

Η διδασκαλία θεμάτων βιοχημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: σχεδιασμός ερωτηματολογίου για τον έλεγχο της κατανόησης του μεταβολισμού

Παναγιώτα Μαρμαρωτή, Ντία Γαλανοπούλου
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, Ζωγράφου, 15571 Αθήνα
Email: galanoroulou@chem.uoa.gr

Περίληψη. Ένα από τα ερευνητικά αντικείμενα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών είναι αυτό της καταγραφής των προβλημάτων κατανόησης εκ μέρους των μαθητών. Στο επιστημονικό πεδίο της Βιοχημείας και στη βαθμίδα της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης η σχετική έρευνα είναι περιορισμένη. Σκοπός της εργασίας αυτής, η οποία εντάσσεται στο πλαίσιο της μελέτης της κατανόησης των θεμάτων Βιοχημείας που διδάσκονται στο ελληνικό σχολείο, ήταν να διερευνηθεί αν οι μαθητές κατανοούν τις έννοιες του μεταβολισμού. Ειδικότερα, παρουσιάζεται η διαδικασία σχεδιασμού ενός ερωτηματολογίου κλειστού τύπου, το οποίο διερευνά την κατανόηση όλων των επιμέρους διαστάσεων του μεταβολισμού και επιτρέπει την εφαρμογή διασταυρούμενης ανάλυσης για τον έλεγχό της. Σημαντικά στάδια στη διαδικασία αυτή ήταν ο καθορισμός ενός καταλόγου επιστημονικά αποδεκτών θέσεων, που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες ερωτήσεις, αλλά και η αξιολόγηση του ερωτηματολογίου. Η διαδικασία του σχεδιασμού, αλλά και το ίδιο το ερωτηματολόγιο, μπορούν να συμβάλλουν στην αποτελεσματική διδασκαλία του μεταβολισμού.

Εισαγωγή

Ένα από τα ερευνητικά αντικείμενα της Διδακτικής στις Φυσικές Επιστήμες είναι η ανίχνευση παρανοήσεων και προβλημάτων κατανόησης εκ μέρους των μαθητών, μία διαδικασία που βοηθά ώστε να γίνει αποτελεσματική η διδασκαλία (Treagust et al. 1996). Τέτοιου είδους παρανοήσεις έχουν μελετηθεί στα επιστημονικά πεδία της Χημείας (Garnett et al. 1995) και της Βιολογίας (Lazarowitz & Penso 1992), αλλά σε αυτό της Βιοχημείας η σχετική έρευνα είναι περιορισμένη (Grayson et al. 1997).

Ανάμεσα στα θέματα Βιοχημείας που διδάσκονται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση είναι ο μεταβολισμός και οι σχετικές με αυτόν έννοιες. Η μελέτη της κατανόησης του μεταβολισμού, όπως παρουσιάζεται στη διεθνή βιβλιογραφία, αφορά κυρίως σε προπτυχιακούς φοιτητές, για τους οποίους η Βιοχημεία αποτελεί ένα ιδιαίτερα δύσκολο αντικείμενο (Wood 1990). Η μελέτη επίσης αφορά στην ύπαρξη λαθών ή παρανοήσεων σε πανεπιστημιακά εγχειρίδια (Storey 1991, 1992a, 1992b), ενώ έχουν δημοσιευτεί διδακτικές προτάσεις για την κατανόηση επιμέρους μεταβολικών πορειών όπως η γλυκόλυση και ο κύκλος του Krebs από προπτυχιακούς φοιτητές (Akeroyd 1983, Palmer 1986, Schultz 1997). Κάποιες από αυτές εστιάζουν στην αναγκαιότητα εφαρμογής των νόμων της Θερμοδυναμικής στις μεταβολικές πορείες (Abu-Salah 1992).

Χαρακτηριστικές παρανοήσεις σχετικές με το μεταβολισμό είναι ότι ο αναβολισμός είναι ένα είδος καταβολισμού, η πέψη παρέχει την ενέργεια που χρειάζονται οι οργανισμοί, η πέψη περιλαμβάνει τον αναβολισμό και τον καταβολισμό καθώς και ότι τα ένζυμα παρέχουν την ενέργεια που χρειάζονται οι οργανισμοί (Lavoie 1997). Επιπλέον, οι φοιτητές θεωρούν ότι η γλυκόζη είναι το μοναδικό καύσιμο για τον οργανισμό (Oliveira et al. 2006), δεν

αναγνωρίζουν ότι το ATP και το GTP είναι και τα δύο νουκλεοτίδια και συνδέουν με την ενέργεια μόνο το ATP και όχι το ADP ή το GTP (Yarden et al. 2004). Σχετικά με τα ένζυμα, ενώ απαντούν ότι μειώνουν την ενέργεια ενεργοποίησης, πολλοί φοιτητές δεν καταλαβαίνουν τον τρόπο που το κατορθώνουν ή ότι τα ένζυμα παραμένουν στο τέλος της αντίδρασης αναλλοίωτα (Ragsdale & Pedretti 2004). Επίσης θεωρούν ότι, όταν η δράση ενός ενζύμου αναστέλλεται, η μεταβολική πορεία στην οποία το ένζυμο ανήκει θα συνεχίζει να πραγματοποιείται ή ότι θα συνεχίζουν να πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις από εκεί και κάτω (Anderson & Grayson 1994, Grayson et al. 1997). Τέλος, μία άλλη παρανόηση, η οποία έχει σχέση και με την αδυναμία μεταφοράς χημικών εννοιών σε βιολογικά θέματα, είναι η εξής: λόγω της απελευθέρωσης ενέργειας κατά τη διάσπαση (όπως γράφουν απλουστευτικά τα βιβλία) του ATP, οι μαθητές πιστεύουν ότι οποτεδήποτε διασπάται ένας χημικός δεσμός ελευθερώνεται ενέργεια (Gayford 1986, Storey 1992a, Galley 2004).

Παρά τη μεγάλη δυσκολία των εννοιών της Βιοχημείας, όπως αυτή του ATP και της μετατροπής ενέργειας για τους μαθητές (Johnstone & Mahmoud 1980), οι έννοιες του μεταβολισμού είναι σημαντικές για την επίτευξη του στόχου του επιστημονικού και τεχνολογικού αλφαριθμητισμού (scientific literacy) όλων των μαθητών και όχι μόνο αυτών που θα ακολουθήσουν ανώτατες σπουδές, ώστε να προετοιμαστούν ως πολίτες μίας κοινωνίας που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα (Reid 2000). Γι' αυτό και η διδασκαλία τους δεν είναι δυνατό να αποκλειστεί από τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Αφετηρία, ωστόσο, για το σχεδιασμό μίας αποτελεσματικής διδασκαλίας αποτελεί αναμφίβολα η ανίχνευση των προβλημάτων κατανόησης εκ μέρους των μαθητών. Η ανίχνευση αυτή, όσον αφορά τις έννοιες του μεταβολισμού, επιχειρείται στην παρούσα έρευνα. Η έρευνα αυτή εντάσσεται στο πλαίσιο της μελέτης της κατανόησης θεμάτων Βιοχημείας που διδάσκονται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση που άρχισε με τη μελέτη της κατανόησης της Φωτοσύνθεσης από μαθητές Γυμνασίου (Μαρμαρωτή 2001, Marmaroti & Galanopoulou 2006).

Η ταυτότητα της έρευνας

Όπως ήδη αναφέρθηκε, αντικείμενο μελέτης στην παρούσα έρευνα είναι η κατανόηση βασικών εννοιών του μεταβολισμού από τους μαθητές της Β' τάξης του Λυκείου. Οι έννοιες αυτές κατηγοριοποιούνται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα και το σχολικό βιβλίο σε τέσσερις διαστάσεις: Α) Ενέργεια-τροφή, Β) Μεταβολισμός σε κυτταρικό επίπεδο, Γ) ATP ως ενεργειακό νόμισμα και Δ) Ρόλος των ενζύμων (Καψάλης κ.ά. 2002).

Για τη μελέτη αυτή σχεδιάστηκε ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής) το οποίο, σύμφωνα και με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη μελέτη της κατανόησης της Φωτοσύνθεσης (Marmaroti & Galanopoulou 2006), ικανοποιεί δύο στόχους: α) ερευνά την κατανόηση όλων των επιμέρους διαστάσεων του μεταβολισμού και β) επιτρέπει την εφαρμογή διασταυρούμενης ανάλυσης ώστε να μπορεί να ελεγχθεί η κατανόηση των εννοιών κάθε διάστασης.

Το επίπεδο κατανόησης των μαθητών, ηλικίας 17 χρονών, για το μεταβολισμό καθορίστηκε από τους διδακτικούς στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος, όπως αυτοί εξειδικεύονται από τους συγγραφείς του σχολικού βιβλίου. Σύμφωνα με αυτούς οι μαθητές πρέπει:

1. να δικαιολογούν την ανάγκη συνεχούς παροχής ενέργειας για τις διάφορες λειτουργίες του κυττάρου και κατ' επέκταση του οργανισμού,
2. να κατανοούν το ρόλο του ATP στις μεταβολικές διαδικασίες,
3. α) να γνωρίζουν και να κατανοούν την έννοια του μεταβολισμού σε κυτταρικό επίπεδο και

- β) να συγκρίνουν τον αναβολισμό με τον καταβολισμό. Τέλος,
4. να κατανοούν τον ρόλο των ενζύμων στις διάφορες μεταβολικές διεργασίες.

Η οργάνωση/διατύπωση των ερωτήσεων στηρίχθηκε σε έναν κατάλογο από επιστημονικά αποδεκτές θέσεις (propositional statements), σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Haslam & Treagust (1987). Οι θέσεις του καταλόγου αυτού βρίσκονται σε αντιστοιχία με συγκεκριμένες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και καθορίζουν τα επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα. Ο καθορισμός των θέσεων αυτών έγινε με βάση τους διδακτικούς στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος και του σχολικού βιβλίου καθώς και το επιστημονικό πλαίσιο του μεταβολισμού, όπως περιγράφεται σε καθιερωμένα βιβλία Βιοχημείας (Berg et al. 2004).

Αποτελέσματα και σχόλια

Το ερωτηματολόγιο που σχεδιάστηκε είναι κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής) και αποτελείται από 16 ερωτήσεις, οι οποίες αφορούν και στις τέσσερις διαστάσεις του μεταβολισμού όπως καθορίζονται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα και το σχολικό βιβλίο (Ενέργεια-τροφή, Μεταβολισμός σε κυτταρικό επίπεδο, ATP ως ενεργειακό νόμισμα, Ρόλος των ενζύμων). Αν και στη μορφή που δίνεται στους μαθητές η σειρά των ερωτήσεων είναι τυχαία (Πίνακας I), αυτές μπορούν να ομαδοποιηθούν στις τέσσερις θεματικές ενότητες. Επίσης, σε κάθε θεματική ενότητα, περιλαμβάνονται ερωτήσεις συμπληρωματικές ή ερωτήσεις που συνδέονται λογικά μεταξύ τους ώστε με διασταυρούμενη ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις αυτές να μπορεί να ελεγχθεί η κατανόηση κάθε διάστασης.

Όπως αναφέρθηκε ήδη στην Ταυτότητα της έρευνας, πριν διατυπωθούν οι ερωτήσεις καθορίστηκε ένας κατάλογος από επιστημονικά αποδεκτές θέσεις με σκοπό να διερευνηθεί η εγκυρότητα περιεχομένου (content validity) του ερωτηματολογίου μας (Tuckman 1999) μέσω της αντιστοίχισης των θέσεων αυτών με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Οι θέσεις αυτές είναι:

A) Ενέργεια-τροφή

Οι μαθητές πρέπει να κατανοούν ότι:

1. Όλοι οι οργανισμοί χρειάζονται ενέργεια.
2. Οι οργανισμοί εξασφαλίζουν ενέργεια από θρεπτικές ουσίες όπως η γλυκόζη, αλλά και από άλλα σάκχαρα και λιπίδια. Η διεργασία με την οποία την εξασφαλίζουν είναι η κυτταρική αναπνοή, δηλαδή η διάσπαση της γλυκόζης (ή των άλλων σακχάρων και των λιπιδίων) που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας. Επομένως οι μαθητές πρέπει να καταλαβαίνουν ότι όλοι οι οργανισμοί κάνουν κυτταρική αναπνοή, διασπών δηλαδή τη γλυκόζη, και έτσι εξασφαλίζουν ενέργεια.
3. Σχετικά με τη προέλευση της γλυκόζης, τα φυτά με τη Φωτοσύνθεση παράγουν τη γλυκόζη μόνα τους από απλές ανόργανες ενώσεις, ενώ τα ζώα την παίρνουν έτοιμη με την τροφή τους (φυτά).
4. Τα φυτά κατά την κυτταρική αναπνοή διασπών τη γλυκόζη που παράγουν τα ίδια, ενώ τα ζώα διασπών τη γλυκόζη που παίρνουν με την τροφή τους.

B) Μεταβολισμός σε κυτταρικό επίπεδο

Οι μαθητές πρέπει να κατανοούν ότι:

1. Ο μεταβολισμός είναι ένα σύνολο από χημικές αντιδράσεις (άρα γίνεται μετατροπή κάποιων ενώσεων σε άλλες με τη βοήθεια των ενζύμων, τα οποία δεν συμμετέχουν

στη χημική αντίδραση) για τις οποίες απαιτείται ή από τις οποίες ελευθερώνεται ενέργεια.

2. Ο μεταβολισμός διακρίνεται σε δύο είδη: τον αναβολισμό και τον καταβολισμό.
Α) Στον αναβολισμό: α) απλούστερες ενώσεις μετατρέπονται σε πολυπλοκότερες και β) απαιτείται ενέργεια.
Β) Στον καταβολισμό: α) μία πολύπλοκη ένωση μετατρέπεται/διασπάται σε απλούστερες και β) ελευθερώνεται ενέργεια.

Γ) ATP ως ενεργειακό νόμισμα

Οι μαθητές πρέπει να κατανοούν ότι:

1. Για να παραχθεί το ATP από το ADP απαιτείται ενέργεια, ενώ όταν το ATP διασπάται προς ADP ελευθερώνεται ενέργεια.
2. Το ATP λειτουργεί ως 'ενεργειακό νόμισμα' επειδή η ενέργεια που ελευθερώνεται από μία αντίδραση καταβολισμού χρησιμοποιείται για να παραχθούν μόρια ATP, ενώ η ενέργεια που απαιτείται για μία αντίδραση αναβολισμού προέρχεται από τη διάσπαση μορίων ATP.

Δ) Ρόλος των ενζύμων

Οι μαθητές πρέπει να κατανοούν ότι:

1. Τα ένζυμα είναι καταλύτες των αντιδράσεων του μεταβολισμού, αυξάνουν δηλαδή την ταχύτητα των αντιδράσεων αυτών χωρίς τα ίδια να συμμετέχουν ως αντιδρώντα ή ως προϊόντα.
2. Οι αντιδράσεις που καταλύουν τα ένζυμα είναι θερμοδυναμικά δυνατές, μπορούν δηλαδή να γίνουν και χωρίς τα ένζυμα αλλά με μικρότερη ταχύτητα. Η δράση των ενζύμων δεν επηρεάζει την ποσότητα των προϊόντων που παράγονται (απόδοση).
3. Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες και έχουν μία περιοχή που λέγεται ενεργό κέντρο μέσω της οποίας αλληλεπιδρούν με τα αντιδρώντα (υπόστρωμα) της αντίδρασης που καταλύουν. Η αλληλεπίδραση αυτή φέρνει κοντά τα αντιδρώντα και κάνει ασταθείς τους δεσμούς τους με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η διάσπασή τους.
4. Η δραστηριότητα των ενζύμων εξαρτάται από την τριτοταγή δομή (διάταξή τους στο χώρο) η οποία, με τη σειρά της, καθορίζεται από την πρωτοταγή δομή τους.

Στη συνέχεια παρατίθεται το ερωτηματολόγιο στη μορφή που δόθηκε στους μαθητές.

Πίνακας 1: Ερωτηματολόγιο για τον έλεγχο της κατανόησης του Μεταβολισμού από μαθητές της Β΄ τάξης του Λυκείου

<p>Ποιοι οργανισμοί χρειάζονται ενέργεια;</p> <p>A) όλοι οι οργανισμοί B) τα φυτά και τα ζώα, αλλά όχι οι υπόλοιποι οργανισμοί Γ) μόνο τα ζώα Δ) μόνο τα φυτά</p>
<p>Τι γίνεται κατά τον μεταβολισμό;</p> <p>A) κάποιες ενώσεις μετατρέπονται σε άλλες, δηλαδή γίνεται χημική αντίδραση B) γίνεται χημική αντίδραση κατά την οποία τα ένζυμα μετατρέπονται σε άλλες ενώσεις Γ) απορροφάται ή ελευθερώνεται ενέργεια Δ) γίνεται τόσο απορρόφηση ή απελευθέρωση ενέργειας όσο και χημική αντίδραση</p>
<p>Τι γίνεται με την ενέργεια κατά την παραγωγή ή τη διάσπαση του ATP;</p> <p>A) όταν το ATP παράγεται από ADP ελευθερώνεται ενέργεια B) όταν το ATP διασπάται σε ADP απαιτείται ενέργεια Γ) όταν το ATP διασπάται σε ADP ελευθερώνεται ενέργεια Δ) η διάσπαση του ATP σε ADP δεν απαιτεί ούτε ελευθερώνει ενέργεια</p>
<p>Ποιος είναι ο ρόλος των ενζύμων;</p> <p>A) βοηθούν ώστε τα αντιδρώντα μίας ενζυμικής αντίδρασης να μετατραπούν πιο γρήγορα σε προϊόντα B) βοηθούν ώστε πιο πολλά μόρια αντιδρώντων μίας ενζυμικής αντίδρασης να μετατραπούν σε προϊόντα Γ) χωρίς αυτά, τα αντιδρώντα μίας ενζυμικής αντίδρασης δεν θα μετατραπούν σε προϊόντα Δ) κάποιες φορές ανήκουν στα αντιδρώντα και κάποιες φορές στα προϊόντα μίας ενζυμικής αντίδρασης</p>
<p>Πού βρίσκουν τη γλυκόζη τα φυτά και τα ζώα;</p> <p>A) τα φυτά παίρνουν τη γλυκόζη έτοιμη από το περιβάλλον, ενώ τα ζώα την παράγουν μόνα τους B) τα ζώα παίρνουν τη γλυκόζη έτοιμη από το περιβάλλον, ενώ τα φυτά την παράγουν μόνα τους Γ) φυτά και ζώα παίρνουν τη γλυκόζη έτοιμη από το περιβάλλον Δ) φυτά και ζώα παράγουν τη γλυκόζη μόνα τους</p>
<p>Σε μία αντίδραση καταβολισμού:</p> <p>A) τα προϊόντα είναι πιο απλές ενώσεις από τα αντιδρώντα B) τα αντιδρώντα είναι πιο απλές ενώσεις από τα προϊόντα Γ) αντιδρώντα και προϊόντα είναι απλές ανόργανες ενώσεις Δ) αντιδρώντα και προϊόντα είναι πάντοτε πολύπλοκες οργανικές ενώσεις</p>
<p>Σε μία αντίδραση αναβολισμού:</p> <p>A) η ενέργεια που ελευθερώνεται χρησιμοποιείται για να παραχθεί ATP B) η ενέργεια που ελευθερώνεται χρησιμοποιείται για να διασπαστεί το ATP Γ) η ενέργεια που απαιτείται προέρχεται από την παραγωγή του ATP Δ) η ενέργεια που απαιτείται προέρχεται από τη διάσπαση του ATP</p>
<p>Η δράση των ενζύμων:</p> <p>A) δεν μπορεί να ανασταλεί B) έχει ως αποτέλεσμα να απομακρυνθούν μεταξύ τους τα αντιδρώντα μίας ενζυμικής αντίδρασης Γ) έχει ως αποτέλεσμα να πλησιάσουν μεταξύ τους τα αντιδρώντα μίας ενζυμικής αντίδρασης Δ) σταθεροποιεί τους δεσμούς των αντιδρώντων μίας ενζυμικής αντίδρασης</p>
<p>Ποιοι οργανισμοί κάνουν κυτταρική αναπνοή;</p> <p>A) φυτά και ζώα B) μόνο τα ζώα Γ) μόνο τα φυτά Δ) όλοι οι οργανισμοί</p>

→ ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΟΜΕΝΗ ΣΕΛΙΔΑ

<p>→ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΣΕΛΙΔΑ</p> <p>Σε ποια από τις δύο κατηγορίες των αντιδράσεων του μεταβολισμού ανήκει η αντίδραση σύνθεσης μίας πρωτεΐνης από αμινοξέα;</p> <p>A) καταβολισμού, γιατί μία πολύπλοκη ένωση μετατρέπεται σε πιο απλές</p> <p>B) αναβολισμού, γιατί απλές ενώσεις μετατρέπονται σε πολυπλοκότερες</p> <p>Γ) καταβολισμού για την οποία απαιτείται ενέργεια</p> <p>Δ) αναβολισμού από την οποία ελευθερώνεται ενέργεια</p>
<p>Πώς χρησιμοποιεί ο οργανισμός την ενέργεια που ελευθερώνεται κατά τη διάσπαση της γλυκόζης;</p> <p>A) άμεσα για την κάλυψη των αναγκών του</p> <p>B) για τη διάσπαση μορίων ATP</p> <p>Γ) για την παραγωγή μορίων ATP, τα οποία διασπάζονται στη συνέχεια</p> <p>Δ) για την παραγωγή μορίων ATP, τα οποία αποθηκεύει</p>
<p>Πού βρίσκεται το ενεργό κέντρο όπου γίνεται η ενζυμική αντίδραση;</p> <p>A) στο ένζυμο</p> <p>B) στο υπόστρωμα</p> <p>Γ) στα προϊόντα</p> <p>Δ) σε οποιοδήποτε από αυτά, ανάλογα με την αντίδραση</p>
<p>Πώς εξασφαλίζουν τα φυτά την ενέργεια;</p> <p>A) άμεσα από τον ήλιο</p> <p>B) διασπώντας τη γλυκόζη που παίρνουν έτοιμη από το περιβάλλον</p> <p>Γ) διασπώντας τη γλυκόζη που παράγουν τα ίδια</p> <p>Δ) τα φυτά δεν χρειάζονται ενέργεια</p>
<p>Σε ποια από τις δύο κατηγορίες των αντιδράσεων του μεταβολισμού ανήκει η αντίδραση διάσπασης ενός νουκλεϊκού οξέος σε νουκλεοτίδια;</p> <p>A) καταβολισμού από την οποία ελευθερώνεται ενέργεια</p> <p>B) αναβολισμού για την οποία απαιτείται ενέργεια</p> <p>Γ) καταβολισμού, γιατί απλές ενώσεις μετατρέπονται σε πολυπλοκότερες</p> <p>Δ) αναβολισμού, γιατί μία πολύπλοκη ένωση μετατρέπεται σε πιο απλές</p>
<p>Σε μία αντίδραση αναβολισμού:</p> <p>A) το ένζυμο αυξάνει την ταχύτητα μετατροπής μίας πολύπλοκης ένωσης σε πιο απλές</p> <p>B) το ένζυμο αυξάνει την ταχύτητα μετατροπής απλών ενώσεων σε πολυπλοκότερες</p> <p>Γ) το ένζυμο είναι μία από τις αρχικές απλές ενώσεις</p> <p>Δ) το ένζυμο είναι η τελική πολύπλοκη ένωση</p>
<p>Η τριτοταγής δομή (διάταξη στο χώρο) ενός ενζύμου:</p> <p>A) αποτελεί μία μικρή περιοχή του ενεργού κέντρου του</p> <p>B) σταθεροποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες</p> <p>Γ) δεν επηρεάζει την καταλυτική δράση του</p> <p>Δ) καθορίζεται από την πρωτοταγή δομή του</p>

Για να διερευνηθεί περαιτέρω η εγκυρότητα περιεχομένου, μετά την κατασκευή του, το ερωτηματολόγιο υποβλήθηκε σε αξιολόγηση από τέσσερις πανεπιστημιακούς καθηγητές Βιοχημείας ή Διδακτικής, τρεις ερευνητές Βιοχημείας, δύο ερευνητές Διδακτικής και τέσσερις έμπειρους καθηγητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Κύριος στόχος της αξιολόγησης ήταν η επικύρωση της κατηγοριοποίησης των ερωτήσεων αλλά και ο χαρακτηρισμός του επιπέδου δυσκολίας τους. Σχετικά με την κατηγοριοποίηση, αυτή επικυρώθηκε σε μεγάλο βαθμό αφού οι μόνες διαφοροποιήσεις που πρότειναν οι αξιολογητές ήταν να ενταχθεί η ερώτηση 7 όχι μόνο στη Γ αλλά και στη Β θεματική ενότητα, η ερώτηση 11 όχι μόνο στη Γ αλλά και στην Α θεματική ενότητα και η ερώτηση 15 όχι μόνο στη Δ αλλά

και στη Β θεματική ενότητα. Επίσης, οι αξιολογητές κλήθηκαν να απαντήσουν αν διακρίνεται σαφώς η σωστή απάντηση σε κάθε ερώτηση, ερώτημα στο οποίο απάντησαν θετικά με μοναδική εξαίρεση κάποιες δευτερεύουσες παρατηρήσεις σχετικές με τις ερωτήσεις 8, 13 και 16.

Στη συνέχεια το ερωτηματολόγιο διακινήθηκε αρχικά στους μαθητές ενός Λυκείου της Αττικής (36 μαθητές) προκειμένου να διερευνηθεί η αξιοπιστία του αλλά και να υπολογιστούν οι δείκτες δυσκολίας και διάκρισης για κάθε ερώτηση (Tuckman 1999). Η τιμή του συντελεστή άλφα κατά Cronbach του ερωτηματολογίου ήταν 0,70 που μας επέτρεψε να διακινήσουμε το ερωτηματολόγιο ως έχει και σε άλλα 9 σχολεία. Και στα σχολεία αυτά οι τιμές του συντελεστή άλφα κατά Cronbach ήταν παρόμοιες. Σχετικά με το δείκτη δυσκολίας, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2, κυμαίνεται από 0,14 έως 0,90 με μέσο όρο 0,47, ενώ ο δείκτης διάκρισης κυμαίνεται από 0,11 μέχρι 0,83 με μέσο όρο 0,48.

Πίνακας 2: Δείκτες δυσκολίας και διάκρισης των ερωτήσεων του Πίνακα 1.

Ερώτηση	Δείκτης δυσκολίας	Δείκτης διάκρισης
1	0,90	0,17
2	0,23	0,56
3	0,57	0,67
4	0,81	0,33
5	0,48	0,55
6	0,38	0,70
7	0,33	0,58
8	0,52	0,83
9	0,14	0,33
10	0,71	0,31
11	0,23	0,36
12	0,29	0,28
13	0,24	0,56
15	0,33	0,58
15	0,52	0,83
16	0,71	0,11

Συμπεράσματα και συνέπειες για τη διδακτική πράξη

Το ερωτηματολόγιο αυτό έχει ήδη διακινήθει στους μαθητές 10 Λυκείων της Αττικής (περίπου 400 μαθητές) κατά τη σχολική χρονιά 2005-2006. Τα αποτελέσματα από τη διακίνηση αυτή, που επιβεβαιώνουν πόσο δύσκολα είναι για τους μαθητές τα θέματα Βιοχημείας που διδάσκονται στο ελληνικό σχολείο, θα παρουσιαστούν σε άλλη ευκαιρία. Δεν συμπεριλαμβάνονται στην παρουσίαση αυτή ώστε να δοθεί έμφαση στην ιδιαίτερη σημασία που έχει ο σχεδιασμός του εργαλείου μίας έρευνας. Κοινά αποδεκτή παραδοχή στο χώρο της Διδακτικής αποτελεί ότι, αφετηρία για μία αποτελεσματική διδασκαλία, είναι η ανίχνευση των προβλημάτων κατανόησης εκ μέρους των μαθητών. Ειδικότερα για τα θέματα Βιοχημείας, τα ερευνητικά εργαλεία θα πρέπει να αφορούν σε όλες τις διαστάσεις, αλλά και να μετρούν την κατανόηση των θεμάτων και όχι απλά την ανάκληση πληροφοριών. Πρόθεση μας ήταν να τονιστεί ότι η ανάπτυξη τέτοιων ερωτηματολογίων μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τους καθηγητές τόσο κατά το σχεδιασμό όσο και κατά την αξιολόγηση της διδασκαλίας τους.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τις Δρ. Α. Κουκά και Μ. Μαυρή για τις συζητήσεις που είχαμε στη διάρκεια του σχεδιασμού του ερωτηματολογίου και την Κ. Σάλτα για τις συμβουλές της σχετικά με τη χρήση του προγράμματος SSPS 10.

Παραπομπές

- Κανάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι. Ε., Περάκη Β. & Σαλαμαστράκης Σ. (2002). Βιολογία Γενικής Παιδείας Β' τάξης Ενιαίου Λυκείου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Μαρμαρωτή, Π. (2001). Η κατανόηση της Φωτοσύνθεσης από μαθητές Γυμνασίων της Αττικής. Ερευνητική Εργασία Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στη Διδακτική της Χημείας. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας.
- Abu-Salah, K. M. (1992). Simplified unifying basis for teaching the applications of the laws of thermodynamics to biological systems. *Biochemical Education*, 20, 99-103.
- Akeroyd, F. M. (1983). Teaching the Krebs cycle. *Journal of Biological Education*, 17, 245-246.
- Anderson, T. R. & Grayson, D. J. (1994). Improving students' understanding of carbohydrate metabolism in first-year biochemistry at tertiary level. *Research in Science Education*, 24, 1-10.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L. & Stryer, L. (Τόμος Ι, 2004 και Τόμος ΙΙ, 2005). Βιοχημεία. Έκδοση 5^η, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Galley, W. C. (2004). Exothermic bond breaking: A persistent misconception. *Journal of Chemical Education*, 81, 523-525.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J. & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- Gayford, C. (1986). ATP: A coherent view for school advanced level studies in biology. *Journal of Biological Education*, 20, 27-32.
- Grayson, D. J., Anderson, T. R. & Crossley, L. G. (1997). A multi-level framework for identifying students' difficulties in a little-researched discipline area (Biochemistry). In: Sanders M. (ed.) *Proceedings of 5th Annual Meeting of SAARMSE*, University of Witwatersand, 118-124.
- Haslam, F. & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21, 203-211.
- Johnstone, A. H. & Mahmoud, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education* 14, 163-166.
- Lavoie D. R. (1997). Using a modified concept mapping strategy to identify students' alternative scientific understanding of Biology. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Chicago, Illinois.
- Lazarowitz, R. & Penso S. (1992). High schools students' difficulties in learning biology concepts. *Journal of Biological Education*, 26, 215-223.
- Μαρμαροτι, Ρ. & Γαλανοπούλου, Δ. (2006). Pupils' understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28, 383-403.
- Oliveira, G. A., Sousa, C. R., Da Poian, A. T. & Luz, M. R. M. P. (2003). Students' misconceptions about energy-yielding metabolism: glucose as the sole metabolic fuel. *Advances in Physiology Education*, 27, 97-101.

- Palmer, R. E. (1986). A strategy and approach for teaching the metabolic pathways. *Biochemical Education*, 14, 11-12.
- Ragsdale, F. R. & Pedretti, K. M. (2004). Making the rate: enzyme dynamics using pop-it beads. *The American Biology Teacher*, 66, 621-626.
- Reid, N. (2000). The presentation of chemistry logically driven or applications-led? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe (CERAPIE)* 1, 381-392.
- Schultz, E. (1997). A guided discovery approach for learning glycolysis. *Biochemical Education*, 25, 205-208.
- Storey, R. D. (1991). Textbook errors and misconceptions in Biology: Cell metabolism. *The American Biology Teacher*, 53, 339-343.
- Storey, R. D. (1992a). Textbook errors and misconceptions in Biology: Cell energetics. *The American Biology Teacher*, 54, 161-166.
- Storey, R. D. (1992b). Textbook errors and misconceptions in Biology: Cell Physiology. *The American Biology Teacher*, 54, 200-203.
- Treagust, D. F., Duit, R. & Fraser, B. J. (1996). Overview: Research on students' preinstructional conceptions-The driving force for improving teaching and learning in science and mathematics. In: Treagust, D. F., Duit, R. & Fraser, B. J. (eds.) *Improving teaching and learning in science and mathematics*, Teacher College Press, New York, 1-14.
- Tuckman B. W. (1999) *Conducting educational research*. 5th edition, Harcourt Brace College Publishers.
- Wood, E J. (1990). Biochemistry is a difficult subject for both student and teacher. *Biochemical Education*, 18, 170-171.
- Yarden, H., Marbach-Ad, G. & Gershoni J. M. (2004). Using the concept map technique in teaching introductory cell biology to college freshmen. *Bioscene*, 4, 3-13.