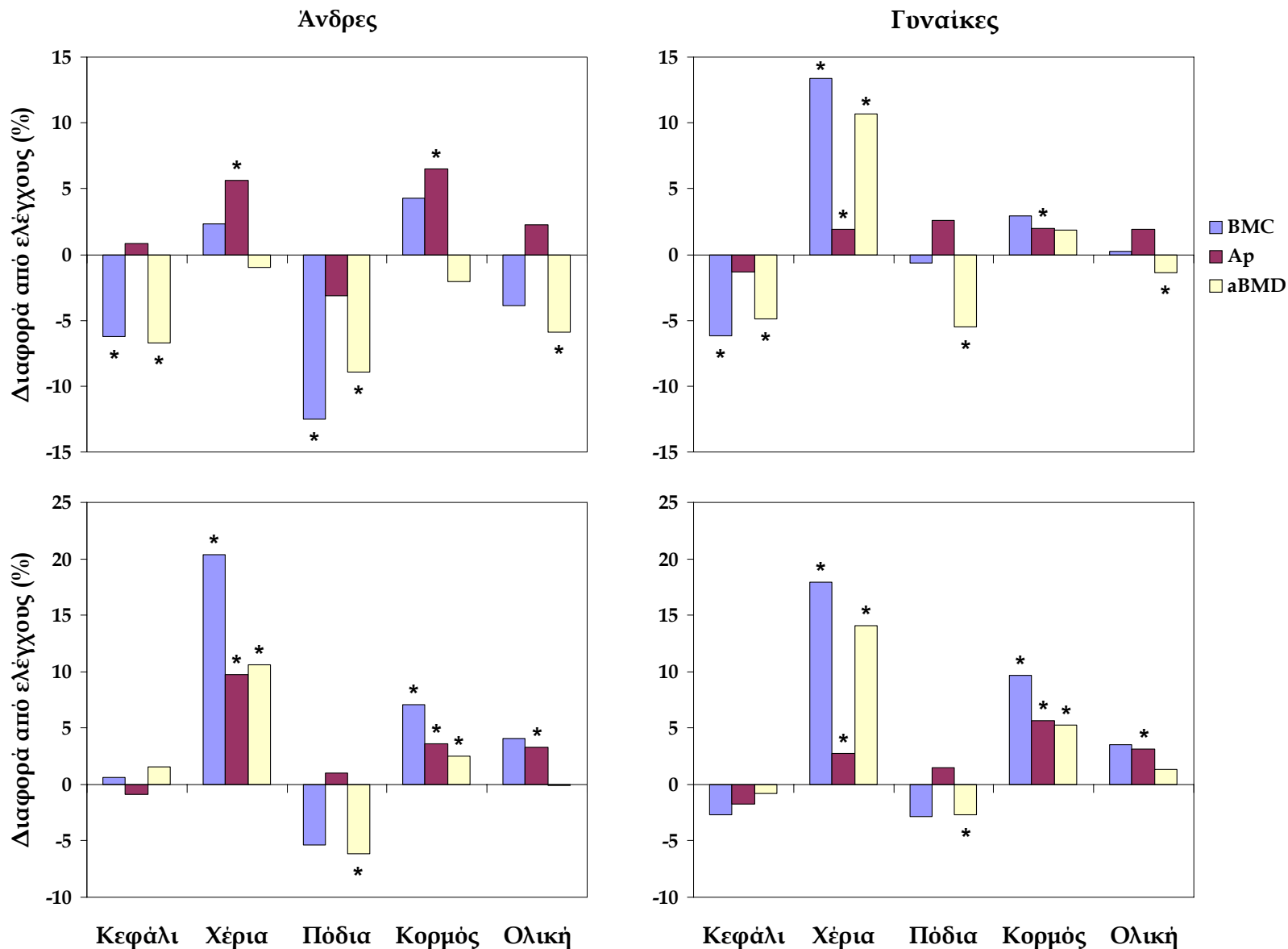
*Στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου ($P < 0.05$ για άνδρες vs. γυναίκες της ίδιας ομάδας).

^{a,b}Οι ομάδες του ίδιου φύλου που δεν έχουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε $P < 0.05$.

Όσον αφορά στην A_p του κρανίου, δε διαπιστώθηκε καμία διαφορά μεταξύ των φύλων ($P = 0.055$) ή των ομάδων ($P = 0.700$), ούτε και αλληλεπίδραση μεταξύ τους ($P = 0.817$). Η μοναδική περίπτωση όπου παρατηρήθηκαν φυλετικές διαφορές ήταν τα άνω άκρα ($P < 0.001$), με τους άνδρες να έχουν μεγαλύτερη A_p από τις γυναίκες σε όλες τις ομάδες ($P = 0.059$ για αλληλεπίδραση). Παράλληλα, και στα 2 φύλα, οι δύο ομάδες αθλητών είχαν υψηλότερες τιμές από τους C (σε $P = 0.049$). Αντίθετα, στα κάτω άκρα, η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ομάδας ήταν στατιστικά σημαντική ($P = 0.024$). Σε καμία ομάδα, όμως, δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών ($P = 0.635, 0.837, 0.726$ στους C, SW και WP, αντίστοιχα). Επίσης, δεν υπήρχαν διαφορές ούτε μεταξύ των ομάδων ($P = 0.214$ και 0.538 στους άνδρες και τις γυναίκες, αντίστοιχα). Η στατιστική σημαντικότητα της αλληλεπίδρασης οφειλόταν, τελικά, σε διαφορετική συνεισφορά του ύψους στο συνολικό μοντέλο της MANCOVA (στατιστικά σημαντική στις γυναίκες αλλά όχι στους άνδρες, και στους C και WP αλλά όχι στους SW). Όσον αφορά στην A_p του κορμού και αυτήν ολόκληρου του σκελετού, δεν παρουσιάστηκε καμία διαφορά μεταξύ των φύλων ($P = 0.716$ και 0.286 , αντίστοιχα) ούτε και αλληλεπίδραση ($P = 0.164$ και 0.980 , αντίστοιχα). Έτσι λοιπόν, και στα δύο φύλα, οι δύο ομάδες αθλητών είχαν μεγαλύτερες τιμές στον κορμό από ότι οι C (σε $P = 0.046$), ενώ μόνο οι WP είχαν υψηλότερη ολική A_p από τους C ($P = 0.002$), αλλά οι SW και οι C δε διέφεραν ($P = 0.060$).

Στην Εικόνα 1 δίνονται γραφικά οι ποσοστιαίες διαφορές στις οστικές παραμέτρους (BMC, A_p , και aBMD) μεταξύ κάθε ομάδας αθλητών ανδρών και γυναικών και της αντίστοιχης ομάδας ελέγχου. Όπως φαίνεται, η υδατοσφαίριση οδηγεί σε μια μετατόπιση οστικής μάζας και πυκνότητας από τα κάτω στα άνω άκρα και στον κορμό, τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες, ενώ σε επίπεδο σκελετού δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές, παρά μόνο ελαφρά αυξητικές τάσεις. Αντίθετα, η κολύμβηση προκαλεί μείωση της μάζας και της πυκνότητας των οστών του κρανίου, και μείωση στην ολική οστική πυκνότητα και στα δύο φύλα. Ωστόσο, στους άνδρες, αυτό φαίνεται να οφείλεται σε αύξηση της ολικής επιφάνειας των οστών αλλά και σε μείωση της ολικής οστικής μάζας, ενώ στις γυναίκες, η δεύτερη επίδραση δεν είναι ορατή.

Κολυμβητές



Εικόνα 1. Ποσοστιαίες διαφορές στην οστική μάζα (BMC), την προεκτεινόμενη επιφάνεια των οστών (Ap) και την επιφανειακή οστική πυκνότητα (aBMD) ανάμεσα στους αθλητές και την αντίστοιχη ομάδα ελέγχου για άνδρες και γυναίκες, ύστερα από διόρθωση για ηλικία, βάρος και ύψος. *Δηλώνει ότι η διαφορά μεταξύ της συγκεκριμένης ομάδας αθλητών και των ελέγχων για τη συγκεκριμένη παράμετρο είναι στατιστικά σημαντική ($P < 0.05$).

Παράλληλα, ενώ η κολύμβηση δεν επιφέρει σημαντικές μεταβολές στα οστά των άνω άκρων των ανδρών, στις γυναίκες φαίνεται ότι προκαλεί αύξηση κυρίως της οστικής μάζας και λιγότερο της οστικής επιφάνειας, με αποτέλεσμα μια σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα των χεριών. Αντίθετα, οι μεταβολές στα πόδια είναι πιο έντονες στους άνδρες, αν και οι κολυμβητές και των δύο φύλων είχαν μειωμένη οστική πυκνότητα σε σχέση με τους ελέγχους. Οι επιδράσεις στον κορμό είναι μικρότερου βαθμού.

Συμπεράσματα

Τα δεδομένα αυτά συνηγορούν στο γεγονός ότι η υδατοσφαίριση και η κολύμβηση είναι δύο αθλήματα του υγρού στίβου με εντελώς διαφορετική επίδραση στις διάφορες οστικές παραμέτρους, τόσο σε επίπεδο σώματος όσο και στα επιμέρους ανατομικά τμήματα. Είναι χαρακτηριστικό ότι, σε σχέση με τους κολυμβητές, οι υδατοσφαιριστές είχαν υψηλότερη οστική πυκνότητα στο κεφάλι, τον κορμό, τις πλευρές και στο σύνολο του σκελετού. Δε διέφεραν, όμως, στα πόδια, τη σπονδυλική στήλη και τη λεκάνη. Επίσης, ενώ οι άνδρες υδατοσφαιριστές είχαν υψηλότερη οστική πυκνότητα στα χέρια από τους κολυμβητές, οι υδατοσφαιρίστριες και οι κολυμβήτριες δε διέφεραν σε αυτή τη θέση. Το δεύτερο συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί, λοιπόν, είναι ότι ενώ η υδατοσφαίριση οδηγεί σε παρόμοιες προσαρμογές των οστών τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες σε σχέση με υγιείς ελέγχους, η κολύμβηση φαίνεται να επιδρά με διαφορετικό τρόπο στα δύο φύλα, ιδιαίτερα σε σχέση με τα άνω και τα κάτω άκρα. Τέλος, αναφορικά με τις φυλετικές διαφορές, οι άνδρες έχουν, σε γενικές γραμμές, μεγαλύτερη οστική πυκνότητα στα περισσότερα επιμέρους ανατομικά τμήματα και, ως εκ τούτου, σε ολόκληρο το σκελετό. Οι γυναίκες, αντίθετα, έχουν υψηλότερες τιμές στο κεφάλι. Ωστόσο, οι διαφορές αυτές οφείλονται βασικά στις μεγαλύτερες σωματικές διαστάσεις των ανδρών. Ύστερα από κατάλληλη διόρθωση για το βάρος και το ύψος, η επίδραση του φύλου δεν ήταν πια σημαντική, με μοναδική εξαίρεση τα οστά των κάτω άκρων, όπου οι άνδρες εξακολουθούσαν να υπερέχουν των γυναικών.

ΜΕΛΕΤΗ 3

Ανεξάρτητη και συνδυασμένη επίδραση του τρεξίματος και της κολύμβησης μικρών και μεγάλων αποστάσεων στα οστά

Σκοπός

Η μελέτη της ανεξάρτητης και συνδυασμένης επίδρασης του τρεξίματος και της κολύμβησης μικρών και μεγάλων αποστάσεων στα οστά του σκελετού ανδρών αθλητών.

Δείγμα

Συμμετείχαν συνολικά 52 άνδρες εθελοντές, ηλικίας 17-30 ετών (Πίνακας 1). Από αυτούς, 16 ήταν κολυμβητές (swimming, SW), 21 ήταν δρομείς (running, RN) και 15 ήταν μη αθλητές που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου (control, C). Οι SW και οι RN χωρίστηκαν ακόμα με βάση το αν κάλυπταν μικρές (short, S) ή μεγάλες (long, L) αποστάσεις. Μικρές αποστάσεις θεωρήθηκαν αυτές που απαιτούσαν προσπάθεια μέγιστης έντασης για χρόνο < 1 min (SW < 200 m, RN < 400 m), ενώ μεγάλες ήταν αυτές που απαιτούσαν υπομέγιστη προσπάθεια για παρατεταμένο χρονικό διάστημα (SW > 400 m, RN > 800 m).

Πίνακας 1. Σύσταση του δείγματος κατά είδος άσκησης

	C	SW	RN	Σύνολο
C	15			15
S		7	10	17
L		9	11	20
Σύνολο	15	16	21	52

Στατιστική ανάλυση

Για να διερευνηθεί αν η άσκηση διαφορετικού είδους και απόστασης έχει ανεξάρτητη ή συνδυασμένη επίδραση στις οστικές παραμέτρους, χρησιμοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση της διακύμανσης (two-way ANOVA με σχεδιασμό εν μέρει 3 × 3) με αλληλεπίδραση, θέτοντας το είδος της άσκησης (C/SW/RN) και την απόσταση (C/S/L) ως κύριους παράγοντες. Για την post hoc σύγκριση των μέσων, εφαρμόστηκε ο έλεγχος του Tukey. Για την ξεχωριστή σύγκριση όλων των ομάδων (C/SW-S/SW-L/RN-S/RN-L) εφαρμόστηκε απλή ανάλυση της διακύμανσης (one-

way ANOVA) και το Tukey post hoc τεστ. Διόρθωση για την επίδραση άλλων μεταβλητών (π.χ. ηλικία, βάρος, ύψος) έγινε με απλή ή πολλαπλή ανάλυση της συνδιακόμανσης (ANCOVA ή MANCOVA).

Αποτελέσματα

Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των εθελοντών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Οι φαινομενικές διαφορές στην ηλικία μεταξύ των 5 ομάδων πλησίασαν τα όρια της στατιστικής σημαντικότητας ($P = 0.051$). Οι SW-S ήταν υψηλότεροι από τους RN-L και τους C ($P < 0.05$), ενώ η διαφορά μεταξύ SW-L και RN-L δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($P = 0.060$). Καμία ομάδα αθλητών δε διέφερε σε βάρος από τους C, ωστόσο, οι SW-S/L και οι RN-S ήταν από κοινού βαρύτεροι από τους RN-L ($P < 0.05$). Οι τελευταίοι έτειναν να είναι ελαφρύτεροι και από τους C ($P = 0.071$). Επίσης, είχαν χαμηλότερο BMI σε σχέση με τους RN-S και τους C, αλλά όχι συγκριτικά με τους SW-S/L. Το ποσοστό σωματικού λίπους ήταν εξίσου χαμηλότερο σε όλους τους αθλητές έναντι των C ($P < 0.05$). Οι RN-S/L είχαν, ακόμα, σημαντικά λιγότερη λιπώδη μάζα από τους C, ενώ οι SW-S/L δε διέφεραν από καμία ομάδα. Υπήρχε, όμως, μια τάση για τους SW-L να έχουν μικρότερες τιμές από τους C ($P = 0.068$) και για τους SW-S να έχουν μεγαλύτερες τιμές από τους RN-L ($P = 0.083$). Τέλος, οι SW-S και RN-S είχαν περισσότερη ισχνή μάζα από τους RN-L και τους C, αλλά όχι από τους SW-L. Οι τελευταίοι δε διέφεραν ούτε από τους C ούτε από τους RN-L ($P = 0.077$).

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για την επιφανειακή οστική πυκνότητα (aBMD) δεν υπέδειξαν παρουσία αλληλεπίδρασης μεταξύ του είδους και της απόστασης της άσκησης σε καμία περίπτωση, και επομένως παρουσιάζονται ομαδοποιημένα στον Πίνακα 3. Εν προκειμένω, λοιπόν, φαίνεται ότι το είδος της άσκησης (SW ή RN) και η καλυπτόμενη απόσταση (S ή L) - που αντανακλά τη διάρκεια και την ένταση της προσπάθειας - είχαν ανεξάρτητη επίδραση στην περιφερική και την ολική aBMD. Είναι ενδιαφέρον το ότι οι επιμέρους διαφορές μεταξύ των ομάδων επηρεάστηκαν σε ελάχιστο βαθμό (με εξαίρεση την aBMD του κορμού) από την επιπρόσθετη διόρθωση για το βάρος και το ύψος των συμμετεχόντων, πέραν της ηλικίας τους (Πίνακας 3). Στη συνέχεια του κειμένου θα αναφερόμαστε αποκλειστικά και μόνο στη διορθωμένη για ηλικία, βάρος και ύψος aBMD.

Πίνακας 2. Ηλικία, ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος

	C	SW		RN	
		L	S	L	S
Ηλικία (έτη)	22.0 ± 3.3	19.4 ± 1.9	21.0 ± 2.2	23.4 ± 3.8	23.4 ± 3.1
Ύψος (cm)	177.8 ± 6.1 ^a	184.3 ± 6.3 ^{a,b}	188.3 ± 6.2 ^b	175.2 ± 8.3 ^a	182.5 ± 6.4 ^{a,b}
Βάρος (kg)	74.4 ± 9.3 ^{a,b}	77.4 ± 10.2 ^a	82.6 ± 9.1 ^a	64.9 ± 7.0 ^b	78.2 ± 7.8 ^a
BMI (kg/m ²)	23.49 ± 2.10 ^a	22.70 ± 1.63 ^{a,b}	23.25 ± 1.97 ^{a,b}	21.11 ± 1.20 ^b	23.43 ± 1.32 ^a
Ποσοστό λίπους (%)	17.8 ± 6.0 ^a	11.5 ± 2.2 ^b	12.1 ± 3.2 ^b	8.5 ± 4.5 ^b	9.1 ± 2.0 ^b
Λιπώδης μάζα (kg)	13.6 ± 6.0 ^a	8.9 ± 1.9 ^{a,b}	10.1 ± 3.1 ^{a,b}	5.5 ± 2.9 ^b	7.0 ± 1.1 ^b
Ισχή μάζα (kg)	57.4 ± 4.7 ^a	65.1 ± 9.2 ^{a,b}	68.6 ± 6.4 ^b	56.3 ± 6.9 ^a	67.4 ± 7.7 ^b

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικές αποκλίσεις (SD).

^{a,b}Οι ομάδες που δεν έχουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε $P < 0.05$.

Πίνακας 3. Περιφερική και ολική aBMD (g/cm²)

	RN	SW	C	L	S	P-values		
						E	A	E × A
Κεφάλι	2.114 ± 0.039	2.040 ± 0.046	2.213 ± 0.044	2.044 ± 0.043	2.110 ± 0.039	0.245	0.262	0.427
	2.114 ± 0.042	2.035 ± 0.052	2.219 ± 0.048	2.042 ± 0.045	2.107 ± 0.043	0.291	0.321	0.472
Χέρια	1.079 ± 0.022	1.072 ± 0.026	1.077 ± 0.025	1.008 ± 0.024	1.143 ± 0.022‡	0.830	0.000	0.118
	1.106 ± 0.021	1.041 ± 0.026	1.076 ± 0.024	1.030 ± 0.022	1.117 ± 0.021‡	0.081	0.009	0.429
Πόδια	1.546 ± 0.022*†	1.355 ± 0.026*	1.469 ± 0.025	1.383 ± 0.024*	1.518 ± 0.022‡	0.000	0.000	0.354
	1.569 ± 0.022*†	1.327 ± 0.027*	1.471 ± 0.025	1.401 ± 0.024*	1.495 ± 0.022‡	0.000	0.007	0.095
Κορμός	1.072 ± 0.016	1.037 ± 0.019	1.037 ± 0.019	0.997 ± 0.018	1.112 ± 0.016*‡	0.181	0.000	0.104
	1.092 ± 0.015*†	1.012 ± 0.019	1.038 ± 0.017	1.013 ± 0.016	1.092 ± 0.016*‡	0.004	0.001	0.393
Ολική	1.321 ± 0.016†	1.227 ± 0.019*	1.294 ± 0.018	1.217 ± 0.018*	1.330 ± 0.016‡	0.001	0.000	0.612
	1.340 ± 0.016†	1.204 ± 0.019*	1.295 ± 0.018	1.232 ± 0.017*	1.312 ± 0.016‡	0.000	0.002	0.743

Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία (επάνω) ή ως προς την ηλικία, το βάρος και το ύψος (κάτω). Παρουσιάζονται επίσης τα P-values για την κύρια επίδραση του είδους της άσκησης (E), της καλυπτόμενης απόστασης (A), καθώς και για την αλληλεπίδραση αυτών (E × A).

*P < 0.05 vs. C.

†P < 0.05 vs. SW.

‡P < 0.05 vs. L.

Δεν υπήρχε καμία επίδραση του είδους ή της απόστασης της άσκησης στην aBMD του κρανίου. Αντίθετα, η επίδραση της απόστασης στα χέρια ήταν στατιστικά σημαντική, με τους S να έχουν υψηλότερες τιμές από τους L ($P = 0.009$), αλλά όχι από τους C. Το είδος της άσκησης δεν είχε σημαντική επίδραση, αν και οι RN έτειναν να έχουν μεγαλύτερη aBMD στα χέρια από τους SW ($P = 0.081$). Όσον αφορά στα πόδια, οι L είχαν μικρότερες τιμές από τους S και τους C (σε $P = 0.050$), ενώ η σειρά που προέκυψε για το είδος της άσκησης ήταν $RN > C > SW$ (σε $P = 0.005$). Η aBMD του κορμού ήταν μεγαλύτερη στους S από ότι στους L και τους C (σε $P = 0.030$) και μεγαλύτερη στους RN από ότι στους SW και τους C (σε $P = 0.022$). Σε επίπεδο ολικής σωματικής aBMD, οι L είχαν μικρότερες τιμές από τους S και τους C (σε $P = 0.014$), ενώ το ίδιο ίσχυε για τους SW σε σχέση με τους RN και τους C (σε $P = 0.002$). Οι RN έτειναν να έχουν υψηλότερη ολική aBMD από τους C ($P = 0.061$). Συνολικά, λοιπόν, το τρέξιμο είχε στατιστικά σημαντική θετική επίδραση κυρίως στα πόδια και λιγότερο στον κορμό. Αντίθετα, η κολύμβηση είχε στατιστικά σημαντική αρνητική επίδραση στα πόδια, η οποία ήταν τέτοιου μεγέθους ώστε αντικατοπτριζόταν και σε ολόκληρο το σώμα. Πανομοιότυπη ήταν και η επίδραση της άσκησης μεγάλων αποστάσεων/διάρκειας, ενώ η άσκηση μικρών αποστάσεων είχε θετική επίδραση μόνο στον κορμό.

Αφού κάθε χαρακτηριστικό της άσκησης (είδος και απόσταση) είχε ανεξάρτητη επίδραση στην οστική πυκνότητα, τότε είναι πιθανό ο συνδυασμός τους ανά δύο (SW-S, SW-L, RN-S, RN-L) να αποτελεί το καθαρό αποτέλεσμα δύο επιμέρους δράσεων. Για να διερευνηθεί αυτή η υπόθεση, η ανάλυση των aBMD επαναλήφθηκε με απλή ANOVA, σύγκρινοντας έτσι όλες τις ομάδες μεταξύ τους και με τους C. Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 4. Δεν υπήρχαν διαφορές στο κεφάλι, ενώ στα χέρια, οι RN-S είχαν υψηλότερη aBMD σε σχέση με όλες τις άλλες ομάδες ($P < 0.05$). Παράλληλα, είχαν μεγαλύτερες τιμές στα πόδια από τους C και τους SW-S/L, αλλά όχι από τους RN-L. Οι RN-L είχαν και αυτοί υψηλότερη aBMD στα πόδια από τους SW-S/L, αλλά όχι από τους C ($R = 0.073$). Οι SW-L είχαν τις μικρότερες τιμές συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες ομάδες ($P < 0.05$). Τα αποτελέσματα για τον κορμό ήταν πανομοιότυπα με αυτά για τα άνω άκρα, με τους RN-S να υπερέρχουν έναντι των υπολοίπων ($P < 0.05$). Οι SW-L έτειναν να έχουν χαμηλότερη aBMD από τους SW-S ($P = 0.072$), τους C ($P = 0.090$) και τους RN-L ($P = 0.114$). Τέλος, η ολική aBMD ακολουθούσε τη σειρά $RN-S > C = RN-L = SW-S > SW-L$ (σε $P = 0.027$).

Πίνακας 4. Περιφερική και ολική aBMD (g/cm²)

	C		SW		RN	
		L		S	L	S
Κεφάλι	2.219 ± 0.048	1.981 ± 0.071	2.090 ± 0.066	2.103 ± 0.066	2.124 ± 0.054	
Χέρια	1.076 ± 0.024 ^a	1.009 ± 0.035 ^a	1.073 ± 0.033 ^a	1.050 ± 0.033 ^a	1.162 ± 0.027 ^b	
Πόδια	1.471 ± 0.025 ^{a,b}	1.253 ± 0.037 ^c	1.401 ± 0.034 ^a	1.549 ± 0.035 ^{b,d}	1.589 ± 0.028 ^d	
Κορμός	1.038 ± 0.017 ^a	0.982 ± 0.026 ^a	1.042 ± 0.024 ^a	1.043 ± 0.024 ^a	1.142 ± 0.020 ^b	
Ολική	1.295 ± 0.018 ^a	1.160 ± 0.026 ^b	1.247 ± 0.024 ^a	1.303 ± 0.024 ^a	1.376 ± 0.020 ^c	

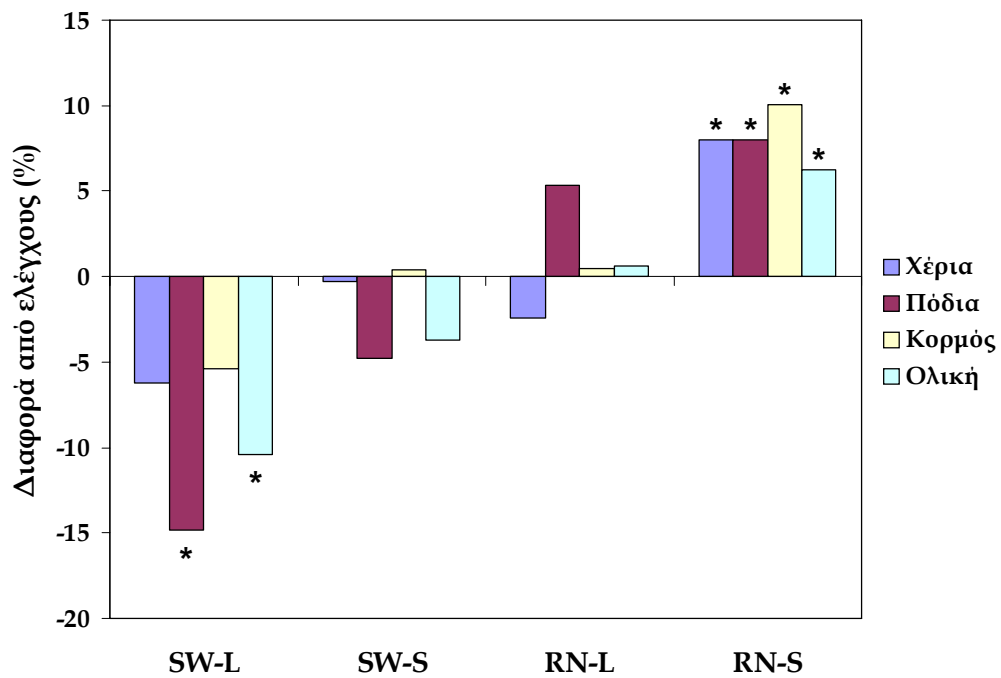
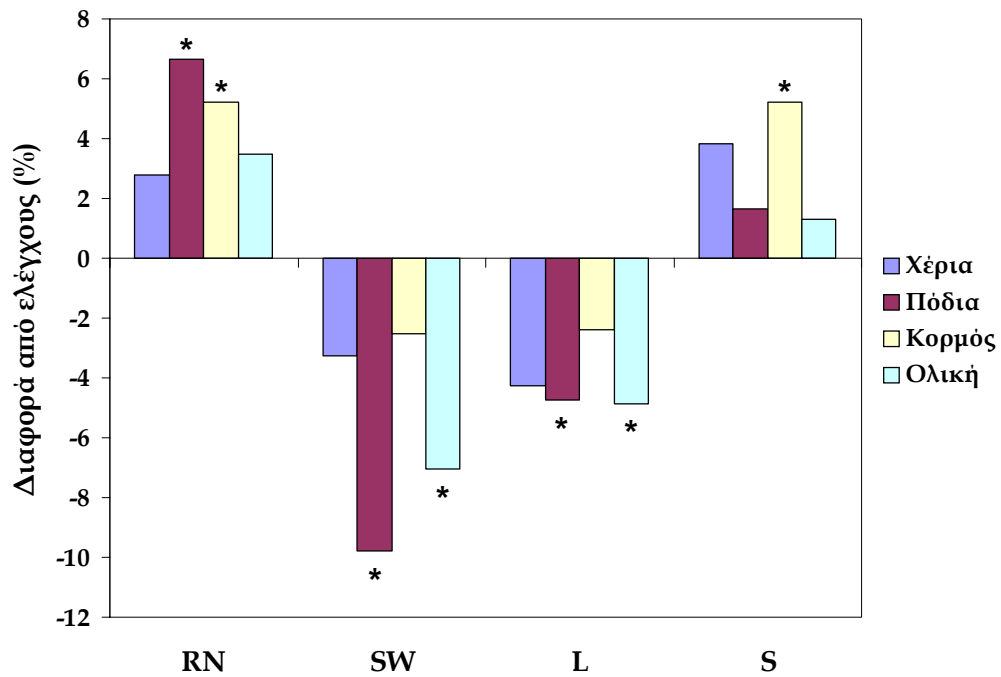
Οι τιμές αναγράφονται ως μέσοι ± τυπικά σφάλματα (SE) και είναι διορθωμένες ως προς την ηλικία, το βάρος και το ύψος.

^{a,b,c,d}Οι ομάδες που δεν έχουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε $P < 0.05$.

Στην Εικόνα 1 δίνονται γραφικά οι ποσοστιαίες διαφορές στην οστική πυκνότητα από την ομάδα ελέγχου. Είναι προφανές ότι κάθε επιμέρους χαρακτηριστικό της άσκησης (SW/RN και L/S) συνέβαλε ανεξάρτητα στη συνολική εικόνα κάθε ομάδας αθλητών (SW-L, SW-S, RN-L, RN-S) και το αποτέλεσμα προσομοιάζε σε μεγάλο βαθμό στη συνισταμένη των επιμέρους δράσεων. Για παράδειγμα, αναφορικά με την ολική aBMD, οι διαφορές των RN, SW, L και S από τους C ήταν +3.5, -7.0, -4.9 και +1.3%, αντιστοίχως, ενώ οι διαφορές των SW-L, SW-S, RN-L και RN-S ήταν αντίστοιχα -10.4, -3.7, +0.6 και +6.3%. Οι τελευταίες τιμές βρίσκονται πολύ κοντά στο άθροισμα των επιμέρους χαρακτηριστικών της άσκησης.

Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, εξάγονται δύο βασικά συμπεράσματα. Πρώτον, το τρέξιμο φαίνεται ότι προκαλεί αύξηση της οστικής πυκνότητας κυρίως στα πόδια και σε μικρότερο βαθμό στον κορμό, ενώ αντίθετα, η κολύμβηση οδηγεί σε ελάττωση της πυκνότητας των οστών των κάτω άκρων. Η τελευταία, μάλιστα, μπορεί να είναι τέτοιου μεγέθους ώστε να αντικατοπτρίζεται και στην ολική aBMD. Παρόμοια επίδραση με την κολύμβηση φαίνεται να έχει και η άσκηση μεγάλων αποστάσεων (και κατά συνέπεια, μεγάλης διάρκειας και υπομέγιστης έντασης), ενώ η άσκηση μικρών αποστάσεων (και επομένως, μικρής διάρκειας και μέγιστης έντασης) έχει ευεργετικές επιδράσεις μόνο στον κορμό. Δεύτερον, τα δύο αυτά χαρακτηριστικά της άσκησης (τρέξιμο ή κολύμβηση και μικρές ή μεγάλες αποστάσεις) έχουν ανεξάρτητες και αθροιστικές επιδράσεις στην οστική πυκνότητα, έτσι ώστε το καθαρό αποτέλεσμα του συνδυασμού τους ανά 2 να προκύπτει από τη συνισταμένη των επιμέρους δράσεων. Με βάση αυτή την ιδιότητα, δύο στατιστικά σημαντικές αλλά αντίθετες δράσεις σε ένα τμήμα του σκελετού, όπως για παράδειγμα η θετική επίδραση του τρεξίματος και η αρνητική επίδραση των μεγάλων αποστάσεων στα πόδια, ουσιαστικά αλληλοεξουδετερώνονται στους δρομείς μεγάλων αποστάσεων. Ανάλογα, δύο σημαντικές και ομόσημες δράσεις, όπως π.χ. η αρνητική επίδραση της κολύμβησης και των μεγάλων αποστάσεων στα πόδια, απλά μεγεθύνονται στους κολυμβητές μεγάλων αποστάσεων. Επιπλέον, μικρές και μη σημαντικές αλλά ομόσημες επιδράσεις, λόγω χάρη η θετική επίδραση του τρεξίματος και των μικρών αποστάσεων στα χέρια, μετατρέπονται σε μεγαλύτερες και στατιστικά σημαντικές διαφορές στους δρομείς μικρών αποστάσεων.



Εικόνα 1. Ανεξάρτητες (επάνω) και συνδυασμένες (κάτω) επιδράσεις του είδους (τρέξιμο, RN ή κολύμβηση, SW) και της καλυπτόμενης απόστασης (μεγάλη, L ή μικρή, S) της άσκησης στην ολική και περιφερική οστική πυκνότητα. *Δηλώνει ότι η διαφορά μεταξύ της συγκεκριμένης ομάδας αθλητών και των ελέγχων για τη συγκεκριμένη παράμετρο είναι στατιστικά σημαντική ($P < 0.05$). Οι τιμές είναι διορθωμένες για ηλικία, βάρος και ύψος.