



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ ΙΝΣΟΥΛΙΝΗΣ ΚΑΙ
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ»**

Ζλάτη Ελένη

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπεύθυνος

Κακαρούντας Αθανάσιος

Επίκουρος Καθηγητής

Λαμία, 2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ
ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΤΑΙΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ ΙΝΣΟΥΛΙΝΗΣ ΚΑΙ
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ»**

Ζλάτη Ελένη

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπεύθυνος

Κακαρούντας Αθανάσιος

Επίκουρος Καθηγητής

Λαμία, 2019

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις ⁽¹⁾, που προβλέπονται από της διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

- 1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάστηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.*
- 2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.*
- 3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια*
- 4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.*

Ημερομηνία: 06/02/2019

Η δηλούσα

Ζλάτη Ελένη

(1) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΕΓΧΥΣΗΣ ΙΝΣΟΥΛΙΝΗΣ ΚΑΙ
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ»**

Ζλάτη Ελένη

Τριμελής Επιτροπή:

Αθανάσιος Κακαρούντας, Επίκουρος Καθηγητής (επιβλέπων)

Ιωάννης Αναγνωστόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ιωάννης Τριανταφύλλου, Επίκουρος Καθηγητής

Περίληψη

Ο διαβήτης αποτελεί μία από τις πιο συχνά εμφανιζόμενες μεταβολικές ασθένειες. Ο οργανισμός των διαβητικών ατόμων είτε δεν μπορεί να παράξει επαρκή ινσουλίνη είτε η ινσουλίνη που παράγεται δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Σε καθεμία από αυτές τις περιπτώσεις, ο οργανισμός οδηγείται σε αύξηση της συγκέντρωσης του σακχάρου στο αίμα, κατάσταση πολύ επικίνδυνη. Σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση του διαβήτη παίζουν η διατροφή και η άσκηση. Τα άτομα που εμφανίζουν διαβήτη, χρειάζονται επιπλέον έγχυση ινσουλίνης στο αίμα τους. Η έγχυση αυτή μπορεί να γίνει είτε μέσω της μεθόδου πολλαπλών εγχύσεων είτε μέσω των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης. Οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης αποτελούν μία πλέον διαδεδομένη μέθοδο αντιμετώπισης του διαβήτη καθώς προσφέρουν στον χρήστη πολλά οφέλη. Η αντλία έγχυσης ινσουλίνης αποτελείται από έναν μετρητή γλυκόζης, μία αντλία έγχυσης και την συσκευή ελέγχου. Η συσκευή ελέγχου λαμβάνει τις μετρήσεις του μετρητή γλυκόζης και δίνει τις κατάλληλες εντολές στην αντλία για την ποσότητα ινσουλίνης που πρέπει να χορηγηθεί στον ασθενή.

Λέξεις κλειδιά: Διαβήτης, CSII, Αντλίες έγχυσης ινσουλίνης

Abstract

Diabetes is one of the most common metabolic diseases. Diabetic's organism can't produce enough insulin or can't use the insulin it produces. In both of these cases, glucose's concentration in the blood is increased, which is very dangerous. Exercise and diet are important factors in dealing with diabetes. Diabetic persons need insulin injections. Those injections can be done by multiple daily injections and by continuous subcutaneous insulin infusions. Continuous subcutaneous insulin infusions are the most widespread method of dealing with diabetes because they offer their user many benefits. Continuous subcutaneous insulin infusions is made of a continuous glucose meter, an injection pump and the control system. The control system receives the measures of the continuous glucose meter and gives the right commands to the pump about the quantity of insulin the diabetic needs.

Key words: Diabetes, CSII, Insulin pumps

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους. Αρχικά ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Κακαρούντα για την καθοδήγηση και τη βοήθειά του.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια, ώστε να καταφέρω να ολοκληρώσω αυτό τον κύκλο σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου, που είναι πάντα δίπλα μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract	ii
Ευχαριστίες	iii
Ευρετήριο Εικόνων	v
Ευρετήριο Πινάκων	vi
1. Εισαγωγή.....	1
2. Μελέτη του διαβήτη ως ασθένεια.....	2
2.1 Γλυκόζη.....	2
2.2 Ινσουλίνη	3
2.3 Η ασθένεια του διαβήτη.....	5
2.3.1 Διαβήτης τύπου 1	6
2.3.2 Διαβήτης τύπου 2.....	6
2.3.3 Διαβήτης κύησης	7
2.4 Η διάγνωση του διαβήτη.....	7
3. Αντιμετώπιση του διαβήτη	9
3.1 Διατροφή και Άσκηση στη αντιμετώπιση του διαβήτη.....	9
3.2 Διαβήτης και Άσκηση.....	9
3.3 Διαβήτης και Δίαιτα.....	11
3.4 Η μέθοδος Πολλαπλών Εγχύσεων Ινσουλίνης (MDI) ως αντιμετώπιση του Διαβήτη.....	12
3.4 Οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης ως αντιμετώπιση του Διαβήτη.....	13
3.4.1 Πλεονεκτήματα των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης	14
3.4.2 Μειονεκτήματα των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης	14
3.4.2.1 Τρόποι αντιμετώπισης των κινδύνων	16
3.4.3 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης σε παιδιά και εφήβους.....	16
3.4.4 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης σε εγκύους.....	16
3.4.5 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης σε ασθενείς με διαβήτη τύπου 2.....	17
3.4.6 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης και άσκηση	17
3.4.7 Επιλογή των κατάλληλων ασθενών για την χρήση αντλίας έγχυσης ινσουλίνης	17
3.4.8 Βασικός ρυθμός-basal	19
3.4.9 Ρυθμοί bolus.....	23

4. Ανάλυση της τεχνολογίας του συστήματος.....	25
4.1 Το σύστημα.....	25
4.1.1 Ο αισθητήρας.....	25
4.1.2 Το CSII.....	26
4.1.3 Η αντλία έγχυσης.....	26
5. Σχεδίαση του εκπαιδευτικού συστήματος έγχυσης ινσουλίνης.....	28
5.1 Εισαγωγή.....	28
Το παρόν εκπαιδευτικό σύστημα έγχυσης ινσουλίνης αποτελείται από μία οθόνη LCD η οποία συνδέεται με μία πλακέτα Arduino Uno και με ένα μοτέρ έγχυσης. Αποτελεί ουσιαστικά, το CSII και την αντλία έγχυσης του συστήματος.....	28
5. Το CSII.....	28
5.3 Η αντλία έγχυσης.....	34
5.4 Σχόλια.....	35
5.5 Αξιολόγηση συστήματος και προϋποθέσεις.....	36
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	37
Κώδικας 1 (CSII).....	37
Κώδικας 2 (Αντλία έγχυσης).....	50
Βιβλιογραφία.....	51

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Μετρητής γλυκόζης στο αίμα.....	3
Εικόνα 2: Ένα τυπικό διάγραμμα ινσουλίνης εικοσιτετραώρου.....	4
Εικόνα 3: Ο κύκλος του διαβήτη.....	5
Εικόνα 4: Τα τέσσερα πιο συνήθη προφίλ ινσουλίνης.....	21
Εικόνα 5: Μετρητής γλυκόζης στο αίμα CGM.....	26
Εικόνα 6: Πλήρες σετ αντλίας έγχυσης ινσουλίνης εμπορίου.....	27
Εικόνα 7: Η πλακέτα Arduino Uno.....	29
Εικόνα 8: Η LCD οθόνη.....	30
Εικόνα 9: Χρηστική οθόνη 1.....	31
Εικόνα 10: Χρηστική οθόνη 2.....	32

Εικόνα 11: Οθόνη Χαμηλής μπαταρίας.....	33
Εικόνα 12: Οθόνη Χαμηλής Ινσουλίνης.....	34
Εικόνα 13: Το μοτέρ έγχυσης.....	35
Εικόνα 14: Η πλακέτα Arduino Mega.....	36

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Φυσιολογικές τιμές γλυκόζης.....	2
Πίνακας 2: Όρια επιτρεπτών αλλαγών.....	22
Πίνακας 3: Μέσες τιμές φές φυσιολογικής έγχυσης ινσουλίνης.....	23

1. Εισαγωγή

Ο διαβήτης αποτελεί μια ολοένα αυξανόμενη μεταβολική διαταραχή κατά την οποία το άτομο δεν μπορεί να παράξει όση ινσουλίνη χρειάζεται ή δεν μπορεί να την απορροφήσει. Το γεγονός αυτό βασίζεται στην καθιστική ζωή και στον σύγχρονο τρόπο ζωής. Έχει αποδειχτεί ωστόσο πως υπάρχει και γενετικό υπόβαθρο. Οι μέθοδοι αντιμετώπισης που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή είναι οι πολλαπλές εγχύσεις ινσουλίνης και οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης.

Η παρούσα εργασία έχει δομηθεί ως εξής. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι έννοιες της γλυκόζης, της ινσουλίνης, της ασθένειας του διαβήτη αλλά και αναπτύσσονται οι διάφοροι τύποι διαβήτη. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μία αναφορά στους τρόπους αντιμετώπισης του διαβήτη, στην άσκηση και στην διατροφή αλλά και στις μεθόδους πολλαπλών εγχύσεων ινσουλίνης και στις αντλίες έγχυσης ινσουλίνης. Ενώ στο κεφάλαιο 4 γίνεται μία ανάπτυξη της τεχνολογίας των αντλιών και των μελών που τις απαρτίζουν. Στο κεφάλαιο 5 καθορίζεται το εκπαιδευτικό σύστημα της αντλίας έγχυσης ινσουλίνης που δημιουργήσαμε.. Τέλος στο παράρτημα Α παρατίθενται όλοι οι κώδικες των συσκευών της παρούσας εργασίας.

2. Μελέτη του διαβήτη ως ασθένεια

2.1 Γλυκόζη

Η γλυκόζη είναι ένας μονοσακχαρίτης, ο οποίος αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πηγές ενέργειας του σώματος. Ο χημικός της τύπος είναι $C_6H_{12}O_6$. Ο ανθρώπινος οργανισμός προσλαμβάνει γλυκόζη κυρίως από τροφές πλούσιες σε υδατάνθρακες. Τροφές αυτές είναι τα δημητριακά, η βρώμη, τα ζυμαρικά, οι πατάτες, το ρύζι, το ψωμί, τα φρούτα, η ζάχαρη και τα προϊόντα που την περιέχουν. Αμέσως μετά την κατανάλωση αυτών των τροφών, ο οργανισμός ξεκινάει τις διαδικασίες επεξεργασίας της γλυκόζης ώστε αυτή να απορροφηθεί. Απελευθερώνονται ένζυμα τα οποία μαζί με το πάγκρεας, το οποίο συνθέτει ορμόνες, βοηθούν στην διάσπαση της. Ο έλεγχος των επιπέδων της γλυκόζης είναι πολύ σημαντικός καθώς αυτά θα πρέπει να διατηρούνται σε συγκεκριμένα όρια:

Φυσιολογικές τιμές γλυκόζης	
Πριν το γεύμα	90 mg/dL
1-2 ώρες μετά το γεύμα	<180 mg/dL

Πίνακας 1: Φυσιολογικές τιμές γλυκόζης

Όπου mg/dL : χιλιοστά του γραμμαρίου ανά δέκατο του λίτρου.

Ένας από τους πιο συνηθισμένους τρόπους ελέγχου των επιπέδων της γλυκόζης περιλαμβάνει ένα απλό τεστ αίματος, όπου τρυπάται ένα δάχτυλο με μία βελόνα και μία σταγόνα αίματος μπαίνει στην ταινία ενός μετρητή. Τα αποτελέσματα δίνονται περίπου σε 20 δευτερόλεπτα. Οι σύγχρονοι μετρητές χρησιμοποιούν ταινίες που περιέχουν οξειδάση της γλυκόζης (ή αλλιώς νοτατίνη), ένα ένζυμο που αντιδρά με την γλυκόζη στα σταγονίδια του αίματος, και μία διεπαφή με ένα ηλεκτρόδιο μέσα στον μετρητή. Όταν η ταινία εισαχθεί στον μετρητή, η αντίδραση της γλυκόζης με την οξειδάση δημιουργεί ένα ηλεκτρικό σήμα. Ο αριθμός που εμφανίζεται στον μετρητή, είναι αποτέλεσμα βαθμονόμησης ανάλογα με την δύναμη του ηλεκτρικού σήματος, όσο περισσότερη γλυκόζη υπήρχε στο δείγμα, τόσο μεγαλύτερο το αποτέλεσμα.



Εικόνα 1: Μετρητής γλυκόζης στο αίμα

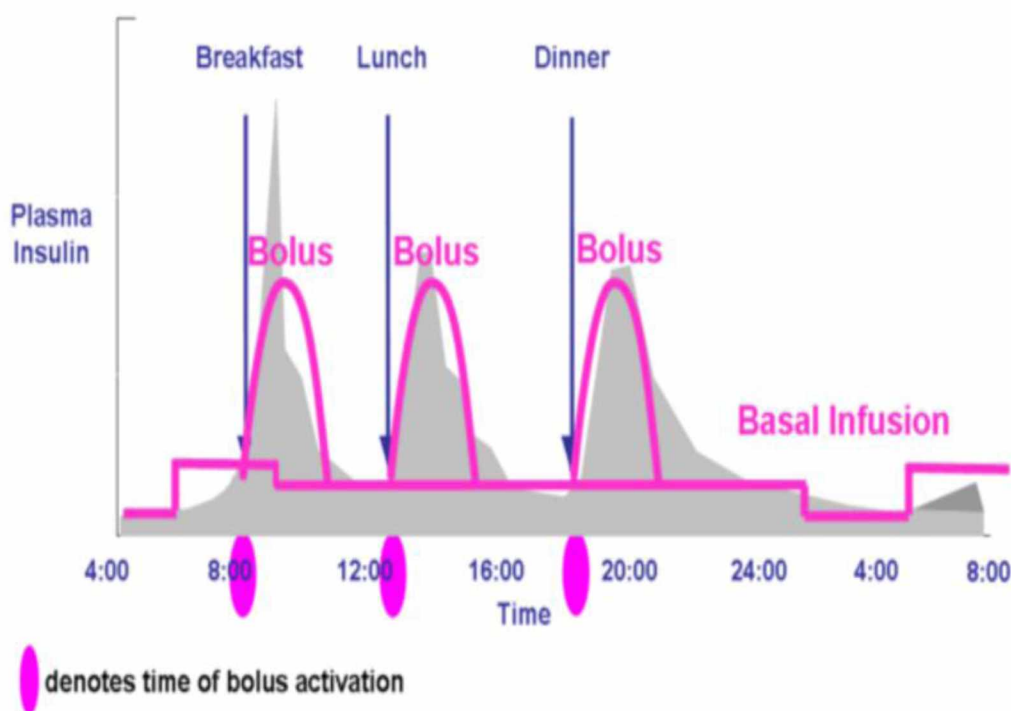
2.2 Ινσουλίνη

Η ινσουλίνη είναι ορμόνη που παράγεται στο πάγκρεας και είναι υπεύθυνη για την ρύθμιση των επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα, αποτρέπει δηλαδή την υπερβολική αύξηση της συγκέντρωσης της (υπεργλυκαιμία) ή την υπερβολική μείωση της (υπογλυκαιμία). Εκκρίνεται από τα β-κύτταρα, τα οποία διεγείρονται από την ύπαρξη της γλυκόζης.

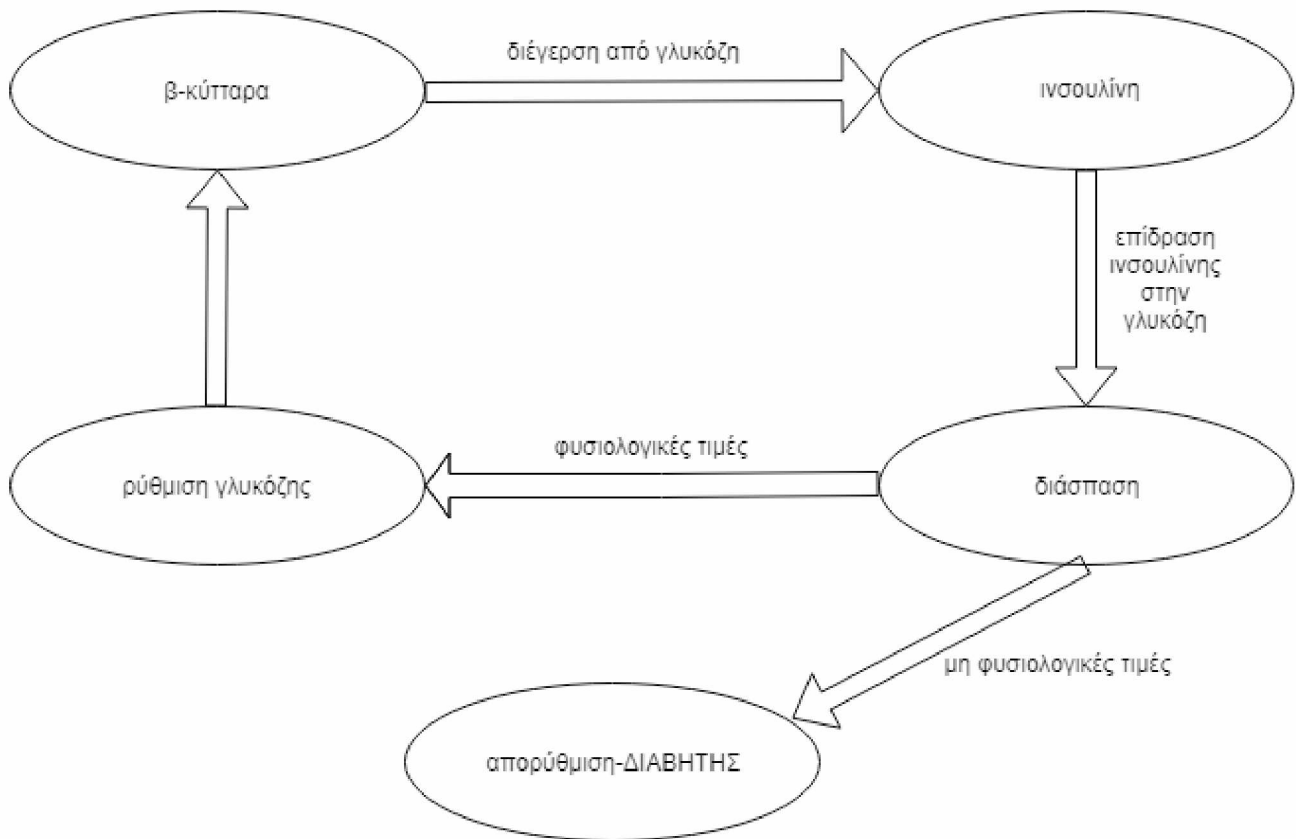
Η ινσουλίνη διεγείρει την απορρόφηση της γλυκόζης και την σύνθεση λιπιδίων αλλά και αναστέλλει την διάσπαση των λιπιδίων, των πρωτεϊνών και του γλυκογόνου. Τα επίπεδα της γλυκόζης ελέγχονται αυστηρά από την ινσουλίνη έτσι ώστε τα επίπεδα της παραγωγής της από το συκώτι να είναι ανάλογα με αυτά που χρειάζονται τα κύτταρα. Όταν ένας οργανισμός παρουσιάζει υπεργλυκαιμία, για να κρατηθεί αυτή η ισορροπία, πρέπει μέσω των ούρων να αποβληθεί γλυκόζη. Από την άλλη, στα υγιή άτομα το επίπεδο της γλυκόζης που αποβάλλεται μέσω των ούρων είναι σταθερό και επαρκές. Τα χαμηλά επίπεδα ινσουλίνης προκαλούν την απελευθέρωση γλυκόζης ενώ η περισσότερη ινσουλίνη αναστέλλει την παραγωγή γλυκόζης αναγκάζοντας το συκώτι να αποθηκεύσει την γλυκόζη ως γλυκογόνο. Συμπερασματικά λοιπόν, η αναγκαιότητα της ινσουλίνης έχει να κάνει με την επίδραση της στο συκώτι, στην

απελευθέρωση ή στην αποβολή της γλυκόζης που προκαλείται. Αν υπάρχει έλλειψη ινσουλίνης στο συκώτι, τότε η γλυκόζη απελευθερώνεται στο αίμα με γρηγορότερο ρυθμό από ότι μπορούν να μεταβολίσουν οι ιστοί.

Στα άτομα των οποίων τα β-κύτταρα του παγκρέατος παράγουν την ποσότητα ινσουλίνης που χρειάζεται ο οργανισμός, η ποσότητα αυτή δεν είναι σταθερή. Αντίθετα, διαφοροποιείται ανάλογα με την δραστηριότητα του ατόμου. Ξυπώντας το πρωί, η συγκέντρωση της είναι σε χαμηλά επίπεδα. Μόλις το άτομο φάει, η συγκέντρωση αυξάνεται απότομα, μπορεί ακόμα και να πενταπλασιαστεί, ενώ με την χώνεψη αρχίζει να μειώνεται. Το ίδιο συμβαίνει μετά από κάθε γεύμα ενώ κατά τον ύπνο παραμένει σε αρκετά σταθερά επίπεδα. Το πρότυπο αυτό ισχύει τόσο για τα άτομα φυσιολογικού βάρους όσο και για τα παχύσαρκα. Ωστόσο, υπάρχει αρκετά μεγάλη διαφορά στην συγκέντρωση της ινσουλίνης, η οποία στα παχύσαρκα άτομα μπορεί να είναι ακόμα και τριπλάσια συγκριτικά με τα άτομα φυσιολογικού βάρους. Παρόμοιο πρότυπο συγκέντρωσης ακολουθείται και για την γλυκόζη, η οποία είναι σε χαμηλά ποσοστά κατά τη διάρκεια του ύπνου αλλά και μετά το ξύπνημα ενώ αυξάνεται ραγδαία με την πρόσληψη τροφής και μειώνεται σταδιακά με την χώνεψη. Η συγκέντρωση της παρουσιάζεται αρκετά παρεμφερής, χωρίς να παίζει σημαντικό ρόλο το βάρος του ατόμου.



Εικόνα 2: Ένα τυπικό διάγραμμα ινσουλίνης εικοσιτετραώρου



Εικόνα 3: Ο κύκλος του διαβήτη

2.3 Η ασθένεια του διαβήτη

Ο διαβήτης αναφέρεται σε μια ομάδα ασθενειών στην οποία το άτομο έχει υψηλά ποσοστά γλυκόζης στο αίμα. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι διαβήτη είναι ο διαβήτης τύπου 1, ο διαβήτης τύπου 2 και ο διαβήτης κύησης. Επίσης, υπάρχει και μία κατάσταση που χαρακτηρίζεται ως προδιαβήτης, κατά την οποία το άτομο έχει αυξημένη συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα, αλλά όχι τόσο ώστε να χαρακτηριστεί διαβήτης. Ο προδιαβήτης αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης διαβήτη τύπου 2. Οι τρεις αυτοί τύποι διαβήτη είναι οι πιο συχνόί. Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι τύποι διαβήτη οι οποίοι μπορεί να προέρχονται από αιτίες όπως γενετικά ελαττώματα στα

β-κύτταρα, ασθένειες της ενδοκρινούς μούρας του παγκρέατος ή λόγω παρενεργειών φαρμάκων (όπως θεραπεία HIV/AIDS), ή μετά από μεταμόσχευση κάποιου οργάνου.

2.3.1 Διαβήτης τύπου 1

Το ανοσοποιητικό σύστημα του ασθενή καταστρέφει τα β-κύτταρα του παγκρέατος με αποτέλεσμα να μην παράγεται ινσουλίνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η γλυκόζη να μην μπορεί να εισχωρήσει στα κύτταρα και να συγκεντρώνεται στο αίμα. Οι ασθενείς με διαβήτη τύπου 1 αποτελούν το 5-10% των ασθενών με διαβήτη. Έχουν αναγνωριστεί 2 είδη διαβήτη τύπου 1, ο τύπος 1Α όπου τα κύτταρα επιτίθενται στα β-κύτταρα και ο τύπος 1Β που εμφανίζεται κυρίως σε Αφρικανούς ή σε Ασιάτες και παρουσιάζει έλλειψη ινσουλίνης. Δεν έχουν βρεθεί οι λόγοι ακριβώς για τους οποίους ο οργανισμός αναπτύσσει διαβήτη τύπου 1, ωστόσο είναι γνωστό πως η ασθένεια έχει γενετικό υπόβαθρο. Για το λόγο αυτό έχει δημιουργηθεί τεστ το οποίο εξετάζει άτομα που δεν έχουν τα συμπτώματα αλλά έχουν το γενετικό υπόβαθρο εμφάνισης διαβήτη τύπου 1. Υπάρχει ένα μοντέλο που δημιουργήθηκε το 1980, σύμφωνα με το οποίο κάθε άτομο γεννιέται με συγκεκριμένη ευαισθησία στην ανάπτυξη διαβήτη τύπου 1. Το επόμενο βήμα που δίνει το έναυσμα για την εμφάνιση του διαβήτη είναι η έκθεση σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως συγκεκριμένους ιούς, πχ εντεροϊούς και ιό του Κοξάκι, περιβαλλοντικές τοξίνες, όπως οι νιτροσαμίνες, και συγκεκριμένα τρόφιμα. Η συσχέτιση του καπνίσματος με την εμφάνιση διαβήτη εξετάζεται ακόμη.

Τα συμπτώματα που παρουσιάζουν οι ασθενείς είναι: έντονη δίψα και πείνα, ξηροστομία, ναυτία, συχνή ούρηση, κόπωση και ανεξήγητο χάσιμο βάρους. Ο διαβήτης τύπου 1, κατά βάση εμφανίζεται σε παιδιά και σε νέους.

Είναι η πιο κοινή ενδοκρινολογική ασθένεια και εμφανίζεται σε περίπου 1 στα 500 παιδιά, ποσοστό που αυξάνεται συνεχώς.

2.3.2 Διαβήτης τύπου 2

Το πάγκρεας του ασθενούς δεν παράγει αρκετή ινσουλίνη για τις ανάγκες του οργανισμού ή τα κύτταρα δεν αντιδρούν στην ινσουλίνη που παράγεται, μια κατάσταση που λέγεται insulin resistance. Ο διαβήτης τύπου 2 εμφανίζεται συνήθως σε άτομα άνω των 45 ετών, σε γυναίκες που εμφάνισαν διαβήτη κύησης και σε άτομα μικρότερης ηλικίας που είναι παχύσαρκα, ακολουθούν έναν ανθυγιεινό τρόπο ζωής και έχουν τουλάχιστον έναν από τους ακόλουθους παράγοντες κινδύνου: έχουν οικογενειακό ιστορικό διαβήτη, ανήκουν σε φυλές υψηλού κινδύνου, έχουν υψηλή πίεση, έχουν χαμηλή χοληστερίνη HDL ή υψηλά τριγλυκερίδια, δεν αθλούνται, έχουν οικογενειακό ιστορικό καρδιακού επεισοδίου, έχουν κατάθλιψη ή σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών. Ενώ στο παρελθόν αυτός ο τύπος διαβήτη θεωρούνταν μη

αναστρέψιμος, πως δηλαδή ο ασθενής θα χρειαζόταν σε όλη του τη ζωή πρόσληψη ινσουλίνης, έχει πλέον αποδειχτεί ότι η κατάσταση μπορεί να αναστραφεί. Με τη μέθοδο της βαριατρικής χειρουργικής (βαριατρική χειρουργική είναι η χειρουργική παρέμβαση για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας), το επίπεδο της γλυκόζης σε παχύσαρκα άτομα με διαβήτη τύπου 2 κανονικοποιήθηκαν και 10 χρόνια μετά το 90% των ατόμων παρέμεναν υγιή. Μετά από ένα τέτοιο χειρουργείο, μειώνονται οι θερμίδες που πρέπει να καταλαμβάνει το άτομο. Από την άλλη, μπορεί να υπάρξει και αντιστροφή της κατάστασης χωρίς χειρουργείο και μόνο με σωστή διατροφή. Ωστόσο ο διαβήτης τύπου 2 συνήθως διαγιγνώσκεται μόνο αφού έχουν ξεκινήσει τα συμπτώματα. Υπολογίζεται πως 1 στους 4 Αμερικάνους έχουν διαβήτη που δεν έχει διαγνωστεί.

2.3.3 Διαβήτη κύησης

Εμφανίζεται στις γυναίκες κατά τη διάρκεια της κύησης. Κάποιες γυναίκες έχουν υψηλή συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα τους και το σώμα τους δεν μπορεί να παράγει την αντίστοιχη ινσουλίνη που θα χρειαζόταν. Συνήθως αντιμετωπίζεται με άσκηση και σωστή διατροφή και ένα μικρό ποσοστό καταφεύγει σε ειδική αγωγή. Αν δεν διαγνωστεί κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης, μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης επιπλοκών κατά την γέννα. Έχει αποδειχτεί πως αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη κύησης έχουν οι γυναίκες με διατροφή πλούσια σε ζωικά λιπαρά και χοληστερίνη.

2.4 Η διάγνωση του διαβήτη

Εκτός από τα άτομα που εμφανίζουν συμπτώματα διαβήτη, θα πρέπει να εξετάζονται και όσα άτομα ανήκουν σε ομάδες υψηλού κινδύνου. Στις ομάδες υψηλού κινδύνου ανήκουν επί το πλείστον άτομα που είναι υπέρβαρα και έχουν κάποια από τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- δεν αθλούνται
- έχουν συγγενή πρώτου βαθμού με διαβήτη
- ανήκουν σε εθνικότητα υψηλού κινδύνου (Αφροαμερικανοί, Λατίνοι, Ιθαγενείς Αμερικάνοι, Ασιάτες Αμερικάνοι)
- γυναίκες που γέννησαν μωρά βαρύτερα από 4 κιλά ή εμφάνισαν διαβήτη κύησης
- γυναίκες με σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών
- υπέρτασικοί

- ιστορικό καρδιοπάθειας

Αν τα αποτελέσματα των εξετάσεων είναι φυσιολογικά, οι εξετάσεις πρέπει να επαναλαμβάνονται κάθε 3 χρόνια ή και συχνότερα ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου του ατόμου. Έτσι, εκτός από την διάγνωση διαβήτη, μπορεί να διαγνωστεί και ο προδιαβήτης ώστε να αποτραπεί ή να καθυστερήσει η εμφάνιση διαβήτη τύπου 2. Τα τεστ που χρησιμοποιούνται για την διάγνωση διαβήτη και προδιαβήτη είναι τα εξής:

- Fasting Plasma Glucose Test (FPG): Το τεστ αυτό μετράει το επίπεδο της γλυκόζης στο αίμα κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, το τεστ θα πρέπει να γίνεται το πρωί μετά από τουλάχιστον 8 ώρες νηστείας, δηλαδή 8 ώρες χωρίς φαγητό και υγρά παρά μόνο νερό.
- A1C Test: Το τεστ αυτό δείχνει τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα τους τελευταίους 3 μήνες. Λαμβάνονται υπόψιν και άλλοι παράγοντες, όπως πχ η ηλικία και αν το άτομο έχει αναιμία ή κάποιο άλλο αιματολογικό πρόβλημα. Τα αποτελέσματα υπολογίζονται σε ποσοστό επί τοις εκατό, όσο μεγαλύτερο το ποσοστό τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση της γλυκόζης. Το τεστ αυτό εκτός από την διάγνωση, χρησιμοποιείται και σε άτομα που πάσχουν από διαβήτη για την ρύθμιση του.
- Random Plasma Glucose Test (RPG): Το τεστ αυτό χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν ήδη συμπτώματα διαβήτη. Δεν χρειάζεται να προηγηθεί νηστεία και μπορεί να γίνει ανά πάσα στιγμή.

Τα τεστ που χρησιμοποιούνται για την διάγνωση διαβήτη κύησης είναι τα εξής:

- Glucose Challenge Test: Το τεστ αυτό γίνεται 1 ώρα αφού η ενδιαφερόμενη πει ένα γλυκό υγρό που περιέχει γλυκόζη. Αν τα αποτελέσματα είναι υψηλά (135-140 και παραπάνω) ίσως ζητηθεί και το επόμενο τεστ.
- Oral Glucose Tolerance Test (OGTT): Για να γίνει αυτή η εξέταση πρέπει η ενδιαφερόμενη να έχει κάνει νηστεία για τουλάχιστον 8 ώρες. Η διαδικασία είναι η εξής: θα γίνει μια πρώτη αιμοληψία και κατόπιν θα πει το υγρό που περιέχει την γλυκόζη. Μετά θα γίνουν και άλλες αιμοληψίες ανά 2-3 ώρες. Αν τα αποτελέσματα 2 ή περισσότερων αιμοληψιών είναι υψηλά, τότε σημαίνει πως η έγκυος έχει διαβήτη κύησης. Η εξέταση αυτή χρησιμοποιείται και για την διάγνωση άλλων τύπων διαβήτη αλλά δεν προτιμάται καθώς είναι δύσκολη και ακριβή στην πραγματοποίησή της.
- Κάποιοι ασθενείς δεν μπορεί να ξεκαθαριστεί αν πάσχουν από διαβήτη τύπου 1 ή 2. Αυτό συμβαίνει κυρίως στα παιδιά και τους εφήβους αλλά σπανιότερα και στους ενήλικες. Η διάγνωση γίνεται σίγουρη με την πάροδο του χρόνου.

3. Αντιμετώπιση του διαβήτη

3.1 Διατροφή και Άσκηση στη αντιμετώπιση του διαβήτη

Η σωστή διατροφή και η άσκηση αποτελούν δύο σημαντικούς παράγοντες υγιεινού τρόπου ζωής για κάποιον που πάσχει από διαβήτη καθώς βοηθούν να διατηρηθούν τα επίπεδα της γλυκόζης στα επιθυμητά επίπεδα. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει η κατανάλωση υγρών και φαγητών να ισορροπούν με την άσκηση και με την λήψη φαρμάκων για τον διαβήτη, σε περίπτωση που λαμβάνονται. Το είδος της τροφής, η ποσότητα της και το πότε γίνεται η κατανάλωση της είναι σημαντικοί παράγοντες για την διατήρηση των γλυκαιμικών επιπέδων στα φυσιολογικά όρια. Οι αλλαγές αυτές, ίσως στην αρχή, φαίνονται δύσκολες. Για το λόγο αυτό, οι ειδικοί προτείνουν μικρές αλλαγές στον τρόπο ζωής με την ταυτόχρονη στήριξη τόσο του κοινωνικού περιβάλλοντος, όσο και του ιατρικού.

Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

3.2 Διαβήτης και Άσκηση

Η άσκηση έχει πολλά οφέλη καθώς μειώνει τα επίπεδα της γλυκόζης, μειώνει την αρτηριακή πίεση, διευκολύνει την ροή του αίματος, βοηθά στην καύση θερμίδων, βελτιώνει τη διάθεση, μπορεί να αποτρέψει πτώσεις και να βελτιώσει την μνήμη σε ηλικιωμένους και βοηθά στον ύπνο. Προτείνεται ο κατώτερος στόχος να είναι τουλάχιστον 30 λεπτά άσκησης 5 φορές την εβδομάδα. Ωστόσο πρέπει να ακολουθούνται κάποιοι κανόνες προκειμένου ο ασθενής να είναι ασφαλής. Αρχικά, θα πρέπει να πίνει νερό πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση προκειμένου να παραμένει ενυδατωμένος και να αποφευχθεί κάποια κρίση υπογλυκαιμίας ή καρδιακής δυσλειτουργίας. Επίσης, δεδομένου του ότι η άσκηση μειώνει τα επίπεδα της γλυκόζης, θα πρέπει να αποφευχθεί κάποια κρίση υπογλυκαιμίας. Είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί κάποια κρίση υπογλυκαιμίας αν ο ασθενής έχει παραλείψει κάποιο γεύμα. Ο κίνδυνος υπάρχει τόσο κατά τη διάρκεια της γυμναστικής όσο και για τις επόμενες 24 ώρες. Το σημαντικό είναι ο ασθενής να προγραμματίζει την άσκηση του, προκειμένου να παίρνει κάποια δόση ινσουλίνης ή να τρώει ένα σνακ υδατανθράκων σύμφωνα με τις οδηγίες κάποιου ειδικού. Στα πρώτα 5-10 λεπτά έντονης σωματικής άσκησης, το γλυκογόνο παράγει τη μεγαλύτερη πηγή ενέργειας των σκελετικών μυών. Όσο η σωματική άσκηση συνεχίζεται, η συνεισφορά της γλυκόζης αυξάνεται. Με το τέλος της άσκησης, το σώμα μπαίνει σε μία κατάσταση όπου το γλυκογόνο αποθηκεύεται στους μύες και το συκώτι και η παραγωγή γλυκόζης από το ήπαρ επιταχύνεται. Ο έλεγχος των επιπέδων της ορμόνης αυξάνεται για κάποιον χρόνο και κατ' επέκταση μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης υπογλυκαιμίας. Αρκετή ώρα αργότερα, όταν επιτυγχάνεται ομοιόσταση και τα επίπεδα του γλυκογόνου, της γλυκόζης και των λοιπών ορμονών επιστρέφουν στα

κανονικά, ίσως χρειαστεί ινσουλίνη προκειμένου να απορροφηθεί η γλυκόζη. Επιπρόσθετα, θα πρέπει ο ασθενής πριν την έναρξη της άσκησης να κάνει προθέρμανση, η οποία θα μπορούσε να αποτελείται από 5-10 λεπτά αερόβιας άσκησης, πχ περπάτημα ή ποδήλατο, προκειμένου να προετοιμαστούν οι μύες, η καρδιά και τα πνευμόνια. Μετά από αυτό θα πρέπει να γίνονται διατάσεις. Μετά το πέρας της άσκησης, θα πρέπει ο ασθενής να κάνει παρόμοιες ασκήσεις για 5-10 λεπτά προκειμένου οι χτύποι της καρδιάς να μειωθούν και πάλι. Προτείνεται επίσης η χρήση κατάλληλων παπουτσιών, πάτων και καλτσών ώστε να αποφευχθεί η πρόκληση κάποιου τραυματισμού στα πόδια.

Όσον αφορά τον διαβήτη τύπου 1, δεν έχουν αποδειχτεί οι αναμενόμενες βελτιώσεις στον γλυκαιμικό έλεγχο μέσω της άσκησης. Καθώς υπάρχει αδυναμία για παραγωγή γλυκόζης, είναι απαραίτητη η εξωγενής ινσουλίνη η οποία αποτελεί και την μοναδική μέχρι στιγμής γνωστή θεραπεία. Οι κύριοι κίνδυνοι όταν ένας ασθενής με διαβήτη τύπου 1 ασκείται αφορούν μεταβολικές διαταραχές οι οποίες μπορεί να αποδειχτούν πολύ επικίνδυνες αλλά και θανάτωση αγγείων του σώματος. Υπογλυκαιμία μπορεί να εμφανιστεί από 4 έως και 24 ώρες μετά την άσκηση. Η αυξημένη ευαισθησία στην ινσουλίνη και η έλλειψη αποθεμάτων γλυκογόνου οδηγούν σε υπογλυκαιμία, κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το γεγονός αυτό εκτός από το ότι επηρεάζει το πρόγραμμα ύπνου, επηρεάζει και τις φυσικές επιδόσεις την επόμενη ημέρα. Για να αποφευχθεί η εμφάνιση νυχτερινής υπογλυκαιμίας, προτείνεται ο ασθενής να φάει ένα απογευματινό σνακ ή να μειώσει την δόση ινσουλίνης μετά την άσκηση. Παρόλο, λοιπόν, που τα σωματικά και τα ψυχολογικά προτερήματα που προκύπτουν από την άσκηση είναι πολλά, ελάχιστες έρευνες, και αυτές σε μικρό πλήθος, έχουν αποδείξει βελτίωση στον γλυκαιμικό έλεγχο. Ωστόσο υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι η ώρα που λαμβάνει χώρα η άσκηση είναι ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς η συχνή άσκηση μετά το φαγητό να βοηθά στον γλυκαιμικό έλεγχο μακροπρόθεσμα. Μια κατευθυντήρια γραμμή που θα βοηθούσε τους ασθενείς να αποφύγουν κάποια κρίση περιλαμβάνει τα εξής: αν τα επίπεδα της γλυκόζης σε νηστεία είναι μεγαλύτερα από 250 mg/dl και ο οργανισμός εμφανίζει κέτωση η άσκηση θα πρέπει να αποφευχθεί, ενώ αν τα επίπεδα της γλυκόζης είναι μεγαλύτερα από 300 mg/dl και δεν εμφανίζεται κέτωση θα πρέπει να παρθούν προφυλάξεις κατά την άσκηση. Αν τα επίπεδα της γλυκόζης είναι μικρότερα από 100 mg/dl θα πρέπει να γίνει πρόσληψη υδατανθράκων. Θα πρέπει να γίνεται συχνή μέτρηση της γλυκόζης προκειμένου να διευκρινιστεί αν χρειάζεται αλλαγή στην ποσότητα της ινσουλίνης που λαμβάνει ο οργανισμός ή αν πρέπει να γίνει πρόσληψη υδατανθράκων ώστε να μην παρουσιαστεί υπογλυκαιμικό επεισόδιο. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμο φαγητό με υδατάνθρακες τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και μετά.

Από την άλλη, όσον αφορά τον διαβήτη τύπου 2, η σωματική άσκηση τόσο από μόνη της όσο και σε συνδυασμό με ιατροφαρμακευτική αγωγή μπορεί να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στον γλυκαιμικό έλεγχο. Ωστόσο πρέπει πρώτα να ληφθεί λεπτομερές ιστορικό υγείας από τον ασθενή, το οποίο να επικεντρώνεται στις ασθένειες και τα

συμπτώματα που επηρεάζουν την καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία, τα μάτια, τα νεφρά, τα πόδια και το νευρικό σύστημα. Επιπλέον, μπορεί να βοηθήσει στην αποτροπή εμφάνισης διαβήτη σε άτομα που ανήκουν σε ομάδες υψηλού κινδύνου. Συγκεκριμένα, έχει υπολογιστεί πως ο κίνδυνος εμφάνισης διαβήτη μειώνεται κατά 31%, 46% και 42% όταν το άτομο ακολουθεί σωστή διατροφή, αθλείται ή και τα δύο αντίστοιχα. Έχει γίνει πλέον σαφές ότι η αύξηση του ποσοστού εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 σχετίζεται με τη μείωση της άσκησης στην καθημερινότητα παγκοσμίως και την αύξηση της παχυσαρκίας.

Έχει αποδειχτεί πως η σωματική άσκηση μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία στην ινσουλίνη στο συκώτι και στους μύες μέχρι και για 16 ώρες καθώς και βοηθά στην οξείδωση των υδατανθράκων και στην μετατροπή τους σε μάζα. Ωστόσο επειδή η πλειοψηφία των ατόμων που πάσχουν από διαβήτη τύπου 2 ακολουθούν καθιστικό τρόπο ζωής, είναι υπέρβαροι και μεσήλικες ή μεγαλύτεροι, η άσκηση πρέπει να εκτελείται με ιδιαίτερη προσοχή

Στα πρώτα 5-10 λεπτά έντονης σωματικής άσκησης, το γλυκογόνο παράγει τη μεγαλύτερη πηγή ενέργειας των σκελετικών μυών. Όσο η σωματική άσκηση συνεχίζεται, η συνεισφορά της γλυκόζης αυξάνεται. Με το τέλος της άσκησης, το σώμα μπαίνει σε μία κατάσταση όπου το γλυκογόνο αποθηκεύεται στους μύες και το συκώτι και η παραγωγή γλυκόζης από το ήπαρ επιταχύνεται. Ο έλεγχος των επιπέδων της ορμόνης αυξάνεται για κάποιον χρόνο και κατ' επέκταση μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης υπογλυκαιμίας. Αρκετή ώρα αργότερα, όταν επιτυγχάνεται ομοιόσταση και τα επίπεδα του γλυκογόνου, της γλυκόζης και των λοιπών ορμονών επιστρέφουν στα κανονικά, ίσως χρειαστεί ινσουλίνη προκειμένου να απορροφηθεί η γλυκόζη.

3.3 Διαβήτης και Δίαιτα

Συγκεκριμένες διατροφικές συμβουλές δίνονταν στα άτομα με διαβήτη εδώ και πολλά χρόνια και συγκριμένα η πρώτη δίαιτα υπολογίζεται πως δόθηκε το 1797 από τον John Rollo, έναν Σκοτσέζο στρατιωτικό χειρουργό γνωστό για την δουλειά του όσον αφορά τον διαβήτη. Η διατροφή αυτή αποτελούνταν από τα ακόλουθα γεύματα: για πρωινό περίπου 200 ml γάλακτος και 200 ml νερού με λάιμ μαζί με ψωμί και βούτυρο, για μεσημεριανό χαλασμένο κρέας (“τόσο χάλασμένο όσο αντέχει το στομάχι”), το απόγευμα έναν χυλό από αίμα και λίπος και για βραδινό επανάληψη του πρωινού. Ωστόσο η διατροφή αυτή δεν έγινε ποτέ ευρέως αποδεκτή.

Τα άτομα με διαβήτη πρέπει να ακολουθούν ένα πρόγραμμα διατροφής το οποίο να περιλαμβάνει ποικιλία υγιεινών τροφών από όλες τις ομάδες τροφίμων. Οι ομάδες τροφίμων είναι οι εξής: λαχανικά, φρούτα, σιτηρά, πρωτεΐνες και γαλακτοκομικά προϊόντα. Υπάρχουν ωστόσο κάποιες τροφές των οποίων η κατανάλωση πρέπει να

περιοριστεί, όπως τα τηγανητά και οι τροφές πλούσιες σε λιπαρά, τροφές πλούσιες σε νάτριο, τα γλυκά και τα αφεψήματα με προστιθέμενη ζάχαρη. Επίσης πρέπει να περιοριστεί η κατανάλωση αλκοόλ. Επιπρόσθετα, έχει εκτιμηθεί πως θα πρέπει να καταναλώνονται τόσοι υδατάνθρακες ώστε να προσφέρουν στον οργανισμό περίπου το 55-60% της ενέργειας που χρειάζεται. Το σημαντικό είναι ο σωστός συνδυασμός της ποσότητας και του είδους φαγητού προκειμένου να ελέγχεται τόσο το βάρος όσο και τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα. Ωστόσο, σύμφωνα με έρευνες, το 22% των διαβητικών Αμερικάνων δήλωσε πως δεν είχε λάβει ποτέ κάποια δίαιτα από τον γιατρό του ενώ το 25% πως έλαβαν αλλά ποτέ δεν την ακολούθησαν. Μόνο το 53% δήλωσε πως ακολουθεί την δίαιτα που θα έπρεπε. Τα ποσοστά αυτά είναι παρόμοια και στην Ευρώπη. Ο λόγος για τα χαμηλά αυτά ποσοστά ίσως είναι η αδυναμία, μέχρι στιγμής, να δημιουργηθεί μια δίαιτα η οποία να είναι ευρέως αποδεκτή αλλά και αποτελεσματική για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επίσης υπάρχουν ακόμα διαφωνίες για την χρησιμότητα διάφορων διατροφικών στοιχείων.

3.4 Η μέθοδος Πολλαπλών Εγχύσεων Ινσουλίνης (MDI) ως αντιμετώπιση του Διαβήτη

Η θεραπεία MDI (Multiple Daily Injections) είναι ένας ιδιαίτερα διαδεδομένος τρόπος αντιμετώπισης του διαβήτη. Περιλαμβάνει τουλάχιστον 4 ενέσεις ινσουλίνης ημερησίως, από τις οποίες η μία ή οι δύο είναι με ινσουλίνη “μεγάλης διαρκείας” και βοηθούν στην διατήρηση της ινσουλίνης στα φυσιολογικά επίπεδα υπό συνθήκες ηρεμίας. Επιπλέον ενέσεις γίνονται κατά τα γεύματα του ασθενούς, όταν δηλαδή ο ασθενής χρειάζεται περισσότερη ινσουλίνη από το συνηθισμένο. Υπάρχει και η δόση-διόρθωσης, η οποία γίνεται επιπρόσθετα όταν το σάκχαρο του ατόμου έχει ανέβει σε υψηλά επίπεδα. Ωστόσο είναι πιθανό να οδηγήσουν σε υπογλυκαιμία αν δεν γίνουν σωστά, για το λόγο αυτό πρέπει να γίνονται μόνο από έμπειρα άτομα.

3.4 Οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης ως αντιμετώπιση του Διαβήτη

Τα τελευταία χρόνια μία νέα μέθοδος αντιμετώπισης του διαβήτη έχει εμφανιστεί, οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης. Η εμφάνισή τους έγινε πριν περίπου 40 χρόνια, ωστόσο τότε η χρήση τους ήταν καθαρά ερευνητική. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση της έχει αυξηθεί κατακόρυφα, με περίπου 0,75 εκατομμύρια άτομα παγκοσμίως να χρησιμοποιούν αντλία έγχυσης ινσουλίνης για την αντιμετώπιση του διαβήτη. Το DCCT (Diabetes Control and Complications Trial) απέδειξε μια πολύ μεγάλη μείωση στη συχνότητα και την δριμύτητα των επιπλοκών σε εφήβους και νέους που πάσχουν από διαβήτη τύπου 1 και χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη μέθοδο καταφέροντας και διατηρώντας τον έλεγχο του επιπέδου της γλυκόζης κοντά στο φυσιολογικό. Παρόμοια αλλά όχι τόσο συνταρακτικά ήταν τα αποτελέσματα έρευνας στο Ηνωμένο Βασίλειο για άτομα με διαβήτη τύπου 2. Οι έρευνες αυτές καθιέρωσαν την εντατική θεραπεία του διαβήτη και επανέφεραν τις εξωτερικές αντλίες ινσουλίνης, continuous subcutaneous insulin infusion (CSII). Οι ασθενείς στους οποίους εφαρμόστηκε η μέθοδος, εμφάνισαν καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο συγκριτικά με αυτούς που έκαναν πολλαπλές εγχύσεις ινσουλίνης.

Η χρήση της CSII έχει αυξηθεί δραματικά. Στις ΗΠΑ περίπου το 8% των ασθενών με διαβήτη τύπου 1 ακολουθεί αυτή τη θεραπεία, η οποία αποτελεί την πιο φυσιολογική μέθοδο έγχυσης ινσουλίνης.

Οι αντλίες ινσουλίνης εμφανίστηκαν στο τέλος του 1970. Παρά τον αρχικό ενθουσιασμό, η μέθοδος αντιμετώπισε προβλήματα εξαιτίας του μεγέθους, της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας. Πλέον, οι αντλίες είναι μικρότερες, αποτελεσματικότερες και ευκολότερες στην χρήση. Οι 3 μεγαλύτερες εταιρίες κατασκευής αντλιών είναι

- Disetronic Medical Systems
- MiniMed Technologies
- Animas

Περιέχουν ένα φυσίγγιο γεμάτο ινσουλίνη το οποίο συνδέεται με έναν καθετήρα, ο οποίος εισέρχεται στον υποδερμίο ιστό. Η αντλία διανέμει συνεχώς με προκαθορισμένο βασικό ρυθμό ώστε να φτάσει την ινσουλίνη σε φυσιολογικά επίπεδα. Οι συσκευές επιτρέπουν τον προγραμματισμό πολλών διαφορετικών ρυθμών έγχυσης ινσουλίνης, αλλά ο μέσος ασθενής χρειάζεται 4 έως 6 διαφορετικούς ρυθμούς. Επίσης διαθέτει bolus για να καλύπτει την ώρα του φαγητού.

Η εισαγωγή της αντλίας δεν χρειάζεται χειρουργείο αλλά είναι μια διαδικασία που τυπικά διαρκεί 5 λεπτά. Η συσκευή δεν είναι τεχνητό πάγκρεας. Οι ασθενείς που χρησιμοποιούν CSII ίσως κοιμούνται περισσότερο το πρωί καθώς τα επίπεδα ινσουλίνης ελέγχονται καλύτερα για μεγαλύτερη διάρκεια και γίνονται οι κατάλληλες προσαρμογές στους ρυθμούς έγχυσης. Δεν πρέπει να αγνοείται η δίαιτα θερμίδων και

περιορισμένων υδατανθράκων. Επίσης, ο έλεγχος των επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα πρέπει να είναι τόσο τακτικός όσο και για τους ασθενείς που ακολουθούν θεραπεία MDI. Τα επικίνδυνα γλυκαιμικά επεισόδια θα μειωθούν και τα επεισόδια σοβαρής υπεργλυκαιμίας ή υπογλυκαιμίας θα ελλατωθούν αλλά δεν θα σταματήσουν εντελώς.

3.4.1 Πλεονεκτήματα των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης

Γλυκαιμικός Έλεγχος: Η CSII προσφέρει καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο συγκριτικά με την συμβατική θεραπεία. Αντί να ελαττώνει τα επίπεδα των γλυκοζυλιωμένων αιμοσφαιρινών (HbA1c, η οποία μετρά την ποσότητα της γλυκόζης που συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη-μια πρωτεΐνη που μεταφέρει το οξυγόνο στο αίμα), μειώνει τη γλυκαιμική μεταβλητότητα (δηλαδή κρατάει σταθερό το πλάτος, τη συχνότητα και τη διάρκεια των γλυκαιμικών διακυμάνσεων γύρω από τις μέσες τιμές γλυκόζης και περιορίζει τόσο τις υπεργλυκαιμικές κορυφές, όσο και τις υπογλυκαιμίες).

Υπογλυκαιμία: Τα επεισόδια σοβαρής υπογλυκαιμίας μπορεί να μειωθούν έως και 4 φορές με την CSII συγκριτικά με την MDI χωρίς να επηρεάζεται ο γλυκαιμικός έλεγχος. Αυτή η μείωση συνοδεύεται από αύξηση των προειδοποιητικών συμπτωμάτων της υπογλυκαιμίας που καταλαβαίνει ο ασθενής μόνος του και στην αύξηση της αντίδρασης των αντιρυθμιστικών ορμονών στην υπογλυκαιμία.

Άλλοι μεταβολικοί παράγοντες και επιπλοκές: Η θεραπεία με CSII βελτιώνει ή καθυστερεί την εμφάνιση διάφορων νεφροπαθειών.

Ευελιξία στην καθημερινότητα: Παρέχει ευελιξία στην καθημερινότητα.

3.4.2 Μειονεκτήματα των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης

Διαβητική κετοξέωση: Είναι μια δυνητικά απειλητική για τη ζωή επιπλοκή του σακχαρώδη διαβήτη. Συμβαίνει κυρίως σε ασθενείς με διαβήτη τύπου 1 αλλά υπό συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να εμφανιστεί και σε ασθενείς άλλων τύπων διαβήτη. Εμφανίζεται συχνότερα σε άτομα κάτω των 19 ετών αλλά μπορεί να εμφανιστεί και σε οποιαδήποτε άλλη ηλικία. Τα συμπτώματα της είναι τα εξής: υψηλά επίπεδα σακχάρου στο αίμα, κητόνες στα ούρα, πολυδιψία και πολουρία, μειωμένη όρεξη, ταχύπνοια, ναυτία, εμετοί και στομαχόπονος και άλλα. Διαγιγνώσκεται με εξετάσεις αίματος και ούρων. Μπορεί να επιφέρει οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου, οίδημα εγκεφάλου και νεφρική ανεπάρκεια.

Με την CSII δεν δημιουργείται μια συνεχής αποθήκη ινσουλίνης και αν η κανονική ροή για κάποιο λόγο διακοπεί, είναι πιθανό να εμφανιστεί διαβητική κετοξέωση πιο γρήγορα συγκριτικά με τις άλλες θεραπείες. Οι λόγοι για τους οποίους μπορεί να

διακοπεί η κανονική ροή των εγχύσεων ινσουλίνης είναι είτε εκ προθέσεως, για να μπορέσει ο ασθενής να συμμετάσχει σε κάποιες δραστηριότητες, είτε λόγω σφάλματος, όπως εάν φράξει ή εάν βγει ο καθετήρας, εάν τελειώσει η μπαταρία, εάν εξαντληθεί το απόθεμα ινσουλίνης και άλλα. Πολλές φορές ευθύνεται λάθος του ασθενή ή ανεπαρκής εκπαίδευση, ειδικά όταν οι ασθενείς δεν ακολουθούν τα απαραίτητα βήματα σε περίπτωση υπεργλυκαιμίας.

Υπογλυκαιμία: Παρόλο που τα επεισόδια υπογλυκαιμίας είναι λιγότερα στους ασθενείς με CSII συγκριτικά με MDI, ανησυχίες υπήρχαν πως μπορεί να εμφανιστεί υπογλυκαιμία εξαιτίας έγχυσης ινσουλίνης λόγω λάθους (pump runaway). Κάτι τέτοιο ωστόσο δεν έχει συμβεί τα τελευταία χρόνια λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων στους μικροεπεξεργαστές.

Μολύνσεις και Δερματίτιδες: Η πιο κοινή επιπλοκή του CSII. Οι περισσότερες περιπτώσεις των μολύνσεων είναι βακτηριακές, συνήθως στρεπτόκοκκος ή σταφυλόκοκκος, αλλά έχει βρεθεί και *Rhizomucor cellutis*. Ωστόσο οποιοδήποτε παθογόνο θα μπορούσε να ευθύνεται. Πολλοί ασθενείς που χρησιμοποιούν CSII είναι χρόνιοι φορείς σταφυλόκοκκου. Κάποιες φορές η μόλυνση μπορεί να απαιτεί χειρουργείο. Πολύ σπάνια η δερματίτιδα επιμένει και είναι τόσο σοβαρή που η αντλία πρέπει να αφαιρεθεί.

Αύξηση βάρους: Κατά μέσο όρο οι ασθενείς με CSII παίρνουν 4,5 κιλά περισσότερα από ότι οι ασθενείς που ακολουθούν τις συμβατικές μεθόδους θεραπείας. Ωστόσο δεν παρουσιάζεται κάποια διαφορά ανάμεσα σε αυτούς που ακολουθούν CSII και σε αυτούς που ακολουθούν MDI.

Ψυχολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις: Η CSII μπορεί να προκαλέσει ψυχολογικά θέματα σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με την συμβατική θεραπεία. Επειδή η αντλία είναι εμφανής στους άλλους, κάποιοι ασθενείς παρουσιάζουν δυσκολία όσο αφορά την εικόνα του σώματος τους ενώ άλλοι θεωρούν αδιάκριτο το να πρέπει να εξηγούν τον λόγο ύπαρξης της αντλίας. Επίσης, μπορεί οι ασθενείς να φοβούνται διάφορα σφάλματα του μηχανήματος, κάτι που αντιμετωπίζεται με σωστή εκπαίδευση. Δεν γίνεται να προβλεφθεί η επιτυχία ή όχι της αντλίας. Ενώ κάποιες έρευνες συνδυάζουν την χρήση της CSII με λιγότερο άγχος και κατάθλιψη, κάποιες άλλες έρευνες τονίζουν πως αυτό ισχύει μόνο για ασθενείς που ζήτησαν από μόνοι τους την χρήση της συγκεκριμένης θεραπείας. Όσον αφορά τα παιδιά και τους εφήβους, οι έρευνες δείχνουν πως έχουν καλύτερο έλεγχο στη ζωή τους και αύξηση του άγχους για τους άλλους.

3.4.2.1 Τρόποι αντιμετώπισης των κινδύνων

Για να μειωθεί ο κίνδυνος κετοξέωσης και να γίνει έγκαιρη αναγνώριση της υπογλυκαιμίας, οι ασθενείς πρέπει να ελέγχουν το επίπεδο της γλυκόζης στο αίμα τους τουλάχιστον 4 φορές την ημέρα. Ο καθετήρας πρέπει να αλλάζεται κάθε 2 με 3 ημέρες για την αποφυγή δερματικών μολύνσεων. Η τοπική εφαρμογή αντιβιοτικής κρέμας συνήθως είναι αρκετή θεραπεία. Τέλος, η τακτική άσκηση και η προσοχή στην πρόσληψη θερμίδων βοηθούν στην διατήρηση του βάρους, ή και το αδυνάτισμα, αν χρειάζεται.

3.4.3 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης σε παιδιά και εφήβους

Υπάρχουν πολύ λίγες έρευνες που αφορούν την χρήση CSII σε παιδιά και εφήβους. Όλες από αυτές υστερούν σε μέγεθος και οι περισσότερες αφορούν εφήβους. Οι περισσότερες και οι πιο πρόσφατες έρευνες, αποδεικνύουν πως η CSII και στα παιδιά συνδέεται με μειωμένο αριθμό επιπλοκών συγκριτικά με την MDI, όπως υπογλυκαιμία, κετοξέωση και αύξηση βάρους. Η CSII προτιμάται από γονείς και παιδίατρους καθώς αποτελεί την ασφαλέστερη, ευκολότερη και πιο φυσιολογική μέθοδο πρόσληψης ινσουλίνης.

3.4.4 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης σε εγκύους

Η σύνδεση της υπερβολικής μητρικής υπογλυκαιμίας σε γυναίκες με διαβήτη τύπου 1 και ο κίνδυνος για εμβρυακές ανωμαλίες είναι αποδεδειγμένος. Για το λόγο αυτό η επίτευξη φυσιολογικών τιμών γλυκόζης στο αίμα των εγκύων είναι σημαντικός στόχος. Η υπογλυκαιμία αυξάνεται στη διάρκεια του πρώτου τριμήνου της εγκυμοσύνης, κάτι το οποίο ίσως οφείλεται στις προσπάθειες του οργανισμού για καλύτερο μεταβολικό έλεγχο, την παθητική διάχυση της γλυκόζης μέσω του πλακούντα και την μεταβολή στις αντιρυθμιστικές αντιδράσεις της επινεφρίνης, της αυξητικής ορμόνης και του γλυκαγόνου. Τα ποσοστά σοβαρών επεισοδίων υπογλυκαιμίας σε εγκύους με διαβήτη τύπου 1 φτάνουν το 41%. Εφόσον η CSII βοηθάει στον γλυκαιμικό έλεγχο και μειώνει τα ποσοστά εμφάνισης επεισοδίων υπογλυκαιμίας, είναι λογικό να υποθέσουμε ότι θα είναι ευεργετική για της εγκύους. Σύμφωνα με έρευνες, τα αποτελέσματα της CSII σε εγκύους είναι τουλάχιστον συγκρίσιμα με της MDI. Ωστόσο, ανάμεσα στην CSII και την MDI, οι έγκυες συνήθως προτιμούν την CSII λόγω των πλεονεκτημάτων της, τα οποία περιλαμβάνουν περιορισμό της πρωινής ναυτίας, της υπερέμεσης κύησης (πρωινή ναυτία με αυξημένα συμπτώματα), περιορισμό του φαινομένου της αυγής (dawn phenomenon) το οποίο αυξάνεται κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης και καλύτερη διαχείριση μετά τον τοκετό, όπου οι απαιτήσεις σε ινσουλίνη διακυμαίνονται. Κάποιες έρευνες δείχνουν παρόμοια αποτελέσματα σε εγκύους με διαβήτη τύπου 2, χωρίς ωστόσο να έχουν γίνει ενδεδειγμένες έρευνες.

3.4.5 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης σε ασθενείς με διαβήτη τύπου 2

Τα δεδομένα για την χρήση της CSII σε ασθενείς με διαβήτη τύπου 2 είναι λιγότερα συγκριτικά με του τύπου 1, ωστόσο η χρήση της ολοένα και αυξάνεται. Κάποιες δοκιμές έχουν δείξει καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο μέσα σε 6 μήνες, βελτιωμένη λειτουργία των β-κυττάρων (τύπος κυττάρου στις παγκρεατικές νησίδες) και έκκριση πρώτης φάσης ινσουλίνης. Φαίνεται πως τα αποτελέσματα της CSII είναι πολύ ικανοποιητικά και στους ασθενείς με διαβήτη τύπου 2, ωστόσο η έλλειψη δεδομένων δεν βοηθά στην δημιουργία σίγουρων συμπερασμάτων.

3.4.6 Χρήση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης και άσκηση

Η τακτική άσκηση έχει πολλά οφέλη στους ασθενείς με διαβήτη, όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.2 και η CSII επιτρέπει την διατήρηση καλύτερου γλυκαιμικού ελέγχου κατά την διάρκεια της. Ωστόσο σε περίπτωση έντονης σωματικής άσκησης, ο ασθενής πρέπει να είναι εκπαιδευμένος ώστε να κάνει τις απαραίτητες αλλαγές στον βασικό ρυθμό έγχυσης ινσουλίνης και να αποφύγει την πρόκληση βλάβης στον καθετήρα.

3.4.7 Επιλογή των κατάλληλων ασθενών για την χρήση αντλίας έγχυσης ινσουλίνης

Η θεραπεία της CSII απαιτεί από τους ασθενείς να έχουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά προκειμένου να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της και η θεραπεία να είναι επιτυχημένη. Τα κριτήρια αυτά δεν είναι επίσημα ωστόσο παίζουν ρόλο στην απόφαση του εάν ο ασθενής πρέπει να ακολουθήσει την θεραπεία αυτή. Πριν την έναρξη της θεραπείας, ο ασθενής θα πρέπει να εκπαιδευτεί από ειδικευμένο προσωπικό, να επισκεφτούν κάποιον διατροφολόγο προκειμένου να ακολουθούν σωστή διαίτα αλλά και να μάθουν να μετρούν την ποσότητα των υδατανθράκων. Τέλος, καλό θα ήταν να επισκεφτούν και έναν ψυχολόγο ή κοινωνικό λειτουργό προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα ψυχολογικά και κοινωνικά ζητήματα που ίσως προκύψουν.

Κάποιες κλινικές ενδείξεις που θέτουν την χρήση της αντλίας ινσουλίνης ως κατάλληλη μέθοδο αντιμετώπισης του διαβήτη είναι οι εξής:

- Ανεπαρκής γλυκαιμικός έλεγχος παρά τις πολλαπλές καθημερινές εγχύσεις (θεραπεία MDI)
- Μεταβλητότητα γλυκόζης
- Υψηλή HbA1C (γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη)
- Συμπτώματα υπογλυκαιμίας (έντονες ή απρόβλεπτες κρίσεις)

- Νυχτερινή υπογλυκαιμία
- Επαναλαμβανόμενη υπεργλυκαιμία
- Φαινόμενο της αυγής
- Εγκυμοσύνη
- Έντονη ευαισθησία στην ινσουλίνη
- Γαστροπάρεση (καθυστερημένη γαστρική κένωση)
- Νευροπάθεια
- Μεταμόσχευση νεφρού

Από την άλλη υπάρχουν κάποιες ομάδες ατόμων, οι οποίες αντενδείκνυνται για την χρήση αντλίας έγχυσης ινσουλίνης. Στις ομάδες αυτές ανήκουν:

- Άτομα με μειωμένες νοητικές ικανότητες
- Άτομα με απροθυμία για συχνό αυτοέλεγχο
- Άτομα χωρίς κίνητρο
- Ψυχολογικά ασταθείς ασθενείς
- Αλκοολικοί και ναρκομανείς ασθενείς
- Άτομα με βαριά αμφιβληστροειδοπάθεια, η οποία είναι μία από τις πιο σοβαρές οφθαλμικές παθήσεις που σχετίζεται με τον διαβήτη και αφορά τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Προκαλεί σοβαρές βλάβες στα αιμοφόρα αγγεία που τροφοδοτούν με θρεπτικά συστατικά τον αμφιβληστροειδή και έχουν ως αποτέλεσμα αιμορραγίες, νέκρωση ιστού και δημιουργία νεκραγγείων.

Η αρχική εκπαίδευση του υποψήφιου θα πρέπει να περιλαμβάνει συγκεκριμένα θέματα προκειμένου να αποφευχθεί η εμφάνιση διάφορων επιπλοκών. Ορισμένα από τα θέματα είναι τα εξής:

- Καθορισμός των στόχων
- Εκμάθηση μέτρησης υδατανθράκων
- Ικανότητα αντιμετώπισης υπογλυκαιμίας και υπεργλυκαιμίας
- Ικανότητα να γεμίσει την αντλία ή να εισάγει την ‘δεξαμενή’ και να αλλάξει το σετ έγχυσης.
- Ικανότητα να διακρίνει και να διαχειριστεί προβλήματα της αντλίας.
- Ικανότητα να διαχειρίζεται αρρώστια, άσκηση, ταξίδια, γενικές αλλαγές στην καθημερινότητα.

- Ικανότητα να αναγνωρίζει πότε χρειάζεται έξτρα ινσουλίνη και πως να γυρίσει πάλι στον κανονικό ρυθμό.
- Ικανότητα να γνωρίζει που και πως να φοράει την αντλία
- Ικανότητα να γνωρίζει πότε και πως να αποσυνδέει την αντλία.
- Εκμάθηση ενός back-up πλάνου σε περίπτωση που η αντλία δεν λειτουργήσει.
- Εκμάθηση ώστε να προστατεύει τον εαυτό του και την αντλία σε περίπτωση κάποιων αθλητικών δραστηριοτήτων και κατά τη διάρκεια κάποιων ιατρικών τεστ όπως CAT scan, MRI, X-ray,
- Εκμάθηση ώστε σε περίπτωση ταξιδιών να έχει μαζί του την απαιτούμενη ινσουλίνη.

Επιλογή της αντλίας: Υπάρχουν, επίσης, διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τον υποψήφιο για την επιλογή της αντλίας. Κάποια από τα χαρακτηριστικά που θα έπρεπε να έχει μία αντλία είναι τα εξής:

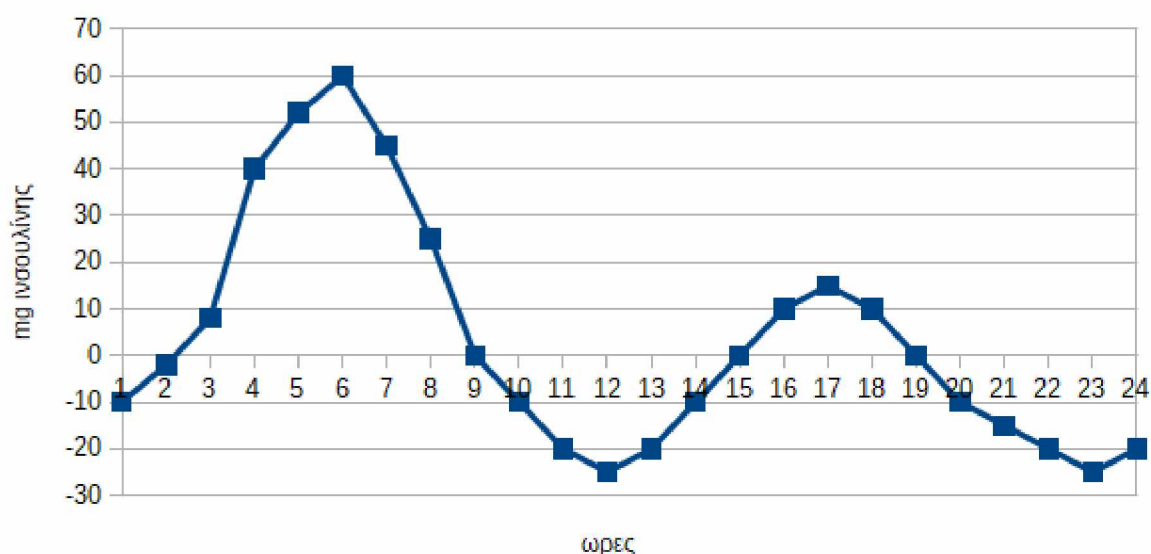
- Χρονική αντοχή (Αντέχει 1-2 ημέρες;)
- Διαβάζεται η οθόνη;
- Ευπηγήρι και ήχος κινδύνου (Ακούγεται;)
- Αδιάβροχη
- Δυνατότητα download σε pc
- Δυνατότητα να δείχνει δεδομένα CGM
- Δυνατότητα ελέγχου
- Παράμετροι υπολογισμού της bolus
- Συμβατότητα με συσκευές έγχυσης
- Τεχνική υποστήριξη

3.4.8 Βασικός ρυθμός-basal

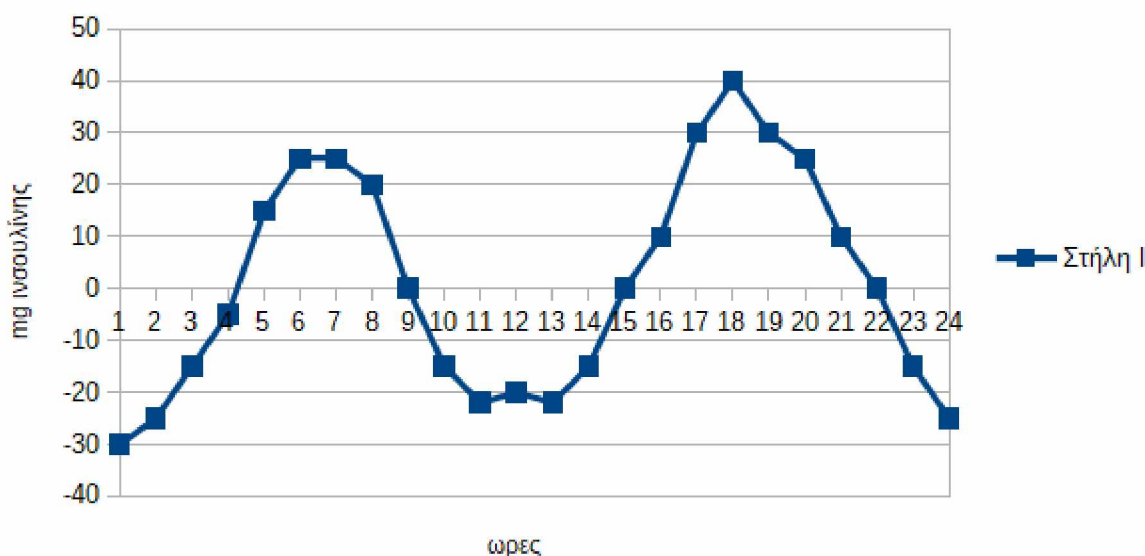
Ο ρόλος της αντλίας, λοιπόν, είναι να επιτρέπει στον οργανισμό να ακολουθεί τα πρότυπα και τις συγκεντρώσεις της ινσουλίνης που θα παρήγαγε υπό φυσιολογικές συνθήκες ο οργανισμός. Έτσι, δημιουργούνται διάφορα προφίλ, τα οποία βασίζονται κυρίως στις καθημερινές συνήθειες των ασθενών, στην ώρα του ύπνου, του φαγητού, στην άθληση και τις υποχρεώσεις. Κοινός παρονομαστής όλων των προφίλ είναι η ύπαρξη μίας σταθεράς, της BR (Basal insulin infusion Rate), η οποία είναι ένας σταθερός αριθμός mg ινσουλίνης. Το κάθε προφίλ είναι μία καμπύλη γύρω από τον σταθερό αυτό αριθμό, η οποία αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με τις ανάγκες του

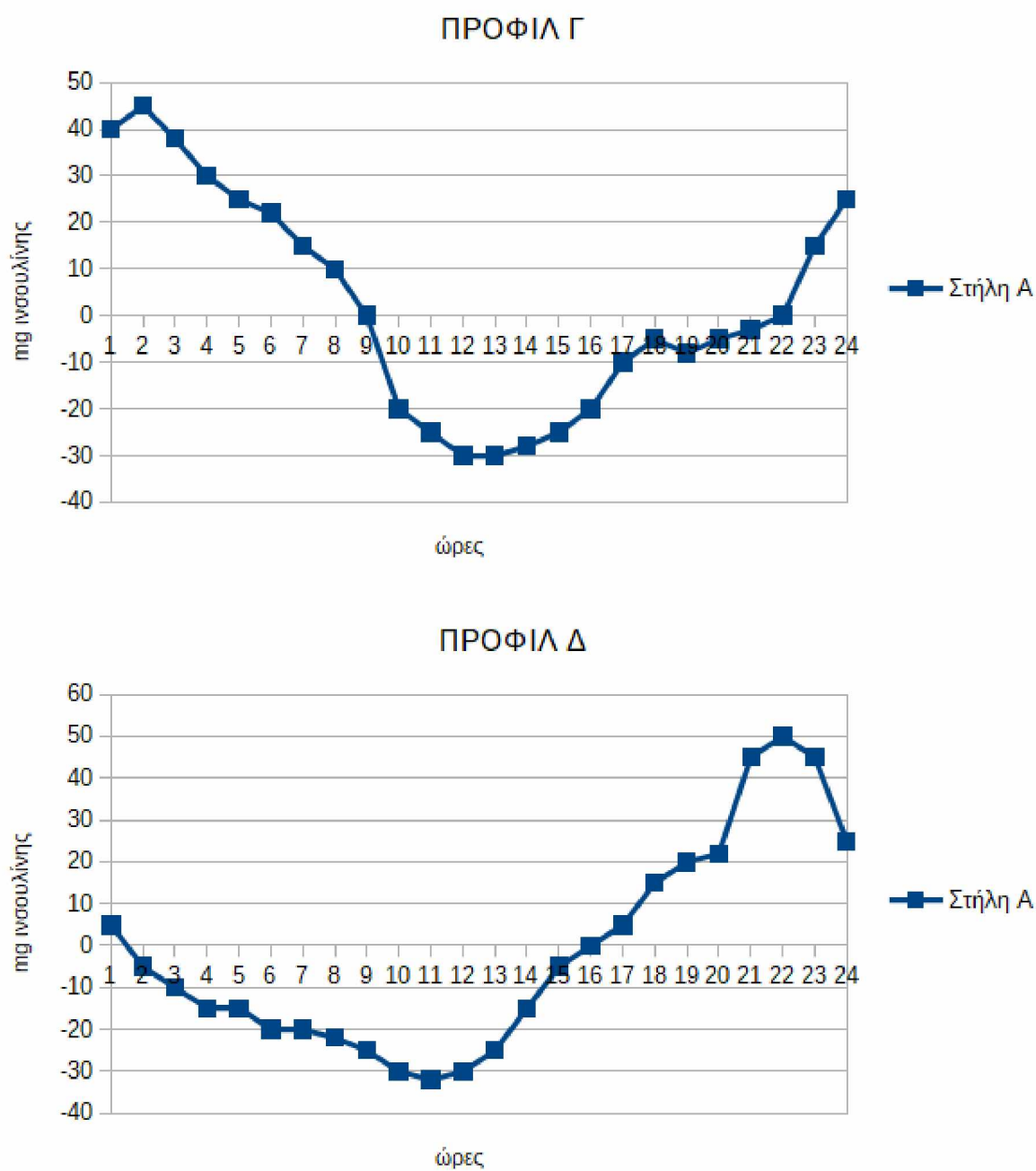
ατόμου την δεδομένη χρονική στιγμή. Μία επιπλέον μεταβλητή είναι το SD (standard deviation – τυπική απόκλιση), δηλαδή η απόκλιση που μπορεί να υπάρχει από την υποδειγματική αυτή καμπύλη. Η μεταβλητή αυτή υπολογίζεται βάσει διαφόρων παραγόντων, όπως το φύλο, η ηλικία, η διάρκεια του διαβήτη, η ηλικία στην οποία το άτομο νόσησε, το βάρος, η ινσουλίνη που χορηγούνταν ενέσιμα (ή θα χορηγούνταν) όσο το άτομο ακολουθούσε την θεραπεία MDI.

ΠΡΟΦΙΛ Α



ΠΡΟΦΙΛ Β





Εικόνα 4: Τα τέσσερα πιο συνήθη προφίλ ινσουλίνης

Αφού , λοιπόν γίνει η επιλογή του προφίλ που χρειάζεται ο ασθενής, γίνεται και ο υπολογισμός του SD, δηλαδή το πόσο περισσότερα ή λιγότερα mg ινσουλίνης από αυτά του σχεδιαγράμματος χρειάζεται ανά πάσα στιγμή.

Ο μόνος τρόπος να επιβεβαιωθεί ότι τα πρότυπα ακολουθούνται είναι να γίνουν τεστ το πρωί και το βράδυ σε όλες τις φάσεις. Κατά τη διάρκεια του τεστ, ο μόνος παράγοντας που πρέπει να αυξάνει την γλυκόζη είναι το σκώτι και να την μειώνει η ινσουλίνη. Όλοι οι άλλοι παράγοντες πρέπει να αφαιρεθούν. Το τεστ αυτό πρέπει να γίνει 4 ώρες μετά το τελευταίο γεύμα και την bolus ινσουλίνη. Κατά τη διάρκεια του τεστ πρέπει να παίρνονται μετρήσεις κάθε 1-2 ώρες ή ένα CGM να μετράει διαρκώς. Ο μόνος λόγος να σταματήσει το τεστ είναι αν η γλυκόζη αυξηθεί ή μειωθεί επικίνδυνα. Αν το επίπεδο της γλυκόζης κυμαίνεται σχεδόν σταθερό (διαφορά μικρότερη του 30 mg/dl) τότε ο ρυθμός basal μπορεί να ρυθμιστεί. Αν όχι, πρέπει να γίνουν αλλαγές σύμφωνα με τους κανόνες:

- Οι αλλαγές πρέπει να γίνονται πριν το επίπεδο της γλυκόζης αυξηθεί ή μειωθεί: Η ινσουλίνη ‘ταχείας δράσης’ κάνει 60-90 λεπτά για να ξεκινήσει η δράση της και 3-4 ώρες για να σταματήσει. Στα παιδιά καλό είναι η προσαρμογή να γίνεται 1 ώρα πριν και στους ενήλικες 2 ώρες πριν την αλλαγή του επιπέδου της γλυκόζης.
- Προσαρμογή με κατάλληλες αυξήσεις: Οι μικρές αλλαγές του ρυθμού σε άτομα με μεγάλες δόσεις ή οι μεγάλες αλλαγές σε άτομα με μικρές δόσεις δεν είναι σωστή τεχνική. Οι αλλαγές πρέπει να εξαρτώνται από το μέγεθος της αλλαγής στο επίπεδο της γλυκόζης και την ευαισθησία στην ινσουλίνη.

	Current Basal Level (units/hr)		
	0.0-0.35	0.4-1.0	>1.0
Modest Rise/Fall 30-80 mg/dl 1.7-4.4 mmol/l	0.025 - 0.05	0.1	0.2
Large Rise/Fall >80 mg/dl >4.4 mmol/l	0.1	0.2	0.4

Πίνακας 2: Όρια επιτρεπτών αλλαγών

- Προσαρμογή στην ώρα: Η basal ινσουλίνη στέλνεται σε μικρά φορτία κάθε λίγα λεπτά. Εφόσον ο κάθε ρυθμός χρειάζεται 60-90 λεπτά για να ξεκινήσει η δράση του και 3-4 ώρες για να τελειώσει, οι αλλαγές πχ κάθε μισή ώρα θα δημιουργήσου δυσκολία. Ο καλύτερο χρόνος είναι η προσαρμογή κάθε ώρα.
- Διατήρηση της ακεραιότητας του προγράμματος: Όταν η παροχή ινσουλίνης είναι 24ωρη, σκοπός είναι η μίμηση της φυσιολογικής λειτουργίας του παγκρέατος, το οποίο παράγει ινσουλίνη με συγκεκριμένο μοτίβο κάθε μέρα, ανάλογα με τα επίπεδα των άλλων ορμονών. Μέσα στη μέρα υπάρχει μια ‘κορυφή’-peak και μια ‘κοιλιάδα’-valley. Αν το πρόγραμμα μιας αντλίας έχει πολλές κορυφές και πολλές κοιλάδες, τότε είναι λάθος.

Time of Day	Basal Level (units/hr)
12 AM – 5 AM	0.70
5 AM – 8 AM	0.90
8 AM – 1 PM	0.60
1 PM – 10 PM	0.50
10 PM – 12 AM	0.60

Πίνακας 3: Μέσες τιμέςφυσιολογικής έγχυσης ινσουλίνης

- Να ακολουθούνται τα πρότυπα: Τα άτομα των οποίων ο οργανισμός παράγει κάποιο ποσοστό ινσουλίνης έχουν πιο επίπεδο basal ρυθμό από αυτούς που δεν παράγουν καθόλου ινσουλίνη. Για τους περισσότερους ανθρώπους, το 40-50% της ινσουλίνης είναι η basal. Οι νέοι συνήθως έχουν αρκετές παρατεταμένες ‘κορυφές’ το βράδυ αντί για μια ορισμένη κορυφή το πρωί, φαινόμενο γνωστό ως dawn phenomenon.

3.4.9 Ρυθμοί bolus

Σε κάθε περίπτωση των προφίλ των εικόνων[4] ωστόσο, δεν περιλαμβάνεται bolus ρυθμός έγχυσης ινσουλίνης, δηλαδή η επιπλέον ινσουλίνη που μπορεί να χρειαστεί το άτομο. Αυτή μπορεί είτε να υπολογίζεται από την αντλία έγχυσης, πχ ανάλογα με τα

γραμμάρια υδατανθράκων που κατανάλωσε ο ασθενής, είτε να είναι ένα σταθερό έξτρα ποσό mg ινσουλίνης βασιζόμενο στο προφίλ του ατόμου. Ο υπολογισμός, λοιπόν, της bolus ινσουλίνης βασίζεται:

- στην τρέχουσα ποσότητα γλυκόζης στο αίμα,
- στην ποσότητα-στόχο της γλυκόζης
- στα γραμμάρια υδατανθράκων του γεύματος που καταναλώθηκε
- σε διάφορους παράγοντες ευαισθησίας στην ινσουλίνη.

Οι δύο παράγοντες που αλλάζουν είναι η τρέχουσα ποσότητα γλυκόζης στο αίμα και τα γραμμάρια υδατανθράκων. Οι άλλοι δυο παράγοντες είναι σταθεροί για κάθε άτομο, ή αλλάζουν υπό την οδηγία του προσωπικού ιατρού.

Ο ρυθμός basal, λοιπόν, είναι αυτός που εκχέεται από την αντλία φυσιολογικά μέχρι να τον αλλάξει ο χρήστης.

Μπορεί να προ-προγραμματιστούν αυτοί οι ρυθμοί bolus, συμπεριλαμβανομένων των:

- insulin to carbohydrate ratio: Προγραμματίζεται ως 1 μονάδα ινσουλίνης προς τον αριθμό των υδατανθράκων, δηλαδή η μια μονάδα ινσουλίνης θα μεταβολίζει τόσα γραμμάρια υδατανθράκων, πχ 1:10 αν 1 μονάδα θα μεταβολίζει 10 gr υδατάνθρακα.
- Bolus infusion profiles: extended (square wave) ή dual (combination) bolus. Η πρώτη μεταφέρει την bolus ινσουλίνη σε συγκεκριμένο χρόνο ενώ η δεύτερη μεταφέρει ένα συγκεκριμένο ποσοστό ινσουλίνης αμέσως και την υπόλοιπη με έναν συγκεκριμένο ρυθμό.
- Insulin sensitivity factor (ISF): αναφέρεται στο πόσο θα πέσει το επίπεδο του σακχάρου με κάθε μονάδα ινσουλίνης. Το πιο συχνό είναι 1:50, δηλαδή 1 μονάδα ινσουλίνης θα ρίξει 50 πόντους το επίπεδο του σακχάρου.

Για να στείλει η αντλία με ρυθμό bolus πρέπει προηγουμένως να προγραμματιστεί, δεν γίνεται αυτόματα. Για τον πρώτο τύπο πρέπει ο χρήστης να δηλώσει πόσα γραμμάρια υδατάνθρακα θα καταναλώσει και για τον τρίτο να εισάγει το επίπεδο του σακχάρου.

4. Ανάλυση της τεχνολογίας του συστήματος

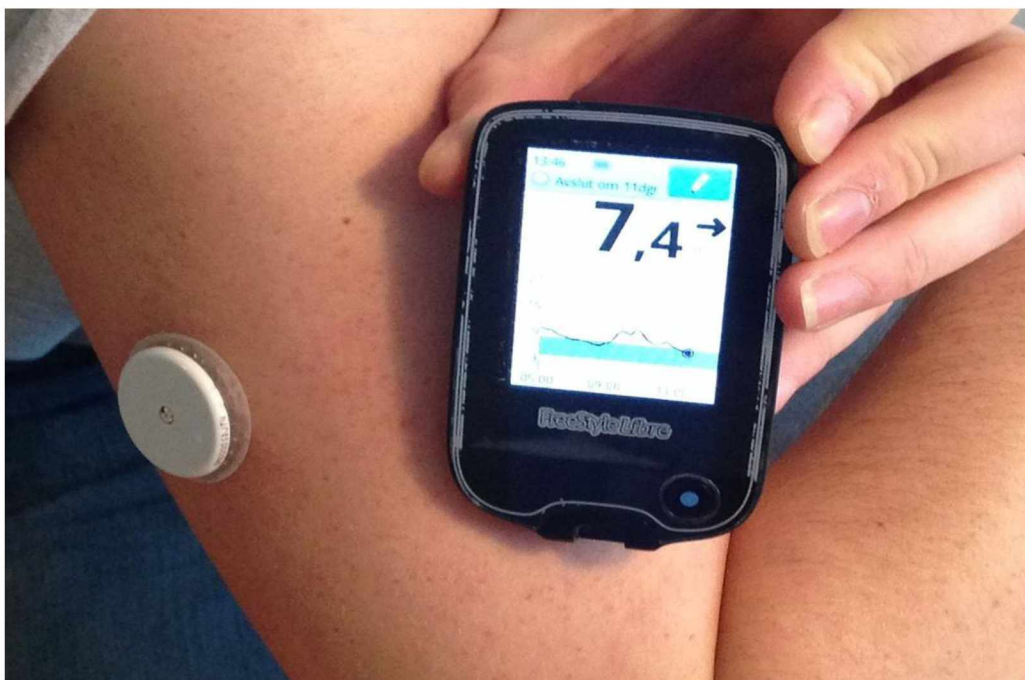
4.1 Το σύστημα

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα έγχυσης ινσουλίνης αποτελείται από:

- τον αισθητήρα-μετρητή γλυκόζης
- το CSII
- την αντλία έγχυσης

4.1.1 Ο αισθητήρας

Ο αισθητήρας, όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο 2.1, είναι αυτός που μετράει τα ποσοστά της γλυκόζης στο αίμα. Τα δεδομένα από τις μετρήσεις αυτές θα πρέπει να μεταφέρονται στην CSII προκειμένου τόσο να καταγράφονται σε πίνακες δεδομένων όσο και να επιτρέπουν στο σύστημα να προειδοποιεί τον χρήστη σε περίπτωση κινδύνου. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να είναι οι υπερβολικά υψηλές τιμές της γλυκόζης, δηλαδή η υπεργλυκαιμία ή οι υπερβολικά χαμηλές τιμές της γλυκόζης, δηλαδή η υπογλυκαιμία. Επιπρόσθετα, η καταγραφή των τιμών της γλυκόζης βοηθά ώστε να υπάρχει συνεχές ιστορικό των τιμών της γλυκόζης, εργαλείο εξαιρετικά χρήσιμο. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται πλέον στα περισσότερα από τα συστήματα είναι οι continuous glucose monitors (CGM), οι οποίοι φοριούνται μόνιμα και μετρούν την ποσότητα της γλυκόζης στο αίμα κάθε λίγα λεπτά.



Εικόνα 5: Μετρητής γλυκόζης στο αίμα CGM

4.1.2 Το CSII

Το κύριο “ύπο-μηχάνημα” των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης. Από αυτό ο ασθενής κάνει όλες τις απαραίτητες προσωπικές του προσαρμογές αλλά και γίνεται η απεικόνιση της κατάστασης του συστήματος. Δέχεται τα δεδομένα που στέλνονται από το CGM καθώς και συνδέεται με την αντλία έγχυσης η οποία στέλνει την απαραίτητη ινσουλίνη στον οργανισμό, η ποσότητα της οποίας καθορίζεται από το CSII.

4.1.3 Η αντλία έγχυσης

Αποτελείται από ένα μοτέρ το οποίο στέλνει την ινσουλίνη, η οποία είναι αποθηκευμένη στο reservoir, μέσω ενός καθετήρα στο αίμα. Το μοτέρ ελέγχεται από το CSII, προκειμένου η ποσότητα της ινσουλίνης που εισέρχεται στον οργανισμό να είναι όση αυτός χρειάζεται.



Εικόνα 6: Πλήρες σετ αντλίας έγχυσης ινσουλίνης εμπορίου

5. Σχεδίαση του εκπαιδευτικού συστήματος έγχυσης ινσουλίνης

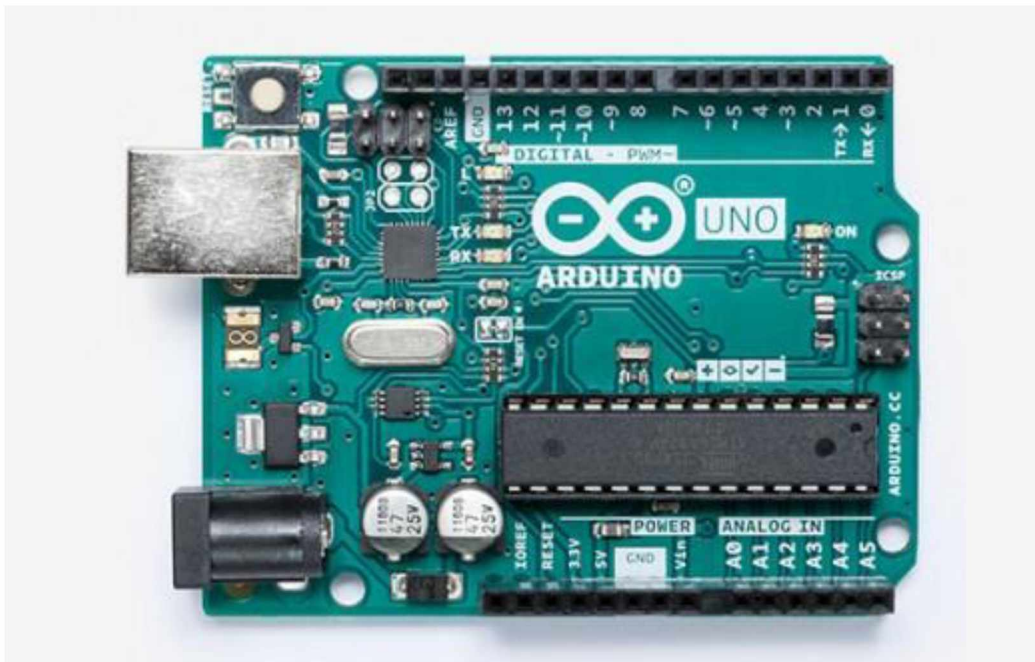
5.1 Εισαγωγή

Το παρόν εκπαιδευτικό σύστημα έγχυσης ινσουλίνης αποτελείται από μία οθόνη LCD η οποία συνδέεται με μία πλακέτα Arduino Uno και με ένα μοτέρ έγχυσης. Αποτελεί, ουσιαστικά, το CSII και την αντλία έγχυσης του συστήματος.

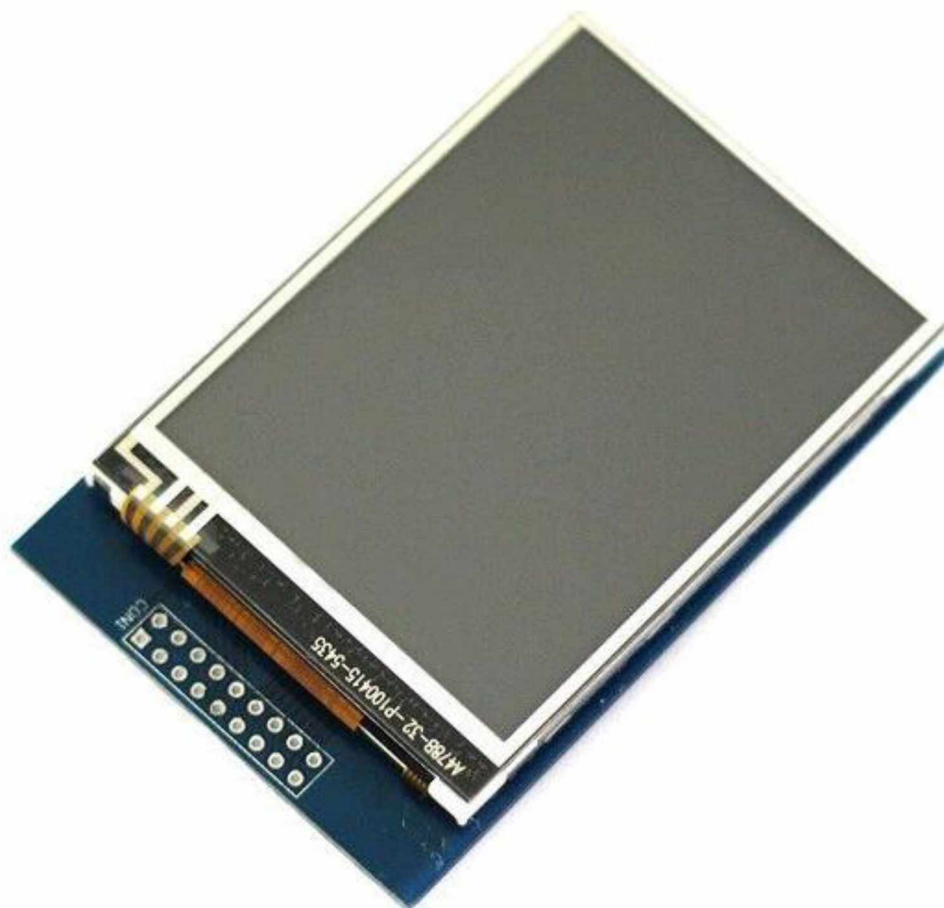
5.Το CSII

Η πλακέτα Arduino Uno και η LCD οθόνη αποτελούν το αντίστοιχο CSII του συστήματος. Οι ενδείξεις που εμφανίζονται στην οθόνη είναι αυτές που έχει και μία αντλία έγχυσης ινσουλίνης. Πιο συγκεκριμένα:

- Μήνυμα καλωσορίσματος
- Ένδειξη μπαταρίας
- Ένδειξη ινσουλίνης
- Συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα (πληροφορία που δίδεται από την CGM)
- Ωρα
- Διάγραμμα παροχής ινσουλίνης (δηλαδή το mode που έχει επιλέξει ο χρήστης και σε ποια χρονική στιγμή βρισκόμαστε)
- Κουμπί για έγχυση bolus
- Ρυθμίσεις για την επιλογή ενός εκ των 4 προρυθμισμένων mode έγχυσης ινσουλίνης
- Εισαγωγή των στοιχείων του χρήστη (βάρος και ηλικία)
- Εισαγωγή στοιχείων για το πότε θα εμφανιστεί alarm για χαμηλή μπαταρία και χαμηλή ινσουλίνη.
- Περιορισμός του αριθμού εγχύσεων bolus ινσουλίνης
- Alarm για χαμηλή μπαταρία
- Alarm για χαμηλή ινσουλίνη



Εικόνα 7: Η πλακέτα Arduino Uno



Εικόνα 8: Η LCD οθόνη

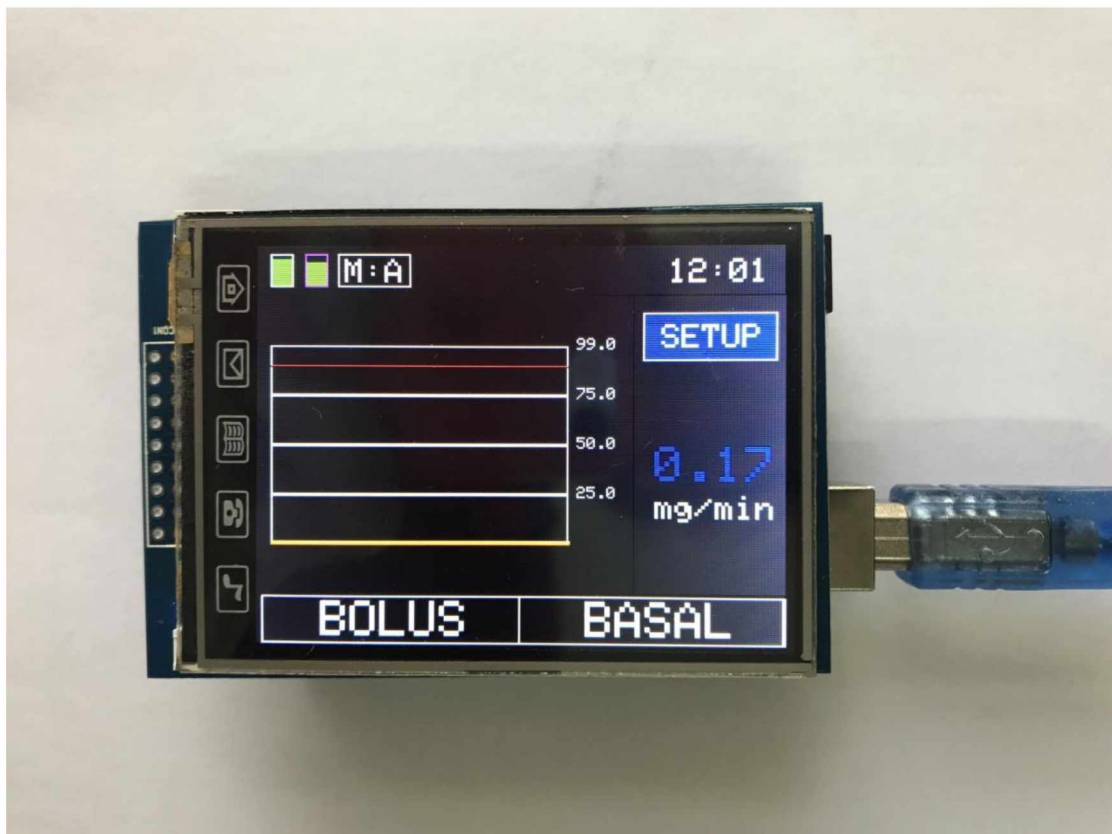
Όσον αφορά την συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα, το νούμερο που εμφανίζεται είναι εικονικό. Η πληροφορία αυτή θα δινόταν φυσιολογικά από το CGM, το οποίο θα έκανε τις μετρήσεις και θα τις έστελνε στο CSII.

Εικονικές είναι επίσης και οι ενδείξεις της μπαταρίας και της ινσουλίνης. Η μπαταρία έχει προγραμματιστεί να τελειώνει περί στην μία ημέρα όπως και η συγκέντρωση της ινσουλίνης.

Η πλακέτα Arduino Uno συνδέεται στον υπολογιστή και δέχεται τις εντολές από τον κώδικα ο οποίος τρέχει στο πρόγραμμα του Arduino. Ο κώδικας για όλες τις λειτουργίες που προαναφέρθηκαν βρίσκεται στο Παράρτημα Α.

Οι βασικές οθόνες οι οποίες εμφανίζονται είναι τέσσερις. Οι δύο από αυτές είναι χρηστικές και οι υπόλοιπες δύο είναι οι οθόνες alarm.

Η πρώτη χρηστική οθόνη αποτελείται από μία μπάρα στο επάνω μέρος της, η οποία περιέχει τις ενδείξεις της μπαταρίας και της ινσουλίνης και την ώρα. Στο κάτω μέρος της οθόνης υπάρχει μία δεύτερη μπάρα, στην οποία περιέχεται το κουμπί της έγχυσης bolus και η ένδειξη basal. Στο κέντρο της οθόνης εμφανίζεται το διάγραμμα του mode και ο αριθμός συγκέντρωσης ινσουλίνης. Επιπλέον υπάρχει το κουμπί screen, το οποίο μόλις πατηθεί, οδηγεί σε αλλαγή της οθόνης και σε μεταφορά στην δεύτερη οθόνη.



Εικόνα 9: Χρηστική οθόνη 1

Στην δεύτερη χρηστική οθόνη, εξακολουθούν να εμφανίζονται οι δύο μπάρες στο πάνω και στο κάτω μέρος της οθόνης. Στο κέντρο της οθόνης εμφανίζονται οι διάφορες ρυθμίσεις, δηλαδή ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το mode που του ταιριάζει από τα τέσσερα διαθέσιμα, να επιλέξει τον ανώτατο αριθμό εγχύσεων bolus που θα επιτρέπεται ανά εικοσιτετράωρο, ο οποίος μπορεί να είναι από 1 μέχρι και 8, να εισάγει τα προσωπικά του στοιχεία, δηλαδή το βάρος και την ηλικία και να επιλέξει σε ποιο ποσοστό μπαταρίας και ινσουλίνης θέλει να βγαίνει ένδειξη alarm, που μπορούν να είναι από 5 μέχρι και 15%. Οι επιλογές γίνονται με το + και το - που εμφανίζονται στο δεξιό μέρος της οθόνης.



Εικόνα 10: Χρηστική οθόνη 2

Οι δύο τελευταίες μη χρηστικές οθόνες είναι οι οθόνες alarm. Η πρώτη από τις δύο είναι η οθόνη alarm χαμηλής μπαταρίας και η δεύτερη είναι η οθόνη alarm χαμηλής ινσουλίνης. Οι δύο αυτές οθόνες εμφανίζονται όταν η στάθμη της μπαταρίας και η στάθμη της ινσουλίνης αντίστοιχα, έχουν πέσει κάτω από κάποια ποσοστά τα οποία ορίζει ο χρήστης. Οι οθόνες αυτές χαρακτηρίζονται ως μη χρηστικές διότι δεν είναι οθόνες διεπαφής με τον χρήστη αλλά είναι απλά προειδοποιητικές και εμφανίζουν ένα προκαθορισμένο μήνυμα συστήματος.



Εικόνα 11: Οθόνη Χαμηλής μπαταρίας



Εικόνα 12: Οθόνη Χαμηλής Ινσουλίνης

5.3 Η αντλία έγχυσης

Η αντλία έγχυσης συνδέεται με το CSII και δέχεται από αυτό τις εντολές για την συχνότητα και την ποσότητα έγχυσης ινσουλίνης. Τα στοιχεία αυτά βασίζονται στο mode που έχει επιλέξει ο χρήστης και στην χρονική στιγμή της ημέρας στην οποία βρισκόμαστε. Ο ρυθμός έγχυσης, λοιπόν, δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται από τις ανάγκες του κάθε οργανισμού, την κάθε χρονική στιγμή. Επιπλέον, δέχεται την εντολή για την έγχυση bolus, δηλαδή της επιπλέον ινσουλίνης που ίσως χρειάζεται ο οργανισμός. Ο αριθμός αυτός, όπως προαναφέρθηκε, περιορίζεται από την CSII προκειμένου να μην οδηγηθεί ο ασθενής σε υπεργλυκαιμία. Αν δηλαδή ο χρήστης έχει ορίσει ως όριο τις 5 εγχύσεις bolus ανά εικοσιτετράωρο, το σύστημα δεν θα επιτρέψει την έκτη έγχυση.

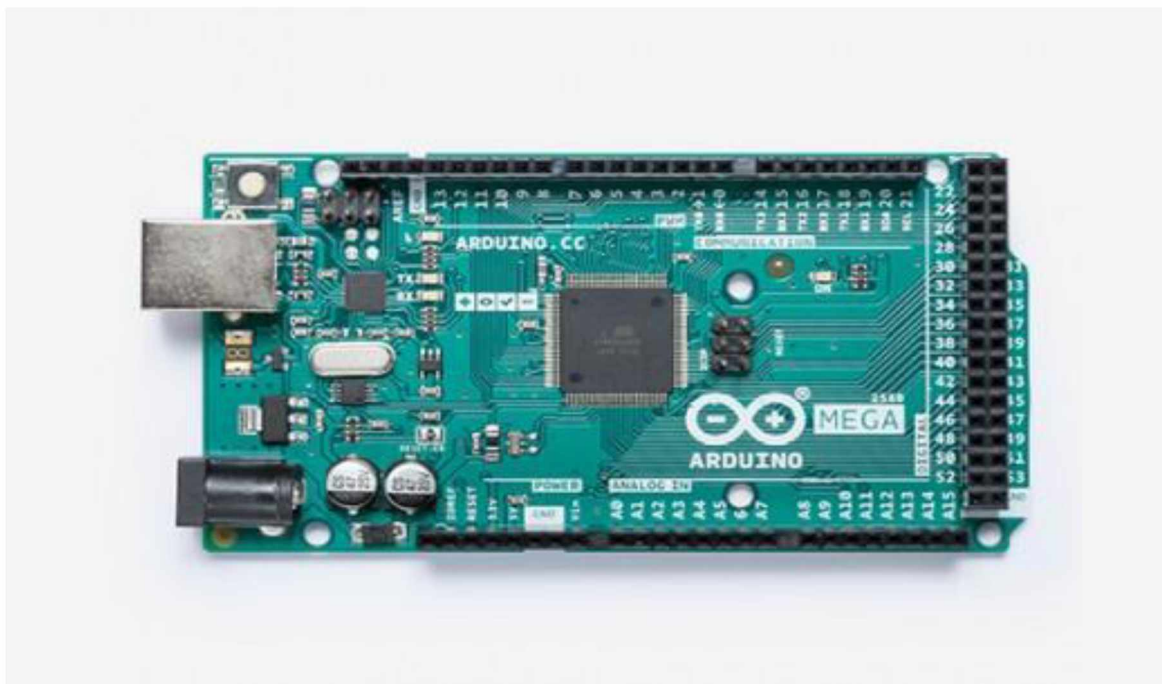


Εικόνα 13: Το μοτέρ έγχυσης

5.4 Σχόλια

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως στο παράρτημα Α παρατίθενται δυο κώδικες. Ο πρώτος κώδικας αφορά την CSII και ο δεύτερος κώδικας αφορά την αντλία έγχυσης ινσουλίνης. Λόγω του γεγονότος ότι η σύνδεση της οθόνης με την πλακέτα του Arduino δεν αφήνει ελεύθερες υποδοχές, η συνδεσμολογία δεν επιτρέπει να τρέχουν και οι δύο κώδικες καθώς το ρεύμα των 5V δεν επαρκεί. Η πλακέτα που θα επέτρεπε να τρέξουν παράλληλα και οι δύο κώδικες είναι η Arduino Mega, η οποία θα επέτρεπε την σωστή και ολοκληρωμένη συνδεσμολογία. Ο κώδικας 1 επιτρέπει στην οθόνη να δείχνει όλες τις λειτουργίες που αναφέρονται προηγουμένως στο κεφάλαιο 4.2 ενώ ο κώδικας 2 επιτρέπει στο μοτέρ να λειτουργεί στέλνοντας την ινσουλίνη. Ωστόσο λόγω του προβλήματος που προαναφέρθηκε, στάθηκε αδύνατο να ελέγξουμε και τους δυο κώδικες.

Ένα άλλο σημείο που πρέπει να σημειωθεί είναι όσον αφορά τον ρυθμό έγχυσης bolus. Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.4.9 ο ρυθμός bolus που χρειάζεται ο οργανισμός δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το βάρος ή την ποσότητα υδατανθράκων που καταναλώθηκε. Στην βιβλιογραφία δεν βρέθηκε κάποιος συγκεκριμένος τύπος υπολογισμού της bolus με βάση τις παραμέτρους αυτές. Για το λόγο αυτό, ως bolus στο εκπαιδευτικό μας σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί μια σταθερή μονάδα mg ινσουλίνης.



Εικόνα 14: Η πλακέτα Arduino Mega

5.5 Αξιολόγηση συστήματος και προϋποθέσεις

Το σύστημα, λοιπόν, ελέγχει τις λειτουργίες και δεν επιτρέπει την εμφάνιση σφάλματος. Η εμφάνιση υπεργλυκαιμίας λόγω σφάλματος του χρήστη προλαμβάνεται λόγω του περιορισμού του αριθμού των εγχύσεων bolus. Η συγκέντρωση της ινσουλίνης αλλά και της μπαταρίας ελέγχονται και όταν κάποια από τις δύο φτάσει σε χαμηλά επίπεδα εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα. Αυτό βοηθά στην αποφυγή εμφάνισης υπογλυκαιμίας λόγω σφάλματος του συστήματος. Στην οθόνη εμφανίζεται το διάγραμμα της έγχυσης ινσουλίνης ως προς τον χρόνο, επομένως ο χρήστης έχει πλήρη γνώση του ρυθμού έγχυσης. Το εκπαιδευτικό αυτό σύστημα λοιπόν, προσφέρει στον ασθενή ολοκληρωμένη ενημέρωση όσον αφορά την κατάσταση του συστήματος.

Φυσικά, η χρήση της αντλίας, προϋποθέτει ο χρήστης να είναι εξοικειωμένος με τις βασικές γνώσεις όσον αφορά τον διαβήτη. Θα πρέπει να γνωρίζει δηλαδή τις φυσιολογικές συγκεντρώσεις της γλυκόζης στο αίμα και να είναι έτοιμος να κάνει τις απαραίτητες αλλαγές σε περίπτωση ανάγκης, πχ να αναγνωρίζει πότε είναι απαραίτητη η έγχυση ινσουλίνης bolus. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη και η εκπαίδευση του υποψηφίου χρήστη, όπως αυτή προαναφέρεται στο κεφάλαιο 3.4.7.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Κώδικας 1 (CSII)

```

////////////////////////////////////
//          2.8" TOUCH SCREEN DEMO          //
//                                          //
//          http://www.educ8s.tv            //
////////////////////////////////////

#include <TimeLib.h>
#include <Adafruit_TFTLCD.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <TouchScreen.h>

#if defined(__SAM3X8E__)
#undef __FlashStringHelper::F(string_literal)
#define F(string_literal) string_literal
#endif

#define YP A2 // must be an analog pin, use "An" notation!
#define XM A1 // must be an analog pin, use "An" notation!
#define YM 6  // can be a digital pin
#define XP 7  // can be a digital pin

// For better pressure precision, we need to know the resistance
// between X+ and X- Use any multimeter to read it
// For the one we're using, its 300 ohms across the X plate
TouchScreen ts = TouchScreen(XP, YP, XM, YM, 300);

#define LCD_CS A3
#define LCD_CD A2
#define LCD_WR A1
#define LCD_RD A0
#define LCD_RESET A4

// Assign human-readable names to some common 16-bit color
values:
#define BLACK    0x0000
#define BLUE    0x001F
#define RED     0xF800
#define GREEN   0x07E0
#define CYAN    0x07FF
#define MAGENTA 0xF81F
#define YELLOW  0xFFE0
#define WHITE   0xFFFF
#define GRAY    0x7BEF
#define ORANGE  0xFCA0
#define PINK    0xF97F
#define BROWN   0x8200
#define VIOLET  0x9199

```

```

#define SILVER 0xA510
#define GOLD 0xA508
#define NAVY 0x000F
#define MAROON 0x7800
#define PURPLE 0x780F
#define OLIVE 0x7BE0
#define DGRAY 0x2104

Adafruit_TFTLCD tft(LCD_CS, LCD_CD, LCD_WR, LCD_RD, LCD_RESET);

#define MINPRESSURE 10
#define MAXPRESSURE 1000

#define TS_MINX 85
#define TS_MINY 120
#define TS_MAXX 900
#define TS_MAXY 900

boolean buttonEnabled = true;
int battery = 87;
int insulin = 76;
int bolus = 5;
int boluscount = 0;
int bolusvol = 2;
int bolusoff = 0;
int age = 20;
int weight = 70;
int mode = 1;
int alarm = 0;
boolean batterychanged=false; boolean insulinchanged=false;
boolean minutechanged=false; boolean screenchanged = false;
int newbattery = 0;
int newinsulin = 0;
int newbolus = 0;
int dosevol = 1;
int dosetime =10;
int motorvol = 0;
int motortime = 0;
int tmp = 0;
int screen = 0;
int insulinalarm=5;
int batteryalarm = 5;
float flow = 5.1; float flowmax = 90.0; float flowmin = 0.0;

//////////////////// 0 // 1 // 2 // 3 // 4 // 5 // 6 // 7 // 8 // 9
// 10// 11// 12// 13// 14// 15// 16// 17// 18// 19// 20// 21//
22// 23//
float modeA[] = {-10, -1, 8, 40, 53, 60, 45, 25, 0, -10, -20, -
25, -20, -10, 0, 10, 14, 10, 0, -10, -15, -20, -25, -20};
float modeB[] = {-10, -1, 8, 40, 53, 60, 45, 25, 0, -10, -20, -
25, -20, -10, 0, 10, 14, 10, 0, -10, -15, -20, -25, -20};
float modeC[] = {-10, -1, 8, 40, 53, 60, 45, 25, 0, -10, -20, -
25, -20, -10, 0, 10, 14, 10, 0, -10, -15, -20, -25, -20};
float modeD[] = {-10, -1, 8, 40, 53, 60, 45, 25, 0, -10, -20, -
25, -20, -10, 0, 10, 14, 10, 0, -10, -15, -20, -25, -20};

float figure[180];

```

```

int setOption = 1;
int SDvalue = 30;

////////////////////////////////////
// define the time pass by for the calculation of the insulin //
////////////////////////////////////
int mininit = 0;
int indexmode = 0;

////////////////////////////////////
// Servo setting //
////////////////////////////////////
int incomingByte = 0;
int servo0 = 600;
int servo180 = 2100;
int inc = 20;
int pos = servo0;
int servoPin = 10;
int pulseInterval=2000;

void LowBattery()
{
  tft.fillScreen(BLACK);

  //Draw white frame
  tft.drawRect(4,0,319,240,WHITE);

  //Create Red Button
  tft.fillRect(50,60,230,40, RED);
  tft.drawRect(50,60,230,40,WHITE);
  tft.setCursor(60,68);
  tft.setTextColor(WHITE);
  tft.setTextSize(3);
  tft.print("Low Battery");

  //Print "Hello" Text
  tft.setCursor(60,150);
  tft.setTextColor(WHITE);
  tft.setTextSize(2);
  tft.print("Press to Continue");
}

void LowInsulin()
{
  tft.fillScreen(BLACK);

  //Draw white frame
  tft.drawRect(4,0,319,240,WHITE);

  //Create Red Button
  tft.fillRect(50,60,230,40, RED);
  tft.drawRect(50,60,230,40,WHITE);
}

```

```
tft.setCursor(60,68);
tft.setTextColor(WHITE);
tft.setTextSize(3);
tft.print("Low Insulin");

//Print "Hello" Text
tft.setCursor(60,150);
tft.setTextColor(WHITE);
tft.setTextSize(2);
tft.print("Press to Continue");
}

void Header()
{
  //Draw black frame
  tft.fillRect(0,0,319,29,DGRAY);

  //Draw battery
  if (battery>49) {
    tft.fillRect(11,map(battery,1,100,25,5),13,25-
map(battery,1,100,25,5), GREEN);
  } else {
    tft.fillRect(11,map(battery,1,100,25,5),13,25-
map(battery,1,100,25,5), RED);
  }
  tft.drawRect(10,5,14,20,WHITE);

  //Draw insulin
  if (insulin>49) {
    tft.fillRect(31,map(insulin,1,100,25,5),13,25-
map(insulin,1,100,25,5), GREEN);
  } else {
    tft.fillRect(31,map(insulin,1,100,25,5),13,25-
map(insulin,1,100,25,5), RED);
  }
  tft.drawRect(31,5,14,20,PINK);

  //Draw mode of operation
  tft.drawRect(51,5,44,20,WHITE);
  tft.setCursor(55,8);
  tft.setTextColor(WHITE);
  tft.setTextSize(2);
  if (mode==1){
    tft.print("M:A");
  }
  else if (mode==2) {
    tft.print("M:B");
  }
  else if (mode==3) {
    tft.print("M:C");
  }
  else if (mode==4) {
    tft.print("M:D");
  }
  else {
    tft.print("M:-");
  }
}
```

```
    }

    //Draw clock
    tft.setCursor(250,8);
    tft.setTextColor(WHITE);
    tft.setTextSize(2);
    tft.print(hour());
    tft.print(":");
    if (minute()<10){
        tft.print("0");
    }
    tft.print(minute());
}

void Footer()
{
    //Draw black frame
    tft.fillRect(4,211,319,29,DGRAY);
    tft.drawRect(4,211,319,29,WHITE);
    tft.drawRect(160,211,159,29,WHITE);

    //Draw OPERATION
    tft.setTextColor(WHITE);
    tft.setTextSize(3);
    tft.setCursor(200,214);
    tft.print("BASAL");

    tft.setCursor(40,214);
    if (bolusoff == 1) {
        tft.setTextColor(RED);
    }
    tft.print("BOLUS");
}

void SideBar()
{
    //Draw black frame
    tft.fillRect(230,30,90,179,DGRAY);
    tft.fillRect(235,40,80,29,BLUE);
    tft.drawRect(235,40,80,29,WHITE);

    //Draw clock
    tft.setCursor(238,47);
    tft.setTextColor(WHITE);
    tft.setTextSize(2);

    if (screen == 0) {
        tft.setCursor(246,47);
        tft.print("SETUP");
    } else {
        tft.setCursor(238,47);
        tft.print(" BACK ");
    }
}
```

```
}  
  
void Splash() {  
  
    //Draw white frame  
    tft.drawRect(4,0,319,240,WHITE);  
  
    //Print "Hello" Text  
    tft.setCursor(80,30);  
    tft.setTextColor(WHITE);  
    tft.setTextSize(4);  
    tft.print("Welcome");  
  
    tft.setCursor(80,100);  
    tft.setTextColor(PINK);  
    tft.setTextSize(4);  
    tft.print("Zlati's");  
  
    //Create Red Button  
    tft.fillRect(60,180, 200, 40, RED);  
    tft.drawRect(60,180,200,40,WHITE);  
    tft.setCursor(80,188);  
    tft.setTextColor(WHITE);  
    tft.setTextSize(2);  
    tft.print("Insulin Pump");  
  
}  
  
void Settings() {  
    tft.fillRect(0,30,229,179,BLACK);  
  
    tft.setCursor(5,40);  
    tft.setTextColor(WHITE);  
    tft.setTextSize(2);  
    tft.print("MODE:           ");  
  
    tft.setCursor(5,70);  
    tft.print("Bolus/day:         ");  
  
    tft.setCursor(5,100);  
    tft.print("Age:               ");  
  
    tft.setCursor(5,130);  
    tft.print("Weight:            ");  
  
    tft.setTextColor(RED);  
  
    tft.setCursor(5,160);  
    tft.print("% Insulin:         ");  
  
    tft.setCursor(5,190);  
    tft.print("% Battery:          ");  
  
    tft.setTextColor(GREEN);  
  
    if (mode == 1) {  
        tft.setCursor(168,40);
```



```

        tft.print("A");
    } else if (mode == 2) {
        tft.setCursor(168,40);
        tft.print("B");
    } else if(mode == 3) {
        tft.setCursor(168,40);
        tft.print("C");
    } else {
        tft.setCursor(168,40);
        tft.print("D");
        mode = 4;
    }

    tft.setCursor(168,70);
    tft.print(bolus);

    tft.setCursor(168,100);
    tft.print(age);

    tft.setCursor(168,130);
    tft.print(weight);

    tft.setCursor(168,160);
    tft.print(insulinalarm);

    tft.setCursor(168,190);
    tft.print(batteryalarm);

    //Create + and -
    tft.fillRect(250,90, 50, 40, GRAY);
    tft.drawRect(250,90, 50, 40,WHITE);

    tft.fillRect(250,150, 50, 40, GRAY);
    tft.drawRect(250,150, 50, 40,WHITE);

    tft.setCursor(266,96);
    tft.setTextColor(WHITE);
    tft.setTextSize(4);
    tft.print("+");
    tft.setCursor(266,157);
    tft.setTextColor(WHITE);
    tft.setTextSize(4);
    tft.print("-");

    tft.drawRect(2,38+(setOption-1)*30, 198, 26,WHITE);
}

void Chart() {
    //Draw black frame
    tft.fillRect(0,30,229,179,DGRAY);

    //Draw clock
    tft.setCursor(242,120);
    tft.setTextColor(BLUE);

```

```
tft.setTextSize(3);
tft.print(flow);
tft.setCursor(242,150);
tft.setTextColor(WHITE);
tft.setTextSize(2);
tft.print("mg/min");

tft.drawRect(10,60,180,30,WHITE);
tft.drawRect(10,90,180,30,WHITE);
tft.drawRect(10,120,180,30,WHITE);
tft.drawRect(10,150,180,30,WHITE);

tft.drawRect(10,map(flowmax,0.0,100.0,180,60),180,1,RED);
tft.drawRect(10,map(flowmin,0.0,100.0,180,60),180,1,RED);

tft.setCursor(195,55);
tft.setTextColor(WHITE);
tft.setTextSize(1);
tft.print("99.0");

tft.setCursor(195,85);
tft.print("75.0");

tft.setCursor(195,115);
tft.print("50.0");

tft.setCursor(195,145);
tft.print("25.0");

for(int k=0;k<180;k++){

tft.drawRect(10+k,map(figure[k],0.0,100.0,178,58),2,2,YELLOW);
}
}

void ClearLCD() {
    tft.fillScreen(BLACK);
}

void Screen0() {
    Header();
    Footer();
    SideBar();
    Chart();
}

void Screen1() {
    Header();
    Footer();
    SideBar();
    Settings();
}

void defineflow(){
    indexmode = hour();

    if (mode==1){
```

```

        flow = (SDvalue + modeA[indexmode])/60.0;
    }
    else if (mode==2){
        flow = (SDvalue + modeB[indexmode])/60.0;
    }
    if (mode==3){
        flow = (SDvalue + modeC[indexmode])/60.0;
    }
    if (mode==4){
        flow = (SDvalue + modeD[indexmode])/60.0;
    }
}

void FigRefresh(){
    defineflow();
    for(int k=1;k<180;k++){
        figure[k-1]=figure[k];
    }
    figure[179]=figure[178]+flow+float(newbolus*bolusvol);

    newbolus=0;
    Serial.print(indexmode);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(flow);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(float(figure[178]));
    Serial.print(", ");
    Serial.println(float(figure[179]));
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Serial.print("Starting...");

    setTime(12,1,00,06,02,2019);

    tft.reset();
    tft.begin(0x9341);
    tft.setRotation(1);

    for(int k=0;k<180;k++) {
        figure[k]=0;
    }
    defineflow();
    //ClearLCD();

    //Splash();
    //delay(2000);

    ClearLCD();

    screen=0;
    Screen0();
}

```

```
tmp=minute();
mininit=minute();
indexmode=hour();

////////////////////////////////////
// Initialize Servo //
////////////////////////////////////
  pinMode(servoPin, OUTPUT);
}

void loop()
{
  TSPoint p = ts.getPoint(); //Get touch point
  //This is important, because the libraries are sharing pins
  pinMode(XM, OUTPUT);
  pinMode(YP, OUTPUT);

  if (p.z > MINPRESSURE && p.z < MAXPRESSURE) {

    p.x = map(p.x, TS_MAXX, TS_MINX, 0, 320);
    p.y = map(p.y, TS_MAXY, TS_MINY, 240, 0);

    Serial.print("X = "); Serial.print(p.x);
    Serial.print("\tY = "); Serial.print(p.y);
    Serial.print("\tPressure = "); Serial.print(p.z);

    Serial.print("\tins = "); Serial.print(insulin);
    Serial.print("\tscr = "); Serial.print(screen);
    Serial.print("\tscrch = "); Serial.print(screenchanged);
    Serial.print("\tinsl = "); Serial.print(insulinalarm);
    Serial.print("\tBattery = "); Serial.println(battery);
    Serial.print("\n");

    if (screen > 1) {
      screen = 0;
      screenchanged = true;
    }
    else if (screen <2) {

      if(p.x>0 && p.x<160 && p.y>210 && p.y<250)// The user has
pressed the BOLUS
      {
        boluscount = boluscount + 1; //Reduce bolus
        newbolus = 1;
        if (boluscount<=bolus) {
          insulin = insulin - bolusvol; //Reduce insulin
          insulinchanged = true;
        } else {
          boluscount = bolus +1;
          bolusoff = 1;
          Footer();
        }
      }
    }
  }
}
```

```

    }
  }
  else if (p.x>235 && p.x<315 && p.y>59 && p.y<80) // The
user has pressed the SCREEN
  {
    screen = 1 - screen;
    screenchanged = true;
  }

  // Settings and options
  if (screen==1){
    // Increase or decrease
    if(p.x>250 && p.x<300 && p.y>90 && p.y<145)// The user
has pressed the +
      {
        if (setOption == 1) {
          mode = mode + 1;
          if (mode>4){ mode = 4;}
        }
        if (setOption == 2) {
          bolus = bolus + 1;
          if (bolus>8){ bolus = 8;}
        }
        if (setOption == 3) {
          age = age + 1;
          if (age>99){ age = 99;}
        }
        if (setOption == 4) {
          weight = weight + 1;
          if (weight>200){ weight = 200;}
        }
        if (setOption == 5) {
          insulinalarm = insulinalarm + 1;
          if (insulinalarm>15){ insulinalarm = 15;}
        }
        if (setOption == 6) {
          batteryalarm = batteryalarm + 1;
          if (batteryalarm>15){ batteryalarm = 15;}
        }
        Settings();
      }
    else if(p.x>250 && p.x<300 && p.y>150 && p.y<200)// The
user has pressed the -
      {
        if (setOption == 1) {
          mode = mode - 1;
          if (mode<1){ mode = 1;}
        }
        if (setOption == 2) {
          bolus = bolus - 1;
          if (bolus<1){ bolus = 1;}
        }
        if (setOption == 3) {
          age = age - 1;
          if (age<10){ age = 10;}

```

```
    }
    if (setOption == 4) {
        weight = weight - 1;
        if (weight<30){ weight = 30;}
    }
    if (setOption == 5) {
        insulinalarm = insulinalarm - 1;
        if (insulinalarm<5){ insulinalarm = 5;}
    }
    if (setOption == 6) {
        batteryalarm = batteryalarm - 1;
        if (batteryalarm<5){ batteryalarm = 5;}
    }
    Settings();
}

// Select option
if(p.x>0 && p.x<200 && p.y>38 && p.y<64)// The user has
selected option 1
{
    setOption = 1; //Set Mode of operation
    Settings();
}
else if(p.x>0 && p.x<200 && p.y>68 && p.y<94)// The
user has selected option 2
{
    setOption = 2; //Set maximum number of bolus
per day
    Settings();
}
else if(p.x>0 && p.x<200 && p.y>98 && p.y<124)// The
user has selected option 3
{
    setOption = 3; //Set age
    Settings();
}
else if(p.x>0 && p.x<200 && p.y>128 && p.y<154)// The
user has selected option 4
{
    setOption = 4; //Set weight
    Settings();
}
else if(p.x>0 && p.x<200 && p.y>158 && p.y<184)// The
user has selected option 5
{
    setOption = 5; //Set Alarm % insulin
    Settings();
}
else if(p.x>0 && p.x<200 && p.y>188 && p.y<210)// The
user has selected option 6
{
    setOption = 6; //Set Alarm % battery
    Settings();
}

}
```

```

} //

}

if (tmp!=minute()) { //minute()
    minutechanged = true;
    mininit = mininit +1;
    newbattery = newbattery + 1;
}
tmp = minute();
if (minute()==0) {
    mininit = minute();
    indexmode=hour();
}

if (hour()==0) {
    newbolus=0;
    boluscount = 0;
    bolusoff = 0;
    Footer();
}
if (newbattery>36) {
    battery = battery - 1;
    batterychanged = true;
    newbattery = 0;
}

if ((insulin<insulinalarm) && (screen!=3)){
    screen = 3;
    screenchanged = true;
}

if ((battery<batteryalarm) && (screen !=2)){
    screen = 2;
    screenchanged = true;
}

if (batterychanged || insulinchanged || minutechanged) {
    if (screen<2){
        Header();
    }
    if ((screen==0) && (minutechanged || insulinchanged)) {
        Chart();
        FigRefresh();
    }
    batterychanged = false;
    insulinchanged = false;
    minutechanged = false;
}

if (screenchanged) {
    ClearLCD();
    screenchanged = false;
    if (screen > 2) {
        LowInsulin();
    }
}

```

```
    }  
    else if (screen == 2) {  
        LowBattery();  
    }  
    else if (screen == 1) {  
        Screen1();  
    }  
    else if (screen == 0) {  
        Screen0();  
    }  
}  
  
}
```

Κώδικας 2 (Αντλία έγχυσης)

```
int incomingByte = 0;  
int servo0 = 600;  
int servo180 = 2100;  
int inc = 20;  
int pos = servo0;  
int servoPin = 9;  
int pulseInterval=2000;  
  
void setup() {  
    Serial.begin(9600); // opens serial port, sets data rate to 9600 bps  
    pinMode(servoPin, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
    int i;  
  
    pos += inc;  
  
    if (pos > servo180) {  
        Serial.println("REVERSE!");  
    }  
}
```



```
pos = servo180;
inc *= -1;
delay(500);
} else if (pos < servo0) {
  Serial.println("FORWARD!");
  pos = servo0;
  inc *= -1;
  delay(500);
}
```

```
Serial.print("pos = ");
Serial.println(pos, DEC);
```

```
digitalWrite(servoPin, HIGH);
delayMicroseconds(pos);
digitalWrite(servoPin, LOW);
delay(20);
}
```

Βιβλιογραφία

1. Amy Hess-Fischl MS, C. (2019). What is Insulin?. [online] EndocrineWeb. Available at: <https://www.endocrineweb.com/conditions/type-1-diabetes/what-insulin> [Accessed 4 Feb. 2019].
2. Daneman, D. (2006). Type 1 diabetes. The Lancet, [online] 367(9513), pp.789-874. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673606683414> [Accessed 4 Feb. 2019].
3. Dtc.ucsf.edu. (2017). Programming Your Pump :: Diabetes Education Online. [online] Available at: <https://dtc.ucsf.edu/types-of-diabetes/type1/treatment-of-type-1-diabetes/medications-and-therapies/type-1-insulin-pump-therapy/how-to-use-your-pump/programming-your-pump/> [Accessed 4 Feb. 2019].

4. Encyclopedia Britannica. (2019). glucose | Definition, Structure, & Function. [online] Available at: <https://www.britannica.com/science/glucose> [Accessed 4 Feb. 2019].
5. MayoClinic.org. (2019). Diabetes - Diagnosis and treatment - Mayo Clinic. [online] Available at: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/diabetes/diagnosis-treatment/drc-20371451> [Accessed 4 Feb. 2019].
6. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (2016). Diabetes Tests & Diagnosis | NIDDK. [online] Available at: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/diabetes/overview/tests-diagnosis> [Accessed 4 Feb. 2019].
7. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (2016). Risk Factors for Type 2 Diabetes | NIDDK. [online] Available at: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/diabetes/overview/risk-factors-type-2-diabetes> [Accessed 4 Feb. 2019].
8. Perinatology.com. (2012). Initial Insulin Dosage for Insulin Pump. [online] Available at: <http://perinatology.com/calculators/insulinpump.htm> [Accessed 4 Feb. 2019].
9. Pickup, J. (2014). History and use of CSII - Management - Diapedia, The Living Textbook of Diabetes. [online] Diapedia.org. Available at: <https://www.diapedia.org/8104974815/rev/5> [Accessed 4 Feb. 2019].
10. Scheiner, G. (2019). Rules of Engagement for Basal Insulin Adjustment (Or, Avoiding Basal Blunders!) | diaTribe. [online] diaTribe. Available at: <https://diatribe.org/issues/26/thinking-like-a-pancreas> [Accessed 4 Feb. 2019].
11. Taylor, R. (2013). Type 2 diabetes. Diabetes Care, [online] 36(4), pp.1047-1055. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/36/4/1047> [Accessed 4 Feb. 2019].
12. Thabit, H. and Hovorka, R. (2014). Bringing closed-loop home. Current Opinion in Endocrinology & Diabetes and Obesity, [online] 21(2), pp.95-101. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3350637/> [Accessed 4 Feb. 2019].
13. Trevitt, S., Simpson, S. and Wood, A. (2015). Artificial Pancreas Device Systems for the Closed-Loop Control of Type 1 Diabetes. Journal of Diabetes Science and Technology, [online] 10(3), pp.714-723. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5038530/>.
14. Watshon, S. (2019). Diabetes: A Guide to Symptoms, Causes, Treatment, Prevention and More. [online] Healthline. Available at: <https://www.healthline.com/health/diabetes> [Accessed 4 Feb. 2019].
15. Ανοιχτά πρότυπα και άδειες. (2017). Open Insulin: Ένα έργο για την δημιουργία ινσουλίνης ανοιχτού κώδικα. [online] Available at:

<https://openstandards.ellak.gr/2017/11/27/open-insulin-ena-ergo-gia-tin-dimiourgia-insoulinis-anichtou-kodika/> [Accessed 4 Feb. 2019].

16. American Diabetes Association. (2015). Getting Started with an Insulin Pump. [online] Available at: <http://www.diabetes.org/living-with-diabetes/treatment-and-care/medication/insulin/getting-started.html> [Accessed 4 Feb. 2019].

17. Bakopoulos, K. (2019). Παρθένα Γιαννουλάκη: «Ο ακριβής υπολογισμός των υδατανθράκων είναι βασικό σημείο της διατροφικής εκπαίδευσης ατόμου με ΣΔ1» | medNutrition. [online] medNutrition. Available at: <https://www.mednutrition.gr/diaitologos/epikairotita/synenteykseis/15240-o-akrivis-ypologismos-ton-ydatanthrakon-einai-vasiko-simeio-tis-diatrofikis-ekpaidefsis-atomou-me-sd1> [Accessed 4 Feb. 2019].

18. Diabetes.co.uk. (2019). Multiple Dose Insulin Injection Therapy - Multiple Daily Injections. [online] Available at: <https://www.diabetes.co.uk/insulin/multiple-dose-insulin-injection-therapy.html> [Accessed 4 Feb. 2019].

19. Liu, G., Yang, Z., Liu, J., Li, X., Wang, H., Zhao, T. and Yang, X. (2014). A low cost, high performance insulin delivery system based on PZT actuation. *Microsystem Technologies*, [online] 20(12), pp.2287-2294. Available at: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00542-014-2090-2.pdf> [Accessed 4 Dec. 2019].

20. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (2016). Diabetes Diet, Eating, & Physical Activity | NIDDK. [online] Available at: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/diabetes/overview/diet-eating-physical-activity> [Accessed 4 Feb. 2019].

21. Diabetes UK. (2019). What is HbA1c?. [online] Available at: <https://www.diabetes.org.uk/guide-to-diabetes/managing-your-diabetes/hba1c> [Accessed 4 Feb. 2019].

22. Open Insulin Project. (2019). Open Insulin Project. [online] Available at: <http://openinsulin.org/> [Accessed 4 Feb. 2019].

23. American Academy of Ophthalmology. (n.d.). What Is Diabetic Retinopathy?. [online] Available at: <https://www.aaopt.org/eye-health/diseases/what-is-diabetic-retinopathy> [Accessed 4 Feb. 2019].

24.

25. Bode, B., Braithwaite, S., Steed, R. and Davidson, P. (2004). INTRAVENOUS INSULIN INFUSION THERAPY: INDICATIONS, METHODS, AND TRANSITION TO SUBCUTANEOUS INSULIN THERAPY. *Endocrine Practice*, [online] 10(Supplement 2), pp.71-80. Available at: https://journals.aace.com/doi/10.4158/EP.10.S2.71?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed [Accessed 4 Feb. 2019].

26. Danne, T., Battelino, T., Kordonouri, O., Hanas, R., Klinkert, C., Ludvigsson, J., Barrio, R., Aebi, C., Gschwend, S., Mullis, P., Schumacher, U., Zumsteg, U., Morandi, A., Rabbone, I., Cherubini, V., Toni, S., de Beaufort, C., Hindmarsh, P., Sumner, A., van Waarde, W., van den Berg, N. and Phillip, M. (2005). A cross-sectional international survey of continuous subcutaneous insulin infusion in 377 children and adolescents with type 1 diabetes mellitus from 10 countries. *Pediatric Diabetes*, [online] 6(4), pp.193-198. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1399-543X.2005.00131.x> [Accessed 4 Feb. 2019].
27. Diabetesed.net. (2019). Continuous Subcutaneous Insulin Infusion (CSII) AADE White Paper. [online] Available at: http://www.diabetesed.net/page/_files/CSII-AADE-White-paper-6-14.pdf [Accessed 6 Feb. 2019].
28. Heinemann, L., Fleming, G., Petrie, J., Holl, R., Bergenstal, R. and Peters, A. (2015). Insulin pump risks and benefits: a clinical appraisal of pump safety standards, adverse event reporting and research needs. A Joint Statement of the European Association for the Study of Diabetes and the American Diabetes Association Diabetes Technology Working Group. *Diabetologia*, [online] 58(5), pp.862-870. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/38/4/716.long> [Accessed 4 Jan. 2019].
29. Jendle, J., Smith-Palmer, J., Delbaere, A., de Portu, S., Papo, N., Valentine, W. and Roze, S. (2017). Cost-Effectiveness Analysis of Sensor-Augmented Insulin Pump Therapy with Automated Insulin Suspension Versus Standard Insulin Pump Therapy in Patients with Type 1 Diabetes in Sweden. *Diabetes Therapy*, [online] 8(5), pp.1015-1030. Available at: https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1002853?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dwww.ncbi.nlm.nih.gov [Accessed 4 Feb. 2019].
30. Lenhard, M. and Reeves, G. (2001). Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Archives of Internal Medicine*, [online] 161(19), p.2293. Available at: <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/vol/161/pg/2293> [Accessed 4 Feb. 2019].
31. Lin, M., Connor, C., Ruedy, K., Beck, R., Kollman, C., Buckingham, B., Redondo, M., Schatz, D., Haro, H., Lee, J., Tamborlane, W. and Wood, for the Pediatric Diabetes Co, J. (2013). Race, Socioeconomic Status, and Treatment Center Are Associated with Insulin Pump Therapy in Youth in the First Year Following Diagnosis of Type 1 Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, [online] 15(11), pp.929-934. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3817890/> [Accessed 4 Feb. 2019].
32. Pickup, J. (2002). Glycaemic control with continuous subcutaneous insulin infusion compared with intensive insulin injections in patients with type 1 diabetes: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*, [online] 324(7339), pp.705-705.

Available at: <https://www.bmj.com/content/324/7339/705.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

33. Pickup, J. and Keen, H. (2002). Continuous Subcutaneous Insulin Infusion at 25 Years: Evidence base for the expanding use of insulin pump therapy in type 1 diabetes. *Diabetes Care*, [online] 25(3), pp.593-598. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/25/3/593.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

34. Pickup, J., Keen, H., Parsons, J. and Alberti, K. (1978). Continuous subcutaneous insulin infusion: an approach to achieving normoglycaemia. *BMJ*, [online] 1(6107), pp.204-207. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1602534/> [Accessed 4 Feb. 2019].

35. Plotnick, L., Clark, L., Brancati, F. and Erlinger, T. (2003). Safety and Effectiveness of Insulin Pump Therapy in Children and Adolescents With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, [online] 26(4), pp.1142-1146. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/26/4/1142.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

36. Schulten, R., Piet, J., Bruijning, P. and de Waal, W. (2016). Lower dose basal insulin infusion has positive effect on glycaemic control for children with type I diabetes on continuous subcutaneous insulin infusion therapy. *Pediatric Diabetes*, [online] 18(1), pp.45-50. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00125-008-1072-2> [Accessed 4 Feb. 2019].

37. Sulli, N., Bertasi, S., Zullo, S. and Shashaj, B. (2007). Use of continuous subcutaneous insulin infusion in patients with cystic fibrosis related diabetes: Three case reports. *Journal of Cystic Fibrosis*, [online] 6(3), pp.237-240. Available at: [https://www.cysticfibrosisjournal.com/article/S1569-1993\(06\)00118-4/fulltext](https://www.cysticfibrosisjournal.com/article/S1569-1993(06)00118-4/fulltext) [Accessed 4 Feb. 2019].

38. Weissberg-Benchell, J., Antisdell-Lomaglio, J. and Seshadri, R. (2003). Insulin Pump Therapy: A meta-analysis. *Diabetes Care*, [online] 26(4), pp.1079-1087. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/26/4/1079.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

39. Bruttomesso, D., Farret, A., Costa, S., Marescotti, M., Vettore, M., Avogaro, A., Tiengo, A., Dalla Man, C., Place, J., Facchinetti, A., Guerra, S., Magni, L., De Nicolao, G., Cobelli, C., Renard, E. and Maran, A. (2009). Closed-Loop Artificial Pancreas Using Subcutaneous Glucose Sensing and Insulin Delivery and a Model Predictive Control Algorithm: Preliminary Studies in Padova and Montpellier. *Journal of Diabetes Science and Technology*, [online] 3(5), pp.1014-1021. Available at: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/193229680900300504> [Accessed 4 Feb. 2019].

40. Chow, N., Shearer, D., Tildesley, H., Aydin Plaa, J., Pottinger, B., Pawlowska, M., White, A., Priestman, A., Ross, S. and Tildesley, H. (2016). Determining starting basal rates of insulin infusion for insulin pump users: a comparison between methods.

BMJ Open Diabetes Research & Care, [online] 4(1), p.e000145. Available at: <https://drc.bmj.com/content/4/1/e000145> [Accessed 4 Jan. 2019].

41. DeFronzo, R., Tobin, J. and Andres, R. (1979). Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, [online] 237(3), p.E214. Available at: http://www.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpendo.1979.237.3.E214?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed [Accessed 4 Feb. 2019].

42. Deiss, D., Bolinder, J., Riveline, J., Battelino, T., Bosi, E., Tubiana-Rufi, N., Kerr, D. and Phillip, M. (2006). Improved Glycemic Control in Poorly Controlled Patients with Type 1 Diabetes Using Real-Time Continuous Glucose Monitoring. *Diabetes Care*, [online] 29(12), pp.2730-2732. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/29/12/2730> [Accessed 4 Feb. 2019].

43. Facchinetti, A., Sparacino, G. and Cobelli, C. (2010). Modeling the Error of Continuous Glucose Monitoring Sensor Data: Critical Aspects Discussed through Simulation Studies. *Journal of Diabetes Science and Technology*, [online] 4(1), pp.4-14. Available at: http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/193229681000400102?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed [Accessed 4 Feb. 2019].

44. Janka, H., Plewe, G., Riddle, M., Kliebe-Frisch, C., Schweitzer, M. and Yki-Jarvinen, H. (2005). Comparison of Basal Insulin Added to Oral Agents Versus Twice-Daily Premixed Insulin as Initial Insulin Therapy for Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, [online] 28(2), pp.254-259. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/28/2/254.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

45. Liu, G., Yang, Z., Liu, J., Li, X., Wang, H., Zhao, T. and Yang, X. (2014). A low cost, high performance insulin delivery system based on PZT actuation. *Microsystem Technologies*, [online] 20(12), pp.2287-2294. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00542-014-2090-2> [Accessed 4 Feb. 2019].

46. Ly, T., Roy, A., Grosman, B., Shin, J., Campbell, A., Monirabbasi, S., Liang, B., von Eyben, R., Shanmugham, S., Clinton, P. and Buckingham, B. (2015). Day and Night Closed-Loop Control Using the Integrated Medtronic Hybrid Closed-Loop System in Type 1 Diabetes at Diabetes Camp. *Diabetes Care*, [online] 38(7), pp.1205-1211. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/36/12/3882.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

47. Mombaerts, L., Thomas, F., Signal, M., Desai, T. and Chase, J. (2015). Continuous Glucose Monitoring: Using CGM to Guide Insulin Therapy Virtual Trials Results. *IFAC-PapersOnLine*, [online] 48(20), pp.112-117. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315020157> [Accessed 4 Feb. 2019].

48. Norgaard, K. (2003). A nationwide study of continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) in Denmark. *Diabetic Medicine*, [online] 20(4), pp.307-311. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1464-5491.2003.00909.x> [Accessed 4 Feb. 2019].
49. Rodbard, D. (2017). Continuous Glucose Monitoring: A Review of Recent Studies Demonstrating Improved Glycemic Outcomes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, [online] 19(S3), pp.S-25-S-37. Available at: https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/dia.2017.0035?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed [Accessed 4 Feb. 2019].
50. Schönauer, M. and Thomas, A. (2010). Sensor-augmented pump therapy – on the way to artificial pancreas. *Avances en Diabetologia*, [online] 26(3), pp.143-146. Available at: https://www.researchgate.net/publication/266615333_Sensor-augmented_pump_therapy_-_On_the_way_to_artificial_pancreas.
51. Shashaj, B., Busetto, E. and Sulli, N. (2008). Benefits of a bolus calculator in pre- and postprandial glycaemic control and meal flexibility of paediatric patients using continuous subcutaneous insulin infusion (CSII). *Diabetic Medicine*, [online] 25(9), pp.1036-1042. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2008.02549.x> [Accessed 4 Feb. 2019].
52. Sherr, J. and Tamborlane, W. (2008). Past, present, and future of insulin pump therapy: better shot at diabetes control. *Mount Sinai Journal of Medicine: A Journal of Translational and Personalized Medicine*, [online] 75(4), pp.352-361. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/msj.20055> [Accessed 4 Feb. 2019].
53. Steil, G., Rebrin, K., Darwin, C., Hariri, F. and Saad, M. (2006). Feasibility of Automating Insulin Delivery for the Treatment of Type 1 Diabetes. *Diabetes*, [online] 55(12), pp.3344-3350. Available at: <http://diabetes.diabetesjournals.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=17130478> [Accessed 4 Feb. 2019].
54. Daneman, D. (2006). Type 1 diabetes. *The Lancet*, [online] 367(9513), pp.847-858. Available at: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140-6736\(06\)68341-4](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140-6736(06)68341-4) [Accessed 4 Feb. 2019].
55. Holterhus, P., Bokelmann, J., Riepe, F., Heidtmann, B., Wagner, V., Rami-Merhar, B., Kapellen, T., Raile, K., Quester, W. and Holl, R. (2013). Predicting the Optimal Basal Insulin Infusion Pattern in Children and Adolescents on Insulin Pumps. *Diabetes Care*, [online] 36(6), pp.1507-1511. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/36/6/1507.long> [Accessed 4 Feb. 2019].
56. Holterhus, P., Odendahl, R., Oesingmann, S., Lepler, R., Wagner, V., Hiort, O. and Holl, R. (2007). Classification of Distinct Baseline Insulin Infusion Patterns in Children and Adolescents With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion Therapy. *Diabetes Care*, [online] 30(3), pp.568-573. Available at:

<http://care.diabetesjournals.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=17327322>
[Accessed 4 Feb. 2019].

57. Hoogma, R., Hammond, P., Gomis, R., Kerr, D., Bruttomesso, D., Bouter, K., Wiefels, K., de la Calle, H., Schweitzer, D., Pfohl, M., Torlone, E., Krinelke, L. and Bolli, G. (2006). Comparison of the effects of continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) and NPH-based multiple daily insulin injections (MDI) on glycaemic control and quality of life: results of the 5-nations trial. *Diabetic Medicine*, 23(2), pp.141-147.

58. Mann, J. (1980). Diet and diabetes. *Diabetologia*, [online] 18(2), pp.89-95. Available at: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00290483.pdf> [Accessed 4 Feb. 2019].

59. Peirce, N. (1999). Diabetes and exercise. *British Journal of Sports Medicine*, [online] 33(3), pp.161-172. Available at: <https://bjsm.bmj.com/content/33/3/161.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

60. Physical Activity/Exercise and Diabetes. (2003). *Diabetes Care*, [online] 27(Supplement 1), pp.S58-S62. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/39/11/2065> [Accessed 4 Feb. 2019].

61. Polonsky, K., Given, B. and Van Cauter, E. (1988). Twenty-four-hour profiles and pulsatile patterns of insulin secretion in normal and obese subjects. *Journal of Clinical Investigation*, [online] 81(2), pp.442-448. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC329589/> [Accessed 4 Feb. 2019].

62. Taylor, R. (2013). Type 2 Diabetes: Etiology and reversibility. *Diabetes Care*, [online] 36(4), pp.1047-1055. Available at: <http://care.diabetesjournals.org/content/36/4/1047.long> [Accessed 4 Feb. 2019].

63. Umpierrez, G., Smiley, D., Zisman, A., Prieto, L., Palacio, A., Ceron, M., Puig, A. and Mejia, R. (2007). Randomized Study of Basal-Bolus Insulin Therapy in the Inpatient Management of Patients With Type 2 Diabetes (RABBIT 2 Trial). *Diabetes Care*, 30(9), pp.2181-2186.

Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1: Diabetes – the preventable epidemic [<https://horizon-magazine.eu/article/diabetes-preventable-epidemic.html>]

Εικόνα 2: The Basics of Insulin Pump Therapy [<https://www.medtronicdiabetes.com/sites/default/files/library/download-library/workbooks/BasicsofInsulinPumpTherapy.pdf>]

Εικόνα 5: https://en.wikipedia.org/wiki/Glucose_meter

Εικόνα 6: <https://www.ipag.co.uk/whatiscsii/>

Εικόνα 7: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

Εικόνα 8: <https://randomnerdtutorials.com/7-arduino-compatible-displays-for-your-electronic-projects/>

Εικόνα 9: <https://www.amazon.it/Fologar-SG90-modelismo-Arduino-robotica-Aeromodelismo/dp/B072HTJ68T>

Εικόνα 10: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>

