

Αντλίες συνεχούς υποδόριας χορήγησης ινσουλίνης: η επίδραση της χρήσης του οδηγού δόσης ινσουλίνης στον μεταβολικό έλεγχο ασθενών με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1

Π. Γιαννουλάκη¹

Φ. Ηλιάδης²

Τ. Διδάγγελος²

Περίληψη

Ο οδηγός δόσης ινσουλίνης χρησιμοποιείται στις αντλίες ινσουλίνης από το 2002. Μέσω αυτού με τη βοήθεια μαθηματικών τύπων, υπολογίζονται οι μονάδες ινσουλίνης που χρειάζονται προγευματικά, αλλά και οι διορθωτικές δόσεις ινσουλίνης που απαιτούνται, για τη διατήρηση του καλού γλυκαιμικού ελέγχου. Στον οδηγό δόσης λαμβάνεται υπόψη το είδος του γεύματος και το γλυκαιμικό του φορτίο και γι' αυτό διαθέτει τρεις διαφορετικούς τρόπους χορήγησης ινσουλίνης. Υπολογίζεται επίσης και η ινσουλίνη που βρίσκεται ακόμα σε δράση για να αποφεύγεται η αλληλοεπικάλυψη των δόσεών της, ώστε να μην συμβαίνουν υπογλυκαιμίες.

Ο οδηγός δόσης προσφέρει επίσης πληροφορίες σχετικά με τις προηγούμενες δόσεις ινσουλίνης και τα προηγούμενα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος, οπότε διευκολύνει τη διαχείριση του διαβήτη. Επιπλέον διαθέτει δυνατότητα ρύθμισης της αναλογίας μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάριο ή ισοδύναμα υδατανθράκων, της τιμής του σακχάρου που θέτει ο ασθενής ως στόχο, του συντελεστή ινσουλινευαισθησίας και του χρόνου δράσης της ινσουλίνης που χρησιμοποιείται από την αντλία.

Ως εκ τούτου, η εκπαίδευση των ασθενών στον τρόπο λειτουργίας του οδηγού δόσης ινσουλίνης κρίνεται απαραίτητη.

Εισαγωγή

Ο οδηγός δόσης ινσουλίνης έχει αλλάξει σημαντικά τον τρόπο διατροφής των διαβητικών ασθενών και έχει βοηθήσει στην καλύτερη αντιμετώπιση του σακχαρώδους διαβήτη¹. Από το 1995, μετά τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων της μελέτης DCCT, τα ισοδύναμα των υδατανθράκων υπέστησαν αναθεώρηση και βελτίωση. Δεν υπάρχει πλέον ανάγκη να υπολογίζει κάποιος τις τροφές σε ποσότητες των 15 γραμμαρίων ή σε ισοδύναμες ποσότητες προς ανταλλαγή. Ο ασθενής έχει πλέον τη δυνατότητα, με βάση την ποσότητα των υδατανθράκων που θέλει να καταναλώσει, να υπολογίζει μέσω του οδηγού δόσης [στην προκειμένη περίπτωση με βάση την αναλογία Ινσουλίνης/Υδατανθράκων, Insulin/Carbohydrate Ratio (ICR)], τις μονάδες ινσουλίνης που πρέπει να χορηγηθούν. Η δυνατότητα αυτή προέκυψε κυρίως από την ευρεία εφαρ-

¹ Τμήμα Διαιτολογίας-Διατροφής, ΠΓΝΘ «ΑΧΕΠΑ»

² Διαβητολογικό Κέντρο, Α' ΠΡΠ Κλινική, Ιατρική Σχολή ΑΠΘ, ΠΓΝ Θεσσαλονίκης «ΑΧΕΠΑ»

μογή των ινσουλινών ταχείας δράσης ιδιαίτερα στις αντλίες ινσουλίνης.

Το σύστημα της συνεχούς υποδόριας χορήγησης ινσουλίνης με φορητή αντλία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1976, για ερευνητικούς κυρίως σκοπούς, από τους Pickup και Keen². Αυτός ο τρόπος θεραπείας έχει γίνει εξαιρετικά δημοφιλής στους ασθενείς στα 30 χρόνια που εφαρμόζεται. Σημαντική εξέλιξη της θεραπείας με αντλία αποτελεί ο συνδυασμός της με τη συνεχή υποδόρια καταγραφή των επιπέδων γλυκόζης².

Στην παρούσα ανασκόπηση συζητείται η λειτουργία του οδηγού δόσης ινσουλίνης και η επίδρασή του στον μεταβολικό έλεγχο ατόμων με ΣΔ τύπου 1.

ΑΝΤΛΙΕΣ ΙΝΣΟΥΛΙΝΗΣ

Οι αντλίες ινσουλίνης είναι μικρές συσκευές που χρησιμοποιούνται ως ένα μέσον για εντατικοποίηση της ινσουλिनθεραπείας. Συνήθως αντικαθιστούν το εντατικοποιημένο σχήμα πολλαπλών υποδόριων ενέσεων ινσουλίνης και χορηγούν ινσουλίνη συνεχώς σε 24ωρη βάση, αλλά και δόσεις γευμάτων μέσω ενός καθετήρα, ο οποίος τοποθετείται υποδοριώς. Οι αντλίες ινσουλίνης προσφέρουν αυξημένη ευελιξία στη διαμόρφωση της δόσης και της σωματικής δραστηριότητας καθώς και καλύτερη προβλεψιμότητα των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα. Βέβαια απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατάλληλη εκπαίδευση του ασθενούς στη σωστή χρησιμοποίηση της αντλίας^{3,4,5}.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η συγκεκριμένη διαδικασία είναι πολύπλοκη. Οι ασθενείς πρέπει να γνωρίζουν τις φαρμακοδυναμικές και φαρμακοκινητικές ιδιότητες της ινσουλίνης που χρησιμοποιούν και να εκπαιδεύονται επαρκώς στη λειτουργία της αντλίας. Επιπλέον η ανεύρεση της αναλογίας των μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάρια ή ισοδύναμα υδατανθράκων είναι εξίσου σημαντική, καθώς και ο αυτοέλεγχος της γλυκόζης του αίματος τουλάχιστον τέσσερις φορές την ημέρα⁶.

Οδηγός δόσης

Ο οδηγός δόσης ινσουλίνης (bolus calculator) είναι ένας μαθηματικός αλγόριθμος που είτε χρησιμοποιείται απευθείας από τον διαβητικό ασθενή, ο οποίος πραγματοποιεί από μόνος του τους σχετικούς υπολογισμούς, είτε είναι ενσωματωμένος στο λογισμικό πρόγραμμα της αντλίας ινσουλίνης. Και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται κατάλληλη εκπαί-

δευση του ατόμου που τον χρησιμοποιεί. Ο εν λόγω οδηγός δόσης χρησιμοποιείται για τη χορήγηση είτε γευματικής είτε διορθωτικής δόσης ινσουλίνης ή και των δύο.

Αυτός ο οδηγός λαμβάνει υπόψη τη γλυκόζη αίματος τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή (blood glucose), την τιμή γλυκόζης αίματος που θέτει ως στόχο ο ασθενής (target blood glucose), το ποσό (γραμμάρια ή ισοδύναμα) των υδατανθράκων που καταναλώνονται σε ένα συγκεκριμένο γεύμα, τον τρόπο δράσης της ινσουλίνης, καθώς και άλλους παράγοντες που είναι σημαντικοί για τη ρύθμιση της γλυκόζης αίματος, όπως είναι ο συντελεστής ινσουλινουεμισθησίας, η αναλογία μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάρια ή ισοδύναμα υδατανθράκων (ICR – insulin to carbohydrate ratio), καθώς και η ενεργή ινσουλίνη που είναι σε δράση (insulin on board) μετά από την τελευταία δόση γευματικής ή διορθωτικής δόσης ινσουλίνης (Παράδειγμα)³.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΟΔΗΓΟΥ ΔΟΣΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΙΝΣΟΥΛΙΝΗΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ BOLUS

1. Bolus γεύματος

- Υδατάνθρακες
- Αναλογία ινσουλίνης/υδατάνθρακες (ICR)

| | |
|----------|--|
| Example: | |
| 60 g | $\left(\frac{60}{10} = 6 \text{ units} \right)$ |
| ICR 1:10 | |

2. Bolus διόρθωσης

- Τρέχουσα γλυκόζη αίματος (BG)
- Στόχος γλυκόζης αίματος (Target)
- Συντ. ινσουλινουεμισθησίας (SF)
- Ενεργή ινσουλίνη

| | |
|---------------|---|
| Example: | |
| BG: 200 mg/dL | $\left(\frac{200-100}{50} = 2 \text{ units} \right)$ |
| Target: 100 | |
| SF: 50 | |
| 2u active | units |

3. Υπολογισμός Bolus

| | |
|------------|-----------------------------|
| Est Bolus: | $\{8-2\} = 6 \text{ units}$ |
|------------|-----------------------------|

Γλυκόζη αίματος

Η τιμή της γλυκόζης αίματος μετρείται είτε με αισθητήρα συνεχούς καταγραφής γλυκόζης αίματος τοποθετημένον υποδοριώς, είτε με μετρητή σακχάρου που χρησιμοποιεί τριχοειδικό αίμα. Ο αισθητήρας δίνει συνεχώς δεδομένα μετρήσεων στην αντλία ινσουλίνης και προειδοποιεί τον ασθενή εάν υπάρχει τάση για υπογλυκαιμία ή υπεργλυκαιμία. Βρέθηκε ότι όταν χρησιμοποιείται το αυτόματο σύστημα συνεχούς καταγραφής γίνονται λιγότερα λάθη κατά την εισαγωγή των μετρήσεων σε σύγκριση με τη χρήση του μετρητή σακχάρου, οπό-

τε η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται χειροκίνητα^{3,7,8}. Αν και οι περισσότερες μελέτες δείχνουν ότι η χρήση του αισθητήρα βοηθά περισσότερο στη ρύθμιση της γλυκόζης, παρόλα αυτά στην κλινική πράξη το βέλτιστο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιείται συνδυασμός και των δύο μεθόδων μέτρησης⁸.

Τέλος, εάν ο ασθενής χρησιμοποιεί για τις μετρήσεις της γλυκόζης αίματος τον μετρητή σακχάρου πρέπει πριν από κάθε χρήση να ακολουθεί σχολαστικά τους κανόνες υγιεινής των χεριών (πλύσιμο με σαπούνι, στέγνωμα με χειροπετσέτα). Μελέτες έδειξαν ότι ακόμα και το άγγιγμα φρούτων μισή ώρα πριν τη χρήση του μετρητή σακχάρου αλλοιώνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Τα αποτελέσματα αλλοιώνονται και με τη χρήση οινόπνευματος ως απολυμαντικού^{9,10}.

Συντελεστής ινσουλινοευαισθησίας

Ο συντελεστής ινσουλινοευαισθησίας προσδιορίζει τη μείωση της γλυκόζης του αίματος (σε mg/dl) μετά τη χορήγηση μιας μονάδας ινσουλίνης. Η γνώση του συντελεστή είναι απαραίτητη για κάθε ασθενή που χρησιμοποιεί αντλία ινσουλίνης, ώστε να προβεί σε διορθωτική δόση ινσουλίνης όταν χρειάζεται.

Η διορθωτική δόση ινσουλίνης είναι η ποσότητα της ινσουλίνης που πρέπει να χορηγηθεί, για να επανέλθει μια αυξημένη τιμή σακχάρου αίματος στα επιθυμητά επίπεδα¹¹. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη χορήγηση μεταγευματικής διορθωτικής δόσης ινσουλίνης. Συγκεκριμένα, μετά την κατανάλωση ενός γεύματος υψηλού γλυκαιμικού δείκτη, 1-2 ώρες αργότερα εμφανίζεται ταχεία αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, ενώ παράλληλα υπάρχει ακόμα σημαντική ποσότητα ενεργού ινσουλίνης από το προγευματικό bolus. Για τον λόγο αυτό, εάν ο ασθενής έχει υψηλό μεταγευματικό σάκχαρο πρέπει να αποφύγει το διορθωτικό bolus γιατί υπάρχει κίνδυνος υπογλυκαιμίας. Αντίθετα, μετά από ένα γεύμα χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη, η απορρόφηση της γλυκόζης είναι αργή και εάν το μεταγευματικό σάκχαρο (≥ 2 ώρες) είναι αυξημένο, πιθανώς να χρειαστεί μια δόση διορθωτικής ινσουλίνης ώστε να μειωθεί η γλυκόζη αίματος σε επιθυμητά επίπεδα¹².

Η ανθρώπινη διαλυτή ινσουλίνη ταχείας δράσης και τα ανάλογα ινσουλίνης ταχείας δράσης είναι οι τύποι ινσουλίνης που χρησιμοποιούνται στα συστήματα συνεχούς έγχυσης ινσουλίνης. Η φαρμακοδυναμική και η φαρμακοκινητική των αναλό-

γων (γρηγορότερη έναρξη δράσης, υψηλότερη αιχμή δράσης και μικρότερη διάρκεια δράσης), τα καθιστά την καλύτερη επιλογή στις αντλίες ινσουλίνης, επειδή μιμούνται καλύτερα τη φυσιολογική έκκριση της ινσουλίνης από τα β-κύτταρα του παγκρέατος. Επιπλέον, τα ανάλογα ινσουλίνης εμφανίζουν μικρότερη τάση δημιουργίας κρυστάλλων μέσα στα πλαστικά σωληνάκια της αντλίας, οι οποίοι προκαλούν απόφραξη⁶.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή ινσουλινοευαισθησίας χρησιμοποιείται ο ακόλουθος κανόνας:

- Κανόνας 1800 για ανάλογο ινσουλίνης ταχείας δράσης ή
- Κανόνας 1500 για ανθρώπινη διαλυτή ινσουλίνη ταχείας δράσης.

Ειδικότερα:

- **Κανόνας 1800:** $1800 \div$ συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης (βασική + γευματική ινσουλίνη) = α mg/dl γλυκόζης αίματος που μειώνονται από μία μονάδα αναλόγου ινσουλίνης ταχείας δράσης.
- **Κανόνας 1500:** $1500 \div$ συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης (βασική + γευματική ινσουλίνη) = α mg/dl γλυκόζης αίματος που μειώνονται από μία μονάδα ανθρώπινης διαλυτής ινσουλίνης ταχείας δράσης^{11,13,14}.

Οι παραπάνω κανόνες βασίζονται κυρίως στην κλινική εμπειρία¹³, ενώ πρόσφατες αναδρομικές μελέτες σε χρήστες αντλίας ινσουλίνης με καλή ρύθμιση σακχάρου ανέδειξαν και άλλους κανόνες, όπως είναι ο **κανόνας 1700**^{15,16} και ο **κανόνας 2000**^{14,17}.

Τέλος, η κλινική εμπειρία δείχνει ότι οι περισσότεροι ασθενείς με διαβήτη τύπου 1 γνωρίζουν εμπειρικά τον συντελεστή ινσουλινοευαισθησίας τους, ο οποίος μάλιστα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στην κλινική πράξη, εάν ο συντελεστής ινσουλινοευαισθησίας ενός ασθενούς είναι κάτω από 20 mg/dl τότε πιθανώς να χρειάζεται αλλαγή ο βασικός ρυθμός της αντλίας¹⁸.

Ενεργή ινσουλίνη

Ως ενεργή ινσουλίνη ορίζεται το ποσό της ινσουλίνης που παραμένει σε δράση μετά την τελευταία χορήγηση γευματικής ή διορθωτικής δόσης ινσουλίνης.

Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι ότι η απορρόφηση των αναλόγων ινσουλίνης μπορεί να ποικίλλει κατά 10-30% στο ίδιο άτομο και κατά 20-50% μεταξύ διαφορετικών ατόμων. Όταν η διάρκεια δράσης μιας ινσουλίνης θεωρείται τέσσερις ώρες,

με διακύμανση της τάξης του 10% η τελική διάρκεια δράσης θα κυμαίνεται στις 4 ώρες \pm 24 λεπτά και αν η διακύμανση είναι της τάξης του 30% η τελική διάρκεια δράσης θα κυμαίνεται στις 4 ώρες \pm 72 λεπτά. Είναι σημαντικό ο ασθενής να γνωρίζει την πραγματική διάρκεια δράσης της ινσουλίνης. Διαφορετικά, εάν η διάρκεια οριστεί μικρότερη από την πραγματική, τότε αυξάνεται ο κίνδυνος υπογλυκαιμίας, αφού η αντλία υποδεικνύει λιγότερη ενεργή ινσουλίνη από την πραγματική, ενώ αντίστροφα αν η διάρκεια οριστεί μεγαλύτερη από την πραγματική, αυξάνεται ο κίνδυνος της υπεργλυκαιμίας. Γι' αυτόν τον λόγο, ο ασθενής χρειάζεται να ελέγχει τον πραγματικό χρόνο δράσης της ινσουλίνης που χορηγείται μέσω της αντλίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χορήγηση μιας διορθωτικής δόσης ινσουλίνης, όταν η γλυκόζη αίματος είναι πάνω από 250 mg/dl και στη συνέχεια να ακολουθήσει έλεγχος των επιπέδων του σακχάρου κάθε μία ή μισή ώρα για τις επόμενες έξι ώρες. Ο χρόνος που απαιτείται ώστε η γλυκόζη του αίματος να φτάσει στον στόχο (π.χ. 100 mg/dl) και να παραμείνει σταθερή είναι η πραγματική διάρκεια δράσης της συγκεκριμένης ινσουλίνης για τον συγκεκριμένο ασθενή. Εάν ο ασθενής δεν μπορεί να υπολογίσει με ακρίβεια τις γευματικές, αλλά και τις διορθωτικές δόσεις ινσουλίνης είναι σημαντικό να περιμένει πέντε ώρες από την τελευταία χορήγηση ινσουλίνης (bolus) για την αποφυγή αλληλοεπικάλυψης μεταξύ των δόσεων, η οποία μπορεί να επηρεάσει τα επίπεδα της γλυκόζης αίματος και να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα.

Τέλος, η ινσουλίνη που βρίσκεται σε δράση μπορεί να επηρεαστεί από το μέγεθος του bolus, την άσκηση ή την αυξημένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Μεγαλύτερα bolus πιθανώς να παραμένουν στον οργανισμό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με μικρότερα bolus. Η άσκηση και η ζέστη αυξάνουν τον χρόνο απορρόφησης της ινσουλίνης. Η απορρόφηση της ινσουλίνης αυξάνεται κατά 3 έως 5 φορές όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξηθεί από τους 10°C στους 30°C. Η άσκηση αυξάνει την απορρόφηση της ινσουλίνης και μειώνει τη δράση της. Σε ψυχρό καιρό η άσκηση μπορεί να αυξήσει την απορρόφηση μέχρι 22% και σε θερμό μέχρι 28%. Έτσι, πρέπει κατά τον υπολογισμό της ενεργού ινσουλίνης να συνεκτιμούνται και οι παραπάνω παράγοντες³.

Διατροφική εκπαίδευση

Αναλογία μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάρια ή ισοδύναμα υδατανθράκων

Η αναλογία μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάρια ή ισοδύναμα υδατανθράκων (ICR) αφορά την ποσότητα των γευμάτων που καταναλώνει ο ασθενής και αποτελεί μέρος της διατροφικής του εκπαίδευσης.

Ο υπολογισμός της συγκεκριμένης αναλογίας γίνεται με δύο τρόπους:

1^{ος} τρόπος:

Κανόνας 500: $500 \div$ συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης (βασική + bolus) = α γραμμάρια υδατανθράκων που «καίγονται» από μία μονάδα αναλόγου ινσουλίνης ταχείας δράσης.

Κανόνας 450: $450 \div$ συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης (βασική + bolus) = α γραμμάρια υδατανθράκων που «καίγονται» από μία μονάδα ανθρωπίνης διαλυτής ινσουλίνης ταχείας δράσης^{11,13,14}.

Επιπλέον, οι ίδιες μελέτες που ανέδειξαν τον κανόνα 1700 και 2000, ανέδειξαν αντίστοιχα, σε επίπεδο αναλογίας μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάρια υδατανθράκων, τον **κανόνα 2,8**^{15,16} [$2,8 \times \Sigma B(Ib) /$ συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης] και τον **κανόνα 2,6**^{14,17} [$2,6 \times \Sigma B(Ib) /$ συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης ή $5,7 \times \Sigma B(Kg) /$ συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης]. Ωστόσο για να γίνουν ευρέως αποδεκτοί οι τελευταίοι κανόνες, οι οποίοι προέκυψαν μέσα από αναδρομικές μελέτες, θα πρέπει πρώτα να τεκμηριωθεί η εγκυρότητά τους μέσα από προοπτικές κλινικές μελέτες παρέμβασης.

2^{ος} τρόπος:

Οι απαιτήσεις σε ινσουλίνη, όπως και η ινσουλινοευαισθησία, εξαρτώνται από τον κιρκάδιο ρυθμό κάθε ατόμου. Συνεπώς κατά τη διάρκεια της ημέρας υπάρχει μεταβολή στην αναλογία μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάρια υδατανθράκων. Για τους περισσότερους ασθενείς οι συγκεκριμένες αναλογίες έχουν ως εξής:

- πρωινό: 1,0-3,0 I.U.: 10 g υδατανθράκων
- μεσημεριανό: 0,5-1,5 I.U.: 10 g υδατανθράκων
- βραδινό: 1,0-2,0 I.U.: 10 g υδατανθράκων¹⁸

Κάθε ασθενής χρειάζεται να βρει τη δική του ατομική αναλογία. Ακόμα και μικρές αλλαγές στην αναλογία επηρεάζουν τα μεταγευματικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Συγκεκριμένα, εάν ένα άτομο που ζυγίζει 73 Kg και έχει συνολική ημερήσια δόση ινσουλίνης 40 μονάδες, μειώσει την αναλογία του κατά ένα γραμμάριο, δηλαδή από 1 U/10 g υδατάν-

θρακες σε 1 U/9 g υδατάνθρακες, τότε το μεταγευματικό σάκχαρο θα μειωθεί:

- κατά 33 mg/dl για γεύματα με 60 g υδατάνθρακες και
- κατά 54 mg/dl για γεύματα με 100 g υδατάνθρακες¹⁴.

Στην κλινική πράξη, προτείνονται στον ασθενή γεύματα με συγκεκριμένα ισοδύναμα υδατανθράκων (πρωινό – μεσημεριανό – βραδινό) και λαμβάνοντας υπόψη είτε τον πρώτο είτε τον δεύτερο τρόπο υπολογίζεται η αναλογία μονάδων ινσουλίνης ανά γραμμάρια υδατανθράκων. Ωστόσο, για να επιτευχθεί η ευγλυκαιμία χρειάζεται να ελεγχθεί η ορθότητα της συγκεκριμένης αναλογίας. Η Αμερικανική Διαβητολογική Εταιρεία προτείνει μετά από ένα γευματικό bolus, ο ασθενής να ελέγχει τη γλυκόζη αίματος για κάθε ώρα για τις επόμενες τέσσερις ώρες. Εάν το μεταγευματικό σάκχαρο (2-3 ώρες μετά το φαγητό) είναι κάτω από 180 mg/dl και μετά από τέσσερις ώρες (χωρίς να έχει υπάρξει επιπλέον γεύμα και άσκηση) η γλυκόζη αίματος βρίσκεται στα επιθυμητά επίπεδα, τότε θεωρείται ότι η αναλογία ινσουλίνης/υδατανθράκων είναι η ιδανική. Στο ση-

μείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως εάν η γλυκόζη αίματος μετά τις τέσσερις ώρες είναι στα επιθυμητά επίπεδα, αλλά το μεταγευματικό σάκχαρο είναι πάνω από 180 mg/dl, πιθανώς να χρειαστεί να χορηγηθεί το bolus 15-30 λεπτά πριν από το γεύμα¹⁹.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι η επίτευξη εύρεσης της ιδανικής αναλογίας για τον ασθενή και με τους δύο τρόπους προϋποθέτει ότι τα προγευματικά σάκχαρα του ασθενούς είναι ιδανικά (70-120 mg/dl)²⁰ και δεν υπάρχει ενεργή ινσουλίνη.

Ομάδες τροφίμων: Υπολογισμός ισοδύναμων υδατανθράκων

Εφόσον ο ασθενής καθορίσει την ατομική του αναλογία μονάδων ινσουλίνης ανά ισοδύναμο υδατανθράκων (15 g υδατανθράκων), στη συνέχεια πρέπει να εκπαιδευτεί στον σωστό υπολογισμό του ποσού των υδατανθράκων που λαμβάνει σε κάθε γεύμα. Η εκπαίδευση αυτή περιλαμβάνει τρία στάδια:

1. Σε ποια ομάδα τροφίμων ανήκει κάθε τρόφιμο που καταναλώνεται. Ενδεικτικός είναι ο πίνακας 1²¹⁻²³, στον οποίο παρατίθενται οι έξι ομάδες τροφίμων με τα ισοδύναμά τους.

Πίνακας 1. Ομάδες τροφίμων και τα ισοδύναμά τους.

| Ομάδες τροφίμων | |
|---|---|
| ΟΜΑΔΑ 1: γάλα και προϊόντα - 1 ισοδύναμο = 12 g υδατάνθρακες | 1 φλιτζάνι γάλα 0% (240 ml) 1 κεσεδάκι γιαούρτι 0% (180 g) |
| ΟΜΑΔΑ 2: λαχανικά - 1 ισοδύναμο = 5 g υδατάνθρακες | ½ φλιτζάνι βρασμένο λαχανικό ή 1 φλιτζάνι ωμό λαχανικό (100 g) |
| ΟΜΑΔΑ 3: φρούτα και χυμοί - 1 ισοδύναμο = 15 g υδατανθράκων | 1 μικρό μήλο (120 g), 1 μικρό αχλάδι (110 g), 1 μικρό πορτοκάλι (180 g), ½ μεγάλη μπανάνα (120 g) |
| ΟΜΑΔΑ 4: ψωμί-δημητριακά-όσπρια-αμυλούχα λαχανικά - 1 ισοδύναμο = 15 g υδατάνθρακες | 1 φέτα ψωμί (30 g) λευκό ή σικάλεως, ½ κουλούρι (30 g), ½ φλιτζάνι βρώμη (45 g), ½ φλιτζάνι αρακάς (45 g), ½ φλιτζάνι φασολάκια (45 g), ½ φλιτζάνι καλαμπόκι (45 g), 1/3 φλιτζάνι ζυμαρικά-ρύζι (40 g), 1 μικρή πατάτα (85 g), ½ φλιτζάνι όσπρια μαγειρεμένα και αποστραγγισμένα (45 g) |
| ΟΜΑΔΑ 5: κρέας και υποκατάστατα - υποομάδα χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος - 1 ισοδύναμο = 0 g υδατ., 3 g λίπος - υποομάδα μέσης περιεκτικότητας σε λίπος - 1 ισοδύναμο = 0 g υδατ., 5 g λίπος - υποομάδα υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος - 1 ισοδύναμο = 0 g υδατ., 8 g λίπος | - 30 g μοσχάρι νουά, 30 g κοτόπουλο στήθος χωρίς πέτσα, 30 g ψάρι, 30 g τυρί τύπου cottage cheese - 30 g αρνί μπούτι χωρίς πέτσα, 30 g μοσχαρίσια ή χοιρινή μπριζόλα, 30 g κοτόπουλο μπούτι με πέτσα, 1 αυγό (50 g χωρίς κέλυφος), 30 g τυρί φέτα - 30 g λουκάνικο, 30 g σαλάμι, 30 g χοιρινά παϊδάκια, 30 g μοσχάρι (πλευρά), 30 g κασέρι, 30 g τηγανιτό ψάρι, 1 κουταλιά φυσιτιβοβούτυρο (15 g) |
| ΟΜΑΔΑ 6: λίπος 1 ισοδύναμο = 0 g υδατ., 5 g λίπος | 1 κουταλάκι λάδι (3 g) - μαργαρίνη-μαγιονέζα (5 g), 1/8 αβοκάντο (30 g), 5 μεγάλες ελιές (μαύρες), 6 αμύγδαλα (13 g), 4 μισά καρύδια (13-14 g), 1 κουταλιά σουσάμι (12 g), 2 κουταλάκια (15 g) ταχίνι |

2. Τον υπολογισμό των ισοδυνάμων του συγκεκριμένου τροφίμου ανάλογα με την ποσότητα που καταναλώνεται. Έτσι, σύμφωνα με τον πίνακα 1, η κατανάλωση ενός φλιτζανιού βραστό καρότου αντιστοιχεί σε δύο ισοδύναμα της ομάδας λαχανικών. Ο υπολογισμός της ποσότητας πρέπει να πραγματοποιείται είτε με το ζύγισμα των τροφίμων, είτε με τη χρήση εργαλείων μαγειρικής (φλιτζάνι του τσαγιού, κουτάλι του γλυκού, κουτάλι της σούπας).
3. Τη μετατροπή των ισοδυνάμων των τροφίμων που απαρτίζουν το κάθε γεύμα σε ισοδύναμα υδατανθράκων ανάλογα με την ποσότητα των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και του λίπους που περιέχουν.

Κατά το τρίτο στάδιο της εκπαίδευσης εκτός από τους υδατάνθρακες λαμβάνονται υπόψη επίσης ιδιαίτερα το λίπος αλλά και η πρωτεΐνη που περιέχει το γεύμα, καθώς μπορεί να μεταβάλουν σημαντικά τη γλυκαιμική επίδραση της τροφής. Το λίπος έχει την ικανότητα να καθυστερεί την κένωση του στομάχου και σε μικρότερο βαθμό και οι πρωτεΐνες. Ωστόσο, οι πρωτεΐνες κυρίως διεγείρουν την έκκριση της ινσουλίνης. Γι' αυτό, στους διαβητικούς ασθενείς τύπου 1, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μηδενική έκκριση ινσουλίνης, η πρωτεΐνη δεν επηρεάζει πρακτικά το μεταγευματικό σάκχαρο. Παρ' όλα αυτά συνυπολογίζεται στα ισοδύναμα υδατανθράκων ως ένα επιπλέον ισοδύναμο όταν καταναλώνονται τουλάχιστον 4 ισοδύναμα κρέατος ή κοτόπουλου (120 g) ή 5 ισοδύναμα ψαριού (150 g) σε ένα γεύμα. Όσον αφορά το λίπος, κατανάληση 15 g αντιστοιχεί σε ένα ισοδύναμο υδατανθράκων. Στον πίνακα 2 αναφέρεται η αναλογία ισοδυνάμων τροφίμων με ισοδύναμα υδατανθράκων^{21,22}.

Ετικέτες τροφίμων

Οι διαβητικοί ασθενείς όπως και τα περισσότερα άτομα καταναλώνουν πολλές φορές τυποποιημένα τρόφιμα εμπορίου. Η προσεκτική ανάγνωση των ετικετών αυτών των τροφίμων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον ακριβή υπολογισμό των γραμμαρίων ή ισοδυνάμων υδατανθράκων που καταναλώνονται. Ακόμη και εάν τα τρόφιμα απευθύνονται σε διαβητικούς χρειάζεται να δοθεί έμφαση σε τέσσερα σημεία. Αυτά είναι το μέγεθος της μερίδας, το συνολικό λίπος, οι συνολικοί υδατάνθρακες και οι φυτικές ίνες που περιέχει το τρόφιμο.

Σχεδόν σε όλα τα τρόφιμα του εμπορίου, η ανάλυση των θρεπτικών συστατικών αναφέρεται στα 100 g προϊόντος ή/και στα γραμμάρια της μερίδας του προϊόντος (serving size). Είναι σημαντικό ο ασθενής να κάνει την αναγωγή των θρεπτικών συστατικών στην ποσότητα που πραγματικά θα καταναλώσει. Εφόσον υπολογίσει την ποσότητα υδατανθράκων και λίπους που θα καταναλώσει, θα υπολογίσει τις μονάδες ινσουλίνης που θα πρέπει να λάβει σύμφωνα με τον πίνακα 2 και την ατομική του ICR. Όσον αφορά τις φυτικές ίνες, επειδή δεν πέπτονται πλήρως στον γαστρεντερικό σωλήνα και συντελούν στη μείωση του ρυθμού αύξησης της γλυκόζης στο αίμα, μπορεί ο ασθενής να αφαιρεί την ποσότητα των φυτικών ινών από την ποσότητα των συνολικών υδατανθράκων, εφόσον η ποσότητα του προϊόντος που καταναλώνεται περιέχει τουλάχιστον 7 g φυτικών ινών²⁴.

Έτσι, έστω ότι ένας διαβητικός ασθενής τύπου 1 με αντλία ινσουλίνης καταναλώνει σε ένα γεύμα του 150 g ενός προϊόντος εμπορίου, στην ετικέτα του οποίου αναγράφονται τα εξής: ανά 95 g (μέγε-

Πίνακας 2. Μετατροπή ισοδυνάμων τροφίμων σε ισοδύναμα υδατανθράκων.

| ισοδύναμα τροφίμων | ισοδύναμα υδατανθράκων (cho*) |
|---|-------------------------------|
| 1 ισοδύναμο ομάδας γάλακτος | 1 ισοδύναμο cho |
| 3 ισοδύναμα ομάδας λαχανικών | 1 ισοδύναμο cho |
| 1 ισοδύναμο ομάδας φρούτου | 1 ισοδύναμο cho |
| 1 ισοδύναμο ομάδας ψωμιού | 1 ισοδύναμο cho |
| - 5 ισοδύναμα ομάδας κρέατος χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος | 1 ισοδύναμο cho (λίπος) |
| - 3 ισοδύναμα ομάδας κρέατος μέσης περιεκτικότητας σε λίπος | +1 ισοδύναμο cho (πρωτεΐνη) |
| - 2 ισοδύναμα ομάδας κρέατος υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος | 1 ισοδύναμο cho (λίπος) |
| 3 ισοδύναμα λίπους | 1 ισοδύναμο cho |

* υδατάνθρακες

θος μερίδας) περιέχονται 54 g συνολικοί υδατάνθρακες, 2 g συνολικό λίπος και 5 g φυτικές ίνες. Τότε στα 150 g τροφίμου θα έχει καταναλώσει περίπου 85 g υδατάνθρακες, 3 g λίπος και 8 g φυτικές ίνες. Εάν η ICR του είναι 1:15, τότε για να υπολογίσει τις μονάδες ινσουλίνης που χρειάζεται να χορηγήσει για να καλύψει το συγκεκριμένο γεύμα, πρέπει να αφαιρέσει από τα 85 g υδατανθράκων τα 8 g φυτικών ινών και τα 77 g υδατανθράκων που προκύπτουν, να διαιρεθούν με το 15 (ICR) οπότε ο συγκεκριμένος ασθενής πρέπει να λάβει 5,1 μονάδες ινσουλίνης. Τέλος, όσον αφορά το λίπος, τα 3 g θεωρούνται αμελητέα ποσότητα και δεν συνυπολογίζονται στη συνολική ποσότητα των υδατανθράκων.

Επιλογές γευματικής δόσης (bolus) ινσουλίνης

Η αντλία ινσουλίνης προσφέρει τρεις διαφορετικές επιλογές γευματικής δόσης, ανάλογα με την ποιότητα και τη διάρκεια του γεύματος. Η ποιότητα ενός γεύματος καθορίζεται από τον γλυκαιμικό δείκτη των τροφίμων και την περιεκτικότητά του σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπος. Συγκεκριμένα:

- **Κανονική γευματική δόση (Normal):** Η χορήγηση ινσουλίνης γίνεται εφάπαξ. Αυτή η δόση ενδείκνυται σε γεύματα που περιέχουν κυρίως υδατάνθρακες, π.χ., ένα φρούτο υπό τη μορφή σνακ¹¹.
- **Γευματική δόση τετραγωνικού κύματος ή Παρατεταμένη δόση (Square Wave):** Η χορήγηση ινσουλίνης γίνεται σταθερά για ένα παρατεταμένο χρονικό διάστημα, 15 λεπτά έως 8 ώρες. Αυτή η δόση ενδείκνυται για γεύματα υψηλά σε λίπος, πρωτεΐνες και χαμηλά σε υδατάνθρακες, γεύματα με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, γεύματα με μεγάλη χρονική διάρκεια (π.χ., επίσημο δείπνο, δεξίωση, εορταστικά τραπέζια), καθώς και για ασθενείς με γαστροπάρεση.
- **Γευματική δόση διπλού κύματος (Dual Wave):** Η δόση αυτή είναι συνδυασμός κανονικής και τετραγωνικού κύματος, δηλαδή μια ποσότητα από το bolus χορηγείται εφάπαξ και η υπόλοιπη σταθερά για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Ενδείκνυται σε μεικτά γεύματα, τα οποία περιέχουν υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπος^{3,11}.

Μελέτες σύγκρισης που αφορούσαν τη χορήγηση γευματικής ινσουλίνης με κανονική δόση έναντι διπλού κύματος δόσης έδειξαν μείωση στη μεταγευματική γλυκαιμία με τη χρήση του bolus διπλού κύματος για γεύματα υψηλά σε υδατάνθρακες και λίπος και σε γεύματα μόνο υψηλά σε λίπος.

Επίσης, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ασθενείς με χαμηλότερη προγευματική γλυκόζη αίματος είναι πιο πιθανό να υποστούν υπογλυκαιμία χρησιμοποιώντας κανονικό (εφάπαξ) bolus σε σύγκριση με του διπλού κύματος σε γεύματα χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη ή φορτίου. Αυτό συνεπάγεται ότι οι ασθενείς που παραμένουν στον στόχο τους, όσον αφορά την προγευματική γλυκόζη, πιθανώς να κερδίσουν ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα στη μείωση της μεταγευματικής γλυκαιμίας με τη χρήση του bolus διπλού κύματος για γεύματα χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη²⁵.

Δυστυχώς, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα δεν επιτρέπουν να γίνουν αξιόπιστες συστάσεις προς τους ασθενείς με διαβήτη τύπου 1 για τη χρήση του ιδανικού τύπου γευματικής ινσουλίνης ανάλογα με το είδος γεύματος και την τιμή του προγευματικού τους σακχάρου. Οι περισσότερες μελέτες παρουσιάζουν σοβαρές αδυναμίες. Είχαν μικρό μέγεθος δείγματος, μελετήθηκαν κυρίως νεαροί ασθενείς με διαβήτη τύπου 1, η προγευματική γλυκαιμία δεν ήταν επαρκώς ελεγχόμενη στις διαφορετικές ημέρες μελέτης, υπήρξε έλλειψη πληροφοριών για τη θεραπεία ινσουλίνης και η περίοδος παρακολούθησης στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν μικρή²⁶.

Γλυκαιμικός δείκτης – Γλυκαιμικό φορτίο

Αναμφισβήτητα το ποσό των υδατανθράκων που καταναλώνεται είναι κύριος παράγοντας της γλυκαιμικής επίδρασης ενός τροφίμου. Ωστόσο, ίσες ποσότητες υδατανθράκων διαφορετικών τροφίμων έχουν διαφορετική επίδραση στη μεταγευματική γλυκαιμία. Γι' αυτό, από τις αρχές του 1981, χρησιμοποιείται η έννοια του γλυκαιμικού δείκτη για την ταξινόμηση των τροφίμων που περιέχουν υδατάνθρακες ανάλογα με την επίδρασή τους στη μεταγευματική γλυκαιμία²⁷. Κατά τη μέθοδο αυτή (γλυκαιμικός δείκτης) συγκρίνεται η επίδραση της κατανάλωσης συγκεκριμένης ποσότητας υδατανθράκων (25 g ή 50 g) ενός τροφίμου, με την επίδραση της κατανάλωσης ίσης ποσότητας υδατανθράκων ενός τροφίμου αναφοράς (γλυκόζη ή λευκό ψωμί), στη γλυκόζη του αίματος στις δύο ώρες μετά το γεύμα. Η αλλαγή των επιπέδων της γλυκόζης αίματος σε σχέση με τον χρόνο, μετά την κατανάλωση του υπό εξέταση τροφίμου, εκφράζεται με την επιφάνεια κάτω από την καμπύλη μέτρησης της γλυκόζης και πάνω από τη βασική γραμμή εκκίνησης του υπό εξέταση τροφίμου στις δύο ώρες, δια-

ρούμενη με την επιφάνεια κάτω από την καμπύλη μέτρησης γλυκόζης του τροφίμου αναφοράς. Άρα, ο γλυκαιμικός δείκτης υπολογίζεται από την παρακάτω μαθηματική εξίσωση²⁸:

Γλυκαιμικός Δείκτης (%) = Εμβαδό καμπύλης γλυκόζης αίματος, πάνω από τη βασική τιμή, του υπό εξέταση τροφίμου στις 2 ώρες / Εμβαδό καμπύλης γλυκόζης αίματος, πάνω από τη βασική τιμή, του τροφίμου αναφοράς * 100

Οι μεταβολικές επιδράσεις του γλυκαιμικού δείκτη σχετίζονται με τον ρυθμό που η γλυκόζη απορροφάται από το λεπτό έντερο. Η μικρότερη ταχύτητα απορρόφησης της γλυκόζης μετά από την κατανάλωση τροφίμων χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη, επιβραδύνει τη μεταγευματική αύξηση της ινσουλίνης αλλά και των εντερικών ορμονών (π.χ., ινκρετίνες). Η παρατεταμένη απορρόφηση των υδατανθράκων διατηρεί την καταστολή των ελεύθερων λιπαρών οξέων (ΕΛΟ) και τους αντισταθμιστικούς μηχανισμούς, ενώ ταυτόχρονα πετυχαίνει χαμηλότερη συγκέντρωση γλυκόζης αίματος. Με την πάροδο του χρόνου, καθώς η συγκέντρωση των ΕΛΟ μειώνεται και αυξάνεται το αναπνευστικό πηλίκο, η γλυκόζη απομακρύνεται από την κυκλοφορία με πιο γρήγορο ρυθμό. Συνεπώς, η συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα επιστρέφει στα αρχικά επίπεδα, παρά τη συνεχή απορρόφηση της γλυκόζης από το λεπτό έντερο. Επομένως, η σταδιακή μεταγευματική άνοδος της γλυκόζης αίματος μειώνεται πριν φτάσει στην αιχμή της²⁹.

Ο γλυκαιμικός δείκτης ενός τροφίμου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι ο τύπος υδατανθράκα (φρουκτόζη ή γλυκόζη) και αμύλου (αναλογία αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης) που περιέχει, η επεξεργασία του τροφίμου (άλεση, πολτοποίηση, βαθμός ζελατινοποίησης, το μέγεθος της δομικής μονάδας), ο βαθμός ωρίμανσης του τροφίμου, η ποσότητα και ο τύπος των φυτικών ινών (διαλυτές ή αδιάλυτες) που περιέχει, η παρουσία λίπους ή πρωτεΐνης σε ένα μεικτό γεύμα, η μέθοδος μαγειρικής παρασκευής (θερμότητα, ποσότητα νερού, χρόνος θερμικής επεξεργασίας), η ώρα και ο γλυκαιμικός δείκτης του προηγούμενου γεύματος (second-meal phenomenon)^{30,31}.

Παρ' όλα αυτά, η συνολική γλυκαιμική απάντηση ενός τροφίμου επηρεάζεται τόσο από την ποιότητα, όσο και από την ποσότητα των υδατανθράκων που περιέχει. Ο γλυκαιμικός δείκτης παρέχει ένα μέτρο της ποιότητας και όχι της ποσότητας των υδατανθράκων και γι' αυτό έχει εισαχθεί ο όρος του γλυκαιμικού φορτίου. Ως γλυκαιμικό φορ-

τίο ορίζεται το γινόμενο του γλυκαιμικού δείκτη ενός συγκεκριμένου τροφίμου επί της συνολικής ποσότητας των υδατανθράκων που καταναλώνονται από το υπό εξέταση τρόφιμο. Αν και το γλυκαιμικό φορτίο είναι ένας παράγοντας που προέρχεται από τον γλυκαιμικό δείκτη, αντιπροσωπεύει καλύτερα τη γλυκαιμική και ινσουλινική απάντηση σε πραγματικές συνθήκες, εφόσον σ' αυτές τις συνθήκες η ποσότητα των υδατανθράκων που καταναλώνεται ποικίλλει. Παρακάτω παρατίθενται οι μαθηματικοί τύποι που εκτιμούν το γλυκαιμικό φορτίο ενός τροφίμου, τον γλυκαιμικό δείκτη και το γλυκαιμικό φορτίο μιας δίαιτας.

- $GL_{FOOD} = (GI_{FOOD}/100) \times (grCHO_{FOOD})$

GL_{FOOD} = το γλυκαιμικό φορτίο του υπό εξέταση τροφίμου

GI_{FOOD} = ο γλυκαιμικός δείκτης του υπό εξέταση τροφίμου

$grCHO_{FOOD}$ = η ποσότητα υδατανθράκων του υπό εξέταση τροφίμου που καταναλώνεται

- $GI_{DIET} = GI_A \times g_A/g + GI_B \times g_B/g + GI_C \times g_C/g \dots$

GI_{DIET} = ο γλυκαιμικός δείκτης της δίαιτας

GI_A = ο γλυκαιμικός δείκτης του τροφίμου A

g_A = η ποσότητα των υδατανθράκων του τροφίμου A που καταναλώνεται

g = η συνολική ποσότητα υδατανθράκων της δίαιτας

- $GL_{DIET} = (GI_{DIET} \times g \text{ of available carbohydrate})/100$

GL_{DIET} = το γλυκαιμικό φορτίο της δίαιτας

GI_{DIET} = ο γλυκαιμικός δείκτης της δίαιτας

$g \text{ of available carbohydrate}$ = η συνολική ποσότητα των διαθέσιμων υδατανθράκων όλων των τροφίμων της δίαιτας²⁸

Ο γλυκαιμικός δείκτης ενός τροφίμου καθώς και το γλυκαιμικό φορτίο ενός ημερησίου διατολογίου ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την τιμή τους, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα^{28,32}.

| | Γλυκαιμικός δείκτης | Γλυκαιμικό φορτίο |
|-----------|---------------------|-------------------|
| Χαμηλός/ό | ≤55 | ≤100 |
| Μέτριος/ο | 56-69 | 101-199 |
| Υψηλός/ό | ≥70 | ≥200 |

Στην επιστημονική κοινότητα υπάρχει έντονος σκεπτικισμός γύρω από την κλινική σημασία του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου στη θεραπεία του σακχαρώδους διαβήτη. Αποτελέ-

σιματα από κάποιες τυχαιοποιημένες κλινικές μελέτες έδειξαν ότι η εφαρμογή δίαιτας με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη μειώνει τη γλυκαιμική απάντηση στους διαβητικούς ασθενείς³³⁻³⁵. Όμως αυτό το αποτέλεσμα δεν επιβεβαιώθηκε από κάποιες άλλες μελέτες^{36,37}. Ωστόσο, σήμερα υπάρχουν αρκετές μελέτες που αναδεικνύουν τα πλεονεκτήματα υγιεινών διαιτολογίων χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη.

Μία δίαιτα υψηλή σε υδατάνθρακες επιδεινώνει πολλά από τα χαρακτηριστικά της ινσουλινοαντίστασης, όπως είναι η μεταγευματική υπεργλυκαιμία και ινσουλιναίμια, η υπερτριγλυκεριδαίμια νηστείας και τα επίπεδα της HDL. Οι παραπάνω συνέπειες δεν υφίστανται όταν οι υδατάνθρακες προέρχονται από διατροφικές πηγές χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Πολλές μελέτες έδειξαν ότι οι τροφές χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη έχουν ευνοϊκότερη επίδραση στον μεταβολισμό σε σύγκριση με τροφές αυξημένου γλυκαιμικού δείκτη²⁹.

Τα γεύματα με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη προκαλούν ταχεία αύξηση των επιπέδων της γλυκόζης και της ινσουλίνης στο αίμα με συνέπεια την αντιδραστική υπογλυκαιμία και τις αυξημένες συγκεντρώσεις ελεύθερων λιπαρών οξέων, που μπορεί να οδηγήσουν στη δυσλειτουργία των β-κυττάρων και του ενδοθηλίου. Σε βάθος χρόνου, το γεγονός αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο παχυσαρκίας, σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2, συγκεκριμένων τύπων καρκίνου καθώς και καρδιαγγειακής νόσου³¹.

Αντίθετα, αρκετές πειραματικές και επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν ότι οι δίαιτες χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη σχετίζονται με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2. Επίσης βοηθούν στη γλυκαιμική ρύθμιση των διαβητικών ασθενών και πιθανώς να μειώνουν και τον κίνδυνο εμφάνισης των επιπλοκών του διαβήτη, ιδιαίτερα των καρδιαγγειακών³⁸. Κάποιες μελέτες έδειξαν ότι η ευνοϊκή επίδραση που έχουν οι δίαιτες χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη στον γλυκαιμικό έλεγχο είναι παρόμοια με εκείνη που ασκούν οι δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες, καθώς και παρόμοια με αυτή που ασκούν οι διάφορες φαρμακευτικές παρεμβάσεις^{31,39}. Εξίσου σημαντικό είναι ότι η μείωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA_{1c}) με την υιοθέτηση δίαιτας χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη σχετίστηκε με μειωμένο κίνδυνο υπογλυκαιμικών επεισοδίων, όταν συγκρίθηκε με δίαιτα υψηλού γλυκαιμικού δείκτη καθώς και με δίαιτα υπολογισμού των ισοδυνάμων υδατανθράκων (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο γλυκαιμικός δείκτης των τροφών)³⁰.

Παρ' όλα αυτά η επίδραση του γλυκαιμικού φορτίου στον γλυκαιμικό έλεγχο των διαβητικών ασθενών δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένη³¹. Επί του παρόντος, ο γλυκαιμικός δείκτης και το γλυκαιμικό φορτίο δεν έχουν τύχει καθολικής αποδοχής και δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στην κλινική πράξη. Χρειάζονται περισσότερες μακροχρόνιες μελέτες για να τεκμηριωθεί το μακροπρόθεσμο όφελος από την εφαρμογή των διαιτολογίων χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη.

Σύμφωνα με τις συστάσεις της Αμερικάνικης Διαβητολογικής Εταιρείας (ADA) το 2008, η χρήση του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου πιθανώς να παρέχει ένα μικρό επιπρόσθετο όφελος στον γλυκαιμικό έλεγχο των διαβητικών ασθενών σε σχέση με τη χρήση μόνο του ποσού των υδατανθράκων, γεγονός που επιδέχεται περισσότερη έρευνα⁴⁰. Ωστόσο, η χρήση του γλυκαιμικού δείκτη αναγνωρίζεται από άλλες επιστημονικές οργανώσεις όπως είναι η Διαβητολογική Εταιρεία του Καναδά⁴¹ και του Ηνωμένου Βασιλείου⁴² καθώς και ο Σύλλογος Διαιτολόγων της Αυστραλίας⁴³. Μάλιστα η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Μελέτης του Διαβήτη (European Association for the Study of Diabetes) συστήνει τον γλυκαιμικό δείκτη ως ένα βασικό εργαλείο στη διαχείριση του διαβήτη⁴⁴.

Εφαρμογή του γλυκαιμικού δείκτη και φορτίου στην κλινική πράξη

Γενικά, η έννοια του γλυκαιμικού δείκτη στερείται κλινικής εφαρμογής για τρεις λόγους:

Επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, επομένως εμφανίζει δυσκολίες ο ακριβής προσδιορισμός του.

Εφόσον αντιπροσωπεύει τον βαθμό αύξησης της γλυκόζης στο αίμα από την κατανάλωση 50 g υδατανθράκων ενός τροφίμου, είναι σημαντικό να εξεταστεί ο γλυκαιμικός δείκτης κάθε τροφίμου στους ανθρώπους (υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ διαφορετικών ατόμων), παρά να εκτιμηθεί *in vitro* μέσω της δομής του.

Οι διαφοροποιήσεις στις τιμές του γλυκαιμικού δείκτη πρακτικά εξαλείφονται όταν τα τρόφιμα καταναλώνονται σε ένα μεικτό γεύμα. Αυτό πιθανώς να συμβαίνει, αφενός εξαιτίας της επικάλυψης των διαφορετικών γλυκαιμικών δεικτών από τις ποσότητες των υδατανθράκων των τροφίμων του γεύματος, αφετέρου από την προσθήκη του λίπους.

Αυτό που μπορεί να γίνει κατανοητό από τον ασθενή και να τον βοηθήσει στον γλυκαιμικό του

Πίνακας 3. Εναλλακτικές επιλογές τροφίμων χαμηλότερου γλυκαιμικού δείκτη.

| ΤΡΟΦΙΜΑ ΜΕ ΥΨΗΛΟ ΓΛ | ΤΡΟΦΙΜΑ ΜΕ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ ΓΛ |
|-----------------------------------|---|
| Λευκό ψωμί | Ψωμί ολικής αλέσεως, σικάλεως |
| Νιφάδες δημητριακών (ραφινάρισμα) | Νιφάδες βρώμης, μούσλι |
| Μπισκότα ή παξιμάδια | Μπισκότα με αποξηραμένα φρούτα, βρώμης ή ολικής αλέσεως |
| Πατάτα | Γλυκοπατάτα, καλαμπόκι, πρώιμες πατάτες “baby” |
| Οι περισσότεροι τύποι ρυζιού | Ρύζι Basmati, πλιγούρι, μακαρόνια, νουτλς |

έλεγχο είναι ο σχεδιασμός ενός διαιτολογίου χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Η δίαιτα αυτή θα είναι γενικά μια δίαιτα πλούσια σε σύνθετους υδατάνθρακες, όπου η βάση της θα περιλαμβάνει τα όσπρια, τα δημητριακά ολικής άλεσης (βρώμη, κριθάρι, σικάλη) και επιλογές ψωμιού, ρυζιού, ζυμαρικών, φρούτων και λαχανικών με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη. Μια δίαιτα με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη μπορεί να επιτευχθεί με αντικατάσταση των τροφίμων με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη από επιλογές των ίδιων τροφίμων χαμηλότερου γλυκαιμικού δείκτη (Πίν. 3)³¹. Ως εκ τούτου, καταναλώνοντας σιμιγδάλι, μούσλι, βρώμη αντί ραφινάρισμα δημητριακά, ρύζι Basmati αντί λευκό ρύζι, γλυκοπατάτα αντί πατάτα, ψωμί ολικής αλέσεως ή σικάλεως αντί λευκό ψωμί μπορεί να μειωθεί σημαντικά ο γλυκαιμικός δείκτης, άρα και το γλυκαιμικό φορτίο της δίαιτας. Επίσης, τα ζυμαρικά είναι μια επιλογή σχετικά χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Η κατανάλωση τροφίμων με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη μπορεί να συνδυασθεί με οποιοδήποτε είδος λαχανικών και κρέατος χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος, επειδή τα τρόφιμα αυτά περιέχουν ελάχιστους υδατάνθρακες. Έτσι παρέχεται μια ισορροπημένη και υγιεινή διατροφή.

Η αντικατάσταση των τροφών με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη από τροφές με χαμηλότερο γλυκαιμικό δείκτη μπορεί να αποτελέσει αναπόσπαστο κομμάτι της δίαιτας του διαβητικού ασθενούς. Τότε το συνολικό γλυκαιμικό φορτίο του καθημερινού διαιτολογίου θα μειωθεί σημαντικά³⁰ και θα εμφανισθούν τα πιθανά οφέλη που παρουσιάζουν οι μελέτες.

Συμπεράσματα

Αν και ο οδηγός δόσης ινσουλίνης πιθανώς να απλοποιεί τις μαθηματικές γνώσεις που χρειάζονται οι χρήστες της αντλίας, είναι πολύ σημαντικό να είναι οι ίδιοι κατάλληλα εκπαιδευμένοι στη λειτουργία του, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος της υπογλυκαιμίας ή υπεργλυκαιμίας. Οι προτεινόμε-

νοι υπολογισμοί του οδηγού πιθανώς να χρειάζονται βελτίωση.

Γι' αυτόν τον λόγο, οι ασθενείς δεν πρέπει να είναι απόλυτα εξαρτημένοι από τη χρήση του. Είναι σημαντικό να μπορούν να υπολογίσουν από μόνοι τους τις δόσεις γευμάτων ή διορθωτικές δόσεις που θα χρειαστούν, για να προβούν στις απαραίτητες βελτιώσεις, καθώς και να αντεπεξέλθουν σε περίπτωση που ο οδηγός δόσης τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιονδήποτε λόγο. Ως εκ τούτου, πρέπει να γνωρίζουν πολύ καλά τον βασικό ρυθμό, την αναλογία ινσουλίνης-υδατανθράκων και τους διορθωτικούς παράγοντές τους.

Η εκπαίδευση των ατόμων που έχουν ΣΔ τύπου 1 και χρησιμοποιούν αντλία ινσουλίνης, είναι το κλειδί για τον βέλτιστο γλυκαιμικό έλεγχο.

Abstract

Giannoulaki P, Iliadis F, Didangelos T. Continuous subcutaneous insulin pumps: the impact of the use of the bolus calculator to the metabolic control in patients with type 1 diabetes. Hellenic Diabetol Chron 2013; 2: 85-96.

The insulin bolus calculator has been used in insulin pumps since 2002. The bolus calculator, through mathematical formulas, calculates the insulin units required preprandially and the corrective doses of insulin required to maintain good glycemic control. The bolus calculator takes into account the types of meal and their glycemic index providing therefore three different insulin administration manners. Insulin still in effect is also calculated to avoid dose overlapping which may result in hypoglycemia.

The insulin bolus calculator also provides information about previously admitted insulin doses and previous blood glucose levels, thus facilitating diabetes management. Additionally it features settings for the insulin units to carbohydrate grams or equivalents ratio, the blood glucose value targeted by the patient, the insulin sensitivity factor and the insulin effectiveness period used by the pump.

It is therefore essential that patients receive adequate practical training on the insulin bolus calculator operation.

Βιβλιογραφία

1. *Heinemann L.* Insulin pump therapy: what is the evidence for using different types of boluses for coverage of pradi- al insulin requirements. *J Diab Sci Technol* 2009; 3: 1490-500.
2. *Pickup JC, Keen H, Parsons JA, Alberti KGMM:* Continu- ous subcutaneous insulin infusion: an approach to achieving normoglycaemia. *BMJ* 1978; 1: 204-7.
3. *Zisser H, Robinson L, Bevier W et al.* Bolus Calculator: A review of four “smart” insulin pumps. *Diab Tech & Therap* 2008; 10: 441-4.
4. *Heise T, Nosek L, R nn BB, et al.* Lower within-subject variability of insulin detemir in comparison to NPH in- sulin and insulin glargine in people with type 1 dia- betes. *Diabetes* 2004; 53: 1614-20.
5. *Lepore M, Pampanelli S, Fanelli C, et al.* Pharmacokinetics and pharmacodynamics of subcutaneous injection of long-acting human insulin analog glargine, NPH in- sulin, and ultralente human insulin and continuous subcutaneous infusion of insulin lispro. *Diabetes* 2000; 49: 2142-8.
6. *Didangelos T, Iliadis F.* Insulin pump therapy in adults. *Diab Res Clin Pract* 2011; Suppl1: S109-13.
7. *The Juvenile Diabetes Research Foundation Continuous Glucose Monitoring Study Group:* Continuous glucose monitoring and intensive treatment of type 1 diabetes. *N Engl J Med* 2008; 359: 1-13.
8. *Aye T, Block J, Buckingham B.* Toward closing the loop: an update on insulin pumps and continuous glucose mon- itoring systems. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2010; 39: 609-24.
9. *Arakawa M, Ebato C.* Influence of fruit juice on fingertips and patient behavior on self-monitoring of blood glu- cose. *Diab Res Clin Pract* 2012; 96: e50-2.
10. *Hirose T, Mita T, Fujitani Y, Kawamori R, Watada H.* Glu- cose monitoring after fruit peeling: pseudohyperglycemia when neglecting hand washing before fingertip blood sampling: wash your hands with tap water before check blood glucose level. *Diabetes Care* 2011; 34: 596-7.
11. *Μουολέχ Τ, Ευστρατίου Ε.* Αντλίες συνεχούς έγχυσης ιν- σουλίνης. Στο: Μουολέχ ΤΦ, Ευστρατίου ΕΙ. Ινσουλι- νοθεραπεία & μεσογειακή διατροφή στην καθημερινή πράξη. 1^η έκδοση. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις «Βαρθολο- μαίους-Γράμμα», 2008: 45-6.
12. *Wolpert H.* The nuts and bolts of achieving end points with real-time continuous glucose monitoring. *Diab- etes Care* 2008; 31: S146-9.
13. *Walsh J, Roberts R.* Pumping insulin. 2nd ed. San Diego: Torrey Pines Press, 1994; 56.
14. *Walsh J, Roberts R, Bailey T.* Guidelines for insulin dosing in continuous subcutaneous insulin infusion using new formulas from a retrospective study individuals with optimal glucose levels. *J Diab Sci Technol* 2010; 4: 1174-81.
15. *Davidson PC, Hebblewhite HR, Bode BW et al.* Statistically based CSII parameters: correction factor, CF (1700 rule), carbohydrate-to-insulin ratio, CIR (2.8 rule), and basal-to-total ratio. *Diab Technol Ther* 2003; 3: 237.
16. *Davidson PC, Hebblewhite HR, Steed RD, Bode BW.* Analysis of guidelines for basal-bolus dosing: basal in- sulin, correction factor, and carbohydrate-to-insulin ra- tio. *Endocr Pract* 2008; 14: 1095-101.
17. *Walsh J, Roberts R, Bailey T.* Guidelines for optimal bolus calculator settings in adults. *Diab Technol Soc* 2011; 5: 129-35.
18. *Thurm U.* The ABC of insulin pump therapy. 2nd English ed. Munich, Germany, 2008: 54-60.
19. *Kaufman RF, Westfall E.* All about boluses. In: Kaufman RF. Insulin pumps and continuous glucose monitoring. A user’s guide to effective diabetes management. 1st ed. USA: American Diabetes Association, 2012: 64.
20. *Lassmann-Vague V, Clavel S, Guerci B et al.* When to treat a diabetic patient using an external insulin pump. Expert consensus. Société francophone du diabète (ex ALFEDIAM) 2009. *Diab Metab* 2010; 36: 79-85.
21. *Ελληνική Διαβητολογική Εταιρεία.* Οδηγός διατροφής για τη ρύθμιση του διαβήτη. 1^η έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Anathesis Creative Publications, 2008: 11-27.
22. *Καραμήτσος Δ.* Θεραπεία του Σακχαρώδη Διαβήτη Στο Καραμήτσος Δ.Θ. Διαβητολογία 2^η έκδοση, Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Σιώκης, 2009: 164-5.
23. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Food por- tion sizes. 2st ed. London: HMSO, 1993: 39-75.
24. *Kaufman RF, Westfall E.* Understanding the meal plan. In: Kaufman RF. Insulin pumps and continuous glu- cose monitoring. A user’s guide to effective diabetes management. 1st ed. USA: American Diabetes Associ- ation, 2012: 77-9.
25. *O’ Connell M, Cameron F, Gilbertson H, Donath S.* Opti- mizing postprandial glycemia in pediatric patients with Type 1 diabetes using insulin pump therapy. *Diab Care* 2008; 31: 1491-5.
26. *Heinemann L.* Insulin pump therapy: what is the evi- dence for using different types of boluses for coverage of pradi- al insulin requirements. *J Diab Sci Technol* 2009; 3: 1490-500.
27. *Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, et al.* Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate ex- change. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 362-6.
28. *Queiroz K.C, Novato Silva I, de Cássia Gonçalves Alfenas R.* Influence of the glycemic index and glycemic load of the diet in the glycemic control of diabetic children and teenagers. *Nutr Hosp* 2012; 27: 510-5.
29. *Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, et al.* Glycemic in- dex: overview of implications in health and disease. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (Suppl): 266S-73S.
30. *Thomas D, Elliott E.* Low glycemic index, or low glycemic load, diets for diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2009; 3: 1-30.
31. *Marsh K, Barclay A, Colagiuri S, Brand-Miller J.* Glycemic index and glycemic load of carbohydrates in the dia- betes diet. *Curr Diab Rep* 2011; 11: 120-7.

32. *Bornet FRI, Jardy-Gennetier A, Jacquet N, Stowell J.* Glycemic response to foods: impact on satiety and long-term weight regulation. *Appetite* 2007; 49: 535-53.
33. *Burani J, Longo PJ.* Low-glycemic carbohydrates: an effective behavioral change for glycemic control and weight management in patients with type 1 and 2 diabetes. *The Diabetes Educator* 2006; 32: 78-88.
34. *Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, Colagiuri S.* Low-glycemic index diets in the management of diabetes. A meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Care* 2003; 26: 2261-7.
35. *Buyken AE, Toeller M, Heitkamp G, et al.* Glycemic index in the diet of European outpatients with type 1 diabetes: relations to glycosylated hemoglobin and serum lipids. *Am J Clin Nutr* 2001; 73: 574-81.
36. *Du H, Van der ADL, Van Bakel MM, et al.* Glycemic index and glycemic load in relation to food and nutrient intake and metabolic risk factors in a Dutch population. *Am J Clin Nutr* 2008; 87: 655-61.
37. *Wolever TM, Gibbs AC, Mehling C, et al.* The Canadian trial of carbohydrates in diabetes (CCD), a 1-y controlled trial of low-glycemic-index dietary carbohydrate in type 2 diabetes: no effect on glycosylated hemoglobin but reduction in C-reactive protein. *Am J Clin Nutr* 2008; 87: 114-25.
38. *Barclay WA, Petocz P, McMillan-Price J, et al.* Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk – a meta-analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr* 2008; 87: 627-37.
39. *Nansel RT, Gellar L, McGill A.* Effect of varying glycemic index meals on blood glucose control assessed with continuous glucose monitoring in youth with type 1 diabetes on basal-bolus insulin regimens. *Diab Care* 2008; 31: 695-7.
40. *ADA.* Nutrition recommendations and interventions for diabetes. *Diab Care* 2008; 31: S61-78.
41. *Canadian Diabetes Association.* Guidelines for the nutritional management of diabetes mellitus in the new millennium. A position statement by the Canadian Diabetes Association. *Can J Diab Care* 2000; 23: 56-69.
42. *Nutrition Subcommittee of the Diabetes Care Advisory Committee of Diabetes UK.* The implementation of nutritional advice for people with diabetes. *Diabet Med* 2003; 20: 786-807.
43. *Perlstein R. WJ, Hines C, Milsavljevic M.* Dietitians Association of Australia review paper: Glycemic index in diabetes management. *Aust J Nutr Diet* 1997; 54: 57-63.
44. *The Diabetes and Nutrition Study Group of the European Association for the Study of Diabetes (EASD).* Recommendations for the nutritional management of patients with diabetes mellitus. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: 353-5.

Λέξεις-κλειδιά:

Γλυκόζη αίματος
Γλυκόζη – στόχος
Συντελεστής ινσουλινοευαισθησίας
Αναλογία ινσουλίνης-υδατανθράκων
Δόση τετραγωνικού κύματος
Δόση διπλού κύματος

Key-words:

Blood glucose
Target blood glucose
Insulin sensitivity factor
Insulin-to-carbohydrate ratio
Square wave bolus
Dual wave bolus