

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΝΕΟΠΛΑΣΜΑΤΙΚΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ

Αθανάσιος Τραγιαννίδης

Λέκτορας Παιδιατρικής-Παιδιατρικής Αιματολογίας

Β' Παιδιατρική Κλινική ΑΠΘ, Νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ

Ο καρκίνος της παιδικής ηλικίας αποτελεί σπάνιο νόσημα η επίπτωση του οποίου όμως αυξάνει τις τελευταίες δεκαετίες. Σύμφωνα με επιδημιολογικά δεδομένα η ετήσια επίπτωσή του ανέρχεται στις 14 νέες περιπτώσεις ανά 100.000 παιδικού πληθυσμού, ενώ στους εφήβους ανεβαίνει στις 20 νέες περιπτώσεις. Σημαντική είναι όμως και η πρόοδος που έχει σημειωθεί στη διάγνωση, θεραπεία και επιβίωση των παιδιών με καρκίνο. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι η 5ετής ολική και ελεύθερη νόσου επιβίωση υπερβαίνει το 70% και ενδεχομένως αγγίζει σε ορισμένες μελέτες και συγκεκριμένους τύπους καρκίνου το 80-90%. Η οξεία λεμφοβλαστική λευχαιμία (ΟΛΛ) αποτελεί όχι μόνο τη συχνότερη κακοήθη νόσο της παιδικής ηλικίας, αλλά και το πρότυπο κακοήθες νόσημα μελέτης γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων που σχετίζονται με την εκδήλωσή της. Με δεδομένο ότι στις ΗΠΑ αλλά και στην Ευρώπη, όπου υπάρχουν συστήματα καταγραφής και μελέτης των κακοηθειών της παιδικής ηλικίας, το 2010 αναφέρονταν ότι 1 ανά 250 ενήλικες είναι επιβιώσας από παιδικό καρκίνο. Προκύπτει επομένως ότι το συγκεκριμένο νόσημα αποτελεί ένα σύγχρονο πρόβλημα δημόσιας υγείας με επιπτώσεις στο ψυχολογικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο των επιζώντων και των οικογενειών τους.

Όπως ήδη αναφέρθηκε η επίπτωση του παιδικού καρκίνου αυξάνει τις τελευταίες δεκαετίες. Σίγουρα αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην πρόοδο που έχει επιτευχθεί στη διάγνωση και την αντιμετώπιση, αλλά και στην βελτίωση των συστημάτων καταγραφής και αναφοράς των περιπτώσεων. Εντούτοις, μέχρι σήμερα δεν έχει διευκρινιστεί επαρκώς η αιτιολογία του, αν

και είναι γνωστό ότι οικογενείς και γενετικοί παράγοντες ενοχοποιούνται για ποσοστό 5-15% των περιπτώσεων παιδικού καρκίνου. Είναι ευρέως γνωστό, ότι η ενδομήτρια έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία, χημειοθεραπευτικούς παράγοντες και καρκινογόνους ιούς όπως ο ιός της ηπατίτιδας Β, των ανθρωπίνων κονδυλωμάτων, ο ιός Epstein Barr και ο ιός HIV καθώς και ορισμένα κληρονομούμενα γενετικά σύνδρομα σχετίζονται με την εκδήλωση ορισμένων μορφών παιδικού καρκίνου. Πλήθος μελετών της διεθνούς βιβλιογραφίας συσχετίζουν χωρίς απόλυτα να τεκμηριώνουν ύποπτους περιβαλλοντικούς παράγοντες με την πρόκληση παιδικού καρκίνου. Όσον αφορά την ακτινοβολία αξίζει να αναφερθεί ότι η σύγχρονη και ραγδαία τις τελευταίες δύο δεκαετίες πρόοδος της τεχνολογίας μέσω ποικίλων εφαρμογών τόσο της ιονίζουσας όσο και της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας ενδεχομένως να σχετίζονται με την αύξηση της επίπτωσης του παιδικού καρκίνου ή ορισμένων τύπων του.

Η ακτινοβολία αποτελεί μορφή ενέργειας που εκπέμπεται είτε με τη μορφή κυμάτων ή κινούμενων υποατομικών σωματιδίων. Διακρίνεται ανάλογα με την ενέργεια και την επίδρασή της σε **ιονίζουσα** και **μη ιονίζουσα ακτινοβολία**. Η ιονίζουσα ακτινοβολία μεταφέρει ενέργεια ικανή να εισχωρήσει στην ύλη προκαλώντας ionτισμό των ατόμων με βιολογικές επιδράσεις στον άνθρωπο μέσω διάσπασης χημικών δεσμών.

Οι σημαντικότερες πηγές ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι οι εξής:

- ραδιονουκλείδια του φλοιού και του υπεδάφους της γης
- ραδιενεργό ραδόνιο (απαντάται κυρίως σε υπόγεια κτιρίων)
- πυρηνικοί αντιδραστήρες
- ιατρικά μηχανήματα (ακτίνες Χ, ραδιοισότοπα, μηχανήματα ελέγχου αποσκευών)
- ανιχνευτές καπνού
- μηχανές τεχνητού μαυρίσματος
- τυχόν ραδιενεργά δομικά υλικά.

Η μη ionίζουσα ακτινοβολία διακρίνεται σε χαμηλής συχνότητας (συχνότητα <3MHz) και απαντάται σε αγωγούς υπό τάση (ηλεκτρικά πεδία) καθώς σε αγωγούς που διαρρέονται από ρεύμα (ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία) και υψηλής συχνότητας (>3MHz) που απαντάται σε διατάξεις εκπομπής. Κύριες πηγές χαμηλόσυχνης μη ionίζουσας ακτινοβολίας είναι οι εξής:

-ηλεκτρικές συσκευές (ηλεκτρικές κουζίνες, φούρνοι μικροκυμάτων, τηλεοράσεις κτλ)

-αγωγοί μεταφοράς ρεύματος

-μετασχηματιστές ρεύματος

-Υποσταθμοί υποβιβασμού τάσης

-ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών

-ανιχνευτές μετάλλων

Κύριες πηγές υψηλόσυχνης μη ionίζουσας ακτινοβολίας είναι οι εξής:

-κεραίες κινητής τηλεφωνίας, τηλεόρασης, ραδιοφώνου

-δορυφορικές επικοινωνίες

-κινητά και ασύρματα τηλέφωνα

-συσκευές ενδοεπικοινωνίας

-wifi

-bluetooth

-φούρνοι μικροκυμάτων

-H/Y

-ραντάρ.

ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΠΑΙΔΙΚΟΣ ΚΑΡΚΙΝΟΣ

Η επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας έχει τεκμηριωμένα συσχετιστεί με τύπους παιδικού καρκίνου και συγκεκριμένα με την οξεία μυελογενή λευχαιμία. Ο σχετικός κίνδυνος σχετίζεται με τη δόση, το χρόνο έκθεσης και την ηλικία κατά την έκθεση. Είναι γνωστό βάσει μελετών εδώ και 50 χρόνια ότι η επίπτωση λευχαιμίας μεταξύ των επιζώντων από την έκρηξη της πυρηνικής βόμβας στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι της Ιαπωνίας ήταν 20 φορές υψηλότερη σε σύγκριση με τον υπόλοιπο πληθυσμό. Η επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας στην παιδική ηλικία σχετίζεται επίσης και με το χρόνο έκθεσης (πριν την σύλληψη, ενδομήτρια, μετά τη γέννηση).

Πλήθος μελετών της βιβλιογραφίας συσχέτισαν την πατρική έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία με τον κίνδυνο εκδήλωσης παιδικής λευχαιμίας με αντιφατικά αποτελέσματα. Οι Gardner και συν μελέτησαν δημοσιεύοντας το 1990 αν υπήρχε συσχέτιση μεταξύ της αυξημένης επίπτωσης παιδικής λευχαιμίας και της γειννίας με πυρηνικό σταθμό στην περιοχή του Sellafield της Μεγάλης Βρετανίας από το 1950 μέχρι το 1985. Από τα αποτελέσματα της μελέτης προέκυψε υψηλότερη επίπτωση παιδικής λευχαιμίας για παιδιά που ζούσαν πλησίον του πυρηνικού σταθμού καθώς και για εκείνα των οποίων οι πατέρες εργάζονταν στον πυρηνικό σταθμό κατά το χρονικό διάστημα της σύλληψης των παιδιών αυτών. Η συγκεκριμένη μελέτη αμφισβητήθηκε σημαντικά λόγω της μη επιβεβαίωσης των αποτελεσμάτων από άλλες κλινικές μελέτες και κυρίως από το γεγονός ότι δεν καταγράφηκε αυξημένη επίπτωση παιδικής λευχαιμίας στους απογόνους των ατομικών εκρήξεων στην Χιροσίμα και το Ναγκασάκι που σαφώς εκτέθηκαν σε υψηλότερες δόσεις ιονίζουσας ακτινοβολίας. Όσον αφορά τις ακτίνες Χ για διαγνωστικούς λόγους από μελέτη των Shu και συν προέκυψε αυξημένη επίπτωση οξείας λευχαιμίας που σχετίστηκε με έκθεση των γονέων μέσω πολλαπλών ακτινογραφιών πριν την σύλληψη.

Όσον αφορά την ενδομήτρια έκθεση και την εκδήλωση παιδικού καρκίνου οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στην ρήψη της ατομικής βόμβας στην Ιαπωνία το 1944 και στο πυρηνικό ατύχημα του Τσερνόμπιλ στη Σοβιετική Ένωση το 1986. Όλες οι μελέτες που διενεργήθηκαν στην Ιαπωνία

μετά το 1944 κατέδειξαν αυξημένη επίπτωση παιδικής λευχαιμίας, ενώ τα αποτελέσματα των μελετών τόσο στην Σοβιετική Ένωση όσο και σε γειτονικές ευρωπαϊκές χώρες μετά το 1986 κατέδειξαν αντιφατικά αποτελέσματα. Εντούτοις, σύμφωνα με τα ευρήματα των περισσότερων μελετών αναφέρεται αυξημένη επίπτωση παιδικής λευχαιμίας στα παιδιά που εκτέθηκαν ενδομήτρια και που διέμεναν πλησίον του πυρηνικού σταθμού. Τέλος, όσον αφορά τον κίνδυνο εκδήλωσης παιδικού καρκίνου και ενδομήτριας έκθεσης σε ακτίνες Χ για διαγνωστικούς λόγους είναι γνωστό ήδη από το 1956 ότι ο σχετικός κίνδυνος για οξείες λευχαιμίες είναι υψηλός. Σε αντίθεση με τα προαναφερόμενα ευρήματα από νεότερες μελέτες δεν καταγράφεται υψηλός κίνδυνος για εκδήλωση οξείας λευχαιμίας σε παιδιά μητέρων που υποβλήθηκαν σε ακτίνες Χ κατά την κύηση, γεγονός που ενδεχομένως να σχετίζεται με μικρότερες δόσεις με τα σύγχρονα μηχανήματα.

Η έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία μετά τη γέννηση έχει εκτενώς μελετηθεί στα παιδιά που γεννήθηκαν μετά τη ρήψη της ατομικής βόμβας στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι. Βάσει μελετών προέκυψε ότι τα παιδιά και οι έφηβοι εμφάνιζαν αυξημένο κίνδυνο λευχαιμίας και ο σχετικός κίνδυνος ήταν 7 φορές μεγαλύτερος. Αρκετές μελέτες απέδειξαν αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης λευχαιμίας ή θανάτου σε παιδιά που υποβλήθηκαν σε ακτινοθεραπεία για καλοήγη νοσήματα όπως η διεύρυνση του θύμου αδένος και η αγκυλοποιητική σπονδυλοαρθρίτιδα. Όσον αφορά το πυρηνικό ατύχημα στο Τσερνόμπιλ δεν προκύπτει αυξημένος κίνδυνος κακοήθειας γενικότερα ή λευχαιμίας ειδικότερα στα παιδιά που εκτέθηκαν. Τέλος, από μελέτη των Shu και συν αναφέρεται ότι για τα παιδιά που υποβλήθηκαν σε διαγνωστικές ακτινογραφίες δεν προκύπτει αυξημένη επίπτωση λευχαιμίας ακόμη και για εκείνα στα οποία διενεργήθηκαν περισσότερες από τρεις. Αντίθετα βρέθηκε αυξημένος κίνδυνος εκδήλωσης προ Β-κυτταρικής αρχής ΟΛΛ για όσα υποβλήθηκαν σε περισσότερες από 3 ακτινογραφίες σε ηλικία μικρότερη των 5 ετών. Τα ευρήματα τους επιβεβαιώθηκαν και από εκείνα άλλων μελετών της βιβλιογραφίας.

ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Πλήθος επιδημιολογικών μελετών έχει διενεργηθεί με στόχο την πιθανή συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και την εκδήλωση παιδικού καρκίνου. Ορισμένες μελέτες απέδειξαν μία οριακή συσχέτιση ενώ ορισμένες καμία με αποτέλεσμα να καταλήξουν ότι η διχογνωμία πιθανώς να οφείλεται στις διαφορές των μεθόδων μέτρησης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και/ή στη μη δυνατότητα σωστής και επακριβούς μέτρησής τους. Σε πειραματικά μοντέλα διαπιστώθηκε ότι η έκθεση σε σαφώς μεγαλύτερα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικών πεδίων δεν σχετίζονται με αυξημένη κίνδυνο εκδήλωσης αιματολογικής κακοήθειας. Το 2000 ο Ahlbom και συν δημοσίευσαν μετα-ανάλυση 9 μελετών της βιβλιογραφίας. Σύμφωνα με αυτή μελετήθηκε η έκθεση σε οικιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 3203 παιδιών με λευχαιμία και 10338 μαρτύρων και βρέθηκε αυξημένος κίνδυνος (relative risk; RR:2.00) καθώς και πιθανή σχέση με την εκδήλωση λευχαιμίας μόνο για τα παιδιά με επίπεδα έκθεσης $\geq 0.4\text{mT}$. Σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης των Linet και συν στην οποία μετρήθηκαν η έκθεση σε οικιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 1200 ασθενών κατά τη χρονική διάρκεια εκδήλωσης της λευχαιμίας δεν βρέθηκε αυξημένος κίνδυνος για την εκδήλωσή της.

Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που παράγονται από τις γραμμές υψηλής τάσης και τις οικιακές ηλεκτρικές συσκευές όπως προκύπτει από τις προαναφερόμενες μελέτες και πολλές άλλες ενδέχεται να αποτελούν καρκινογόνους παράγοντες, αλλά η συμμετοχή τους δεν είναι σαφώς διευκρινισμένη. Το 1996 η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) συγκρότησε ειδική ομάδα με στόχο τη μελέτη των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία που σχετίζονται με ηλεκτρικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Το 2002 δημοσιεύτηκαν τα αποτελέσματα σύμφωνα με τα οποία δεν προκύπτουν θέματα υγείας που να σχετίζονται με έκθεση σε εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικά πεδία σε επίπεδα που γενικά απαντώνται στον γενικό πληθυσμό. Σχετικά με τα εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας μαγνητικά πεδία κρίνονται ως πιθανώς καρκινογόνα για τον άνθρωπο και μάλιστα η διαπίστωση αυτή βασίστηκε σε επιδημιολογικές μελέτες παιδιών με λευχαιμία όμως όπως προαναφέρθηκε

από μελέτες που διενεργήθηκαν στην συνέχεια δεν αποδεικνύεται αιτιολογική συσχέτιση.

Εκτός όμως από τις παραδοσιακές ηλεκτρικές συσκευές, που αποτελούν σήμερα τις πλέον διαδεδομένες εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως το ραδιόφωνο και η τηλεόραση, τις τελευταίες 2 δεκαετίες η κατάσταση άλλαξε δραματικά με τη χρήση των κινητών και ασύρματων τηλεφώνων. Σήμερα υπολογίζεται ότι στον πλανήτη υπάρχουν περισσότεροι από 5 δισεκατομμύρια χρήστες κινητής τηλεφωνίας και σαφώς ήδη από τα τέλη της προηγούμενης δεκαετίας έχει τεθεί η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις μιας τόσο μαζικής τεχνολογικής εφεύρεσης τόσο στους ενήλικες αλλά κυρίως στα παιδιά. Επιπλέον, εκτός των κινητών και σταθερών τηλεφώνων υποστηρικτικά λειτουργούν και οι κεραιές κινητής και σταθερής τηλεφωνίας και εκείνες ραδιοηλεκτρονικών σταθμών που ενδεχομένως να επιβαρύνουν τις επιπτώσεις από τη χρήση τους στην υγεία μας. Σύμφωνα με δεδομένα επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) που δημοσιεύτηκε το 2007 αναφέρεται ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου για χρονικό διάστημα μικρότερο των 10 ετών δεν σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης όγκων εγκεφάλου ή ακουστικού νευρινώματος. Πρόσφατα και συγκεκριμένα το Σεπτέμβριο του 2014 δημοσιεύτηκε ο σχεδιασμός της μελέτης MOBI-Kids που θα ερευνήσει την επίδραση των εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που παράγονται από την κινητή τηλεφωνία στην εκδήλωση όγκων του ΚΝΣ παιδιών ηλικίας 10-14 ετών από 14 χώρες. Στόχος της μελέτης αποτελεί η συλλογή περίπου 1000 παιδιών με όγκους του ΚΝΣ και αντίστοιχων μαρτύρων με βάση το σχεδιασμό της μελέτης INTERPHONE. Στη συγκεκριμένη μελέτη εντάχθηκαν μέσω ερωτηματολογίων 2708 ασθενείς με γλοιώμα και 2409 με μηνιγγίωμα από 13 χώρες καθώς και αντίστοιχοι μάρτυρες και δεν καταγράφηκε αυξημένος κίνδυνος γλοιώματος ή μηνιγγιώματος που να σχετίζεται με τη χρήση κινητού τηλεφώνου.

Συμπερασματικά προκύπτει ότι παρότι ζούμε σε ένα περιβάλλον που ακτινοβολείται ολοένα και περισσότερο, ως αποτέλεσμα τεχνολογικών επιτευγμάτων που έχουν σαν κύριο στόχο να διευκολύνουν τη ζωή μας, δεν έχει τουλάχιστον μέχρι σήμερα διευκρινιστεί ο ρόλος της μη ionίζουσας και σε

μικρότερο βαθμό της ιονίζουσας ακτινοβολίας στην πρόκληση παιδικού καρκίνου. Η επίπτωση του παιδικού καρκίνου αυξάνει τις τελευταίες δεκαετίες και πλέον είναι σαφές ότι η επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων εκ των οποίων ελάχιστοι έχουν προσδιοριστεί συμβάλει στην εκδήλωσή του σε συνδυασμό με τη γενετική προδιάθεση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ahlbom A, Day N, Feychting M, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemias. *Br J Cancer* 2000;83:692-698.
2. Shu XO, Potter J, Linet M, et al. Diagnostic X-rays and ultrasound exposure and risk of acute lymphoblastic leukemia by immunophenotype. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2002;11:177-185.
3. Gardner M, Snee M, Hall A, et al. Results of case-control study of leukemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria. *BMJ* 1990;300:423-429.
4. Cardis E, Deltour I, Vrijheid M, et al. Brain tumor risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol* 2010;39:675-694.
5. Sadetzki S, Langer CE, Bruchim R, et al. The MOBI-Kids study protocol: challenges in assessing childhood and adolescent exposure to electromagnetic fields from wireless telecommunication technologies and possible association with brain tumor risk. *Front Public Health* 2014;2:124.
6. Bard D, Verger P, Hubert P. Chernobyl, 10 years after. Health consequences. *Epidemiology Reviews* 1997;19:187-204.
7. Belson M, Kingsley B, Holmes A. Risk factors for acute leukemia in children: a review. *Environ Health Perspect* 2007;115:138-145.