

Παλαιοιδιατροφή: Τα σταθερά ισότοπα και η αρχαιολογία

Ευφροσύνη Βίκα
Αρχαιολόγος-Παλαιοιατροφός

Dr Mike Richards
Λέκτωρ Βιοαρχαιολογίας
Πανεπιστήμιο του Bradford, UK



Πώς μπορεί να βοηθήσει έναν αρχαιολόγο μια εξειδικευμένη χημική ανάλυση; Τι μπορεί να προσφέρει η μελέτη της διατροφής στην έρευνα περασμένων κοινωνιών; Η αρχαιοβιτανολογία και η αρχαιοζωολογία έχουν βοηθήσει σημαντικά στην ανασύνθεση της εικόνας του φυσικού περιβάλλοντος, ωστόσο η παρουσία συγκεκριμένων οστών ζώων ή σπόρων σε μια αρχαιολογική θέση δεν σημαίνει αναγκαστικά ότι τα είδη αυτά χρησιμοποιούνταν για τη διατροφή των κατοίκων της θέσης αυτής, ούτε ότι χρησιμοποιούνταν για τη διατροφή όλων των κατοίκων. Η μελέτη των σταθερών ισοτοπών άνθρακα και αζώτου από το κολλαγόνο των οστών είναι ο μόνος τρόπος να μελετηθεί η διατροφή διαφορετικών κοινωνικών ομάδων. Η μέθοδος αυτή, γνωστή ήδη από το 1964, έρχεται να προστεθεί στη λίστα των φυσικών εφαρμογών που έχει στη διάθεσή της η αρχαιολογία για να προσεγγίσει λίγο ακόμα τη ζωή των προγόνων μας.

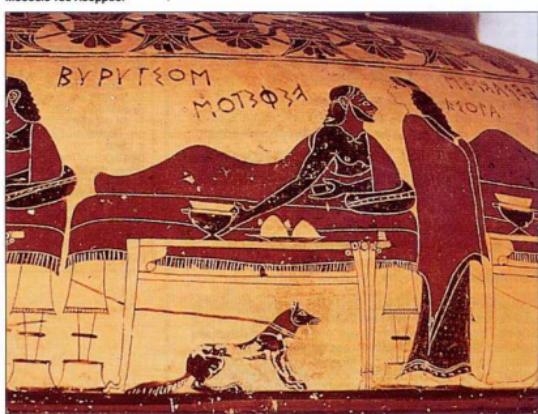
Η ανθρωπολογία της διατροφής

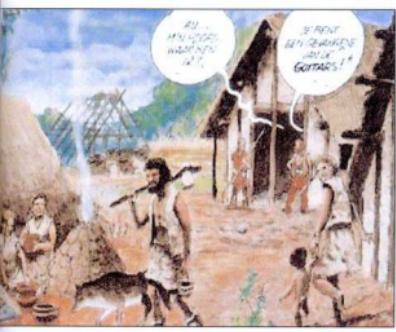
Η τροφή και η διατροφή αποτελούν βασικό προβληματισμό στην ανθρωπολογική και αρχαιολογική έρευνα. Η διατροφική συμπεριφορά συγκεντρώνει και αντικαθιστά άλλες συμπεριφορές (Barthes 1979) και στις περισσότερες κοινωνίες το φαγητό αποτά κρόα θερα-

πείας, τιμωρίας ή τελετουργίας (Danforth 1999). Η κοινωνιο-βιολογική άποψη υποστηρίζει ότι οι διατροφικές επιλογές είναι αποτέλεσμα γενετικών προδιαθέσεων που στοχεύουν στην επιβίωση (Lupton 1996). Η ίδεα ότι τρώμε αυτό που μας αρέσει είναι σταντ συνδεδεμένη με την ίδια της ελεύθερης επιλογής, ώστε συχνά ξεχνάμε πως οι διατροφικές μας συνήθειες μπορεί να καθορίζονται από ανάγκη (Bourdieu 1992). Θα ήταν, ωστόσο, απλοίκο να πιστεύουμε ότι οι άνθρωποι διαλέγουν την τροφή τους αποκλειστικά με βάση τη διατροφική άποψη αναφερής στις χρήσεις στις οποίες υπόκειται η τροφή ως μέρος της κοινωνικής ζωής και τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται διατρεπή και αποδίδει τις κοινωνικές σχέσεις (Lupton 1996). Η άποψη αυτή αναγνωρίζει ότι το γεύμα είναι πολιτισμικά και κοινωνικά ελεγχόμενο. Η μετα-στρουκτουραλιστική θεωρία, τέλος, ανιχνεύει τη δύναμη της τροφής ως κοινωνικής σχέσης, μέσα από την παραγωγή, την κατανομή και την κατανάλωση. Είναι φανερό πώς την ίδια στιγμή που καλύπτουμε τις βιολογικές μας ανάγκες επικοινωνώντας στο έμψυχο και το άψυχο περιβάλλον, δημιουργώντας ένα συστήμα με δομή ανάλογη των άλλων συστημάτων επικοινωνίας (Barthes 1979).

Μέσω στους αιώνες έχει διαμορφωθεί ένας δυνατός σύνδεσμος ανάμεσα στο φαγητό και στις θρησκευτικές εκδηλώσεις πίστης (νηστείες, ασκητισμός, προσφορές). Το σύστημα της παραγωγής εμπεριέχει δύο τύπους εξουσίας: τον ελεγ-

1. Λεπτομέρεια από σκηνή συμποσίου του «κρατήρα του Eupitou». 600-590 π.Χ.
Μουσείο του Λουβρου.





φρότερα ισότοπα, ώστε τα νούμερα που προκύπτουν να είναι κατανοητά μεγέθη (Pollard 1993). Μέσω ενός φρασματογράφου μάζας η αναλογία του δειγμάτου συγκρίνεται με την ανάλογη μιας διεθνούς σταθεράς, σε ποσοστά επί των χιλίων. Για την αναλογία $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ η σταθερά προσέρχεται από το κρητικό θαλάσσιο απολίθωμα Belemnite αμερικανικής ονομάζεται Pee Dee Belemnite (PDB), ενώ για την αναλογία $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ η σταθερά είναι το ατμοσφαιρικό άζωτο (AIR). Η αναλογία δίνεται από τον τύπο

$$\delta = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$$

όπου R είναι η ισοτοπική αναλογία, π.χ. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

Η σταθερά PDB περιέχει περισσότερο ^{13}C από τις χερσαίες πηγές τροφής, με αποτέλεσμα οι τιμές ^{13}C των οστών να είναι ως επί το πλείστον αρνητικές. Το αντίθετο συμβαίνει με το ^{15}N των οστών, που είναι γενικά θετικό.

Τα σταθερά ισότοπα στα φυτά

Κατά τη φωτοσύνθεση, τα φυτά μεταβολίζουν το άνθρακα (Van der Merwe 1982). Ανάλογα με τα ένζυμα που χρησιμοποιούνται για αυτή τη διαδικασία, διακρίνουμε τρεις τύπους φωτοσύνθεσης, που αναφέρονται ως C_3 , C_4 και CAM. Τα C_3 φυτά έχουν τιμές ^{13}C ανάμεσα στο -33 και -22%, τα C_4 ανάμεσα στο -16 και -12.5%, ενώ τα CAM φυτά, ανάλογα με το κλίμα στο οποίο μεγαλώνουν, έχουν διαφορετικές τιμές. Τα περισσότερα φυτά που χρησιμοποιούνται για τροφή, όπως τα στάρι, τα ρύζι και τα όπτρια, ανήκουν στην ομάδα C_4 . Στην ομάδα C_4 ανήκουν το καλαμπόκι, το ζαχαροκάλαμο και το κεκρί, ενώ CAM είναι τα περισσότερα τροπικά φυτά, όπως ο ανανάς (De Niro 1987).

Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με το άζωτο. Ανάλογα με την πηγή αύτου που χρησιμοποιούνται, τα φυτά διακρίνονται σε οσπριείδη και μη οσπριείδη. Τα δευτέρα, επειδή χρησιμοποιούν αποκλειστικά το άζωτο του εδάφους, έχουν πιο υψηλές (θετικές) τιμές για το ^{15}N από τα πρώτα.

Για τα φύρια του γλυκού νερού διαπιστώθηκαν ότι λόγω της τροφικής αλισσίδας έχουν μεγαλύτερες τιμές ^{13}C και ^{15}N από τα φύρια της θάλασσας (Katzemberg 2000).

Με βάση την αρχή ότι η τιμή των ισοτόπων (^{13}C και ^{15}N) στα οστά αντιστοιχεί με την τιμή στην τροφή (ουν ένα ποσοστό εμπλούτισμα), γίνεται έξαγωγή του κολλαγόνου των οστών για να μετρηθεί η αναλογία των ισοτόπων. Συγκρίνεται την ισοτοπική τιμή του κολλαγόνου με αυτήν των τροφών, που έχει ήδη μελετηθεί, μπορούμε να βρούμε από πού προέρχεται η πρωτεΐνη της διατροφής (πίν. 1). Το ποσοστό του άνθρακα (^{13}C) μας πληροφορεί αν η πρωτεΐνη προέρχεται από χερσαία ή θαλάσσια πηγή (κρέας ή ψάρι) και για το αν καταναλώνονταν φυτά με C_4 τρόπο φωτοσύνθεσης. Το ποσοστό του άζωτου (^{15}N) μας πληροφορεί για το είδος της πρωτεΐνης, αν είναι φυτική ή ζωική (πίν. 2).

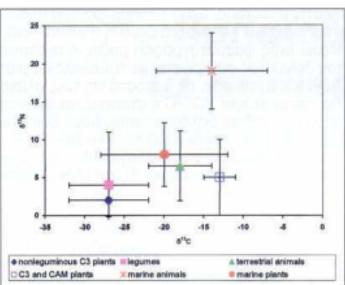
Σε περιπτώσεις όπου το καλαμπόκι αποτελεί μέρος της διατροφής, τα ισότοπα του άνθρακα δεν χρησιμεύουν για τη διάκριση μεταξύ χερσαίων και θαλάσσιων πηγής πρωτεΐνων. Το ίδιο συμβαίνει και με το άζωτο, σταν οι θαλάσσιες πηγές

χο των πρώτων υλών και την υποχρέωση που δημιουργείται από την παραχώρηση της τροφής (Counihan 1999). Σε πολλά εθνολογικά παραδείγματα η υψηλή κοινωνική θέση συνδέεται άμεσα με την πρόσβαση σε διαφορετικά πιάτητα και ποσοστήτα τροφής, με ορισμένα είδη να προορίζονται αποκλειστικά για την γητική ομάδα. Σε κάθε περίπτωση, ο εντυπωσιασμός μέσω του φαγητού είναι μια μεθόδος κοινωνικής καταξίωσης. Μέσω του φαγητού και του ποτού τα συναίσθημα, οι εντυπώσεις και οι εμπειρίες καταγράφονται πολύ πιο εύκολα στη μνήμη. Ετσι, με την οργάνωση γιατρών για όλη την κοινωνία ενσημεύεται οι ρόλος του αρχηγού ως χορηγό. Ωστόσο, η κοινωνική σημασία του φαγητού δεν περιορίζεται στις δημόσιες εκδηλώσεις, καθώς οι γευσείς και οι συνήθειές μας καθορίζονται από την οικακή οικονομία και τον καταμερισμό της εργασίας ανάμεσα στα φύλα (Bourdieu 1992). Τι καταναλώνεται και πώς παρασκευάζεται, πότε σερβίρεται και πώς, ποιος συμμετέχει και με ποια σειρά, είναι μερικές μόνο από τις παραμέτρους που συνδέονται με ολόκληρη την κοινωνική δομή. Συμπεριλαμβανει, λοιπόν, ότι οι προκαταλήψιες μας σχετικά με τα φαγητά διαμορφώνονται με βάση τις πολιτισμικές παραδόσεις και τις θρησκευτικές πεποιθήσεις που μπορεί να μην έχουν καμία σχέση με τις διατροφικές απαίτησεις του οργανισμού¹.

Τι είναι τα σταθερά ισότοπα

Τα σταθερά ισότοπα είναι η μη ραδιενεργός μορφή των φυσικών στοιχείων (De Niro 1987). Έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων και πρωτονίων, αλλά διαφέρουν στον αριθμό των νετρωνίων. Ο άνθρακας έχει τρία ισότοπα, τον ^{12}C , τον ^{13}C και τον ^{14}C . Τα δύο πρώτα είναι σταθερά, ενώ ο ^{14}C είναι ραδιενεργός και γι' αυτό χρησιμοποιείται στη ραδιοσυνολόγηση. Και οι τρεις μορφές αντιδρούν χημικά με τον ίδιο τρόπο, αλλά το πρόσθετο βάρος των «βαρύτερων» στοιχείων τα κάνει να αντιδρούν πιο αργά από τα «ελαφρύτερα». Η διαφορά αυτή οδηγεί σε διάκριση εναντίον των βαρύτερων ισότοπων κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντιδράσης.

Η ποσότητα των ισότοπων στη φύση είναι πολύ μικρή, γι' αυτό στις μετρήσεις χρησιμοποιείται η αναλογία των βαρύτερων προς τα ελα-

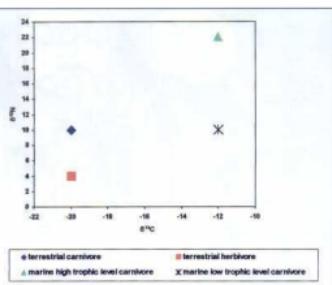


Πιν. 1. Ισοτοπική σύνθεση σύγχρονων δειγμάτων χερσαίων και θαλάσσιων φυτών και ζώων (De Niro 1987).

προέρχονται από κοραλλιογενή περιβάλλοντα, λόγω της ιδιαιτερής τροφικής αλυσίδας. Για το λόγο αυτό τα ισότοπα του άνθρακα και του αιώντος μελετώνται σε συνδυασμό.

Άλλες εσφαρμογές

Τα σταθερά ισότοπα του αιώντου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίστε η ήλικια απογαλακτισμού (Fogel et al. 1998). Μετά τη γέννηση, το βρέφος παρουσιάζει μια αύξηση της τιμής $\delta^{15}\text{N}$ κατά 2.4% περίπου, που αρχίζει να ελαττώνεται μόλις εισάγεται η συμπληρωματική τροφή. Για 3-5 μήνες μετά την παύση του θηλασμού οι τιμές $\delta^{15}\text{N}$ της μητέρας και του παιδιού είναι οι ίδιες. Ο προσδιορισμός της ήλικιας του απογαλακτισμού χρησιμοποιείται σε δημιογραφικές μελέτες αγροτικών και προ-αγροτικών κοινωνιών. Οι τιμές του αιώντου ποικίλουν ακόμη ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο ζει κανείς. Αν συγκρίνουμε τιμές από ιστούς που σχηματίζονται σε παιδική ήλικια (δύοτά) με τιμές από ιστούς που επανασυνθένεται διάρκεια, μπορούμε να δούμε αιτά στάσιμα αιτά μετανάστευσαν από τον τόπο γέννησής τους (Katzenberg 2000).



Πιν. 2. Τέσσερις θεωρητικοί τύποι διατροφής και οι ισοτοπικές τιμές κολλαγονου (Richards - Hedges 1999).

Σε παρόμοιες μελέτες χρησιμοποιούνται και τα ισότοπα του στροντίου, που καθορίζονται από την τοπική γεωλογία.

Οστά και κολλαγόνο

Στην αρχαιολογία χρησιμοποιείται το κολλαγόνο των οστών γιατί είναι η μόνη οργανική ουσία που διατηρείται σε επιπέδα ικανοποιητικά για αναλύσεις. Η σύνθεση των οστών αλλάζει με την ήλικια, αλλά τα κύρια συστατικά είναι τα ιχνοστοιχεία, τα οργανικά στοιχεία και το νερό. Το 90% των οργανικών στοιχείων είναι κολλαγόνο, το οποίο χάρη στη χαρακτηριστική ελικοειδή δομή του είναι εξαιρετικά σταθερό σε εξωγενείς μηχανικές επιρροές. Τα οστά σχηματίζονται και ωριμάζουν σε διαφορετικό χρόνο. Αν η διατροφή αλλάξει κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, η διαφορά ανάμεσα στα τιμήμα που σχηματίστηκε πριν από την αλλαγή και σε αυτό που σχηματίστηκε μετά μπορεί να είναι ορατή στην ισοτοπική τιμή του κολλαγόνου. Ο ακριβής ρυθμός με τον οποίο αντικαθίσταται το κολλαγόνο των οστών είναι υπό μελέτη, αλλά γενικά κυμαίνεται ανάμεσα στα 2 και 10 χρόνια (Bell et al. 2001).



2. Σκηνή μαγειρείου.
Λεπτομέρεια του «κρεπτήρα
του Ευρυτίου». 600-590 π.Χ.
Μουσείο του λουόβρου.

Υπάρχουν, βέβαια, ορισμένα θέματα που πρέπει κανές να λάβει τη ψήφη του πριν από οποιαδήποτε μελέτη. Ορισμένες παθολογίες καταστάσεις επηρεάζουν τη σύνθεση του κολλαγόνου, καθώς η επιδιόρθωση των ιστών περιλαμβάνει τη χρήση ανθρακά και αύτου, με αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των τιμών τους (Katzenberg - Lovell 1999). Τέτοιες καταστάσεις είναι τα κατάγματα, η οστεομελίτιδα, η παράλυση, το σκορβούτο, η ραχιτίδα και περιπτώσεις στις οποίες μειώνεται η οστική μάζα (οστεοπόρωση), όπου οι επηρεάζονται κυρίως οι τιμές του αύτου. Διάφορες μελέτες έχουν ασχοληθεί με την απώλεια της οστικής μάζας σε αρχαιολογικούς πληρισμούς. Στις περισσότερες από αυτές η εύρεση οστεοπόρωσης συνδέεται με διατροφικές διαταραχές και επιστρέφεται ότι οι χορτοφάγοι έχουν μικρότερη οστι-

λυνση από οργανικές ουσίες που έχουν την ίδια ιστοποική σύνθεση με τα αμινοξέα του κολλαγόνου (Ambrose 1990). Άλλες μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν είναι η μέτρηση της αναλογίας του ατομικού ανθρακα προς το άζωτο, η σύνθεση των αμινοξέων και η συγκέντρωση του κολλαγόνου σε αλόκληρο το οστό.

To 1985 μια μελέτη (De Niro) συνέκρινε προϊστορικά δείγματα κολλαγόνου με 172 φρέσκα οστά από 69 ειδη ζώων και 40 ανθρώπων οστά και κατέληξε ότι η αναλογία C/N μεταξύ 2.9 και 3.6 από τα προϊστορικά δείγματα συμπίπτει με τη διακύμανση που παρατηρείται στα σύγχρονα ζώα με τις ίδιες διατροφικές συνθήσεις. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι τιμές δ¹³C και δ¹⁵N των δειγμάτων με αναλογία C/N μεταξύ 2.9 και 3.6 δεν έχουν υποστεί διαγενετικές αλλαγές, αλλά ότι τα δείγ-

3-4. Τοιχογραφίες από την οικία της Iulia Felix στην Πομπηΐα.
Εθνικό Μουσείο, Νάπολη.



κή πυκνότητα από τους μη χορτοφάγους, καθώς η πρόσληψη πρωτεΐνων και η ισορροπία πρωτεΐνων-θερμίδων επηρεάζει την αναπτυξή των οστών (Barr et al. 1998, Stewart 1975).

Αμέσως μετά το θάνατο η ποιότητα του κολλαγόνου υποβαθμίζεται και η χημική του σύνθεση αλλοιώνεται. Από όλες τις παραμέτρους του εδάφους που μπορούν να επηρεάσουν την ιστολογία του οστού, το νερό έχει τα πιο καταστροφικά αποτελέσματα (Collins et al. 1995), όμως ακόμα και στα ξηρά κλίματα τα οστά λόγω της μορφολογίας τους συγκρατούν αρκετά νερό, που διαφοροποιεί τις διόπτητες του κολλαγόνου. Παρόλο για τα οστά διατρέπονται σε ορισμένες περιπτώσεις τη σύνθεση τους ακόμη και για 6000 χρόνια, ορισμένες διαγενετικές αλλαγές επηρεάζουν τις τιμές της πυκνότητάς τους. Για παράδειγμα, αν και τα οστά διατρέπουν ποσότητες της πρωτεΐνης πους ακόμα και μετά από τη δράση των μικροβίων, η διάρκεια του κολλαγόνου από τη βακτηριακή πρωτεΐνη είναι προβληματική (Hedges - Millard 1995). Τα προϊστόρια οστά είναι δυνατό να περιέχουν άλιτο από πηγές όπως τα λιπαράσματα ή τα αμινοξέα του εδάφους.

Για τους λόγους αυτούς οι διαγενετικές αλλαγές της σύνθεσης του κολλαγόνου πρέπει να αποκλείονται πριν από οποιαδήποτε ανάλυση. Η ραδιοχρονολόγηση μπορεί να πιστοποιήσει με αξιοπιστία την «καθαρότητα» του κολλαγόνου, καθώς μπορεί να ανιχνεύσει μετά θάνατον μό-

ματα που βρίσκονται εκτός αυτής της διακύμανσης ή από την απορρίπτονται για μελέτες παλαιοιστροφής, καθώς οι τιμές δ¹³C και δ¹⁵N έχουν μεταβληθεί σημαντικά και θα οδηγούσαν σε λανθασμένα αποτελέσματα.

Μεθοδολογία

Η μέθοδος της εξαγωγής του κολλαγόνου των οστών αναπτύχθηκε το 1971 από τον Longin και περιλαμβάνει τη μετατροπή των πρωτεΐνων καταλόπινων σε ζελατίνη. Η μεθόδος αυτή δεν ήταν πάντα επιτυχηση στην απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών κι έτσι το 1980 ο Brown την τροποποίησε ώστε να περιλαμβάνει επεξεργασία του δειγμάτου σε διαλύμα αδιάνυσμα οξεός (0.01 M HCl) σε χαμηλότερη θερμοκρασία (58 °C) και ένα επιπλέον στάδιο φιλτραρίσματος, που φαινεται ότι απομακρύνει ουσίες που δεν απομακρύνονται με την προηγουμένη μέθοδο. Επίσης, με την τροποποιημένη μέθοδο το τελικό προϊόν δεν είναι υγροσκοπικό, κι επομένως είναι ευκολότερο στο χειρισμό.

Καλαμάκι: ένα παράδειγμα

Στην Ελλάδα η μελέτη της παλαιοιστροφής μέσω των ιστοτόπων είναι προς τα πάρον πειριοδικόν. Παρουσιάζουμε εδώ τα αποτελέσματα από το Καλαμάκι, ένα νεκροταφείο της Εποχής

Βιβλιογραφία

- AMBROSE S.H., «Preparation and characterization of bone and tooth collagen for analysis», *Journal of Archaeological Science* 17 (1990), σ.431-451
- BARR S.I., PRIOR G.C., JANELLE K.C., LENTLE B.C., «Spinal bone mineral density in premenopausal vegetarian and non vegetarian women: cross section and prospective comparisons», *Journal of American Dietary Association* 760/765 (1998).
- BARTHES R., «Towards a psychosociology of contemporary food consumption», στα Forster R. and Ranum O. (etw.), *Food and Drink in History. Selections from the Journal of Economic Societies*, Cambridge, 5, John Hopkins University Press, Baltimore and London 1979, σ. 166-173
- BELL L., COX G., SEALY J., «Determining isotopic life history trajectories using bone density fractionation and stable isotope measurement: a new approach», *American Journal of Physical Anthropology* 116 (2001), σ. 66-79.

BOURDIEU P., *Distinction. A social critique of the judgement of taste*, Routledge, London, 1980.

BROWN T.A. - NELSON D.E. - VOGEL J.S. - SOUTHON J.R., "Improved collagen extraction by modified Longin method", *Radiocarbon* 2/30 (1988), σ. 171-177.

COLLINS M.J. - RILEY M.S. - CHILD A.M. - HALL-WALKER M., "A kinetic mathematical simulation of the chemical degradation of ancient collagen", *Journal of Archaeological Sciences* 22 (1995), σ. 175-183.

COUNIHAN C., *The anthropology of food and body. Gender, meaning and power*, Routledge, London, 1999.

DANFORTH M., *Food, diet and politics in prehistory*, Annual Review of Anthropology 28 (1999), σ. 1-25.

DE NIRO M., "Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodemographic reconstruction", *Nature* 317 (1985), σ. 808-809.

—, *Stable isotope and archaeology*, *American Scientist* 75 (1987), σ. 182-191.

FOGEL M.L. - TUROSS N. - OWLSLEY D.W., "Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations", *Archaeological Report of the Division of Carnegie Institution of Washington Laboratory* 1998, σ. 111-117.

HEDGES R.E.M. - MILLARD A.R., "Measurements and relationships of diagenetic alteration of bone from three archaeological sites", *Journal of Archaeological Science* 16 (1989), σ. 201-209.

KATZENBERG M.A., "Stable isotope analysis: a tool for studying past diet, demography and life history", στο Katzemberg M.A., Saunders S.R. (επμ.) *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Wiley-Liss, New York, 2000, σ. 359-374.

KATZENBERG M.A. - LOVELL N.C., "Stable isotope variation in pathological bone", *International Journal of Osteoarchaeology* 9 (1999), σ. 316-324.

LONGIN R., "New method of collagen extraction for radiocarbon dating", *Nature* 234 (1971), σ. 241-242.

LUPTON D., *Food and the Body and the Self*, Sage publications, London 1996.

POLLARD A.M., "Tales told by dry bones", *Chemistry and Industry* (1993), σ. 359-362.

RICHARDS M.P. - HEDGES R.E.M., "Stable isotope analysis for stable isotopes in the types of marine protein used by late Mesolithic humans at sites along the atlantic coast of Europe", *Journal of Archaeological Science* 26 (1999), σ. 717-722.

STEWART R.J.C., "Bone pathology in experimental malnutrition", *World Review of Nutritional Dietetics* 21(1975), σ.1-74.

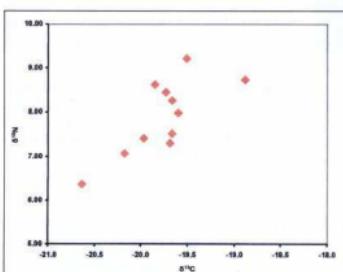
TZEDAKIS Y. - MARTELLI H. (επμ.), *Minoans and Mycenaeans. Flavours of their Time*, Ministry of Culture, Hellenic Cultural Heritage S.A., Cultural Olympiad 2001-2004, Kapon editions, Athens 2002.

VAN DER MERWE N.J., "Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology", *American Scientist* 70 (1982), σ. 209-215.

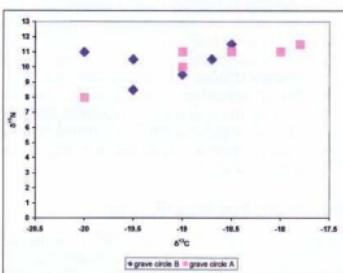
VASSILOGAMMROU A., "Πρωτοελλαδικό νεκροταφείο στο Καλαμάκι Ελασσούρων", *Νουβέλαις Αγάθος*, Πρακτικά της Επιτροπής Συνέδριου Πελοποννησιακών Σπουδών, Αργος 1995, Αθήνα 1998.

του Χαλκού από την περιοχή της Αχαΐας (Vassilogrammou 1998). Το Καλαμάκι λειτούργησε ως ταφικός χώρος σε δύο φάσεις, κατά την Πρώιμη Εποχή του Χαλκού και κατά τη μικηγαϊκή περίοδο, όπου οι τάφοι ανοιχτήκαν ξανά και οι παλές ταφές παραμερίστηκαν για να δημιουργηθεί χώρος για τις νεότερες. Μορφολογικά αποτελείται από θαλαμοειδείς τάφους με δρόμο² και θα μπορούσε να συγκριθεί με το νεκροταφείο της Μάνικας, χωρὶς ωστός τις εμφανείς κυκλαδικής επιρροές του τελευταίου. Στο μεγαλύτερο μέρος οι τάφοι έχουν συληθρεύει. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη δευτερογενή επέμβαση στο χώρο κατά τη μικηγαϊκή εποχή, είχε ως αποτέλεσμα τα περισσότερα οστεολογικά δείγματα να μην έχουν σαφή στρωματογραφία. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο οικισμός στον οποίο ανήκε το νεκροταφείο δεν έχει εντοπιστεί.

Η κατάσταση διαπρήστησ των οστών ήταν πολύ κακή, με αποτέλεσμα από τα 80 δείγματα που ετοιμαστήκαν για ανάλυση³ μόνο τα 11 να έχουν ικανοποιητικές ποσότητες κολλαγόνου. Τα αποτέλεσματα δείχνουν γενικά ομοιόμορφη διατροφή⁴, με κύρια πηγή πρωτεΐνων το κρέας, τα γαλακτοκύρια προϊόντα και τα δημητριακά. Δεν βρέθηκαν στη φάση απότι φυτά του τύπου C₄ (π.χ. καλαμόπικο). Επιντυπωτικά είναι η απουσία ψαριών από το διατολόγιο των ανθρώπων αυτών (πίν. 3). Αφούλος ο αριθμός των δείγματων είναι πολύ μικρός για να μπλήσει κανείς με βεβαιότητα για αποκλεισμό των ψαριών από τη διατροφή, ωστόσο τα αποτέλεσματα από το Καλαμάκι συμφωνούν με τα αποτέλεσματα από τις άλλες θέ-



Πίν. 3. Καλαμάκι. Τα αποτέλεσματα της ισοτοπικής ανάλυσης.



Πίν. 4. Σταθερά ισότοπα από τις Μυκήνες (Tzedakis - Martlew 2002).

σεις της Εποχής του Χαλκού όπου έχει γίνει ανάλυτη⁵. Μόνο στον Ταφικό Περίβολο Α των Μυκητών έχουμε σίγουρα πρωτείνη από ψάρια (πίν. 4). Είναι ιδιαίτερα δελεαστικό –αλλά στην παρούσα φάση μάλλον επισφαλές– να υποθέσουμε κανείς ότι τα ψάρια προορίζονται για τους άρχοντες των Μυκητών και όχι για τον απλό λαό.

Φάνεται όμως πώς η ανάλυση των σταθερών ισοτόπων για τη μελέτη της διατροφής είναι ένας κλαδός με ιδιαίτερη ενδιαφέρον και μέλλον, τόσο για τις γενικές πληροφορίες που μπορεί να προσφέρει σχετικά με τις γεύσεις που προτιμούσαν οι πρόσωποι μας, όσο και για τη μελέτη εξειδικευμένων ζητημάτων, όπως η εισαγωγή συγκεκριμένων καλλιεργειών ή η εμφάση στην κτηνοτροφία ή στην αλεία, οι διαφορές στη διατροφή ανδρών και γυναικών, «πλούσιων» και «φτωχών», πηγεριών και νησιών, αλλά και ζητημάτων που σχετίζονται με την παλαιοπαθολογία. Επιτίκουμε σύντομα να δημιουργηθούν και στη χώρα μας οι κατάλληλες εγκαταστάσεις για αυτές τις μελετές.

Σημειώσεις

1. Για παραδείγμα, οι γυναίκες σε περίοδο εγκυμοσύνης και θηλασμού έχουν μεγαλύτερες διατροφικές ανάγκες από τους άνδρες, προσδιορίζονται άμως οι ανδρες επιλέγουν πρώτοι τα ψάρια.

2. Οι τάφοι διακρίνονται από τους άνδρες σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το σχήμα του θαλάμου. Δεν φαίνεται να υπάρχει προστατολογέμος συντονισμός στα διάφορα συστάσια. Τρεις από τους τάφους στην Α περιλαμβάνουν αρνητικά χρήστη το Μεγαλύτερος μέρος των κτερωμάτων των άνδρων χαρακτηρίζεται ως καρκινικός.

3. Η προετοιμασία των ζευγαρών δεν είναι θετική στην παραδοσιακή παραδόση της Καρδάκης, αν και περιλαμβάνεται αρκετά σταθμά. Η δερκάρια της ωστέως δεν είναι προβλέψιμη παρουσία σύμμορφων θαυμάτων τους, δύο υφάρο που πονούστηκαν στην ζωή της προτεινόμενης πατοτούλων. Οικόπερη η μελέτη και οι εργαστηρικές προσεγγίσεις παρουσιάζονται στα Vika E. —From Diet to Society: Stable Isotope Analysis and its Cultural Context in Bronze Age Peloponnese, Greece—, οδηγό μεταπτυχιακή εργασία, University of Bradford, UK 2002.

5. Μυκήνες, Αργολίδα, Κρήτη. Αναλογικά πρότυπα στο Zedakis Y. - Martlew Y. (επμ.), *Minoans and Mycenaeans. Flavours of their Time*, Ministry of Culture, Hellenic Cultural Heritage S.A., Cultural Olympiad 2001-2004, Kapon editions, Athens 2002.

Paleonutrition: Stable Isotopes and Archaeology

Euphrosyni Vika - Mike Richards

Nutrition represents a basic problematic of the archaeological thought. By studying the nutritious behavior, we can reach some conclusions on the function of society, the division of labor between sexes, the relation of religious rituals to food (offering, consumption, restriction). Besides covering the needs of survival, nutrition is also determined by the various preferences generated by society and civilization. In the research process of nutrition, the analysis of the stable isotopes of carbon and nitrogen of the bones collagen is based on the principle that the collagen rate corresponds to the rate of the nutrition goods consumed – plus a percentage of concentration. More specifically, the percentage of carbon ($\delta^{13}\text{C}$) indicates if the protein derives from sea or land (fish or meat) and also if plants, like corn, with C₄ way of photosynthesis have been consumed. Whereas the percentage of nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) shows if the protein is vegetable or animal. The bone collagen is used in archaeology, since it is the only organic substance that is preserved in satisfactory for analysis levels.

The present article deals with Kalamaki, a Bronze Age cemetery in the area of Achaea. Although the condition of the bones preserved there is very bad, the analysis shows a generally uniform nutrition, with meat, dairy products and cereals as protein source. The absence of fish from this nutrition has to be studied, in order the conditions that affected its consumption to be established.