

Ακόμη, ο σίδηρος είναι πολύ συνηθισμένος στους πετρώδεις πλανήτες, στους πλανήτες νάνους, στους δορυφόρους και στους αστεροειδείς του ηλιακού συστήματος κι αυτό χάρη στην άφθονη παραγωγή τους ως τελικό προϊόν πυρηνικής σύντηξης σε άστρα υψηλής μάζας.Ο σίδηρος βρίσκεται σε σχετικά μεγάλο εύρος αριθμών οξειδωσης από -2 ως και +6, αν και οι αριθμοί οξειδωσης +2 και +3 είναι οι πιο συνηθισμένοι του. Ο στοιχειακός σίδηρος είναι πολύ ευαίσθητος στην παρουσία οξυγόνου και νερού. Επιφάνειες νεοσχηματισμένου στοιχειακού σιδήρου φαίνονται ασημόγκριζες, αλλά οξειδώνονται στον κανονικό ατμοσφαιρικό αέρα, δίνοντας οξειδία του σιδήρου, γνωστά ως «σκουριά». Αντίθετα από πολλά άλλα μέταλλα, που σχηματίζουν μόνο ένα προστατευτικό στρώμα οξειδίου, το οξείδιο του σιδήρου

Φυσικά χαρακτηριστικά	
Σημείο τήξης	1811 K, 1538 °C
Σημείο βρασμού	3134 K, 2862 °C
Πυκνότητα	7.874 g·cm ⁻³
Ενθαλπία τήξης	13.81 kJ·mol ⁻¹
Μαγνητική συμπεριφορά	σιδηρομαγνητικό
Σκληρότητα Mohs	4
Σκληρότητα Vickers	608 MPa

καταλαμβάνει μεγαλύτερο όγκο σε σύγκριση με το κομμάτι μεταλλικού (δηλαδή στοιχειακού) σιδήρου από το οποίο προήλθε. Έτσι, κατά διαστήματα «σκάει», εκθέτοντας νέες επιφάνειες μεταλλικού σιδήρου για διάβρωση.

Οι χημικές ενώσεις του σιδήρου, που περιλαμβάνουν τις «σιδηρο-» (ενώσεις του Fe^{II}) και τις «σιδηρη-» (ενώσεις του Fe^{III}) (κυρίως) ενώσεις, έχουν επίσης πολλές εφαρμογές. Μίγμα (σκόνης) οξειδίου του σιδήρου (FeO) και σκόνης αλουμινίου μπορεί να αναφλεγεί, δημιουργώντας τη γνωστή αντίδραση θερμότητα, που χρησιμοποιείται στη συγκόλληση και στον καθαρισμό μεταλλευμάτων. Δημιουργεί δυαδικές ενώσεις με τα αλογόνα και τα χαλκογόνα. Ανάμεσα στις οργανομεταλλικές ενώσεις του σιδήρου είναι η φερροκίνη, η πρώτη ένωση σάντουιτς που ανακαλύφθηκε.

Σκληρότητα Brinell	490 MPa
Μέτρο ελαστικότητας (Young's modulus)	211 GPa
Ταχύτητα του ήχου	5120 m·s ⁻¹
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

Ο σίδηρος παίζει σημαντικό ρόλο στη βιοχημεία, σχηματίζοντας σύμπλοκα με το μοριακό οξυγόνο (O_2) στην αιμογλοβίνη και στη μυογλοβίνη, δυο συνηθισμένες μεταφορικές πρωτεΐνες οξυγόνου, που το μεταφέρουν στα σπονδυλωτά. Ο σίδηρος είναι ακόμη το μέταλλο που βρίσκεται στο ενεργό κέντρο πολλών σημαντικών οξειδοαναγωγικών ενζύμων που ασχολούνται με την κυτταρική αναπνοή και την οξειδοαναγωγή πολλών βιοχημικών ενώσεων σε φυτά και ζώα.

Χαρακτηριστικά



Καθαρός σίδηρος

Καθαρός σίδηρος είναι μέταλλο αλλά βρίσκεται σπάνια με αυτήν την μορφή στην επιφάνεια της Γης, επειδή οξειδώνεται εύκολα με την παρουσία οξυγόνου και υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Προκειμένου να παραλάβουμε μεταλλικό σίδηρο, το οξυγόνο πρέπει να απομακρυνθεί από τα φυσικά μεταλλεύματα – κυρίως από τον αιματίτη (μετάλλευμα σιδήρου με τύπο Fe_2O_3) σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι ιδιότητες του σιδήρου μπορούν να τροποποιηθούν με την ανάμιξη του με τα διάφορα άλλα μέταλλα (και μερικά αμέταλλα, κυρίως άνθρακα και πυρίτιο) για να σχηματίσει ατσάλι.

Οι πυρήνες των ατόμων σιδήρου έχουν μερικές από τις υψηλότερες συνδετικές ενέργειες ανά πυρήνα, οι οποίες ξεπερνώνται μόνο από το ισότοπο νικελίου ^{62}Ni . Παγκοσμίως το αφθονότερο των πιο σταθερών ισωτόπων είναι, παρ'όλα αυτά, το ^{56}Fe . Αυτό σχηματίζεται από την πυρηνική σύντηξη στα αστέρια. Αν και ένα περαιτέρω μικρό ενεργειακό κέρδος θα μπορούσε να εξαχθεί από τη σύνθεση ^{62}Ni , οι συνθήκες στα αστέρια είναι ακατάλληλες ώστε να ευνοηθεί αυτή η διαδικασία. Η διανομή των στοιχείων στη Γη ευνοεί πολύ περισσότερο το σίδηρο παρά το νικέλιο, καθώς επίσης και πιθανώς στα στοιχεία-προϊόντα ενός υπερκαινοφανούς αστέρα.

Ο σίδηρος [ως Fe^{2+} , κατιόν σιδήρου (II)] είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο που χρησιμοποιείται από σχεδόν όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι μόνες εξαιρέσεις είναι μερικοί οργανισμοί που ζουν σε περιβάλλον φτωχό σε σίδηρο και έχουν εξελιχθεί ώστε να χρησιμοποιούν διαφορετικά στοιχεία στις μεταβολικές τους διαδικασίες, όπως μαγγάνιο αντί για σίδηρο για την κατάλυση, ή την αιμοκυανίνη αντί για την αιμογλοβίνη. Ενζύμα που περιέχουν σίδηρο συμμετέχουν στην κατάλυση οξειδωτικών αντιδράσεων στη βιοχημεία και στις μεταφορές διάφορων ευδιάλυτων αερίων.

Προέλευση

Ο σίδηρος είναι το έκτο (6°) αφθονότερο στοιχείο στο σύμπαν, που διαμορφώνεται ως τελική πράξη της νουκλεοσύνθεσης, από το πυρίτιο που υφίσταται πυρηνική σύντηξη στα ογκώδη αστέρια. Για την ακρίβεια παράγεται το ισότοπο ^{56}Ni του νικελίου, που είναι το τελευταίο νουκλίδιο για το οποίο η πυρηνική σύντηξη είναι εξώθερμη. Αυτό σημαίνει ότι αυτό το ραδιενεργό νουκλίδιο (^{56}Ni) είναι το τελευταίο που παράγεται πριν καταρρεύσει ένας υπερκαινοφανής αστέρας (*supernova*), οπότε η έκρηξη του μπορεί να διαχύσει το περιεχόμενο του άστρου. Το ραδιενεργό ^{56}Ni διασπάται στη συνέχεια στο σταθερό ^{56}Fe , με αποτέλεσμα το τελευταίο να επικρατεί τελικά απόλυτα σε αναλογία παρουσίας.

Ενώ ο σίδηρος αποτελεί περίπου το 5% της επιφάνειας της γης, ο γήινος πυρήνας θεωρείται ότι αποτελείται κατά ένα μεγάλο μέρος από ένα κράμα σιδήρου-νικελίου που αποτελεί το 35% της συνολικής μάζας της γης. Ο σίδηρος είναι συνεπώς το αφθονότερο στοιχείο στη Γη, αλλά μόνο το τέταρτο αφθονότερο στοιχείο στην επιφάνειά της, μετά από το αργίλιο (Al). Το μεγαλύτερο μέρος του σιδήρου στην επιφάνεια βρίσκεται ενωμένο με το οξυγόνο ως οξείδια σιδήρου, όπως ο αιματίτης, ο γκετίτης και ο μαγνητίτης, ή ως σουλφίδια σιδήρου, όπως ο σιδηροπυρίτης. Περίπου ένας στους 20 μετεωρίτες αποτελείται από μεταλλεύματα σιδήρου-νικελίου. Αν και σπάνιοι, οι μετεωρίτες σιδήρου είναι ο σημαντικότερος τρόπος σχηματισμού και αίτιο ύπαρξης μεταλλικού σιδήρου στην επιφάνεια της γης. Το κόκκινο χρώμα της επιφάνειας του Άρη θεωρείται ότι προέρχεται από πετρώματα πλούσια σε σίδηρο.

Ισότοπα

Ο φυσικός σίδηρος αποτελείται από τέσσερα (4) ισότοπα: 5.845% από το ραδιενεργό ^{54}Fe (ημιζωή: $>3,1 \cdot 10^{22}$ έτη), 91,754% από το σταθερό ^{56}Fe , 2,119% από το σταθερό ^{57}Fe και 0,282% από το επίσης σταθερό ^{58}Fe . Το ^{60}Fe είναι ένα εξαφανισμένο ραδιοϊσότοπο με χρόνο ημιζωής 1,5 εκατομμύρια έτη.

Ο σίδηρος στον οργανισμό

Ο σίδηρος θεωρείται απαραίτητο ανόργανο στοιχείο για όλους τους οργανισμούς, καθώς έχει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό και είναι απαραίτητα προσθετική ομάδα για εκατοντάδες ένζυμα και πρωτεΐνες^[2], όπως οι πρωτεΐνες που μεταφέρουν οξυγόνο.^[3] Στον ενήλικα άνθρωπο η φυσιολογική ποσότητα σιδήρου που βρίσκεται στον οργανισμό είναι περίπου 4 γραμμάρια, από τα οποία το 75% είναι δεσμευμένο στην αιμοσφαιρίνη. Ο σίδηρος που βρίσκεται στον οργανισμό ανακυκλώνεται, όμως μικρή ποσότητα αποβάλλεται με τα ούρα, τα κόπρανα, την έμμηνο ρύση στις γυναίκες και μέσω του δέρματος. Αυτή η απώλεια αντισταθμίζεται με την απορρόφηση σιδήρου που προέρχεται από τη διατροφή στο λεπτό έντερο.^[4] Η έλλειψη σιδήρου (σιδηροπενία) είναι η πιο κοινή διατροφική έλλειψη στις Ηνωμένες Πολιτείες,^[5] ενώ το πρόβλημα είναι πολύ έντονο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, 600 με 700 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως έχουν σιδηροπενία.^[6]

Βιολογικός ρόλος

Ο σίδηρος είναι στοιχείο το οποίο είναι απαραίτητο για όλους τους οργανισμούς. Οι βασικές του λειτουργίες σχετίζονται με τις αλλαγές στην κατάσταση οξειδωσής του και στην μεταφορά ηλεκτρονίων.^[7] Ο σίδηρος είναι βασικό συστατικό της αίμης, ενός μορίου το οποίο υπάρχει σε μεγάλο αριθμό ενζύμων και πρωτεϊνών. Ο σίδηρος στην αίμη της αιμοσφαιρίνης και της μυοσφαιρίνης δρα ως μεταφορέας και αποθήκη οξυγόνου. Η αιμοσφαιρίνη δεσμεύει το μεγαλύτερο ποσοστό του σιδήρου στον οργανισμό. Ο σίδηρος επίσης βρίσκεται στα κυτοχρώματα, πρωτεΐνες που δρουν ως μεταφορέας ηλεκτρονίων στην οξειδωτική φωσφορυλίωση, την κύρια αντίδραση παραγωγής ενέργειας υπό την μορφή ATP. Ο σίδηρος επίσης είναι συνδετική ομάδα σε ένζυμα με αναγωγική δράση όπως οι καταλάσες και οι περοξειδάσες.^[2] Ο σίδηρος σχηματίζει σύμπλοκα μαζί με το θείο τα οποία ενώνονται σε πρωτεΐνες, σχηματίζοντας σιδηρο-θειο-πρωτεΐνες, και συμμετέχουν σε πολλές βιολογικές λειτουργίες, όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή. Αυτά τα σύμπλοκα έχουν πολλές διαφορετικές οξειδωτικές καταστάσεις και έτσι χρησιμοποιούνται σε πολλά ένζυμα και σε πρωτεΐνες με ρυθμιστική δράση.^[8] Ο σίδηρος βρίσκεται επίσης στο βακτηριακό ένζυμο νιτρογενάση, το οποίο χρησιμοποιείται στην αζωτοδέσμευση, δηλαδή μετατρέπει το μοριακό αζώτο σε αμμωνία. Ο σίδηρος βρίσκεται και στην φερρεδοξίνη, ένα ισχυρό αναγωγικό που χρησιμοποιείται στην δέσμευση του αζώτου για να δώσει ηλεκτρόνια.

Πρόσληψη σιδήρου μέσω της διατροφής

Οι κύριες πηγές διατροφικού σιδήρου είναι το κόκκινο κρέας, κυρίως το βοδινό, το ψάρι (π.χ. τόνος και σολομός), τα στρείδια και το κρέας των πουλερικών και ιδίως το συκώτι.^[3] Ο σίδηρος από αυτές τις πηγές βρίσκεται ενωμένος με την ομάδα αίμης και σχεδόν το 25% του σιδήρου απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό. Άλλες διατροφικές πηγές σιδήρου είναι τα όσπρια, τα αποξηραμένα φρούτα, το σουσάμι, τα ενισχυμένα με σίδηρο δημητριακά και τα λαχανικά, όπως το σπανάκι. Επειδή ο σίδηρος που δεν είναι ζωικής προέλευσης δημιουργεί χηλικά σύμπλοκα με ενώσεις στον αυλό του εντέρου και δεν απορροφάται εξίσου καλά^[9], η ποσότητα που εντέλει θα απορροφηθεί από τον οργανισμό εξαρτάται από τις υπόλοιπες τροφές που καταναλώνονται στο ίδιο γεύμα. Τροφές που βελτιώνουν την απορρόφηση του σιδήρου είναι η βιταμίνη C και οι ζωικές πρωτεΐνες. Από την άλλη τροφές που περιέχουν ασβέστιο, τανίνες, πολυφαινόλες και οι φυτάτες μειώνουν την απορρόφηση του σιδήρου.^{[6][10][11]}

Γενικώς δύναται να λεχθεί ότι οι τροφές που καταναλώνουμε ημερησίως περιέχουν 10-20 mg σιδήρου, από τα οποία απορροφώνται στόν άνδρα 1mg και στην γυναίκα 2mg.^[12]

Στα θηλαστικά η απορρόφηση του σιδήρου γίνεται στο δωδεκαδάκτυλο. Ο σίδηρος που βρίσκεται στην αίμη απορροφάται από τον οργανισμό στη μορφή της μεταλλοπορφυρίνης. Το τρισθενές ιόν του σιδήρου απορροφάται από το μονοπάτι της β3 ιντεργκρίνης και της μομπλιφερρίνης, το οποίο δεν απορροφά άλλα μέταλλα, ενώ το δισθενές ιόν του σιδήρου (Fe^{2+}) απορροφάται από την πρωτεΐνη DMT1 (Μεταφορέας Δισθενών Μετάλλων), ένα μεμβρανικό μεταφορά δισθενών ιόντων.^[9] Η μεταφορά είναι ενεργή, δηλαδή απαιτείται ενέργεια για να πραγματοποιηθεί. Η DMT1 δεν είναι εξειδικευμένη στο σίδηρο, αλλά μεταφέρει και άλλα μέταλλα, όπως είναι το μαγγάνιο, το νικέλιο, το μαγνήσιο, το κοβάλτιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το κάδμιο και ο μόλυβδος.^[13] Η δομή αυτής της πρωτεΐνης είναι διατηρημένη ανάμεσα στους οργανισμούς, καθώς στα φυτά, τους μικροοργανισμούς και τα σπονδυλωτά έχουν βρεθεί παρόμοιες πρωτεΐνες.^[14] Η απορρόφηση μπορεί να αυξηθεί σε περιπτώσεις σιδηροπενίας, αιμόλυσης και υποξίας. Ο σίδηρος μόλις μπει στο εντεροκύτταρο μπορεί να αποθηκευθεί σε μόρια φερριτίνης, και τελικά να χαθεί όταν το κύτταρο νεκρωθεί, ή να περάσει στο αίμα, όπου μεταφέρεται με την τρασφερρίνη.^[9]

Ο προσδιορισμός του σιδήρου ορού

Η μέτρηση του σιδήρου του ορού αφορά στην πραγματικότητα τον τρισθενή σίδηρο (Fe^{3+}), ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την τρανσφερρίνη. Η αποδέσμευση του σιδήρου από την τρανσφερρίνη γίνεται μετά από αναγωγή του τρισθενούς σιδήρου (Fe^{3+}) σε δισθενή (Fe^{2+}), με κάποιο ισχυρό αναγωγικό μέσο (π.χ. ασκορβικό οξύ ή διθειονικά) ή με πτώση του pH. Έπειτα ο προσδιορισμός του σιδήρου γίνεται χρωμομετρικά με ή χωρίς την απολευκωμάτωση του ορού. Η απολευκωμάτωση γίνεται με φυγοκέντρηση και απομάκρυνση των κατακρημνισμένων πρωτεϊνών. Η τελευταία μέθοδος είναι απλούστερη, αλλά με κάποια μειονεκτήματα. Στη συνέχεια τα ιόντα δισθενούς σιδήρου (Fe^{2+}) δίνουν ένα χρωμογόνο έγχρωμο σύμπλοκο, η απορρόφηση του οποίου είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του δεσμευμένου με την τρανσφερρίνη σιδήρου. Συνιστάται οι εξεταζόμενοι να προσέρχονται νηστικοί, αφού πρωτεΐνες και λιπίδια θολώνουν το δείγμα (λιπαιμικός ορός) και δίνουν ψευδώς αυξημένες τιμές. Οι φυσιολογικές τιμές του σιδήρου είναι περίπου: 60-170 $\mu\text{g/dl}$, ενώ δεν πρέπει να παραβλέπεται η ημερήσια διακύμανση των επιπέδων του, με αύξηση των επιπέδων το βράδυ. Σε παθολογικές καταστάσεις, σιδηροπενία ή υπερφόρτωση σε σίδηρο, οι τιμές σταθεροποιούνται σε χαμηλά ή υψηλά επίπεδα αντίστοιχα. Ακόμη ο προσδιορισμός του σιδήρου ορού γίνεται ποτενσιομετρικά και με ατομική απορρόφηση.

Εκτίμηση των αποθεμάτων σιδήρου

Η εργαστηριακή διερεύνηση της ποσότητας των αποθεμάτων σιδήρου στον οργανισμό στηρίζεται τόσο σε άμεσες όσο και σε έμμεσες μεθόδους. Οι άμεσοι μέθοδοι που γίνονται απαιτούν την διενέργεια βιοψίας και ειδική εξέταση των λαμβανομένων ιστολογικών δειγμάτων. Από τα διάφορα όργανα, που περιέχουν αποθέματα σιδήρου προτιμάται για την διενέργεια των βιοψιών το ήπαρ. Στον ηπατικό ιστό παρατηρείται αρκετά μεγάλη ομοιογένεια και γι' αυτόν το λόγο αποτελεί αξιόλογη πηγή λήψης ιστολογικών δειγμάτων και επακριβέστερης εκτίμησης των αποθεμάτων σιδήρου στα δείγματα αυτά. Όσον αφορά τις έμμεσες μεθόδους, υπάρχουν 4 βασικές μέθοδοι έμμεσης εκτίμησης των αποθεμάτων του σιδήρου.^{[15][16][17]}

Total Iron Binding Capacity

Ο προσδιορισμός της αναλογίας συγκέντρωσης σιδήρου ορού προς τη συνολική δεσμευτική ικανότητα σιδήρου (Total Iron Binding Capacity) αποτελεί την απλούστερη έμμεση μέθοδο εκτίμησης των αποθεμάτων σιδήρου. Η έλλειψη σιδήρου μειώνει τη συγκέντρωσή του στον ορό του αίματος και παράλληλα αυξάνει την συνολική δεσμευτική ικανότητά του η οποία αντιστοιχεί στη συγκέντρωση της τρανσφερρίνης. Στην έλλειψη σιδήρου η τρανσφερρίνη είναι λιγότερο από 10% κορεσμένη με σίδηρο. Αντίθετα, η υπερφόρτωση του οργανισμού με σίδηρο αυξάνει την συγκέντρωση του στον ορό και ταυτόχρονα αυξάνει τον κορεσμό της τρανσφερρίνης πάνω από 80%. Ο λόγος του σιδήρου ορού προς την ολική δεσμευτική ικανότητα της τρανσφερρίνης (δηλαδή το ποσό του σιδήρου που απαιτείται για πλήρη κορεσμό τρανσφερρίνης) $\times 100$ αναφέρεται ως εκατοστιαίος κορεσμός τρανσφερρίνης (TS) και εκφράζει το ποσοστό δεσμεύσεως του σιδήρου ορού στην τρανσφερρίνη (φυσιολογικές τιμές 20-50 %).

$$\text{TS} = (\text{Serum Iron} / \text{Total Iron Binding Capacity}) \times 100\%$$

Οι συνδυασμοί TIBC, σιδήρου και τρανσφερρίνης είναι χρήσιμοι στη διαφορική διάγνωση της αναιμίας, την εκτίμηση της σιδηροπενικής αναιμίας, την αξιολόγηση της θαλασσαιμίας, της σιδηροβλαστικής αναιμίας και της αιμοχρωμάτωσης. Ο συνδυασμός χαμηλού σιδήρου, υψηλής σιδηροδεσμευτικής ικανότητας (TIBC) και υψηλών επιπέδων τρανσφερρίνης υποδηλώνει σιδηροπενία.

Φερριτίνη

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης φερριτίνης στον ορό του αίματος αποτελεί δείκτη αποθεμάτων σιδήρου. Η συγκέντρωσή της αυξάνεται όταν τα αποθέματα σιδήρου πληθαίνουν και αντίθετα μειώνεται, όταν υπάρχει έλλειψη σιδήρου στον οργανισμό. Όσον αφορά τις τιμές αναφοράς της φερριτίνης του ορού, μετρήσεις που έγιναν σε υγιή, μη σιδηροπενικά, ενήλικα άτομα, άνδρες και γυναίκες, έδωσαν μια ευρεία ποικιλία τιμών από 50 - 300 $\mu\text{g/L}$.

Πρωτοπορφυρίνη IX

Η πρωτοπορφυρίνη IX προσδιορίζεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Στα ερυθροκύτταρα ατόμων που πάσχουν από έλλειψη σιδήρου συσσωρεύεται πρωτοπορφυρίνη IX, επειδή ο σίδηρος τους δεν επαρκεί για την μετατροπή της ουσίας αυτής σε αίμη.

Απεικονιστικές εξετάσεις

Η αξονική και η μαγνητική τομογραφία του ήπατος παρέχουν επίσης ενδεικτικά στοιχεία για την εκτίμηση των αποθεμάτων σιδήρου, ιδιαίτερα σε καταστάσεις υπερφόρτωσης του οργανισμού με σίδηρο.

Έλλειψη σιδήρου και Σιδηροπενική αναιμία

Η έλλειψη σιδήρου, ήπιου ή και μέτριου βαθμού, συνήθως δεν προκαλεί σαφείς μεταβολές της αιματολογικής εικόνας. Όταν όμως η έλλειψη αυτή είναι σημαντική, παρουσιάζεται η κλασική εικόνα αναιμίας, η οποία εκδηλώνεται με την μείωση της αιμοσφαιρίνης (μη-αναιμική σιδηροπενία), ή και μείωση του αιματοκρίτη και των ερυθρών αιμοσφαιρίων (σιδηροπενική αναιμία). Η μη-αναιμική έλλειψη σιδήρου μπορεί να μειώσει την περιεκτικότητα της μυοσφαιρίνης των σκελετικών μυών, καθώς και να περιορίσει την επάρκεια του οξειδωτικού μεταβολισμού των ιστών και ιδιαίτερα του αερόβιου μυϊκού μεταβολισμού. Η σιδηροπενική αναιμία, πέρα των διαταραχών

αυτών, περιορίζει την επάρκεια του συστήματος μεταφοράς οξυγόνου προς τους ιστούς. Η προοδευτικά αυξανόμενη έλλειψη σιδήρου προκαλεί μια σειρά αιματολογικών μεταβολών. Η κλιμάκωση αυτή παρατηρείται στην πορεία που ακολουθεί. Στάδια σιδηροπενικής αναιμίας:

1. **Προ-λανθάνον στάδιο.** Στο στάδιο αυτό, ο σίδηρος της φερριτίνης και ο σίδηρος της αιμοσιδηρίνης χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών σιδήρου του οργανισμού. Η συγκέντρωση της φερριτίνης μειώνεται κάτω από 60 ng/ml ή 80 ng/ml αντίστοιχα για γυναίκες και άνδρες. Η συγκέντρωση του σιδήρου στον ορό του αίματος παραμένει σε κανονικά επίπεδα, όπως επίσης και ο αιματοκρίτης, η αιμοσφαιρίνη και ο αριθμός των ερυθρών αιμοσφαιρίων.
2. **Λανθάνον στάδιο.** Πρόκειται για το επόμενο αλλά και πιο προχωρημένο στάδιο σιδηροπενίας, στο οποίο τα αποθέματα σιδήρου στον οργανισμό τείνουν να εξαντληθούν. Η συγκέντρωση της φερριτίνης μειώνεται κάτω από 30 ng/ml και παράλληλα αρχίζει να μειώνεται και ο σίδηρος στο αίμα κάτω από τα 60 mg/dl. Στο στάδιο αυτό ο αιματοκρίτης, η αιμοσφαιρίνη και ο αριθμός των ερυθρών αιμοσφαιρίων παραμένουν σε κανονικά επίπεδα.
3. **Στάδιο έκδηλης αναιμίας.** Πρόκειται για το επόμενο κατά σειρά στάδιο εκδήλωσης της σιδηροπενικής αναιμίας στο οποίο: Η συγκέντρωση του σιδήρου στον ορό του αίματος μειώνεται αισθητά, η αιμοσφαιρίνη μειώνεται κάτω από 12 g/dl και 14 g/dl αντίστοιχα στις γυναίκες και τους άνδρες. Ο αριθμός των ερυθρών αιμοσφαιρίων είναι μάλλον κανονικός, η τιμή όμως του αιματοκρίτη μπορεί να ελαττωθεί, λόγω ανάλογης μείωσης του μέσου όγκου των ερυθρών αιμοσφαιρίων (MCV).
4. **Στάδιο προχωρημένης αναιμίας.** Το τελικό σιδηροπενικό στάδιο που ονομάζεται και στάδιο προχωρημένης αναιμίας, τα αποθέματα σιδήρου είναι ήδη εξαντλημένα και όλοι οι αιματολογικοί δείκτες είναι μειωμένοι αισθητά και κυρίως του αιματοκρίτη. Η κατάσταση αυτή χαρακτηρίζεται ως σιδηροπενική αναιμία.

Υπερφόρτωση και τοξικότητα σιδήρου

Παρ' όλο που ο σίδηρος αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για ένα υγιή οργανισμό, η υπερβολική ποσότητά του μπορεί να καταστεί από επιζήμια ως και θανατηφόρα. Ο άνθρωπος δεν διαθέτει μηχανισμούς με τους οποίους μπορεί να απομακρύνει (μαζικά) σίδηρο από τον οργανισμό του. Έχει δείχθει ότι η υπερφόρτωση του οργανισμού με σίδηρο μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο κυκλοφορικό σύστημα, στην καρδιά και εγκεφαλικά επεισόδια,^[18] ενώ έχει βρεθεί ότι προκαλεί βλάβες και σε άλλα όργανα, όπως το ήπαρ, οι πνεύμονες, ο μυελός των οστών και ενδοκρινή όργανα, με κίνδυνο εκδήλωσης θανάσιμων ασθενειών, όπως η κίρρωση ήπατος και η καρδιακή ανεπάρκεια, εξαιτίας της οξειδωτικής του δράσης. Στον άνθρωπο μια συχνή αιτία υπερφόρτωσης σιδήρου, ή αλλιώς αιμοσιδήρωση^[19], είναι οι πολλαπλές μεταγγίσεις αίματος για την θεραπεία της αναιμίας, αλλά υπάρχουν και γενετικά αίτια, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της κληρονομικής αιμοχρωμάτωσης^[20]. Σε αυτήν την περίπτωση ο σίδηρος θα πρέπει να απομακρυνθεί από τον οργανισμό με αποσιδήρωση,^[21] καθώς ο άνθρωπος δεν έχει μηχανισμό μέσω του οποίου μπορεί να απεκκρίνει σίδηρο.^[22]

Παραπομπές και σημειώσεις

1. R.S. Carmichael (ed.), CRC Practical Handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals, CRC Press, Boca Raton, FL, (1989).
2. «Iron» (<http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/iron/index.html>). Micronutrient Information Center. Linus Pauling Institute. Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2012.
3. «Iron in diet» (<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/002422.htm>). MedlinePlus. Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2012.
4. Ανδρουλά Ελευθερίου (2007). «Θαλασσαιμία» (<http://www.thalassaemia.org.cy/uploads/1447952203aboutthalassaemiagreek.pdf>) (PDF). Διεθνής Ομοσπονδία Θαλασσαιμίας. σελ. 37. Ανακτήθηκε στις 22 Ιουνίου 2016.
5. «Recommendations to Prevent and Control Iron Deficiency in the United States» (<https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00051880.htm>). Morbidity and Mortality Weekly Report. Centers for Disease Control and Prevention. 3 Απριλίου 1998. Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2012.
6. «Έλλειψη σιδήρου: η πιο συχνή διατροφική ανεπάρκεια» (<https://web.archive.org/web/20130818010657/http://www.eufic.org/article/el/artid/iron-common-deficiency>). European Food Information Council. Σεπτέμβριος 1999. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.eufic.org/article/el/artid/iron-common-deficiency/>) στις 18 Αυγούστου 2013. Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2012.
7. Παναγιώτης Σαρρής. «Η φυσιολογία των Χημικών Στοιχείων στο φυτό» (<https://web.archive.org/web/20100705025630/http://www.agrool.gr/files/physiol.pdf>) (PDF). σελ. 105. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.agrool.gr/files/physiol.pdf>) (PDF) στις 5 Ιουλίου 2010. Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2012.
8. Tracey A. Rouault και Wing Hang Tong (Αύγουστος 2008). «Iron–sulfur cluster biogenesis and human disease» (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2574672/>). Trends Genet 24 (8): 398-407. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2574672/>.
9. Marcel E. Conrad, Jay N. Umbreit (Αύγουστος 2000). «Iron absorption and transport—An update». American Journal of Hematology 64 (4): 287-298. doi:10.1002/1096-8652(200008)64:4<287::AID-AJH9>3.0.CO;2-L ([https://dx.doi.org/10.1002/1096-8652\(200008\)64:4%3A4%3C287%3A%3AAID-AJH9%3E3.0.CO%3B2-L](https://dx.doi.org/10.1002/1096-8652(200008)64:4%3A4%3C287%3A%3AAID-AJH9%3E3.0.CO%3B2-L)).

10. «Iron and Iron Deficiency» (<https://web.archive.org/web/20121121115953/http://www.cdc.gov/nutrition/everyone/basics/vitamins/iron.html>). *Nutrition for Everyone*. Centers for Disease Control and Prevention. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<https://www.cdc.gov/nutrition/everyone/basics/vitamins/iron.html>) στις 21 Νοεμβρίου 2012. Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2012.
11. «Iron» (<http://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-HealthProfessional/>). *Office of Dietary Supplements*. National Institutes of Health. Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2012.
12. Πηγή Ν. Ασπιώτου, Φυσιολογία του ανθρώπου, τόμος Β', σελ 942
13. M. D. Garrick et.al (2006). «DMT1: Which metals does it transport?» (http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-97602006000100009&script=sci_arttext). *Biological Research* 39. doi:10.4067/S0716-97602006000100009 (<https://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602006000100009>). ISSN 0716-9760 (<http://worldcat.org/issn/0716-9760>). http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-97602006000100009&script=sci_arttext.
14. Mims MP, Prchal JT (Αύγουστος 2005). «Divalent metal transporter 1.». *Hematology* 10 (4): 339-45. PMID 16085548 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16085548>).
15. Davidsohn I, & Henry J. B. *Clinical Diagnosis By Laboratory Methods*, W. B. Saudenders Company, 15th Edition, Philadelphia, London, Toronto, ISBN 0-72162922-9.
16. Longo L. D. *Hematology and Oncology*, Harrison 2011, 1st edition, London, ISBN 978-960-394-749-3.
17. Marshall W. *Κλινική βιοχημεία, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας*, Αθήνα 2000, ISBN 960-372-014-3.
18. «Ποια η σχέση σιδήρου, καρδιάς, αιμοδοσίας, εμφράγματος και εγκεφαλικών επεισοδίων;» (<https://www.medlook.net/%CE%91%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/1541.html>) από medlook.net. Πρώτη δημοσίευση (https://web.archive.org/web/20131102194148/http://www.medlook.net.cy/article.asp?item_id=2239) 15/02/2007. Αρχειοθετήθηκε (<https://web.archive.org/web/20150423083030/https://www.medlook.net/%CE%91%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/1541.html>) 23/04/2015. Ανακτήθηκε 07/12/2012.
19. Νέτα, Σοφία (11 Μαΐου 2010). «Θαλασσαιμία και υπερφόρτωση σιδήρου» (<https://web.archive.org/web/20160304193544/http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=160857>). *Ελευθεροτυπία*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=160857>) στις 4 Μαρτίου 2016. <https://web.archive.org/web/20160304193544/http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=160857>. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2012.
20. «Hemochromatosis - Definition» (<http://www.mayoclinic.com/health/hemochromatosis/DS00455>). MayoClinic.com. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2012.
21. «Υπερφόρτωση σιδήρου προερχόμενη από μετάγγιση ΜΔΣ: Ένα εγχειρίδιο για ασθενείς» (<https://web.archive.org/web/20160313065200/http://www.mds-foundation.org/pdf/iron-greek.pdf>) (PDF). MDS Foundation. σελ. 4. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.mds-foundation.org/pdf/iron-greek.pdf>) (Pdf) στις 13 Μαρτίου 2016. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2012.
22. Pietrangelo, A (Μάιος 2003). «Haemochromatosis» (<https://web.archive.org/web/20190301060012/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1867747/pdf/v052p0ii23.pdf>). *Gut* 52 (90002): ii23–30. doi:10.1136/gut.52.suppl_2.ii23 (https://dx.doi.org/10.1136/gut.52.suppl_2.ii23). PMID 12651879 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12651879>). PMC 1867747 (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pmcentrez&artid=1867747>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<https://web.archive.org/web/20190301060012/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1867747/pdf/v052p0ii23.pdf>) στις 1 Μαρτίου 2019. <https://web.archive.org/web/20190301060012/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1867747/pdf/v052p0ii23.pdf>. Ανακτήθηκε στις 1 Μαρτίου 2019.

Εξωτερικοί σύνδεσμοι

- *Εξομολογήσεις του Σιδήρου σε γλώσσα Διαθεματικότητας* (ένα διδακτικό κείμενο για τον σίδηρο) (<http://www.epyna.gr/modules.php?name=News&file=article&sid=779>) Αρχειοθετήθηκε (<https://web.archive.org/web/20071010220455/http://www.epyna.gr/modules.php?name=News&file=article&sid=779>) 2007-10-10 στο Wayback Machine.

Ανακτήθηκε από "<https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Σίδηρος&oldid=10834000>"