

Το πράσινο φως του τερβίου: Φθηνός και ευαίσθητος αισθητήρας για τον καρκίνο του ήπατος

Δρ Σπύρος Κιτσινέλης

Ένα από τα πιο εντυπωσιακά πρόσφατα επιτεύγματα της νανοχημείας προέρχεται από το Ινστιτούτο Επιστημών της Ινδίας (IISc), όπου ερευνητές ανέπτυξαν έναν καινοτόμο αισθητήρα με βάση το στοιχείο τέρβιο (Tb), που μπορεί να ανιχνεύει την παρουσία του ενζύμου β-γλυκουρονιδάση (β-glucuronidase). Το ένζυμο αυτό αποτελεί γνωστό βιοδείκτη για ηπατικές ασθένειες και καρκίνο του ήπατος, και η παρουσία του ανιχνεύεται εδώ μέσω έντονης πράσινης φωταύγειας υπό υπεριώδες φως.

Η εργασία δημοσιεύτηκε πρόσφατα στο περιοδικό *Chemistry – An Asian Journal* και συνιστά ένα ελπιδοφόρο βήμα προς την προσβάσιμη, χαμηλού κόστους διάγνωση για πληθυσμούς με περιορισμένες ιατρικές υποδομές.

Η β-γλυκουρονιδάση είναι ένα ένζυμο παρόν σε ευρύ φάσμα οργανισμών, από βακτήρια και φυτά μέχρι τον ανθρώπινο οργανισμό. Ο ρόλος της είναι η αποδόμηση του γλυκουρονικού οξέος, ενός σακχαρούχου μεταβολίτη. Η έντονη παρουσία του ενζύμου συσχετίζεται με καρκίνο του ήπατος, του παχέος εντέρου, των νεφρών και του μαστού, καθώς και με λοιμώξεις του ουροποιητικού και AIDS.

Παραδοσιακές μέθοδοι ανίχνευσης, όπως η φασματοφωτομετρία και η φθορίζουσα ανάλυση, συχνά περιορίζονται από χαμηλή ευαισθησία ή παρεμβολές από το φθορίζον υπόβαθρο. Όμως, τα ιόντα λανθανιδών – όπως το τέρβιο – έχουν την ιδιότητα να εκπέμπουν φθορισμό με μεγάλο χρόνο ζωής, επιτρέποντας φιλτράρισμα των γρήγορων και ενοχλητικών υποβάθρων και την ενίσχυση του σήματος.

Η ομάδα με επικεφαλής τον Ομότιμο Καθηγητή Uday Maitra αξιοποίησε έναν μοριακό μηχανισμό πολλαπλών βημάτων για να επιτύχει την επιλεκτική φθορίζουσα απόκριση:

1. Δημιούργησαν μια γέλη βασισμένη σε άλατα χολής (bile salts), εντός της οποίας ενσωματώθηκαν ιόντα τερβίου.
2. Μέσα στη γέλη, προστέθηκε μια οργανική ένωση, το 2,3-διϋδροξυναφθαλίνιο (2,3-DHN), η οποία ήταν «καλυμμένη» με γλυκουρονικό οξύ – έτσι ώστε να μην αλληλεπιδρά με το φως.
3. Όταν προστίθεται το ένζυμο β-γλυκουρονιδάση, αποδομεί το γλυκουρονικό οξύ και απελευθερώνει το 2,3-DHN.

4. Το ελεύθερο πλέον 2,3-DHN λειτουργεί ως “κεραία”: απορροφά UV ακτινοβολία και μεταφέρει την ενέργεια στο κοντινό ιόν τερβίου, το οποίο με τη σειρά του εκπέμπει έντονη πράσινη λάμψη.

Ο κρίσιμος παράγοντας εδώ είναι η απόσταση μεταξύ του 2,3-DHN και των ιόντων τερβίου, που διατηρείται μικρή χάρη στη γέλη, εξασφαλίζοντας αποτελεσματική μεταφορά ενέργειας.

Για να καταστήσουν τη μέθοδο πρακτική, οι ερευνητές ανέπτυξαν έναν αισθητήρα πάνω σε χάρτινο δίσκο. Η γέλη με τα ενεργά συστατικά τοποθετείται σε δίσκους διηθητικού χαρτιού, οι οποίοι μπορούν να δέχονται σταγόνες του υπό εξέταση δείγματος.



Όταν υπάρχει β-γλυκουρονιδάση, η πράσινη λάμψη κάτω από UV φωτισμό είναι χαρακτηριστική και ορατή δια γυμνού οφθαλμού, χωρίς περίπλοκα φασματόμετρα. Η αξιολόγηση μπορεί να γίνει με ένα απλό UV φως και χρήση του ImageJ, ενός δωρεάν ανοιχτού λογισμικού ανάλυσης εικόνας. Το όριο ανίχνευσης (LOD) της μεθόδου βρέθηκε στα 185 ng/mL, αρκετά κάτω από τα επίπεδα των 1.000 ng/mL που παρατηρούνται σε προχωρημένα στάδια κίρρωσης του ήπατος.

Αν και η μέθοδος χρειάζεται ακόμη κλινική επικύρωση, οι συγγραφείς είναι αισιόδοξοι ότι μπορεί να μετατραπεί σε εργαλείο έγκαιρης ανίχνευσης για τον καρκίνο του ήπατος, αλλά και για άλλες παθήσεις στις οποίες η β-γλυκουρονιδάση παίζει ρόλο – όπως η νεογνική ίκτερος και η τοξικότητα από ΜΣΑΦ (μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα).

Η καινοτομία αυτής της προσέγγισης δεν βρίσκεται μόνο στη χημική της σύλληψη, αλλά και στη δυνατότητα ευρείας διάδοσης, ακόμη και σε περιοχές με περιορισμένες υποδομές υγειονομικής περίθαλψης. Ο συνδυασμός σπάνιων γαιών, ευφυούς μοριακής σχεδίασης, και απλών υλικών, όπως το χαρτί και ένα UV φως, δείχνει πώς η χημεία μπορεί να επιφέρει κοινωνικό αντίκτυπο, κάνοντας την επιστήμη πιο προσβάσιμη και φθηνή.

Πηγές

- Bhatt, D. et al. (2024). *A Luminescent Paper-Based Terbium Sensor for β-Glucuronidase Detection*, Chemistry – An Asian Journal.
- BBC Future (2025). *Terbium's Green Glow: A Simple Sensor for Liver Cancer*.
- UM Group & IISc. Research Highlights and Media Releases.