

Νέες τεχνολογίες διαχείρισης του
σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1
σε παιδιά και εφήβους και η επίδρασή τους στην
καθημερινή φροντίδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΖΩΗΣ ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΤΖΗΜΟΥΡΤΑ

ΚΟΖΑΝΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2024

(αυτή η σελίδα είναι σκόπιμα λευκή)

Νέες τεχνολογίες διαχείρισης του
σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1
σε παιδιά και εφήβους και η επίδρασή τους στην
καθημερινή φροντίδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΖΩΗΣ ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΤΖΗΜΟΥΡΤΑ

ΚΟΖΑΝΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2024

(αυτή η σελίδα είναι σκόπιμα λευκή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 1 (ΣΔτ1) είναι μια αυτοάνοση διαταραχή, όπου το ανοσοποιητικό σύστημα επιτίθεται στα νησίδια του παγκρέατος, καταστρέφοντας τα β-κύτταρα που παράγουν ινσουλίνη. Αυτό οδηγεί σε πλήρη έλλειψη ινσουλίνης, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για τη ρύθμιση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα. Χωρίς ινσουλίνη, η γλυκόζη δεν μπορεί να εισέλθει στα κύτταρα και να χρησιμοποιηθεί ως ενέργεια, προκαλώντας υπεργλυκαιμία, η οποία μπορεί να είναι απειλητική για τη ζωή εάν δεν αντιμετωπιστεί.

Η παραδοσιακή διαχείριση του ΣΔτ1 απαιτεί διαρκή μέτρηση των επιπέδων γλυκόζης και συχνές ενέσεις ινσουλίνης, κάτι που καθιστά δύσκολη την καθημερινότητα των ασθενών. Ωστόσο, η σύγχρονη τεχνολογία έχει φέρει επανάσταση στον τρόπο διαχείρισης της νόσου. Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία είναι τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM), τα οποία προσφέρουν αδιάλειπτη παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν έναν αισθητήρα που τοποθετείται υποδόρια και στέλνει δεδομένα σε μια συσκευή προβολής ή σε μια εφαρμογή smartphone, παρέχοντας συνεχείς ενημερώσεις για τα επίπεδα γλυκόζης και ειδοποιήσεις σε περιπτώσεις επικίνδυνα χαμηλών ή υψηλών επιπέδων γλυκόζης.

Παράλληλα, οι αντλίες ινσουλίνης έχουν εξελιχθεί σημαντικά και προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην παράδοση της ινσουλίνης, επιτρέποντας στους ασθενείς να προγραμματίζουν δόσεις βάσει των αναγκών τους. Οι αντλίες αυτές συχνά συνεργάζονται με τα συστήματα CGM, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης και διαχείρισης που επιτρέπει αυτόματες προσαρμογές στις δόσεις ινσουλίνης με βάση τα τρέχοντα επίπεδα γλυκόζης. Αυτή η προσέγγιση, που συχνά ονομάζεται "κλειστού κυκλώματος" ή "τεχνητό πάγκρεας", μειώνει σημαντικά τα επεισόδια υπογλυκαιμίας και υπεργλυκαιμίας, ενώ παράλληλα βελτιώνει τον γλυκαιμικό έλεγχο.

Επιπλέον, η ανάπτυξη της τηλεϊατρικής έχει φέρει νέες δυνατότητες στη φροντίδα των ασθενών με ΣΔτ1. Οι ασθενείς μπορούν να παρακολουθούνται απομακρυσμένα από τους ιατρούς τους, οι οποίοι λαμβάνουν δεδομένα από τα συστήματα CGM και τις αντλίες ινσουλίνης σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτρέπει την ταχύτερη και πιο αποτελεσματική προσαρμογή της θεραπείας, ενώ μειώνει την ανάγκη για συχνές επισκέψεις σε ιατρεία. Οι εφαρμογές αυτές προσφέρουν επίσης στους ασθενείς καλύτερο έλεγχο της καθημερινής διαχείρισης της νόσου τους, μέσω της χρήσης ψηφιακών εργαλείων και υπενθυμίσεων.

Παρόλο που οι τεχνολογίες αυτές προσφέρουν πολλές δυνατότητες, η πρόσβαση σε αυτές παραμένει μια πρόκληση, ιδιαίτερα λόγω του κόστους. Η συμμόρφωση των ασθενών με τη χρήση αυτών των

συστημάτων, καθώς και η εκπαίδευσή τους στη σωστή χρήση, είναι επίσης κρίσιμα ζητήματα για τη μακροχρόνια αποτελεσματικότητα των θεραπειών.

Συνολικά, η χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών, όπως τα CGM και οι αντλίες ινσουλίνης, βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα ζωής των ατόμων με ΣΔτ1, προσφέροντάς τους μεγαλύτερη αυτονομία, βελτιωμένο γλυκαιμικό έλεγχο και καλύτερη ψυχολογική ευεξία.

Λέξεις κλειδιά: σακχαρώδης διαβήτης τύπου 1, παιδιά, έφηβοι, νέες τεχνολογίες, αισθητήρες μέτρησης γλυκόζης, αντλίες ινσουλίνης και αντλίες ινσουλίνης κλειστού βρόγχου, τεχνητό πάγκρεας, φροντίδα.

ABSTRACT

Type 1 diabetes (T1D) is an autoimmune disorder where the immune system attacks the pancreatic islets, destroying the beta cells that produce insulin. This leads to a complete lack of insulin, which is essential for regulating blood glucose levels. Without insulin, glucose cannot enter the cells to be used as energy, resulting in hyperglycemia, which can be life-threatening if left untreated. Traditional management of T1D requires constant monitoring of glucose levels and frequent insulin injections, making daily life challenging for patients. However, modern technology has revolutionized disease management. One of the most significant tools is Continuous Glucose Monitoring (CGM) systems, which provide uninterrupted monitoring of glucose levels throughout the day. These systems use a subcutaneous sensor that transmits data to a display device or smartphone app, offering continuous updates on glucose levels and alerts in case of dangerously low or high levels.

In addition, insulin pumps have advanced significantly, offering more precise insulin delivery, allowing patients to schedule doses based on their individual needs. These pumps often work in conjunction with CGM systems, creating an integrated monitoring and management system that allows for automatic adjustments of insulin doses based on current glucose levels. This approach, often referred to as a “closed-loop system” or “artificial pancreas”, significantly reduces episodes of hypoglycemia and hyperglycemia while improving glycemic control.

Furthermore, the development of telemedicine has introduced new possibilities in the care of T1D patients. Patients can be remotely monitored by their doctors, who receive real-time data from CGM systems and insulin pumps. This allows for faster and more effective treatment adjustments while reducing the need for frequent clinic visits. These applications also offer patients better control over the daily management of their disease through the use of digital tools and reminders. While these technologies offer many benefits, access remains a challenge, particularly due to cost. Patient adherence to these systems, as well as proper training in their use, are also critical issues for the long-term effectiveness of these treatments. In conclusion, the use of modern technologies such as CGM systems and insulin pumps significantly improves the quality of life for individuals with T1D, providing them with greater autonomy, improved glycemic control, and enhanced psychological well-being.

Keywords: Type 1 Diabetes, children, adolescents, new technologies, glucose monitoring sensors, insulin pumps and closed-loop insulin pumps, artificial pancreas, care.



Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο

“ Νέες τεχνολογίες διαχείρισης του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 σε παιδιά και εφήβους και η επίδρασή τους στην καθημερινή φροντίδα”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ψηφιακή Υγεία και Διοίκηση Υπηρεσιών Υγείας» των Τμημάτων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών και Μαιευτικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη της

κ. Τζημούρτα Κατερίνας

αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Ονοματεπώνυμο Φοιτητή & Επιβλέποντα/ουσας, Έτος, Πόλη

Copyright © Δασκαλάκη Ζωή & Τζημούρτα Κατερίνα, 2024, Αγρίνιο.

ΠΕΡΙΕΧΌΜΕΝΑ

Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
ΠΕΡΙΕΧΌΜΕΝΑ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	1
1.2 Οργάνωση της διπλωματικής	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΑΚΧΑΡΩΔΗΣ ΔΙΑΒΗΤΗΣ ΤΥΠΟΥ Ι	5
2.1 Στοιχεία ανατομίας και φυσιολογίας του παγκρέατος	5
2.2 Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου Ι (ΣΔτ1)	8
2.3 Προκλήσεις στη Διαχείριση του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου Ι	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΣΔΤ1	14
3.1 Συστήματα Συνεχούς Καταγραφής/Παρακολούθησης της Γλυκόζης (CGM)	14
3.2 Αντλίες ινσουλίνης	20
3.2 Συνεχής Υποδόρια Έγχυση Ινσουλίνης (CSII)	21
3.3 Συστήματα παροχής ινσουλίνης κλειστού βρόγχου (CLC) ή «τεχνητού παγκρέατος»	26
3.5 Τηλεϊατρική/ Teleconsultation	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΦΡΟΝΤΙΔΑ	41
4.1 Γλυκαιμικός έλεγχος και μεταβολική ρύθμιση	41
4.2 Βελτίωση της Ποιότητας Ζωής	42
4.3 Επιπτώσεις στην Ψυχολογία	43
4.4 Οικογενειακή Λειτουργικότητα	44
4.5 Εκπαίδευση και υποστήριξη από επαγγελματίες υγείας	46
4.6 Προκλήσεις και εμπόδια στην πρόσβαση και χρήση	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:Ανατομική απεικόνιση του παγκρέατος. (Myrlis Christos MD.MSc in HPB, n.d.).....	7
Εικόνα 2: Αυτοέλεγχος σακχάρου με τρύπημα στο δάκτυλο. (Ομίλος ιατρικού Αθηνών και Μητέρα με ευθύνη για τη ζωή, 2024)	14
Εικόνα 3: Τοποθέτηση αισθητήρα για μέτρηση γλυκόζης στο διάμεσο υγρό και λήψη.....	15
Εικόνα 4: Ολοκληρωμένο σύστημα συστηματικής καταγραφής γλυκόζης και διαμοιρασμού δεδομένων στους χρήστες. (Pharmacy managment και επικοινωνία, 2024)	16
Εικόνα 5 Αισθητήρας λήψης δεδομένων γλυκόζης (Glykouli.gr diabetics Online, 2024).....	17
Εικόνα 6: Αντλία ινσουλίνης με σετ έγχυσης (Αναστασία, 2024)	20
Εικόνα 7: Αντλία ινσουλίνης patch pumps omnipod (Hemoglobe, 2024)	22
Εικόνα 8:Εθνικό δίκτυο τηλεϊατρικής (iefimerida, 2024)	35
Εικόνα 9:Αυτοματοποιημένο σύστημα χορήγησης ινσουλίνης (Pauley, Berge, Messe, & Forlenza, 2021)	39

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Το Κεφάλαιο 1 αποτελεί την εισαγωγή της εργασίας, όπου γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1, μια αυτοάνοση πάθηση που απαιτεί διαρκή φροντίδα και παρακολούθηση. Περιγράφονται οι βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα παιδιά και οι έφηβοι με ΣΔτ1, καθώς και η ανάγκη για αποτελεσματικές τεχνολογικές λύσεις στη διαχείρισή του. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το πλαίσιο και η σημασία της παρούσας έρευνας, αναδεικνύοντας την επιτακτική ανάγκη για καλύτερη ποιότητα ζωής και βελτιωμένη φροντίδα μέσω των σύγχρονων τεχνολογιών. Επιπλέον, διατυπώνονται οι κύριοι στόχοι της μελέτης, οι οποίοι περιλαμβάνουν την ανάλυση της συμβολής των νέων τεχνολογιών και την αξιολόγηση της επίδρασής τους στη ζωή των ασθενών.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 1 (ΣΔτ1) είναι μια αυτοάνοση πάθηση που χαρακτηρίζεται από την καταστροφή των β-κυττάρων του παγκρέατος, τα οποία είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ινσουλίνης. Η απουσία της ινσουλίνης οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές επιπλοκές όπως νεφροπάθεια, καρδιαγγειακές παθήσεις, νευροπάθεια και αμφιβληστροειδοπάθεια. Η διαχείριση του ΣΔτ1 περιλαμβάνει συνεχή παρακολούθηση της γλυκόζης, υιοθέτηση κατάλληλης διατροφής, άσκηση και χορήγηση εξωγενούς ινσουλίνης. Οι δόσεις ινσουλίνης, τόσο η βασική όσο και η bolus, πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα με τα επίπεδα γλυκόζης για να επιτευχθεί ισορροπία και να αποφευχθούν οι συνέπειες της υπεργλυκαιμίας ή της υπογλυκαιμίας. (Vettoretti, 2020)

Η επιδημιολογία του διαβήτη τύπου 1 (ΣΔτ1) έχει παρουσιάσει αύξηση μεταξύ των παιδιών, ειδικά από το 2019 έως το 2021. Οι νέες περιπτώσεις για παιδιά ηλικίας 0-14 ετών αυξήθηκαν από 98.200 σε 108.300, ενώ για την ηλικιακή ομάδα 0-19 ετών αυξήθηκαν από 128.900 σε 149.500. Αυτές οι αυξήσεις καταγράφονται κυρίως στην Αφρική, τη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική. Ωστόσο, τα δεδομένα από πολλές χώρες βασίζονται σε προβλέψεις από γειτονικές περιοχές, κάτι που μπορεί

να προκαλέσει ανακρίβειες. Η Φινλανδία έχει την υψηλότερη συχνότητα περιστατικών με 52,2 ανά 100.000 παιδιά ετησίως, ενώ η Ιαπωνία έχει πολύ χαμηλότερα ποσοστά με 2,2 ανά 100.000 παιδιά. Σε πολλές χώρες, τα δεδομένα είναι παρωχημένα, καθώς μόνο το 28% έχουν στοιχεία μετά το 2015.

Η ηλικία αιχμής για την εμφάνιση του ΣΔτ1 ποικίλει σημαντικά ανά περιοχή. Στη Φινλανδία, η ηλικία 5-9 ετών καταγράφει τις περισσότερες περιπτώσεις, ενώ στην υποσαχάρια Αφρική οι αιχμές παρατηρούνται στην ηλικία 15-19 ετών, πιθανώς λόγω γενετικών παραγόντων και διαφορετικών επιπέδων διάγνωσης. Στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική παρατηρείται ο υψηλότερος αριθμός περιπτώσεων ΣΔτ1, ενώ στην Αφρική τα ποσοστά είναι χαμηλότερα. Το 2019, 1,11 εκατομμύρια παιδιά κάτω των 20 ετών είχαν διαγνωστεί με ΣΔτ1, με ετήσιο ρυθμό αύξησης περίπου 3%, κυρίως σε παιδιά κάτω των 15 ετών. Στην Ελλάδα, το 7,4% των ενηλίκων (20-79 ετών) έχει διαγνωστεί με διαβήτη, με προβλέψεις για σημαντική αύξηση μέχρι το 2045. (Olge, et al., 2022) Η μελέτη των Mamoulakis et al. στην Κρήτη κατέδειξε υψηλή επίπτωση Σακχαρώδους Διαβήτη τύπου 1 (ΣΔτ1) στα παιδιά, με αύξηση 4,4% ετησίως τα τελευταία 25 χρόνια. Η μέση ηλικία διάγνωσης ήταν τα 8 χρόνια, με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στην ηλικιακή ομάδα 5-9 ετών και υπεροχή των αγοριών, ειδικά μετά την εφηβεία. Η εποχικότητα δεν έδειξε στατιστικές σημαντικές διαφορές, αν και περισσότερες διαγνώσεις καταγράφηκαν στους θερμούς μήνες. Παγκόσμιες μελέτες επιβεβαιώνουν την αυξημένη επίπτωση του ΣΔτ1 τους χειμερινούς μήνες λόγω λοιμώξεων που ενδέχεται να ενεργοποιήσουν αυτοάνοσες διεργασίες. Στην Ελλάδα, τα παιδιά με ΣΔτ1 γεννιούνται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι, όπως και σε διεθνή ευρήματα. (Mamoulakis, 2018)

Η τρέχουσα τεχνολογία, όπως οι αντλίες ινσουλίνης και οι αισθητήρες συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM), επιτρέπει την αυτοματοποιημένη χορήγηση της ινσουλίνης με βάση τις μετρήσεις γλυκόζης σε πραγματικό χρόνο, συμβάλλοντας στη σταθερότητα των επιπέδων γλυκόζης και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Τα συστήματα τεχνητού παγκρέατος, τα οποία συνδυάζουν αντλίες ινσουλίνης με αισθητήρες CGM, επιτρέπουν τον ακριβή έλεγχο της γλυκόζης χωρίς συνεχή ανθρώπινη παρέμβαση. Οι αλγόριθμοι που ενσωματώνονται σε αυτές τις συσκευές ρυθμίζουν τις δόσεις ινσουλίνης με βάση τις τρέχουσες μετρήσεις και τις ανάγκες του οργανισμού, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα επεισοδίων υπογλυκαιμίας ή υπεργλυκαιμίας. Επιπλέον, η χρήση τηλεϊατρικής σε συνδυασμό με τις σύγχρονες συσκευές επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και προσαρμογή της θεραπείας από ειδικούς, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους ασθενείς που ζουν σε απομακρυσμένες περιοχές. Η συνδυαστική χρήση αυτών των τεχνολογιών προσφέρει πιο εξατομικευμένη και αποτελεσματική διαχείριση του ΣΔτ1, βελτιώνοντας την υγεία και μειώνοντας τον κίνδυνο επιπλοκών. (Vettoretti, 2020)

Ο σκοπός της εργασίας είναι να διερευνήσει την επίδραση αυτών των νέων τεχνολογιών στη διαχείριση του ΣΔτ1 σε παιδιά και εφήβους και να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητά τους στη βελτίωση της καθημερινής φροντίδας και της ποιότητας ζωής των ασθενών. Συγκεκριμένα, η εργασία επικεντρώνεται στη χρήση συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης, τα οποία προσφέρουν συνεχή και λεπτομερή παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, και στις αντλίες ινσουλίνης, οι οποίες επιτρέπουν πιο ακριβή και προσαρμοσμένη χορήγηση της ινσουλίνης. Τα συστήματα αυτά, ειδικά όταν λειτουργούν σε συνδυασμό, σχηματίζουν ένα σύστημα κλειστού βρόγχου, γνωστό και ως "τεχνητό πάγκρεας", που αυτοματοποιεί τη ρύθμιση της ινσουλίνης βάσει των τρέχοντων επιπέδων γλυκόζης.

Μια άλλη πτυχή της εργασίας είναι η ανάλυση της χρήσης της τηλεϊατρικής στη διαχείριση του ΣΔτ1. Οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν τη διασύνδεση των ασθενών με τους γιατρούς τους, παρέχοντας συνεχή πρόσβαση στα δεδομένα υγείας και επιτρέποντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση και την προσαρμογή της θεραπείας. Αυτό συμβάλλει στη μείωση των επισκέψεων σε ιατρεία και στη βελτίωση της συνολικής φροντίδας των ασθενών, ενώ παράλληλα προσφέρει μεγαλύτερη αυτονομία και βελτιώνει την ψυχολογική ευεξία των παιδιών και των εφήβων με ΣΔτ1. Συνολικά, η εργασία επιδιώκει να αποδείξει ότι οι νέες τεχνολογίες μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα ζωής των ασθενών με ΣΔτ1, μειώνοντας τα επεισόδια υπεργλυκαιμίας και υπογλυκαιμίας και παρέχοντας μεγαλύτερη σταθερότητα στη διαχείριση της πάθησης. Παράλληλα, θίγει τις προκλήσεις που σχετίζονται με την πρόσβαση σε αυτές τις τεχνολογίες, καθώς και τη σημασία της εκπαίδευσης και της συμμόρφωσης των ασθενών.

1.2 Οργάνωση της διπλωματικής

Στο *Κεφάλαιο 1* γίνεται εισαγωγή στο θέμα περιγράφοντας συνοπτικά την πάθηση του ΣΔτ1. Δίνονται στατιστικά και επιδημιολογικά στοιχεία της πάθησης, περιγράφεται η ανάγκη για συστήματα τηλεϊατρικής στη διαχείριση του ΣΔτ1 και διατυπώνονται οι στόχοι της έρευνας.

Στο *Κεφάλαιο 2* εξετάζεται ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 1 (ΣΔτ1), μια αυτοάνοση νόσος που καταστρέφει τα β-κύτταρα του παγκρέατος, προκαλώντας διαταραχή στον μεταβολισμό της γλυκόζης. Περιγράφονται τα βασικά ανατομικά και φυσιολογικά στοιχεία του παγκρέατος και οι λειτουργίες του, ενώ αναλύονται οι προκλήσεις στη διαχείριση του ΣΔτ1, όπως η ανάγκη για εξωγενή ινσουλίνη και η αποφυγή επιπλοκών. Επισημαίνονται οι νέες τεχνολογίες και θεραπευτικές προσεγγίσεις, όπως η συνεχής παρακολούθηση γλυκόζης και η τηλεϊατρική, καθώς και μελλοντικές καινοτομίες για τη βελτίωση της φροντίδας των ασθενών.

Στο *Κεφάλαιο 3* περιγράφονται οι νέες τεχνολογίες για τη διαχείριση του ΣΔτ1, όπως τα συστήματα συνεχούς καταγραφής γλυκόζης (CGM), οι αντλίες ινσουλίνης και τα συστήματα κλειστού βρόγχου (τεχνητό πάγκρεας). Τα CGM προσφέρουν συνεχή παρακολούθηση της γλυκόζης σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τον γλυκαιμικό έλεγχο. Οι αντλίες ινσουλίνης επιτρέπουν συνεχή υποδόρια έγχυση ινσουλίνης με ακρίβεια, προσφέροντας καλύτερη διαχείριση της γλυκόζης. Τα συστήματα κλειστού βρόγχου συνδυάζουν αισθητήρες CGM με αντλίες ινσουλίνης, αυτοματοποιώντας τη ρύθμιση της ινσουλίνης. Εξετάζονται επίσης η τηλεϊατρική και η απομακρυσμένη παρακολούθηση, που βελτιώνουν την καθημερινή διαχείριση της νόσου.

Το *Κεφάλαιο 4* αναφέρεται στις νέες τεχνολογίες για τη διαχείριση του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1 (ΣΔτ1), ειδικά για παιδιά και εφήβους, όπως οι αντλίες ινσουλίνης και τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM). Αυτές οι τεχνολογίες βελτιώνουν τη γλυκαιμική ρύθμιση, μειώνουν τα επεισόδια υπογλυκαιμίας και υπεργλυκαιμίας, και συμβάλλουν στην ψυχολογική ευεξία, ενισχύοντας την αυτοπεποίθηση των ασθενών. Επίσης, αναλύονται οι επιδράσεις τους στην ποιότητα ζωής και τη λειτουργικότητα των οικογενειών, καθώς και οι προκλήσεις στην πρόσβαση και χρήση αυτών των τεχνολογιών, όπως η εκπαίδευση και οι οικονομικοί περιορισμοί.

Το *Κεφάλαιο 5* συνοψίζεται η αποτελεσματικότητα της χρήσης σύγχρονων εργαλείων, όπως τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM) και οι αντλίες ινσουλίνης, καθώς και η θετική τους επίδραση στην καθημερινή φροντίδα και στην ποιότητα ζωής των ασθενών. Οι τεχνολογίες αυτές συμβάλλουν στη βελτίωση της γλυκαιμικής ρύθμισης, μειώνουν τα επεισόδια υπογλυκαιμίας και υπεργλυκαιμίας, και προσφέρουν μεγαλύτερη αυτονομία στους ασθενείς, ενώ παράλληλα βελτιώνουν την ψυχολογική ευεξία τόσο των παιδιών όσο και των οικογενειών τους.

Κεφάλαιο 2: Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου I

Το Κεφάλαιο 2 επικεντρώνεται στην κατανόηση της ανατομίας και της φυσιολογίας του παγκρεατικού αδένου, προκειμένου να αναδειχθεί ο ρόλος του στην ανάπτυξη του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1 (ΣΔτ1). Για να γίνει αντιληπτή η θέση του παγκρέατος στο ανθρώπινο σώμα, καθώς και οι βασικές του λειτουργίες, παρουσιάζονται λεπτομερώς ορισμένα στοιχεία ανατομίας και φυσιολογίας. Αυτά τα στοιχεία θα διευκολύνουν την κατανόηση της πάθησης του ΣΔτ1, καθώς η αλληλεπίδραση του ανοσοποιητικού συστήματος με τα β-κύτταρα του παγκρέατος αποτελεί τον βασικό μηχανισμό της ασθένειας. Η αναλυτική αυτή προσέγγιση είναι σημαντική για να κατανοηθούν οι επιπλοκές που προκαλεί η πάθηση και να εκτιμηθεί η ανάγκη για κατάλληλες παρεμβάσεις στη θεραπεία και τη διαχείριση του διαβήτη.

2.1 Στοιχεία ανατομίας και φυσιολογίας του παγκρέατος

Ανατομικά στοιχεία του παγκρέατος

Το πάγκρεας είναι ένα μαλακό, ωχροκίτρινο όργανο μήκους 12-20 εκατοστών, το πλάτος του είναι 3-5 εκατοστά, έχει πάχος 1-3 εκατοστά και το βάρος του είναι 60-125 γραμμάρια στους ενήλικες. (Parviz, Yoichi, Günter, & Daniel, 1994) Γεωγραφικά εντοπίζεται κυρίως πίσω από το στομάχι και εκτείνεται κατά μήκος του οπίσθιου κοιλιακού τοιχώματος. Δηλαδή από δεξιά προς το δωδεκαδάκτυλο και από αριστερά μέχρι τον σπλήνα. Ακόμη βρίσκεται πίσω από το περιτόναιο πλην ενός μικρού τμήματος της ουράς του. (Drake, Volg, & Adam, 2006) Σε σχέση

με την σπονδυλική στήλη βρίσκεται μπροστά της στο ύψος των 01 και 02 οσφυϊκών σπονδύλων.

Δομικά αποτελείται από 4 μέρη:

1. **Την κεφαλή** του παγκρέατος, που είναι το διευρυμένο τμήμα το εντέρου, (Saurabh , Ryan , & Michael , 2023) η οποία συναντάται μέσα στην αγκύλη του δωδεκαδακτύλου. (Drake, Volg, & Adam, 2006)
2. **Την απόφυση** του παγκρέατος, η οποία προβάλλει από το κατώτατο τμήμα της κεφαλής. Μπροστά από την απόφυση περνούν τα μεσεντέρια αγγεία.
3. **Τον αυχένα** του παγκρέατος, ο οποίος εντοπίζεται μπροστά από τα άνω μεσεντέρια αγγεία. Πίσω από τον αυχένα σχηματίζεται η πυλαία φλέβα από την ένωση των άνω μεσεντέριων φλεβών και των σπληνικών φλεβών. (Hegla & Wolfgang, 2009)
4. **Την ουρά** του παγκρέατος η οποία βρίσκεται μπροστά από τον αριστερό νεφρό (Saurabh , Ryan , & Michael , 2023) και σταματάει μεταξύ των πετάλων του σπληνονεφρικού συνδέσμου. (Hegla & Wolfgang, 2009) (Εικόνα 1)

Στην ουρά του παγκρέατος εμφανίζεται ο παγκρεατικός πόρος, ο οποίος οδεύοντας προς τα δεξιά μέσα από το πάγκρεας και φτάνοντας στην κεφαλή του παγκρέατος ακολουθεί μια καθοδική πορεία. Αφού φτάσει στο κατώτερο τμήμα της κεφαλής ο παγκρεατικός πόρος συναντά τον χοληδόχο πόρο και από την συνάντηση αυτή προκύπτει η ηπατοπαγκρεατική λήκυθος ή φύμα του Vater. (Hegla & Wolfgang, 2009) Στη συνέχεια η ηπατοπαγκρεατική λήκυθος εισχωρεί στην κατιούσα μοίρα του δωδεκαδακτύλου καταλήγοντας στη μείζονα δωδεκαδακτυλική θηλή, η οποία περιβάλλεται από μία δεσμίδα μυϊκών ινών, που σχηματίζουν τον σφιγκτήρα της θηλής ή σφιγκτήρα του Oddi.

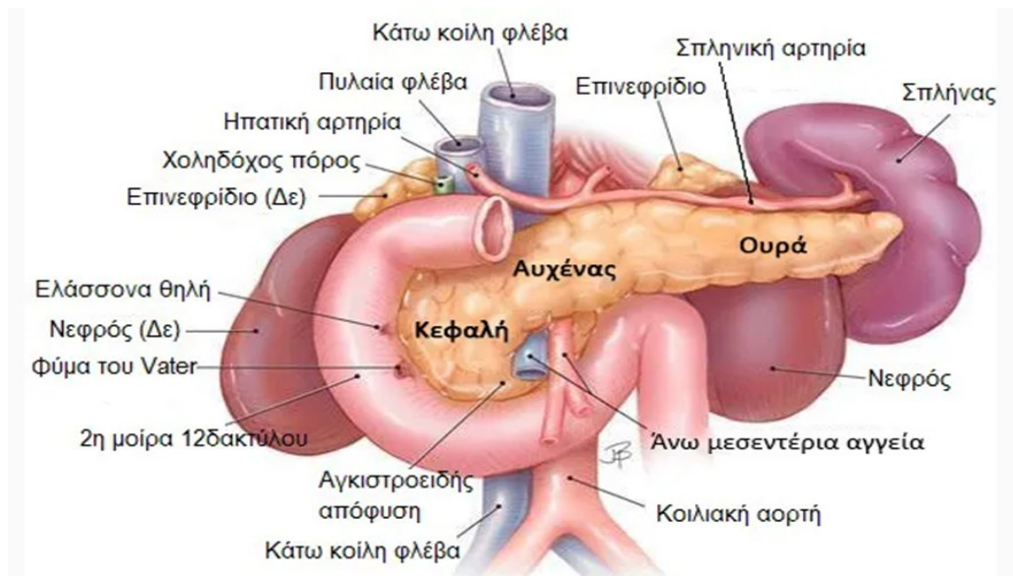
Εκτός από τον παγκρεατικό πόρο στο δωδεκαδάκτυλο εκβάλλει και ο επικουρικός παγκρεατικός πόρος στην ελάσσονα όμως δωδεκαδακτυλική θηλή. (Drake, Volg, & Adam, 2006) (Εικόνα 1)

Στην βασική αγγείωση του παγκρέατος συμβάλουν:

Η σπληνική αρτηρία, η οποία πορεύεται κατά μήκος του άνω χείλους του παγκρέατος

Η σπληνική φλέβα η οποία ακολουθεί οπίσθια πορεία και ενώνεται με την κάτω μεσεντέριο αρτηρία.

Την πυλαία φλέβα, η οποία σχηματίζεται από την ένωση της σπληνικής φλέβας με την μεσεντέριο φλέβα, στο οπίσθιο μέρος της κεφαλής του παγκρέατος και αποτελεί το κυριότερο αγγείο που αιματώνει το ήπαρ. (Εικόνα 1) (Hegla & Wolfgang, 2009) (Saurabh , Ryan , & Michael , 2023)



Εικόνα 1:Ανατομική απεικόνιση του παγκρέατος. (Myrlis Christos MD.MSc in HPB, n.d.)

Στοιχεία φυσιολογίας του παγκρέατος

Το πάγκρεας είναι αδένος που εκκρίνει δυο ορμόνες, την ινσουλίνη και τη γλυκαγόνη και συμμετέχει στην διαδικασία της πέψης με την έκκριση του παγκρεατικού χυμού. (Guyton, 2004) Ο παγκρεατικός χυμός περιέχει ένζυμα που η έκκρισή τους ελέγχεται κατά ένα μέρος από έναν αντανακλαστικό μηχανισμό και κατά ένα άλλο μέρος από τις γαστρεντερικές ορμόνες εκκριματίνη και χολοκυστίνη. (Barrett, Barman, Boitano, & Brooks). Η εκκριματίνη εκκρίνεται από τον βλεννογόνο του δωδεκαδακτύλου και της ανώτερης μοίρας της νήστιδας όταν στο λεπτό έντερο εισέρχεται τροφή. Όταν αυτή η τροφή είναι όξινη από τα ίδια σημεία παράγεται η χολοκυστίνη. (Guyton, 2004)

Οι λειτουργίες του παγκρέατος

Το πάγκρεας διακρίνεται σε δύο μοίρες;

1. **Στην ενδοκρινή μοίρα του παγκρέατος** στην οποία βρίσκονται τα νησίδια του Langerhans από όπου εκκρίνονται η ινσουλίνη, η γλυκαγόνη, η σωματοστατίνη και το παγκρεατικό πεπτίδιο. Η γλυκαγόνη εκκρίνεται από τα Α κύτταρα του παγκρέατος, η ινσουλίνη από τα Β κύτταρα, η σωματοστατίνη από τα Δ και το παγκρεατικό

πολυπεπτίδιο εκκρίνεται από τα F κύτταρα. Οι ορμόνες αυτές συμβάλλουν στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, στη ρύθμιση του σακχάρου στο αίμα, στο ρυθμό με τον οποίο παράγεται και διασπάται το γλυκογόνο, στην πρωτεϊνόλυση και στην λιπόλυση. (Guyton, 2004) (Mulroney & Myers, 2010)

2. **Στην εξωκρινή μοίρα του παγκρέατος** που από το 75 % των κυττάρων της εκκρίνεται ο παγκρεατικός χυμός ή αλλιώς παγκρεατικά ένζυμα από τα ακίνια κύτταρα. (Guyton, 2004) Τα ένζυμα αυτά αφού αναμειχθούν με τη χολή, που φτάνει από το ήπαρ μέσω του χοληδόχου πόρου, με τη βοήθεια του κύριου παγκρεατικού πόρου καταλήγουν στο φύμα του Vater. Από εκεί χρησιμοποιώντας τον σφιγκτήρα του Oddi εκπίπτουν στο δωδεκαδάκτυλο. (Mulroney & Myers, 2010) (Guyton, 2004)

Τα κυριότερα παγκρεατικά ένζυμα είναι:

- **Οι παγκρεατικές πρωτεάσες** (θρυψίνη, χυμοθρυψίνη, ελαστάνη, καρβοξυπεπτιδάση), που σκοπό έχουν την διάσπαση των πρωτεϊνών των τροφών.
- **Η παγκρεατική αμυλάση**, η οποία ευθύνεται για τη διάσπαση του αμύλου, γλυκογόνου και των υδατανθράκων των τροφών εκτός από την κυτταρίνη.
- **Η παγκρεατική λιπάση**, η οποία ευθύνεται για τη διάσπαση των τροφών.
- **Η φωσφολυπάση**, η οποία ευθύνεται για τη διάσπαση των κυττάρων (ζωικών ή φυτικών) των τροφών. (Guyton, 2004)

2.2 Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου I (ΣΔτ1)

Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 1 είναι μία νόσος, που επηρεάζει περίπου το 5-10% των ανθρώπων που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη. Η επικράτηση του ΣΔτ1 διαφέρει μεταξύ των χωρών. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι ανά 100.000 κατοίκους το ποσοστό, που πάσχει από ΣΔτ1 ανέρχεται στο 9,7. Αν και μπορεί να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε ηλικία, συχνότερα παρουσιάζεται στην παιδική και εφηβική ηλικία. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το ¼ των περιστατικών με ΣΔτ1 πρωτοδιαγιγνόνσκονται μετά την ηλικία των 35 ετών. (Δημητριάδης, και συν., 2024) Οι στρατηγικές για την πρόληψη ή την καθυστέρηση του διαβήτη τύπου 1 στη νεολαία παραμένουν ασαφείς ενώ παράλληλα ο αριθμός των παιδιών που προσβάλλεται από τη νόσο συνεχίζει να αυξάνεται. Στη μελέτη SEARCH for Diabetes in Youth (SEARCH) εντοπίστηκε αύξηση 21,1% στον επιπολασμό του διαβήτη τύπου 1 από το 2001 έως το 2009

σε νέους ηλικίας 0 έως 19 ετών. Αυξήσεις επίσης παρατηρήθηκαν σε όλες τις υποομάδες φύλου, ηλικίας και φυλής/εθνικότητας εκτός από αυτές με το χαμηλότερο επιπολασμό δηλαδή παιδιά από 0–4 ετών και Ινδιάνοι της Αμερικής. Η συχνότητα εμφάνισης έχει επίσης αυξηθεί, ο προσαρμοσμένος κίνδυνος για ανάπτυξη διαβήτη τύπου 1 αυξήθηκε 1,4% ετησίως μεταξύ 2002 και 2012, με σημαντικές αυξήσεις σε όλες τις ηλικιακές ομάδες εκτός από εκείνες των 0–4 ετών. (Chiang, et al., 2018)

Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 1 είναι μια αυτοάνοση, πολυγονιδιακή διαταραχή, (Bernt , Frederik , Stephen, & Matthias , 2021) κατά την οποία το ανοσοποιητικό σύστημα επιτίθεται στα Β κύτταρα του παγκρέατος, που βρίσκονται στα νησίδια Langerhans από όπου εκκρίνεται η ινσουλίνη με αποτέλεσμα τη μείωσή της. (Saurabh , Ryan , & Michael , 2023) (Bart , Thomaidou, René , & Arnaud , 2020) Αποτέλεσμα αυτής της μείωσης είναι η εμφάνιση διαταραχής του μεταβολισμού, που συνεπάγεται την αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα. (Δημητριάδης, και συν., 2024) Έτσι οι ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1, για να επιβιώσουν χρειάζονται δια βίου εξωγενή χορήγηση ινσουλίνης. (Saurabh , Ryan , & Michael , 2023)

Τα κλασικά συμπτώματα, που εμφανίζονται συνήθως για αρκετές ημέρες έως μερικές εβδομάδες πριν από τη διάγνωση, μπορεί να περιλαμβάνουν πολυουρία, πολυδιψία, απώλεια βάρους, πολυφαγία, κόπωση και θολή όραση από οίδημα του φακού, που προκαλείται από τις οσμωτικές επιδράσεις της χρόνιας υπεργλυκαιμίας. Η καντιντίαση του περινέου είναι ένα κοινό σύμπτωμα σε μικρά παιδιά και κορίτσια. Περίπου το ένα τρίτο των περιπτώσεων παρουσιάζουν διαβητική κετοξέωση και, δυστυχώς, οι αριθμοί αυξάνονται. Τα βιοχημικά χαρακτηριστικά—υπεργλυκαιμία, γλυκοζουρία, κετοναιμία και κετονουρία— κάνουν συνήθως προφανή τη διάγνωση του διαβήτη. (Chiang, et al., 2018)

Η επίτευξη ευγλυκαιμίας σε αυτά τα άτομα είναι σημαντική για την αποφυγή επιπλοκών όπως η υπογλυκαιμία ή η υπεργλυκαιμία, η οποία μπορεί να επιφέρει διαβητική κετοξέωση. Η έντονη μεταβλητότητα των τιμών της γλυκόζης ευθύνεται και για μακροχρόνιες άλλες επιπλοκές (Wiktorja , Jonas , Katarina , & Bert , 2021) όπως καρδιακές, νεφρικές βλάβες, βλάβες οράσεως (Ammira Al-Shabeeb, και συν., 2021) μέχρι και πρώιμη θνησιμότητα. Σήμερα κύρια μέθοδος αξιολόγησης των γλυκαιμικών αποτελεσμάτων αποτελεί η μέτρηση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης. Παράλληλα η χρήση συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης της γλυκόζης

(CGM) προσφέρουν επιπλέον πληροφορίες για την διαχείριση του διαβήτη. (Wiktorja , Jonas , Katarina , & Bert , 2021)

Αν και αρκετές μελέτες τις τελευταίες δεκαετίες έχουν προσθέσει σχετικές γνώσεις, η περίπλοκη παθογένεια της νόσου δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή. (Marina , Cosimo , & Francesco , 2020) Για πρώτη φορά το 1973 έγινε μία σύνδεση μεταξύ του ανοσοποιητικού συστήματος και του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1, όταν διαπιστώθηκε ότι τα αντιγόνα HLA έχουν άμεση σχέση με τον ινσουλινοεξαρτώμενο σακχαρώδη διαβήτη. (Bart , Thomaidou, René , & Arnaud , 2020)

Πρόσφατες μελέτες έχουν επικεντρωθεί σε διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του οικογενειακού ιστορικού, της γενετικής προδιάθεσης (γονίδια HLA και μη HLA), καθώς και σε περιβαλλοντικούς και μεταβολικούς βιοδείκτες, με στόχο την πρόβλεψη της ανάπτυξης και της εξέλιξης του ΣΔτ1. (Marina , Cosimo , & Francesco , 2020) Από τις μελέτες προέκυψε ότι σε ποσοστό 50% τα γονίδια HLA ευθύνονται για τον γενετικό κίνδυνο του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1, μειώνοντας την ανοχή του κεντρικού και περιφερικού ανοσοποιητικού συστήματος και αυξάνοντας την ενεργοποίηση και τον πολλαπλασιασμό των T- κυττάρων δίνοντας έτσι έμφαση στη συμμετοχή του ανοσοποιητικού συστήματος στην ανάπτυξη του ΣΔΤ1. Παρόλα αυτά οι γενετικοί παράγοντες δεν παρέχουν επαρκή εξήγηση για την ανάπτυξη της νόσου. (Bart , Thomaidou, René , & Arnaud , 2020)

Τα τελευταία χρόνια το μοντέλο Eisenbarth, που σχεδιάστηκε, ώστε να καταστρώνει στρατηγικές για την πρόληψη ασθενειών και πιο πρόσφατα για τις προσεγγίσεις ιατρικής ακρίβειας, (Richard, 2013) προσπάθησε να εξηγήσει την εξέλιξη του ΣΔΤ1, προτείνοντας 3 στάδια:

- Το πρώτο στάδιο ή ασυμπτωματική φάση, χαρακτηρίζεται από την παρουσία αυτό αντισωμάτων με φυσιολογικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα χωρίς συμπτώματα. Σε αυτή εάν υπάρχει γενετική προδιάθεση οι περιβαλλοντικοί παράγοντες θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως εφελθτήριο των T- κυττάρων και των χυμικών αυτοάνοσων αποκρίσεων έναντι των Β – παγκρεατικών κυττάρων.
- Το δεύτερο στάδιο, ορίζεται όταν παρουσιάζονται θετικά αποτελέσματα σε δυο ή περισσότερα αυτοαντισώματα, τα οποία σχετίζονται με αλλοιώσεις στο μεταβολισμό της γλυκόζης, αλλά δεν αρκούν για τη διάγνωση ακόμη και όταν δεν υπάρχουν κλινικά

συμπτώματα. Αυτές είναι γνωστές ως πρώιμες μεταβολικές αλλοιώσεις με ασυμπτωματικό χαρακτήρα.

- Το στάδιο 3 ή «κλινικός διαβήτης» ξεκινά όταν εμφανίζονται στον ασθενή κλινικά συμπτώματα. (Marina , Cosimo , & Francesco , 2020) (Richard, 2013) (Δημητριάδης, και συν., 2024)

2.3 Προκλήσεις στη Διαχείριση του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου I

Από το 1920, που ο πρώτος ασθενής με ΣΔτ1 έλαβε ως θεραπεία ινσουλίνη, έως σήμερα η εξέλιξη και οι βελτιώσεις των φαρμάκων, της παροχής ινσουλίνης, της τεχνολογίας για τη μέτρηση της γλυκόζης, καθώς και της ανάπτυξης εργαλείων και οδηγιών για τη διαχείριση του τρόπου ζωής και τη διατροφή έχουν βοηθήσει ώστε μία προηγουμένως θανατηφόρα ασθένεια να μετατραπεί σε μια χρόνια αλλά διαχειρίσιμη νόσο. (Alice L. , Carmella , & Richard A. , 2022)

Η προσεκτική διαχείριση του διαβήτη τύπου 1 συμβάλλει στην αποφυγή σοβαρών μακροχρόνιων επιπλοκών της νόσου όπως καρδιακές και νεφρικές παθήσεις, εγκεφαλικό επεισόδιο καθώς και απώλεια οράσεως.

Προς το παρόν η κύρια θεραπεία του ΣΔτ1 βασίζεται στην υποκατάσταση ινσουλίνης εξωγενώς όμως πολλές φορές αυτή η προσέγγιση δεν φέρει επιτυχή αποτελέσματα στον έλεγχο της γλυκόζης στο αίμα. Τα κύρια συστατικά για την σωστή διαχείριση του ΣΔτ1 είναι ένα σωστό διατροφικό μοτίβο καθώς και η φαρμακοθεραπεία. Η επιλογή της διατροφής αποτελεί πρόκληση για τους διαβητικούς ασθενείς καθώς είναι το πιο δύσκολο μέρος της θεραπείας τους. Αυστηρά εκπαιδευτικά προγράμματα διαχείρισης της ινσουλίνης σε συνδυασμό με εξατομικευμένη ιατρική διατροφική θεραπεία κατέδειξε μείωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης κατά 1,9% μέσα σε διάστημα 3-6 μηνών καθώς και βελτίωση της ποιότητας ζωής μακροπρόθεσμα. (Ammira Al-Shabeeb, et al., 2021)

Τα εφηβικά χρόνια επηρεάζουν τη φροντίδα του διαβήτη και την επικοινωνία στην οικογένεια. Η ανεξαρτησία και η επίδραση της ομάδας συνομηλίκων μπορεί να οδηγήσουν σε απόκρυψη ή αμέλεια της φροντίδας του διαβήτη, ενώ η γνωστική ανάπτυξη επηρεάζει τη λήψη ιατρικών αποφάσεων και την αυτοδιαχείριση. Είναι σημαντικό να παρέχεται απομόνωση και σεβασμός

στην ιδιωτική ζωή των εφήβων, ενώ οι συζητήσεις με αυτούς πρέπει να περιλαμβάνουν την ευημερία και την αντιμετώπιση των συμπεριφορών κινδύνου. Ειδικά για κορίτσια με διαβήτη τύπου 1, συνιστάται να λάβουν συμβουλές για τον μεταβολικό έλεγχο πριν από τη σύλληψη και για ασφαλείς μεθόδους οικογενειακού προγραμματισμού. (Chiang, και συν., 2018)

Η χρήση εξόρυξης δεδομένων για την ανάλυση του διαβήτη στον τομέα της διάγνωσης και της πρόβλεψης έχει επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα, που αφορούν στην σωστή διαχείριση του διαβήτη είτε αυτή αναφέρεται στην έγκαιρη ανίχνευση και πρόβλεψη, είτε στα κρίσιμα συμβάντα όπως μία υπεργλυκαιμία ή μία υπογλυκαιμία. Η εισαγωγή και η διαθεσιμότητα προηγμένων συσκευών- συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης δημιουργεί νέες δυνατότητες για τους ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη ως προς τη διαχείριση της γλυκαιμίας τους. Επιπλέον η ηλεκτρονική υγεία με τη μορφή της τηλεϊατρικής επιτρέπει στους επαγγελματίες υγείας να παρακολουθούν τους ασθενείς τους από απόσταση λαμβάνοντας συχνές ενημερώσεις. (Farrukh , Khan , Mabrook , Abdelouahid, & Syed Ahmad , 2021)

Με την πρόοδο στην κατανόηση της νόσου, οι εξελίξεις στην πρόγνωση και στη θεραπεία επικεντρώνονται στην εξατομίκευση της ιατρικής προσέγγισης , με στόχο την καλύτερη διαχείριση της νόσου. Γίνονται προσπάθειες για την διαστρωμάτωση του κινδύνου στην ανάπτυξη του διαβήτη, ώστε να διευκολυνθεί για μία μερίδα ατόμων η προκλινική ανίχνευση και η εφαρμογή θεραπειών, όπως για παράδειγμα γονιδιακών θεραπειών, για την πρόληψη της καταστροφής του παγκρέατος. Ακόμη καινοτόμες θεραπείες με βλαστοκύτταρα υπόσχονται πολλά γύρω από την αναγέννηση του παγκρεατικού ιστού σε ορισμένα άτομα. (Ammira Al-Shabeeb, et al., 2021)

Μελλοντικά κλινικές μελέτες πρέπει να ερευνήσουν τρόπους αξιοποίησης των τεχνολογικών εργαλείων και την αποτελεσματική μετάφραση των δεδομένων στην κλινική πρακτική. Επιπλέον είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα των συσκευών και η συμβατότητα των διάφορων συστημάτων, που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση του διαβήτη. Ακόμη στις κλινικές μελέτες που θα επακολουθήσουν θα πρέπει εκτός από τον ενήλικο πληθυσμό να περιλαμβάνεται και η ενσωμάτωση του παιδιατρικού πληθυσμού με στόχο την διατήρηση της λειτουργείας των β – κυττάρων και η πρόληψη του ΣΔτ1 . (Chiang, και συν., 2018)

Τέλος συγκρίνοντας τον αριθμό των ερευνών, που ασχολούνται με το διαβήτη και την τεχνολογία, διαπιστώνεται ότι ο αριθμός των μελετών, που εξετάζουν τις ψυχοκοινωνικές

πτυχές είναι χαμηλός παρότι αυτές είναι ζωτικής σημασίας αφού επηρεάζουν τον τρόπο, με τον οποίο οι νέοι και οι οικογένειές τους χρησιμοποιούν την τεχνολογία για την διαχείριση του ΣΔτ1. (Jaclyn Lennon , και συν., 2019)

Κεφάλαιο 3: Νέες Τεχνολογίες για τη Διαχείριση του ΣΔΤ1

Οι τρέχουσες εθνικές και διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές συνιστούν τη θεραπεία των νέων με ΣΔΤ1 με εντατικά σχήματα ινσουλίνης και συνεχή παρακολούθηση της γλυκόζης (CGM) (Jaclyn Lennon , et al., 2019) Οι μέχρι στιγμής χρησιμοποιούμενες θεραπείες για ασθενείς, που πάσχουν από ΣΔΤ1 περιλαμβάνουν τη χορήγηση ινσουλίνης μέσω αυτοματοποιημένων συστημάτων και τη θεραπεία με πολλαπλές ενέσεις μέσα στην ημέρα. Οι προηγμένες εξελίξεις στις φορητές συσκευές, οι οποίες συνδέονται στο cloud σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη και την μηχανική μάθηση επιτρέπουν την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στη θεραπεία του ΣΔτ1. (Peter G. , et al., 2023)

3.1 Συστήματα Συνεχούς Καταγραφής/Παρακολούθησης της Γλυκόζης (CGM)

Μέχρι σήμερα η πιο συνηθισμένη μέθοδος μέτρησης των επιπέδων γλυκόζης στο αίματος είναι αυτοέλεγχος με το τρύπημα του δακτύλου.(εικόνα 2) Αυτή η μέθοδος όμως δίνει μόνο



στιγμιαίες μετρήσεις της γλυκόζης , χωρίς να παρέχει πληροφορίες για τις διακυμάνσεις των επιπέδων της καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, όπως οι υπεργλυκαιμίες και υπογλυκαιμίες.

Εικόνα 2: Αυτοέλεγχος σακχάρου με τρύπημα στο δάκτυλο. (Όμιλος Ιατρικού Αθηνών και Μητέρα με ευθύνη για τη ζωή, 2024)

Ένας σημαντικός περιορισμός αυτής της μεθόδου αφορά στη διαδικασία που απαιτείται, η οποία περιλαμβάνει το τρύπημα των δακτύλων αρκετές φορές την ημέρα. Αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα και επώδυνη γεγονός που οδηγεί σε μη συμμόρφωση και μείωση της ποιότητας της ζωής των ασθενών. Επιπρόσθετα υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες τα δεδομένα αυτομέτρησης μπορεί να είναι ανακριβή, είτε λόγω λαθών κατά τη μεταφορά τους είτε λόγω σκόπιμης παραποίησης από τους ίδιους τους ασθενείς προκειμένου για παράδειγμα να παρουσιάσουν καλύτερα αποτελέσματα ή να αποκρύψουν τυχόν υπεργλυκαιμίες ή υπογλυκαιμίες. (Παπαζαφειροπούλου & Αντωνόπουλος, 2020) (Cinar, 2019)

Η ανάπτυξη συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM) επέτρεψε σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 (ΣΔτ1) να παρακολουθούν την πορεία της γλυκόζης τους σε πραγματικό χρόνο και ενέπνευσε έρευνα για εξατομικευμένη πρόβλεψη γλυκόζης. (Farrukh, Khan, Mabrook, Abdelouahid, & Syed Ahmad, 2021)



Τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής της γλυκόζης διακρίνονται στα CGM και στα isCGM. Και τα δύο περιλαμβάνουν την χρήση αισθητήρων που τοποθετούνται στον υποδόριο ιστό με σκοπό να αντλήσουν τις τιμές της διάμεσης γλυκόζης ώστε να ειδοποιηθεί ο χρήστης σε περίπτωση υπογλυκαιμίας ή υπεργλυκαιμίας. (εικόνα 3)

Εικόνα 3: Τοποθέτηση αισθητήρα για μέτρηση γλυκόζης στο διάμεσο υγρό και λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. (Doctor 4 all, 2024)

Η διαφορά τους έγκειται στο ότι το CGM καταγράφει συνεχώς τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα ενώ το isCGM καταγράφει τις τιμές κατόπιν αιτήματος και έχει τη δυνατότητα να κάνει μετρήσεις κάθε λεπτό. (Alexander, Romona, Jeffrey, & Linda, 2022)

Οι πρώτες συσκευές CGM προτάθηκαν από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ το 1999 οι οποίες αρχικά χρησιμοποιήθηκαν από επαγγελματίες υγείας δίνοντάς τους τη δυνατότητα αναδρομικής ανάλυσης δεδομένων του χρήστη για επανεξέταση. Το σύστημα αυτό όμως παρουσίαζε πολλούς περιορισμούς με βασικότερο την μη ακρίβεια μεταξύ των μετρήσεων. (Clarke & Foster, 2012)

Το 2004 εισήχθη το πρώτο σύστημα CGM συνεχούς καταγραφής σε πραγματικό χρόνο το οποίο παρείχε μετρήσεις στους ασθενείς κάθε 5 λεπτά, διαρκούσε 3 ημέρες και μπορούσε να ηχεί ειδοποιήσεις μειωμένης ή αυξημένης γλυκόζης βοηθώντας τους έτσι να βελτιώσουν τη διαχείριση της γλυκόζης. (Howard C, Timothy S, Sherwyn , Robert E. , & Jonathan , 2009) Αργότερα παρουσιάστηκαν αισθητήρες με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από 5 έως 7 ημέρες, που όμως εξακολουθούσαν να μην είναι απόλυτα ακριβείς. (Giacomo , Martina, Giovanni , & Andrea , 2019)

Ακόμη εμφανίστηκαν αισθητήρες αδιάβροχοι οι οποίοι είχαν την δυνατότητα απομνημόνευσης της τιμής της γλυκόζης μέχρι και για 10 ώρες. (McGarraugh , Ronald , & Weinstein , 2011) Σε κάποιων άλλων τα χαρακτηριστικά προστέθηκε η δυνατότητα μετρήσεων κάθε λεπτό καθώς και η απευθείας μετάδοση δεδομένων γλυκόζης στο κινητό τηλέφωνο του χρήστη χωρίς την απαραίτητη προϋπόθεση κάποιου δέκτη. Άλλα χαρακτηριστικά των συσκευών CGM είναι ότι διαθέτουν συναγερμούς που ειδοποιούν τους χρήστες όταν τα επίπεδα γλυκόζης υπερβαίνουν ή πέφτουν κάτω από προκαθορισμένα όρια. Αυτοί οι συναγερμοί παρέχουν ένα επιπλέον επίπεδο ασφάλειας, προειδοποιώντας τους χρήστες για επικίνδυνες αλλαγές



Εικόνα 4: Ολοκληρωμένο σύστημα συστηματικής καταγραφής γλυκόζης και διαμοιρασμού δεδομένων στους χρήστες. (Pharmacy management και επικοινωνία, 2024)

στα επίπεδα γλυκόζης πριν αυτές γίνουν κλινικά σοβαρές. (εικόνα 4) Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τα παιδιά και τους γονείς τους, καθώς μειώνει την ανησυχία και την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση από τους γονείς, προσφέροντας παράλληλα μια αίσθηση αυτονομίας στους νέους ασθενείς, μειώνει τη διάρκεια των επεισοδίων υπογλυκαιμίας και

υπεργλυκαιμίας, καθώς οι χρήστες μπορούν να λάβουν άμεση δράση για να διορθώσουν τα επίπεδα γλυκόζης ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύκτας. (Battelino, 2019) Την τελευταία δεκαετία στα συστήματα CGM μειώθηκε το μέγεθος και το βάρος τους ,βελτιώθηκαν ως προς τα χαρακτηριστικά τους και την ακρίβεια παρέχοντας αύξηση στην ποιότητα ζωής των ασθενών. (Timothy S. Bailey, 2015) (Barrett, Barman, Boitano, & Brooks)



Εικόνα 5 Αισθητήρας λήψης δεδομένων γλυκόζης (Glykouli.gr diabetics Online, 2024)

Ένα ακόμη όφελος είναι ότι μπορεί να συνδεθεί με την αντλία ινσουλίνης σχηματίζοντας ένα υβριδικό σύστημα παροχής ινσουλίνης κλειστού βρόγχου. (Bergenstal, Garg, & Weinzimer, 2016)

Στις μέρες μας τα συστήματα CGM είναι πλέον αποδεκτά ως εργαλεία για τον συστηματικό έλεγχο της γλυκόζης σε ασθενείς με ΣΔτ1 παρότι εξακολουθούν να υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί. Για παράδειγμα αν και η καθυστέρηση δεν είναι σημαντική

κατά την ανάλυση των δεδομένων γλυκόζης εντούτοις μπορεί να είναι κρίσιμη όταν ο αισθητήρας χρησιμοποιείται για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. (Giacomo , Martina, Giovanni , & Andrea , 2019) Μία τέτοια περίπτωση είναι η άσκηση. Επειδή υπάρχει χρόνος καθυστέρησης μεταξύ της τιμής της γλυκόζης στο αίμα και στο διάμεσο υγρό επηρεάζεται η ακρίβεια της μέτρησης από τον αισθητήρα σε σχέση με τις τιμές της γλυκόζης στο αίμα. Ακόμη διάφορες άλλες μεταβολές που συμβαίνουν κατά την διάρκεια της άσκησης όπως η αυξομείωση του ρυθμού της ροής του αίματος , η θερμοκρασία του σώματος, η οξύτητα του σώματος, ο τοπικός μεταβολικός ρυθμός, η θέση του αισθητήρα, η αγγειοσύσπαση, μία πιθανή παρεμβολή φαρμάκων η κατεύθυνση του ρυθμού μεταβολής της γλυκόζης και το επίπεδο γλυκόζης αφετηρίας μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια τιμής της γλυκόζης στο διάμεσο υγρό με τοποθέτηση υποδόριου αισθητήρα. (Othmar Moser, 2020)

Παρόλα ταύτα σε έρευνα συστηματικής ανασκόπησης, που έγινε το 2021 για τα οφέλη από τη χρήση της συνεχούς παρακολούθησης της γλυκόζης του ΣΔ στην πρωτοβάθμια φροντίδα, στην

οποία συμμετείχαν 4006 χρήστες CGM ή isCGM, φάνηκε ότι η χρήση τους ήταν πιο αποτελεσματική σε ότι αφορά στη μείωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης. Ακόμη ήταν δυνατό να μειώσει τα συμβάντα υπογλυκαιμίας και η ικανοποίηση των χρηστών σημειώθηκε ότι ήταν υψηλή. Τέλος έδειξε ότι οι ασθενείς με εντατικοποιημένο σχήμα ινσουλινοθεραπείας έχουν μεγαλύτερα οφέλη. (Alexander , Romona , Jeffrey , & Linda , 2022)

Τέλος ένα ακόμη όφελος προκύπτει από τη χρήση CGM, αυτό της πρόβλεψης (όχι η τρέχουσα εκτίμηση) των επιπέδων της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης, η οποία μέχρι στιγμής, παρά τη μεγάλη της σημασία δεν έχει διερευνηθεί ποτέ στη βιβλιογραφία .Σε αυτή την πρωτότυπη έρευνα για την ανάλυση δεδομένων έπειτα από χρήση CGM πολλαπλών σταδίων προκειμένου να προβλεφθεί η γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη σε βάθος χρόνου έλαβαν μέρος 150 ασθενείς με ΣΔτ1, από τις πόλεις Sidra Medicine, Ντόχα, και Κατάρ, ηλικιακού εύρους 6 – 22 ετών, που χρησιμοποιούσαν CGM για 90-120 ημέρες, οι οποίοι λάμβαναν μετρήσεις κάθε 15 λεπτά. Οι συνολικές ημερήσιες μετρήσεις ανέρχονταν στις 96 και ο χρόνος ζωής του κάθε αισθητήρα ήταν 14 ημέρες. Για την διεξαγωγή της έρευνας αξιοποιήθηκαν προηγμένες τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών και μηχανικής μάθησης . Χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα ταξινόμησης τριών και πέντε σταδίων τα οποία πέτυχαν ακρίβεια 88,65% και 83,41% αντίστοιχα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι ιατροί και οι ασθενείς γνωρίζοντας τα μελλοντικά επίπεδα της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης να οργανώσουν προληπτικές ενέργειες, παρεμβάσεις ή θεραπεία ώστε να αποφευχθούν οι επιπλοκές και να παραταθεί η υγιέστερη ζωή. (Shafiqul, Marwa , Samir , & Goran , 2021)

Κατευθυντήριες οδηγίες για τη χρήση της συνεχούς καταγραφής της γλυκόζης

Σύμφωνα με τις πρόσφατες οδηγίες της Ελληνικής Διαβητολογικής Εταιρείας, η χρήση της συνεχούς καταγραφής της γλυκόζης συνιστάται στις εξής περιπτώσεις:

- Σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 άνω των 25 ετών που λαμβάνουν πολλαπλές ενέσεις ινσουλίνης (σχήμα εντατικοποιημένης ινσουλινοθεραπείας) ή χρησιμοποιούν αντλία ινσουλίνης.
- Ασθενείς με συχνά επεισόδια υπογλυκαιμίας ή ανεπίγνωστη υπογλυκαιμία.
- Παιδιά και εφήβους με σακχαρώδη διαβήτη τύπου , όπου η συνεχής καταγραφή της γλυκόζης μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου, είτε χρησιμοποιούν πολλαπλές ενέσεις είτε αντλία ινσουλίνης.

Η χρήση της συνεχούς καταγραφής της γλυκόζης μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα επίπεδα της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης σε έγκυες γυναίκες με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1. Ακόμη η συνδυασμένη χρήση της με αντλία ινσουλίνης που διαθέτει σύστημα αυτόματης διακοπής χορήγησης σε χαμηλά επίπεδα γλυκόζης είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 και υψηλό κίνδυνο υπογλυκαιμίας, καθώς βοηθά στην πρόληψη και μείωση της σοβαρότητας των επεισοδίων υπογλυκαιμίας.

Επιπλέον, συστήματα συνεχούς καταγραφής της γλυκόζης σε συνδυασμό με αντλίες ινσουλίνης μπορούν να δημιουργήσουν κλειστά κυκλώματα, τα οποία προσφέρουν βελτιωμένο γλυκαιμικό έλεγχο, ειδικά σε άτομα με σημαντικές διακυμάνσεις της γλυκόζης, υψηλό κίνδυνο υπογλυκαιμίας, γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη εκτός στόχου, ασταθές ημερήσιο πρόγραμμα ή έντονη επαγγελματική δραστηριότητα. (Παπαζαφειροπούλου & Αντωνόπουλος, 2020)

Τέλος οι νεότερες σημαντικές παράμετροι που προσφέρουν τα συστήματα συνεχούς καταγραφής γλυκόζης περιλαμβάνουν τον χρόνο εντός στόχου (Time in Range, TIR, 70-180 mg/dL), τον χρόνο κάτω από τον στόχο (Time Below Range, TBR, <70 mg/dL), τον χρόνο πάνω από τον στόχο (Time Above Range, TAR, >180 mg/dL), τον μέσο όρο (Average), την τυπική απόκλιση (Standard Deviation, SD), τον συντελεστή μεταβλητότητας (Coefficient of Variation, CV%), και το προφίλ γλυκόζης (Ambulatory Glucose Profile, AGP). Η χρήση αυτών των παραμέτρων αποσκοπεί στην πιο λεπτομερή ανάλυση των αποτελεσμάτων, επιτρέποντας καλύτερη επισκόπηση των επιπέδων γλυκόζης και άμεση πρόσβαση στις παραμέτρους μέσω εφαρμογών ή διαδικτυακού λογισμικού. (ΕΤΑΙΡΕΙΑ, 2022) (Battelino, 2019)

Με την αυξανόμενη χρήση της συνεχούς καταγραφής της γλυκόζης στην καθημερινή κλινική πρακτική, καθίσταται αναγκαία η ύπαρξη κατευθυντήριων οδηγιών για τη χρήση τους και τις απαιτήσεις κάθε συστήματος, ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, κάθε καταγραφή γλυκόζης πρέπει να περιλαμβάνει:

- Μέση τιμή γλυκόζης και αναγνώριση μοτίβων γλυκόζης.
- Μέση τιμή γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης.
- Ποσοστό του χρόνου που δαπανάται σε υπογλυκαιμία όταν η τιμή της γλυκόζης είναι λιγότερη από 54 mg/dL.
- Ποσοστό του χρόνου που δαπανάται σε υπογλυκαιμία όταν η τιμή της γλυκόζης είναι μικρότερη της διακύμανσης 70 - 54 mg/dL

- Χρόνος εντός θεραπευτικού στόχου όταν η τιμή της γλυκόζης κυμαίνεται από 70- 180 mg/dL
- Ποσοστό του χρόνου που δαπανάται σε υπεργλυκαιμία όταν η τιμή της γλυκόζης είναι πάνω από 250 mg/dL.
- Γλυκαιμική μεταβλητότητα εκφρασμένη ως σταθερά απόκλιση και διακύμανση (σταθερά απόκλιση/διακύμανση μικρότερη του 36%.
- Καταγραφή δεδομένων για τουλάχιστον 2 εβδομάδες.
- Καταγραφή δεδομένων τουλάχιστον του 70–80% των δεδομένων.
- Η περιοχή κάτω από την καμπύλη που χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς.
- Βέλη τάσης ανόδου ή καθόδου των επιπέδων γλυκόζης. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα ώστε να μπορούν να ληφθούν θεραπευτικές αποφάσεις.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην εκπαίδευση των ασθενών στη χρήση της συνεχούς καταγραφής και στη λήψη θεραπευτικών αποφάσεων, ιδίως όσον αφορά τη χρήση της ινσουλίνης, ώστε να επιτευχθούν οι θεραπευτικοί στόχοι και να διασφαλιστεί η ποιότητα ζωής των ασθενών. (Παπαζαφειροπούλου & Αντωνόπουλος, 2020) (Battelino, 2019)

3.2 Αντλίες ινσουλίνης

Οι αντλίες ινσουλίνης με σωλήνα, γνωστές και ως παραδοσιακές ή κλασικές αντλίες, χρησιμοποιούνται ευρέως για τη συνεχή χορήγηση ινσουλίνης, βοηθώντας στη διαχείριση του διαβήτη. Αυτές οι αντλίες αποτελούνται από μια μικρή φορητή συσκευή που περιέχει το ρεζερβουάρ ινσουλίνης και συνδέεται με το σώμα μέσω ενός σετ έγχυσης. Το σετ έγχυσης περιλαμβάνει μια μικρή βελόνα έγχυσης (εύκαμπτος σωλήνας) που εισάγεται κάτω από το δέρμα και συνδέεται με την αντλία μέσω σωλήνα. (εικόνα 6)



Εικόνα 6: Αντλία ινσουλίνης με σετ έγχυσης (Αναστασία, 2024)

Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

1. Βασική και bolus χορήγηση: Οι παραδοσιακές αντλίες ινσουλίνης επιτρέπουν τη συνεχή χορήγηση βασικής ινσουλίνης, μιμούμενες τη φυσική έκκριση της ινσουλίνης από το πάγκρεας. Παρέχουν επίσης τη δυνατότητα χορήγησης δόσεων bolus πριν από τα γεύματα ή για διόρθωση υψηλών επιπέδων σακχάρου στο αίμα. Αυτή η διπλή λειτουργία είναι εξαιρετικά προσαρμόσιμη ανάλογα με τις ατομικές ανάγκες. (Berget, Messer, & Forlenza, 2019)
2. Ακριβής δοσολογία: Οι περισσότερες αντλίες μπορούν να χορηγούν πολύ μικρές, ακριβείς δόσεις ινσουλίνης. Για παράδειγμα, οι ρυθμοί βασικής χορήγησης μπορούν να προσαρμοστούν σε εγχύσεις τόσο μικρές όσο 0,01 μονάδες ανά ώρα, και οι δόσεις bolus σε εγχύσεις των 0,025 μονάδων, επιτρέποντας ακριβέστερη διαχείριση της ινσουλίνης σε σύγκριση με τις ενέσεις
3. Σετ έγχυσης: Το σετ έγχυσης περιλαμβάνει κάνουλα και αυτοκόλλητο επίθεμα για να διατηρείται το σετ στη θέση του και συνδέεται με την αντλία μέσω σωλήνα. Το μήκος του σωλήνα μπορεί να διαφέρει, προσφέροντας ευελιξία ως προς το πού θα φορεθεί η αντλία. Τα σετ έγχυσης συνήθως διαρκούν 2-3 ημέρες και πρέπει να αλλάζονται για να αποφεύγονται προβλήματα όπως η κρυστάλλωση της ινσουλίνης
4. Προηγμένα χαρακτηριστικά: Πολλές αντλίες περιλαμβάνουν πρόσθετα χαρακτηριστικά όπως υπολογιστές bolus, οι οποίοι υπολογίζουν την απαιτούμενη δόση ινσουλίνης με βάση την πρόσληψη υδατανθράκων και τα τρέχοντα επίπεδα σακχάρου στο αίμα. Ορισμένες αντλίες ενσωματώνονται με συνεχείς μετρητές γλυκόζης (CGMs) για αυτόματη ρύθμιση της χορήγησης ινσουλίνης

3.2 Συνεχής Υποδότη Έγχυση Ινσουλίνης (CSII)

Η συνεχής υποδότη έγχυση ινσουλίνης, γνωστή και ως θεραπεία με αντλία ινσουλίνης, παρουσιάστηκε τη δεκαετία του 1970 ως μέθοδος για την επίτευξη και διατήρηση αυστηρού ελέγχου των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα σε άτομα με διαβήτη τύπου 1 (ινσουλινοεξαρτώμενο). (Pickup & Mattock, 2002) Η ευρεία όμως χρήση των αντλιών συνεχούς υποδότη έγχυσης ινσουλίνης ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 2000 μετά τη μελέτη DCCT (Diabetes Control and Complications Trial - μεγάλη κλινική μελέτη που διεξήχθη στις ΗΠΑ από το 1983 - 1993 για να εξετάσει τις επιδράσεις της εντατικής θεραπείας στη διαχείριση του διαβήτη τύπου 1), που ανέδειξε τη σημασία της εντατικής θεραπείας με

ινσουλίνη. Η τεχνολογία των αντλιών εξελίχθηκε για να προσομοιάσει τη φυσιολογική έκκριση ινσουλίνης και να επιτύχει αυστηρό γλυκαιμικό έλεγχο, μειώνοντας τον κίνδυνο υπογλυκαιμίας. Ως αποτέλεσμα, οι χρήστες αντλιών στις ΗΠΑ αυξήθηκαν από <7.000 το 1990



Εικόνα 7: Αντλία ινσουλίνης patch pumps omnipod (Hemoglobe, 2024)

σε >350.000 σήμερα. Από τους χρήστες που πάσχουν από διαβήτη τύπου 1 πάνω από 60% χρησιμοποιούν αντλία αντί για πολλαπλές ημερήσιες ενέσεις. (Berget, Messer, & Forlenza, 2019) Με αυτή τη μέθοδο, η ινσουλίνη βραχείας δράσης ή η βασική ινσουλίνη εγχέονται υποδορίως μέσω μιας φορητής αντλίας που ρυθμίζεται για να παρέχει βασικές δόσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και επιπλέον δόσεις που ενεργοποιούνται από τον ασθενή κατά τα γεύματα. (Carlson, 2022) Αναλυτικότερα οι αντλίες ινσουλίνης χρησιμοποιούν την τεχνολογία της συνεχούς υποδόριας έγχυσης ινσουλίνης (CSII), η οποία χορηγεί ινσουλίνη ταχείας δράσης μέσω ενός μικρού καθετήρα που εισάγεται στον υποδόριο ιστό. Το σετ έγχυσης, που περιλαμβάνει τον καθετήρα, συνδέεται με την αντλία είτε μέσω σωλήνα είτε απευθείας, όπως στις αντλίες επιθέματος (patch pumps)(εικόνα 7), όπου η αντλία επικολλάται απευθείας πάνω στο δέρμα χωρίς να υπάρχει σύνδεση με κάποιο σωληνάκι. Οι αντλίες αυτές παρέχουν ινσουλίνη με δύο βασικούς τρόπους: βασική και bolus χορήγηση. Η βασική ινσουλίνη χορηγείται σε συνεχείς μικρές δόσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, προσομοιώνοντας τη φυσιολογική έκκριση του σώματος, ενώ η bolus χορηγείται εφάπαξ για τη διαχείριση των γευμάτων ή για τη διόρθωση υψηλών επιπέδων γλυκόζης. Η δυνατότητα προσωρινής βασικής παροχής που προσφέρουν οι αντλίες ινσουλίνης επιτρέπει την προσαρμογή των δόσεων ινσουλίνης κατά περιπτώσεις αυξημένων ή μειωμένων αναγκών,

όπως κατά τη διάρκεια άσκησης ή ασθένειας. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να ρυθμίζουν τις δόσεις ανάλογα με τις ατομικές τους ανάγκες. Οι περισσότερες αντλίες διαθέτουν ενσωματωμένο υπολογιστή bolus. Ο υπολογιστής αυτός υπολογίζει την ακριβή δόση ινσουλίνης που πρέπει να χορηγηθεί λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα τιμή γλυκόζης, την ποσότητα των καταναλωθέντων υδατανθράκων, καθώς και την ποσότητα ενεργού ινσουλίνης που βρίσκεται ήδη στο σώμα από προηγούμενες χορηγήσεις. Αυτό το χαρακτηριστικό μειώνει τα λάθη στη χορήγηση και διευκολύνει τη διαχείριση της ινσουλίνης Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των αντλιών είναι το **εκτεταμένο bolus**, το οποίο βοηθά στην αποφυγή της μεταγευματικής υπεργλυκαιμίας σε γεύματα με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπη ή πρωτεΐνες (τα μακροθρεπτικά συστατικά αυτών των γευμάτων λόγω των λιπών επιβραδύνουν τη διάσπαση και απορρόφηση των υδατανθράκων με αποτέλεσμα αρκετές ώρες αργότερα να εμφανίζεται υπεργλυκαιμία). Ακόμη αυτή η δυνατότητα προσφέρει στο χρήστη εξατομικευμένη διαχείριση της ινσουλίνης ανάλογα με τις ανάγκες του επιτρέποντάς του καλύτερο έλεγχο στα δύσκολα διαχειρίσιμα γεύματα. Όσον αφορά τα σετ έγχυσης, αυτά διατίθενται σε διάφορους τύπους, ανάλογα με τη γωνία τοποθέτησης και τα υλικά. Οι καθετήρες έγχυσης μπορούν να είναι κατασκευασμένες από μαλακό τεφλόν ή ανοξείδωτο χάλυβα, με εισαγωγή είτε κάθετα (90 μοιρών) είτε υπό γωνία (45 μοιρών). Ορισμένα σετ διαθέτουν αυτόματους μηχανισμούς εισαγωγής του καθετήρα, ενώ σε άλλα η εισαγωγή γίνεται χειροκίνητα. Οι αντλίες ινσουλίνης χρησιμοποιούν κυρίως σκευάσματα ινσουλίνης ταχείας δράσης, όπως η lispro, η aspart και η glulisine, που είναι σχεδιασμένα για συνεχή έγχυση από τη δεξαμενή της αντλίας. Οι δεξαμενές μπορούν να χωρέσουν έως και 300 μονάδες ινσουλίνης και πρέπει να αντικαθίστανται τακτικά για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας. Συνήθως, η δεξαμενή και το σετ έγχυσης αλλάζει κάθε 2-3 ημέρες για την αποφυγή επιπλοκών όπως λοιμώξεις ή αποφράξεις. Οι αντλίες προσφέρουν εξαιρετική ακρίβεια στη χορήγηση της ινσουλίνης, με δυνατότητα για πολύ μικρές δόσεις, όπως 0,01 ή 0,025 μονάδες. Αυτή η ακρίβεια στη δοσολογία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για άτομα με χαμηλές απαιτήσεις ινσουλίνης. Οι αντλίες επιθέματος είναι αντλίες που συνδέονται απευθείας στο δέρμα, χωρίς σωληνώσεις, και ελέγχονται ασύρματα μέσω απομακρυσμένης συσκευής. Είναι σχεδιασμένες να διευκολύνουν τη χρήση και να προσφέρουν μεγαλύτερη ελευθερία στους χρήστες, χωρίς την ανάγκη για μεταφορά ή διαχείριση επιπλέον. Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό των αντλιών ινσουλίνης είναι η δυνατότητα σύνδεσής τους με συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM). Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να δει σε πραγματικό χρόνο τα

επίπεδα γλυκόζης στο αίμα στην οθόνη της αντλίας, βοηθώντας τον να προσαρμόσει τη χορήγηση της ινσουλίνης πιο εύκολα και γρήγορα. Οι σύγχρονες συσκευές διαθέτουν επίσης ασύρματες συσκευές σύνδεσης, όπως Bluetooth, επιτρέποντας την ασύρματη μετάδοση δεδομένων μεταξύ της αντλίας και άλλων συσκευών, όπως κινητά τηλέφωνα, μετρητές γλυκόζης και υπολογιστές. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν τα δεδομένα τους και να τα διαχειρίζονται πιο αποτελεσματικά. Όσον αφορά την αλληλεπίδραση με τον χρήστη, οι περισσότερες αντλίες διαθέτουν έγχρωμες οθόνες αφής που δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να προγραμματίζουν τις δόσεις ινσουλίνης, να προσαρμόζουν τις ρυθμίσεις και να βλέπουν τις πληροφορίες που χρειάζονται σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, πολλές αντλίες περιλαμβάνουν προσαρμοσμένα προφίλ χρήστη που μπορούν να ρυθμιστούν για διαφορετικές δραστηριότητες, όπως η άσκηση ή ο ύπνος. Οι αντλίες ινσουλίνης διαθέτουν επίσης συναγερμούς και ειδοποιήσεις που προειδοποιούν τον χρήστη για διάφορα ζητήματα, όπως χαμηλή στάθμη ινσουλίνης στη δεξαμενή, απόφραξη του καθετήρα, χαμηλή μπαταρία ή προβλήματα στη ροή της ινσουλίνης. Αυτά τα χαρακτηριστικά βελτιώνουν την ασφάλεια και βοηθούν τον χρήστη να διαχειριστεί καλύτερα τη θεραπεία. Τέλος, πολλές αντλίες είναι αδιάβροχες, επιτρέποντας στους χρήστες να τις φορούν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων όπως το κολύμπι ή το ντους, παρέχοντας έτσι μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων και ευελιξία στην καθημερινότητά τους. (Berget, Messer, & Forlenza, 2019) (Pickup & Mattock, 2002) Ο συνολικός έλεγχος των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, που μετράται από τη μέση συγκέντρωση της γλυκόζης και του ποσοστού γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης, βελτιώνεται σημαντικά κατά τη χρήση αντλιών έγχυσης ινσουλίνης σε σύγκριση με τις μη βελτιστοποιημένες θεραπείες ένεσης ινσουλίνης που χρησιμοποιούνταν μέχρι πρόσφατα για τη διαχείριση του διαβήτη. Ωστόσο, με την εισαγωγή νέων θεραπευτικών στρατηγικών, όπως οι «πένες» ινσουλίνης που ενθαρρύνουν πολλαπλά σχήματα ένεσης, και τη δημοσίευση της μελέτης για τον έλεγχο του διαβήτη και των επιπλοκών, γίνεται όλο και πιο ξεκάθαρη η σημασία και η χρησιμότητα των εντατικών σχημάτων ένεσης ινσουλίνης για την επίτευξη σχεδόν φυσιολογικών επιπέδων γλυκόζης στο αίμα και την επιβράδυνση της ανάπτυξης μικροαγγειακών επιπλοκών. (Pickup & Mattock, 2002) Σε συστηματική ανασκόπηση και μεταανάλυσεις τυχαιοποιημένων δοκιμών συνεχούς υποδόριας έγχυσης ινσουλίνης έναντι πολλαπλών ημερήσιων ενέσεων ερευνήθηκε το ποσοστό των υπογλυκαιμιών σε άτομα στα οποία χορηγείται εντατική ινσουλινοθεραπεία. Τα ευρήματα αυτής της ανασκόπησης έδειξαν ότι η υπογλυκαιμία είναι περιοριστικός παράγοντας στην αποτελεσματικότητα της εντατικής

θεραπείας με ινσουλίνη σε ασθενείς με διαβήτη. Φάνηκε πως η υπογλυκαιμία είναι κύριος περιορισμός στην αποτελεσματικότητα της εντατικής θεραπείας ινσουλίνης σε ασθενείς με διαβήτη. Σύγχρονες κλινικές μελέτες δείχνουν πως η συνεχής υποδόρια έγχυση ινσουλίνης (CSII) και η πολλαπλή ένεση ινσουλίνης (MDI) δεν διαφέρουν σημαντικά σε αποτελεσματικότητα και ασφάλεια. Ενώ υπάρχουν ορισμένα δεδομένα υπέρ της CSII σε ενήλικες με διαβήτη τύπου 1, οι διαφορές στον κίνδυνο υπογλυκαιμίας δεν είναι σημαντικές. (Mitra M. Fatourech, 2009)

Σε έρευνα που διεξήχθη το 2007 φάνηκε ότι σε οικογένειες που υποστήριζαν παιδιά και εφήβους με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 παρατηρήθηκε ότι υπήρχε φόβος για μια πιθανή υπογλυκαιμία λόγω δυσλειτουργίας της αντλίας. Αυτό όμως με τις νέες αντλίες οι οποίες είναι εξοπλισμένες με πληθώρα χαρακτηριστικά ασφαλείας δεν αποτελεί πλέον πρόβλημα. Παρατηρώντας παιδιατρικούς ασθενείς που φέρουν αντλία ινσουλίνης ενισχύθηκε η άποψη ότι οι αντλίες μειώνουν τη συχνότητα υπογλυκαιμιών. Σε ότι αφορά στη μεταβλητότητα της γλυκόζης στο αίμα των παιδιατρικών ασθενών είτε αυτοί χρησιμοποιούν αντλία ινσουλίνης είτε χρησιμοποιούν πένα οι στόχοι θεραπείας είναι ίδιοι. Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει τη συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα είναι η σωματική δραστηριότητα και η άσκηση. Παρότι τα παιδιά και οι έφηβοι παροτρύνονται να ασκούνται τακτικά η διαχείριση της γλυκόζης σε παρατεταμένη φυσική δραστηριότητα είναι δύσκολη. Σε πρόσφατες μελέτες όμως φάνηκε ότι η χρήση αντλίας ινσουλίνης σε αυτά τα παιδιά περιορίζει το φαινόμενο της υπογλυκαιμίας. Αυτό συμβαίνει γιατί ενώ με την υποδόρια ένεση η ινσουλίνη δεν μπορεί να διακοπεί, η χορήγηση ινσουλίνης με αντλία μπορεί να ανασταλεί προσωρινά κατά τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας. (Moshe , Tadej, Henry , Thomas, & Francine , 2007) (Blair, 2019)

Οι αντλίες ινσουλίνης είναι ιδανικές για μικρά παιδιά με διαβήτη τύπου 1 λόγω της διαχείρισης απρόβλεπτων διατροφικών συνηθειών και χαμηλών αναγκών ινσουλίνης. Η τεχνολογία τους εξελίσσεται ραγδαία, με νέες καινοτομίες να ενσωματώνουν συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM). Οι "έξυπνες" αντλίες μπορούν να σταματούν την ινσουλίνη σε περίπτωση υπογλυκαιμίας ή να αυτοματοποιούν τη χορήγησή της, βοηθώντας στην επίτευξη γλυκαιμικών στόχων με λιγότερη επιβάρυνση. Οι πιο προηγμένες αντλίες ινσουλίνης τύπου CSII, που συνδέονται με συσκευές CGM, εφαρμόζουν αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης ή μαθηματικά μοντέλα για να προσαρμόσουν την παροχή ινσουλίνης με βάση τα δεδομένα γλυκόζης που συλλέγονται συνεχώς. Αναλύουν τα δεδομένα γλυκόζης που

λαμβάνουν από τον αισθητήρα (CGM) και παρέχουν πληροφορίες για τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα σε πραγματικό χρόνο. (Berget, Messer, & Forlenza, 2019) Τέλος σε μια πειραματική, συγκριτική μελέτη που έγινε στις ΗΠΑ, που αφορά στην απόδοση αντλίας συνεχούς υποδόριας έγχυσης ινσουλίνης (CSII) με ακουστική μέτρηση όγκου και ροής σε προσομοιωμένες καταστάσεις υψηλής σημασίας, της οποίας τα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν τον Ιούνιο του 2024, αναφέρεται ότι έπειτα από σύγκριση που έγινε μεταξύ τριών αντλιών ινσουλίνης και της νέας αντλίας (ND), η νέα αντλία (ND) παρουσίασε επιπλέον τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

- **Ακουστικό Αισθητήρα:** Χρησιμοποιεί ακουστικό αισθητήρα για τη μέτρηση του όγκου της ινσουλίνης που χορηγείται με κάθε παλμό σε πραγματικό χρόνο.
- **Ακρίβεια Ροής:** Βελτιωμένη ακρίβεια ροής τόσο σε μακροχρόνιες όσο και σε βραχυπρόθεσμες περιόδους.
- **Γρήγορη Ανίχνευση Απόφραξης:** Εντοπίζει αποφράξεις 5 έως 30 φορές πιο γρήγορα από τις άλλες αντλίες, ανάλογα με τον βασικό ρυθμό.
- **Χαμηλότερη Πίεση Κατά την Απόφραξη:** Προκαλεί σημαντικά χαμηλότερη πίεση (2 έως 5 φορές) κατά την ανίχνευση απόφραξης. Αυτό σημαίνει ότι η πίεση στη γραμμή έγχυσης είναι σημαντικά χαμηλότερη όταν ανιχνεύεται η απόφραξη.
- **Διαχείριση Αέρα:** Αποτρέπει την έγχυση αέρα, διότι έχει αισθητήρες ανίχνευσης.

Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα συναινούν στο ότι η αντλία ND υπερέχει σε διάφορες κατηγορίες επιδόσεων σε σύγκριση με τις υπάρχουσες αντλίες, ιδιαίτερα στην ανίχνευση αποφράξεων και στη διαχείριση αέρα. Αυτές οι βελτιώσεις μπορεί να μειώσουν την πιθανότητα σιωπηλής μη-έγχυσης ινσουλίνης και να βελτιώσουν τη διαχείριση του διαβήτη. (Butterfield & Sims, 2024)

3.3 Συστήματα παροχής ινσουλίνης κλειστού βρόγχου (CLC) ή «τεχνητού παγκρέατος»

Η υπόσχεση των αυτοματοποιημένων συσκευών παράδοσης ινσουλίνης (AID), επίσης γνωστών ως τεχνητό πάγκρεας (AP), έχει επιβεβαιωθεί μέσω κλινικών πειραμάτων από τη δεκαετία του 1970 (1). Η βασική πρόκληση ήταν η εξέλιξη της τεχνολογίας από τα αρχικά πειράματα σε ένα κλινικό περιβάλλον, στην καθημερινή χρήση υπό ελεύθερες συνθήκες διαβίωσης. Οι πρόοδοι στην υλικοτεχνική υποδομή και στην τεχνολογία ελέγχου επέτρεψαν την ανάπτυξη διάφορων συστημάτων την τελευταία δεκαετία, καταλήγοντας στην εμπορική

κυκλοφορία του πρώτου υβριδικού κλειστού κυκλώματος AP το 2018. (Cinar, 2019) Τα συστήματα χορήγησης ινσουλίνης κλειστού βρόγχου είναι προηγμένα ιατρικά συστήματα που συνδυάζουν τη συνεχή παρακολούθηση της γλυκόζης με αισθητήρες (CGM) και αντλίες ινσουλίνης, χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο ελέγχου για τη ρύθμιση της παροχής ινσουλίνης σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν έναν αισθητήρα και δέκτη CGM, μια αντλία ινσουλίνης και ένα κινητό τηλέφωνο ή αντλία με ενσωματωμένο αλγόριθμο. (Thabit & Honorka, 2016)

Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν τρία κύρια στοιχεία:

1. **Αισθητήρα και Δέκτη Συνεχούς Παρακολούθησης Γλυκόζης (CGM):** Ο αισθητήρας CGM μετρά συνεχώς τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα του χρήστη και μεταδίδει τα δεδομένα στον δέκτη. Ο δέκτης, που μπορεί να είναι μια ξεχωριστή συσκευή ή ενσωματωμένος σε άλλο εξάρτημα του συστήματος, λαμβάνει αυτές τις πληροφορίες και τις αναλύει σε πραγματικό χρόνο. (Psavko, 2022)
2. **Αντλία Ινσουλίνης:** Η αντλία ινσουλίνης είναι μια συσκευή που χορηγεί ινσουλίνη στο σώμα του χρήστη μέσω ενός καθετήρα. Η ποσότητα της ινσουλίνης που χορηγείται ρυθμίζεται βάσει των αναγκών του χρήστη, οι οποίες καθορίζονται από τις μετρήσεις του αισθητήρα γλυκόζης. (Brown, 2019)
3. **Κινητό Τηλέφωνο ή Αντλία με Ενσωματωμένο Αλγόριθμο Ελέγχου:** Ο αλγόριθμος ελέγχου, που μπορεί να εκτελείται σε ένα κινητό τηλέφωνο ή να είναι ενσωματωμένος στην αντλία ινσουλίνης, είναι υπεύθυνος για την ανάλυση των δεδομένων γλυκόζης και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την προσαρμογή της παροχής ινσουλίνης. Ο αλγόριθμος αυτός επιτρέπει στο σύστημα να ρυθμίζει αυτόματα την ποσότητα της χορηγούμενης ινσουλίνης ανταποκρινόμενος στις διακυμάνσεις των επιπέδων γλυκόζης του χρήστη. (Kariyawasam, 2022)

Τα συστήματα αυτόνομης ρύθμισης της ινσουλίνης προσαρμόζουν τις δόσεις ινσουλίνης αυτόματα, ανάλογα με τις αλλαγές στα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Αυτή η λειτουργία τα διαφοροποιεί από τις παραδοσιακές μεθόδους θεραπείας και τα συστήματα αναστολής χαμηλής γλυκόζης. Τα συστήματα κλειστού βρόγχου, γνωστά και ως τεχνητό πάγκρεας, στοχεύουν στη βελτίωση του ελέγχου της γλυκόζης, στη μείωση του κινδύνου υπογλυκαιμίας και στην ελάφρυνση της καθημερινής αυτοδιαχείρισης του διαβήτη από τους ασθενείς. (Peacock, Frizelle, & Hussain, 2023) (Boughton & Honorka, 2021) Παρακολουθούν συνεχώς τα

επίπεδα γλυκόζης και προσαρμόζουν τις δόσεις ινσουλίνης σε πραγματικό χρόνο, εξασφαλίζοντας καλύτερη ρύθμιση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα και μειώνοντας τον κίνδυνο χαμηλής γλυκόζης. Αυτό βοηθά τους ασθενείς να έχουν πιο σταθερά επίπεδα σακχάρου και λιγότερες διακυμάνσεις, κάνοντας τη διαχείριση του διαβήτη πιο εύκολη και αποτελεσματική. (Rodaki, 2021)

Τα συστήματα αυτά προσφέρουν πολλαπλά οφέλη, όπως αυξημένο χρόνο μέσα στα επιθυμητά όρια γλυκόζης και λιγότερες περιπτώσεις υπογλυκαιμίας, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική ποιότητα ζωής των ατόμων με διαβήτη. (Wheeler, et al., 2021)

Η ανάπτυξη του τεχνητού παγκρέατος (AP) διαχωρίζεται σε τρία βασικά βήματα και οι προσεγγίσεις αυτοματοποιημένης παράδοσης χωρίζονται σε συστήματα που χρησιμοποιούν μόνο ινσουλίνη ή πολυ-ορμονικά συστήματα, όπως συνδυασμούς ινσουλίνης με γλυκαγόνη, αμυλίνη ή άλλους ρυθμιστικούς παράγοντες γλυκόζης. (Cinar, 2019)

Για τα συστήματα AP, έχουν προταθεί αλγόριθμοι ελέγχου με διαφορετικές φιλοσοφίες. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι αλγορίθμων: το αναλογικός-ολοκληρωτικό-παραγόμενο μοντέλο (PID), το μοντέλο πρόβλεψης (MPC) και τα μοντέλα που βασίζονται στη γνώση ασαφούς λογικής. Κάθε ένας από αυτούς τους αλγορίθμους έχει διαφορετική προσέγγιση για την αυτοματοποίηση της έγχυσης ινσουλίνης στα συστήματα AP (Cinar, 2019)

PID (Proportional-Integral-Derivative \ Αναλογικός - Ολοκληρωτικός - Παράγωγος Έλεγχος):

Ο αναλογικός έλεγχος προσαρμόζει την έξοδο ελέγχου με βάση το σφάλμα, δηλαδή τη διαφορά μεταξύ του σημείου ρύθμισης και της μεταβλητής διεργασίας.

Ο ολοκληρωτικός έλεγχος λαμβάνει υπόψη την εξέλιξη της μεταβλητής διεργασίας με την πάροδο του χρόνου και ρυθμίζει την έγχυση για να μειώσει την απόκλιση από την επιθυμητή τιμή.

Ο παράγωγος έλεγχος παρακολουθεί τον ρυθμό μεταβολής της μεταβλητής διεργασίας και προσαρμόζει την έγχυση όταν παρατηρούνται ασυνήθιστες διακυμάνσεις. (Borase, 2020) Στη θεραπεία και τον έλεγχο του ΣΔτ1, χρησιμοποιείται για την μίμηση της έκκρισης ινσουλίνης των β-κυττάρων στο σώμα ως απόκριση στη γλυκόζη, και ονομάζεται επίσης εξωτερική φυσιολογική παροχή ινσουλίνης (e-PID)

Πλεονεκτήματα: Χρησιμοποιείται επιτυχώς από τη δεκαετία του 1940 σε διάφορες βιομηχανίες, είναι εύκολος στην κατανόηση και έχει χαμηλό υπολογιστικό φορτίο. Οι τρεις όροι του (αναλογικός, ολοκληρωτικός και παραγόμενος) μπορούν να προσαρμοστούν για επιθετική ή συντηρητική ρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα.

Περιορισμοί: Χρησιμοποιεί μόνο την τρέχουσα διαφορά μεταξύ της μετρημένης και της επιθυμητής γλυκόζης στο αίμα, απαιτεί πρόσθετες μονάδες για πρόβλεψη τάσεων και προσαρμογή περιορισμών, και οι παράμετροι του συστήματος είναι δύσκολο να εξατομικευτούν. (Cinar, 2019)

Σε έρευνα με αντικείμενο μελέτης 17 εφήβους ηλικίας 13-20 ετών που έπασχαν από σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1, η οποία είχε στόχο την αξιολόγηση ενός τεχνητού παγκρέατος, που χρησιμοποιεί έναν PID αλγόριθμο για τον έλεγχο της γλυκόζης, φάνηκε ότι οι έφηβοι που τον χρησιμοποιούσαν παρουσίασαν καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο με το σύστημα κλειστού βρόχου σε σύγκριση με το σύστημα ανοικτού βρόχου, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Στην περίπτωση αυτή ο αλγόριθμος PID προσαρμόστηκε για να παρέχει βασικό ρυθμό ινσουλίνης και να αντιδρά στις μεταβολές των επιπέδων γλυκόζης, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες ανάγκες των παιδιατρικών ασθενών. Ακόμη η προσθήκη μικρών δόσεων ινσουλίνης πριν από τα γεύματα βελτίωσε τον έλεγχο του ζαχάρου μετά το φαγητό, δείχνοντας ότι το σύστημα PID μπορεί να προσαρμοστεί για να διαχειριστεί τις καθυστερήσεις στην απορρόφηση της ινσουλίνης. (Weinzimer, 2008)

MPC (Model Predictive Control \ Προγνωστικό μοντέλο):

Οι αλγόριθμοι MPC στηρίζονται σε τέσσερα κύρια στοιχεία:

1. ένα δυναμικό μοντέλο που περιγράφει τη σχέση μεταξύ γλυκόζης και ινσουλίνης για την πρόβλεψη μελλοντικών επιπέδων γλυκόζης στο αίμα (BGC),
2. μια αντικειμενική συνάρτηση που περιλαμβάνει τόσο τα μελλοντικά σφάλματα μεταξύ των προβλεπόμενων και της επιθυμητής τιμής BGC όσο και την κατανάλωση ινσουλίνης,
3. έναν αλγόριθμο βελτιστοποίησης που ελαχιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση, και τους περιορισμούς στις τιμές και

4. τους ρυθμούς μεταβολής του BGC και της ινσουλίνης. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι ιδανικές μελλοντικές δόσεις ινσουλίνης υπολογίζονται με βάση τις προβλέψεις του BGC για διάφορα σενάρια χορήγησης ινσουλίνης.

Η πρόβλεψη των επιπέδων γλυκόζης μπορεί να γίνει είτε με φυσιολογικά μοντέλα που περιγράφουν τις αλλαγές στο σώμα είτε με μοντέλα που βασίζονται σε δεδομένα, που λαμβάνονται από τις τρέχουσες και παρελθοντικές τιμές μετρήσεων από τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM) και τις δόσεις ινσουλίνης. Οι παράμετροι αυτών των μοντέλων προσδιορίζονται μέσω ανάλυσης ιστορικών δεδομένων. (Cinar, 2019)

Πλεονεκτήματα: Χρησιμοποιείται επιτυχώς από τη δεκαετία του 1970, προβλέπει μελλοντικές τιμές BGC και βελτιστοποιεί τις δόσεις ινσουλίνης σε πραγματικό χρόνο, αντιμετωπίζει περιορισμούς στην BGC και έγχυση ινσουλίνης, και χρησιμοποιεί προσαρμοστικά, πολυμεταβλητά και μη γραμμικά μοντέλα για καλύτερη ακρίβεια.

Περιορισμοί: Έχει υψηλό υπολογιστικό φορτίο λόγω της πραγματικής βελτιστοποίησης και βασίζεται στη διαθεσιμότητα μαθηματικών μοντέλων της δυναμικής γλυκόζης-ινσουλίνης.

Σε έρευνα που συνέκρινε την αποτελεσματικότητα 2 υβριδικών συστημάτων κλειστού βρόχου σε 74 ασθενείς με διαβήτη τύπου 1 (T1D) στην Ιταλία, μετά από 1 έτος παρακολούθησης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και τα δύο συστήματα βελτίωσαν σημαντικά τον γλυκαιμικό έλεγχο. Το πρώτο μοντέλο χρησιμοποιούσε έναν αλγόριθμο PID και το δεύτερο μοντέλο που χρησιμοποιούσε προγνωστικό αλγόριθμο. Το μοντέλο που χρησιμοποίησε έναν αλγόριθμο PID (Proportional-Integral-Derivative) για τη ρύθμιση της έγχυσης ινσουλίνης υπερείχε στη βελτίωση των παραμέτρων TIR (ποσοστό χρόνου που τα επίπεδα γλυκόζης βρίσκονται εντός εύρους), TAR (ποσοστό χρόνου που τα επίπεδα γλυκόζης βρίσκονται πάνω από το στόχο), μέσω των επιπέδων γλυκόζης και SD (στατιστικός δείκτης που μετρά τη διακύμανση της γλυκόζης)..

Το μοντέλο που χρησιμοποιούσε αλγόριθμο προγνωστικού ελέγχου (MPC) προέβλεπε τα μελλοντικά επίπεδα γλυκόζης και προσαρμόζε τις δόσεις ινσουλίνης για να διατηρήσει τα επίπεδα εντός των στόχων.

Η ανάλυση των δεδομένων των παιδιατρικών ασθενών (38 παιδιά) έδειξε ότι οι χρήστες του μοντέλου που χρησιμοποιούσε τον αλγόριθμο PID πέτυχαν καλύτερα αποτελέσματα στον

έλεγχο της υπεργλυκαιμίας, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη μείωση της υπογλυκαιμίας μεταξύ των δύο συστημάτων (Bassi, 2023)

Συστήματα βάσει γνώσεων ασαφούς λογικής \ Fuzzy-Logic:

Η ασαφής λογική, μια τεχνολογία που εισήχθη από τον Zadeh, χρησιμοποιείται για να αντιμετωπιστεί η ασάφεια των δεδομένων και να βελτιωθεί η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, κάτι που οι παραδοσιακές μέθοδοι μηχανικής μάθησης συχνά δεν προσφέρουν. (Mahmood Aamir, 2021)

Τα συστήματα που βασίζονται στη γνώση αποτυπώνουν την εμπειρία και τις γνώσεις ενός παρόχου υγειονομικής φροντίδας, καθώς και τα ειδικά χαρακτηριστικά ενός ατόμου με διαβήτη τύπου 1, μέσω κανόνων «αν-τότε». Με την εφαρμογή αυτών των κανόνων, συνάγονται συμπεράσματα που προτείνουν δόσεις ινσουλίνης, λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα κατάσταση του ατόμου, όπως τα δεδομένα από το σύστημα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM), τις πληροφορίες για τα γεύματα, τις τελευταίες δόσεις ινσουλίνης, τα ιστορικά δεδομένα και τις δημογραφικές πληροφορίες. Η ασαφής λογική χρησιμοποιείται για να διαχειριστεί την ποικιλία των καθημερινών παραγόντων, όπως η απρόβλεπτη σωματική δραστηριότητα και οι αγχωτικές καταστάσεις. Αυτά τα συστήματα έχουν δοκιμαστεί σε κλινικές δοκιμές και έχουν δείξει επιτυχία σε σύγκριση με παραδοσιακές μεθόδους, όπως το CGM με πολλαπλές ημερήσιες ενέσεις ή συνεχή υποδόρια χορήγηση ινσουλίνης.

Ωστόσο, ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι το υψηλό κόστος συντήρησης και η προσπάθεια που απαιτείται για την εξατομίκευση του συστήματος για κάθε ασθενή. Επιπλέον, καθώς αυξάνεται ο αριθμός των κανόνων, ενδέχεται να προκύψουν συγκρούσεις, απαιτώντας μηχανισμούς επίλυσης αυτών των συγκρούσεων. (Cinar, 2019)

Πλεονεκτήματα: Καταγράφουν την εξειδίκευση του ιατρού σε κανόνες, είναι εύκολο να κατανοηθούν από επαγγελματίες υγείας και η ασαφής λογική αντιμετωπίζει καθημερινές μεταβολές και διαταραχές.

Περιορισμοί: Έχουν υψηλό κόστος συντήρησης και αναθεώρησης των κανόνων, χρειάζονται αλγόριθμοι επίλυσης συγκρούσεων καθώς αυξάνεται ο αριθμός των κανόνων, και απαιτείται ιατρική και προγραμματιστική εξειδίκευση για την εξατομίκευση. (Cinar, 2019) (Mahmood Aamir, 2021)

Μελέτη που διεξήχθη παρουσιάζει ένα μοντέλο ασαφούς λογικής για την έγκαιρη διάγνωση του διαβήτη, που περιλαμβάνει δυο ασαφείς ταξινομητές, οι οποίοι χρησιμοποιούν ασαφείς κανόνες όπως « αν – τότε» για τις προβλέψεις τους.

Πιο συγκεκριμένα στη μελέτη αυτή:

- Επετράπησαν βαθμοί συμμετοχής με τιμές από 0 και 1 δείχνοντας πόσο πολύ ένα στοιχείο ανήκει σε ένα ασαφές σύνολο.
- Χρησιμοποιήθηκαν ασαφείς κανόνες για να καθορίσουν εάν ένα άτομο είναι διαβητικό ή όχι, με βάση δεδομένα όπως το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα και ο δείκτης μάζας σώματος (BMI).
- Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ελήφθη από το Pima Indians Diabetes του Kaggle, που περιέχει χαρακτηριστικά όπως συγκέντρωση γλυκόζης, αρτηριακή πίεση, BMI, και ηλικία.
- Χρησιμοποιήθηκε η Ευκλείδεια απόσταση για να μετρηθεί η "απόσταση" μεταξύ διαφορετικών σημείων δεδομένων. Αυτά τα σημεία δεδομένων μπορεί να είναι ασθενείς με διάφορα χαρακτηριστικά (όπως επίπεδο γλυκόζης, BMI, κλπ.). Υπολογίζοντας τις αποστάσεις μεταξύ των σημείων, το μοντέλο μπορεί να προσδιορίσει πόσο "μακριά" ή "κοντά" είναι ένας ασθενής από το να είναι διαβητικός ή όχι και έτσι να εντοπιστούν τα ακραία παραδείγματα, δηλαδή τα σημεία που είναι πιο απομακρυσμένα το ένα από το άλλο στον χώρο των δεδομένων, και αυτά στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία των ασαφών κανόνων για την ταξινόμηση.
- Οι ταξινομητές αξιολογήθηκαν με πίνακες σύγχυσης και μετρικές όπως ακρίβεια ταξινόμησης, ευαισθησία, ακρίβεια και F-measure. Οι προτεινόμενοι ταξινομητές πέτυχαν ακρίβεια 96,47% και 95,38%.

Συμπερασματικά, το προτεινόμενο ασαφές σύστημα βασισμένο σε κανόνες προσφέρει μια αξιόπιστη και ερμηνεύσιμη μέθοδο για την έγκαιρη διάγνωση του διαβήτη, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη διαφάνεια και ακρίβεια σε σύγκριση με παραδοσιακές τεχνικές μηχανικής μάθησης. Με την υψηλή ακρίβεια πρόβλεψης, το μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποτροπή σοβαρών επιπλοκών του διαβήτη. Στο μέλλον, το μοντέλο μπορεί να επεκταθεί και για τη διάγνωση άλλων ασθενειών.

Σε μία ακόμη έρευνα για τα οφέλη από τη χρήση της ασαφούς λογικής που χρησιμοποιήθηκε σε συστήματα υβριδικού κλειστού βρόχου (ενσωματώθηκαν αντλίες ινσουλίνης και

αισθητήρες CGM σε ένα ενιαίο σύστημα, που μπορεί να προσαρμόσει αυτόματα την παροχή ινσουλίνης βάσει των μετρήσεων της γλυκόζης από τον αισθητήρα) με στόχο την βελτίωση της γλυκαιμικής ρύθμισης και τη μείωση του βάρους της διαχείρισης της νόσου φάνηκε ότι τα συστήματα κλειστού υβριδικού βρόγχου βελτιώνουν τον χρόνο εντός του στόχου γλυκόζης και μειώνουν τα επίπεδα της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης στον παιδιατρικό πληθυσμό και ειδικά σε παιδιά ηλικίας 7-13 και εφήβους ηλικίας 14-21.

Οι λειτουργίες αυτών των συστημάτων αυτοματοποιούν την έγχυση ινσουλίνης, ρυθμίζοντας τους βασικούς ρυθμούς με βάση τις μετρήσεις γλυκόζης από αισθητήρες, μειώνουν την ανάγκη για συχνή παρακολούθηση της γλυκόζης στο αίμα και τη χρήση ινσουλίνης με πένα και μπορεί να βελτιώσουν τον νυχτερινό έλεγχο της γλυκόζης, μειώνοντας τον κίνδυνο υπογλυκαιμίας, βελτιώνοντας τον ύπνο για ασθενείς και φροντιστές. (Sherr, 2018)

Πολυπαραγοντικοί αλγόριθμοι ελέγχου τεχνητού παγκρέατος (Multivariable AP Control Algorithms - Map)

Οι πολυπαραγοντικοί αλγόριθμοι ελέγχου του τεχνητού παγκρέατος (mAP) συνδυάζουν δεδομένα από συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM) και φορητές συσκευές για τη βελτίωση της διαχείρισης του διαβήτη τύπου 1. Η πρώτη γενιά συστημάτων τεχνητού παγκρέατος (AP) βασίζεται αποκλειστικά στα δεδομένα του CGM και της αντλίας ινσουλίνης, καθώς και στις χειροκίνητες εισαγωγές πληροφοριών, όπως τα γεύματα και η άσκηση. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση είναι κυρίως αντιδραστική και δεν λαμβάνει υπόψη άλλες φυσιολογικές μεταβλητές που μπορούν να επηρεάσουν τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (BGC).

Οι πολυπαραγοντικοί αλγόριθμοι ελέγχου τεχνητού παγκρέατος (mAP) υπερβαίνουν αυτό το πρόβλημα ενσωματώνοντας δεδομένα από φορητές συσκευές, όπως βραχιόλια που μετρούν την κατανάλωση ενέργειας και την αντίδραση του δέρματος, βελτιώνοντας την ακρίβεια των προβλέψεων, ειδικά κατά τη διάρκεια σωματικών δραστηριοτήτων. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη υπογλυκαιμίας έως και 30 λεπτά νωρίτερα και την πρόβλεψη υπεργλυκαιμίας με βάση τις πληροφορίες των γευμάτων. Επιπλέον, οι φορητές συσκευές παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την ένταση και τη διάρκεια της σωματικής άσκησης, ενώ βοηθούν στην εκτίμηση των επιπέδων ινσουλίνης στο πλάσμα σε πραγματικό χρόνο, λαμβάνοντας υπόψη δημογραφικά στοιχεία του χρήστη.

Αυτή η ενσωμάτωση πολυπαραγοντικών δεδομένων επιτρέπει στους πολυπαραγοντικούς αλγορίθμους ελέγχου τεχνητού παγκρέατος (mAP) να μειώσουν τις καθυστερήσεις στις αποφάσεις για τη χορήγηση ινσουλίνης και να βελτιώσουν τη διαχείριση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα. Τα συστήματα αυτά μπορούν επίσης να λάβουν υπόψη παράγοντες όπως το ψυχολογικό στρες και οι συνθήκες ύπνου, τα οποία επηρεάζουν την ευαισθησία στην ινσουλίνη, βελτιώνοντας την ακρίβεια των προβλέψεων και των αποφάσεων για τον έλεγχο της γλυκόζης. (Cinar, 2019)

Τεχνητό Πάγκρεας μονής και διπλής ορμόνης.

Στο σύστημα διπλής ορμόνης του τεχνητού παγκρέατος, η γλυκαγόνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους για την επίτευξη καλύτερου γλυκαιμικού ελέγχου. Σε μια προσέγγιση, η ινσουλίνη χορηγείται για τη σταθεροποίηση της γλυκόζης, ενώ μικρές δόσεις γλυκαγόνης προστίθενται για την πρόληψη της υπογλυκαιμίας χωρίς να αυξάνεται η ποσότητα ινσουλίνης. Μια άλλη μέθοδος επιτρέπει την πιο επιθετική χορήγηση ινσουλίνης, με στόχο τη μείωση των επιπέδων γλυκόζης, ενώ οι δόσεις γλυκαγόνης μειώνουν τον κίνδυνο υπογλυκαιμίας. Μια τρίτη επιλογή συνδυάζει τις δύο αυτές μεθόδους, χρησιμοποιώντας γλυκαγόνη για την αποτροπή της υπογλυκαιμίας και αυξημένες δόσεις ινσουλίνης για μείωση της γλυκόζης. Η συνολική ημερήσια δόση γλυκαγόνης σε τέτοια συστήματα κυμαίνεται από 0,145 έως 0,82 mg/ημέρα, ανάλογα με την προσέγγιση, και τα επίπεδα γλυκαγόνης στο πλάσμα παραμένουν κυρίως εντός των φυσιολογικών ορίων, αν και περιστασιακά μπορεί να εμφανιστεί παροδική υπεργλυκαγοναιμία. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η δράση της γλυκαγόνης εξαρτάται από τα επίπεδα της ινσουλίνης στο αίμα, καθώς η αποτελεσματικότητά της μειώνεται όταν τα επίπεδα ινσουλίνης είναι υψηλά. Όταν τα επίπεδα ινσουλίνης είναι μέτρια, η γλυκαγόνη μπορεί να αυξήσει αποτελεσματικά τη γλυκόζη με δοσοεξαρτώμενο τρόπο. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι το σύστημα διπλής ορμόνης εξαλείφει πλήρως τον κίνδυνο υπογλυκαιμίας. Για παράδειγμα, σε μια μελέτη με επιθετικό αλγόριθμο ινσουλίνης, αρκετοί συμμετέχοντες παρουσίασαν υπογλυκαιμία, παρά τις μεγάλες δόσεις γλυκαγόνης ενώ όταν η χορήγηση ινσουλίνης έγινε πιο συντηρητική, η υπογλυκαιμία εξαφανίστηκε. (Haidar, 2019)

3.5 Τηλεϊατρική/ Teleconsultation

Η τηλεϊατρική αναφέρεται στη χρήση της τεχνολογίας για την παροχή υγειονομικής φροντίδας από απόσταση. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον διαβήτη τύπου 1, καθώς επιτρέπει στους ασθενείς να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας τους και να επικοινωνούν με τους γιατρούς τους χωρίς την ανάγκη φυσικής παρουσίας. (Dhediya, 2023).

Οι σύγχρονες τεχνολογίες για τη διαχείριση του διαβήτη τύπου 1 (ΣΔτ1) σε παιδιά περιλαμβάνουν υβριδικά συστήματα κλειστού βρόχου (HCL) και συνεχείς μετρητές γλυκόζης (CGM). Αυτά τα συστήματα παρέχουν σημαντικά πλεονεκτήματα για την αυτοματοποίηση της ρύθμισης της ινσουλίνης και τη βελτίωση της γλυκαιμικής ρύθμισης. Επιπλέον, οι δυνατότητες απομακρυσμένης παρακολούθησης και διαμοίρασης δεδομένων με τους γιατρούς αποτελούν σημαντικές βελτιώσεις στη διαχείριση της νόσου.

Δυνατότητες Απομακρυσμένης Παρακολούθησης και Διαμοίρασης Δεδομένων



Εικόνα 8: Εθνικό δίκτυο τηλεϊατρικής (iefimerida, 2024)

Οι πλατφόρμες τηλεϊατρικής προσφέρουν εργαλεία για τη διαχείριση και την παρακολούθηση του διαβήτη, εξασφαλίζοντας ότι οι ασθενείς και οι γονείς τους έχουν πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες. (εικόνα 8)

1. Συστήματα Cloud

Τα συστήματα cloud επιτρέπουν τον συγχρονισμό δεδομένων από τις συσκευές CGM και τις αντλίες ινσουλίνης σε διαδικτυακές πλατφόρμες. Οι ασθενείς και οι γονείς τους μπορούν να

ανεβάζουν τα δεδομένα σε αυτές τις πλατφόρμες, παρέχοντας πρόσβαση στους γιατρούς για να παρακολουθούν τις μετρήσεις και τις τάσεις της γλυκόζης. Αυτές οι πλατφόρμες βοηθούν στην ταχύτερη ανάλυση και στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη θεραπεία. (Tauschmann, 2018)

2. Πλατφόρμες Παρακολούθησης

Οι πλατφόρμες τηλεϊατρικής χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες ανάλυσης δεδομένων, όπως η μηχανική μάθηση και οι αλγόριθμοι πρόβλεψης, για να αναγνωρίσουν πρότυπα και τάσεις. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να προβλέψουν τις πιθανές αλλαγές στα επίπεδα γλυκόζης με βάση προηγούμενα δεδομένα, προσφέροντας στους χρήστες προειδοποιήσεις και συστάσεις για τη λήψη θεραπευτικών αποφάσεων. Η αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να μειώσει την ανάγκη για επείγουσες ιατρικές παρεμβάσεις και να βελτιώσει την καθημερινή ζωή των ασθενών .

Ακόμη οι πλατφόρμες παρακολούθησης, επιτρέπουν στους ασθενείς να ανεβάζουν δεδομένα από τις συσκευές τους στο διαδίκτυο. Αυτές οι πλατφόρμες παρέχουν στους γιατρούς την ικανότητα να δουν τις μετρήσεις και να εντοπίσουν τυχόν προβλήματα στη διαχείριση του διαβήτη, βοηθώντας τους να προσαρμόσουν τη θεραπεία ανάλογα. (Group, 2008) Άλλες λειτουργίες που διαθέτουν είναι:

- **Διαδικτυακές Επισκέψεις:** Αυτές οι πλατφόρμες διευκολύνουν τη διαδικασία επικοινωνίας μεταξύ ασθενών και γιατρών μέσω βιντεοκλήσεων. Κατά τη διάρκεια αυτών των επισκέψεων, οι γιατροί μπορούν να αξιολογήσουν άμεσα την κατάσταση του ασθενούς, να κάνουν προσαρμογές στη θεραπεία και να παρέχουν καθοδήγηση και υποστήριξη, διευκολύνοντας την καθημερινή διαχείριση του διαβήτη.
- **Αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων:** Η δυνατότητα αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων μέσω διαδικτυακών πλατφορμών είναι ιδιαίτερης σημασίας. Αυτή η ανάλυση επιτρέπει την έγκαιρη παρέμβαση και τη βελτιωμένη γλυκαιμική ρύθμιση, καθώς οι ασθενείς και οι γιατροί μπορούν να δουν λεπτομερείς εκθέσεις για την κατάσταση της υγείας (Kubiak, 2020)

3. Εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης

Οι εφαρμογές κινητών τηλεφώνων έχουν γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της διαχείρισης του ΣΔτ1, προσφέροντας εργαλεία για την αυτοδιαχείριση και την παρακολούθηση .

- **Καταγραφή δεδομένων** Οι εφαρμογές επιτρέπουν στους χρήστες να καταγράψουν τη διατροφή, τις δόσεις ινσουλίνης και τα επίπεδα γλυκόζης. Αυτή η δυνατότητα καταγραφής είναι ζωτικής σημασίας, καθώς οι χρήστες μπορούν να δουν τη συνολική τους πρόοδο και να αναγνωρίσουν τάσεις που μπορεί να απαιτούν προσαρμογή στη θεραπεία. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να καταγράψουν συναισθηματικές και φυσικές καταστάσεις που επηρεάζουν τα επίπεδα γλυκόζης, δίνοντας στους γιατρούς περισσότερες πληροφορίες για την κατάσταση του ασθενούς.
- **Εξατομίκευση:** Οι περισσότερες εφαρμογές προσφέρουν προσαρμοσμένες συμβουλές και ειδοποιήσεις βάσει των δεδομένων που εισάγονται. Αυτό επιτρέπει στους ασθενείς να λαμβάνουν πληροφορίες που είναι σχετικές με τις δικές τους ανάγκες και τον τρόπο ζωής τους. Για παράδειγμα, οι χρήστες μπορούν να ρυθμίσουν ειδοποιήσεις για την πρόσληψη ινσουλίνης ή να λάβουν προτάσεις για τη διατροφή τους ανάλογα με τις μετρήσεις τους.
- **Συνεργασία με γιατρούς:** Οι εφαρμογές διευκολύνουν την άμεση επικοινωνία με τους γιατρούς. Οι χρήστες μπορούν να μοιράζονται τα δεδομένα τους με τους γιατρούς τους, κάνοντάς τους ικανούς να παρακολουθούν την πορεία και να προσαρμόζουν τις θεραπείες. Αυτή η συνεργασία ενισχύει την αίσθηση ευθύνης των ασθενών για την υγεία τους, καθώς γνωρίζουν ότι οι γιατροί είναι πάντα ενημερωμένοι για την κατάστασή τους.
- **Δεδομένα και ανάλυση** Η συλλογή και ανάλυση δεδομένων είναι θεμελιώδους σημασίας για τη διαχείριση του διαβήτη τύπου 1 μέσω της τηλεϊατρικής. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν στους επαγγελματίες υγείας να συλλέγουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και να προσφέρουν εξατομικευμένη φροντίδα (Zhang, 2024).
- **Ανάλυση τάσεων:** Οι διαδικτυακές πλατφόρμες επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης, με στόχο την ανίχνευση τάσεων που μπορεί να δείχνουν αύξηση ή μείωση της γλυκαιμίας. Αυτές οι πληροφορίες είναι κρίσιμες για την προσαρμογή της θεραπείας και την πρόληψη επεισοδίων υπογλυκαιμίας ή υπεργλυκαιμίας. Οι γιατροί μπορούν να αναλύσουν τις τάσεις και να συνδυάσουν δεδομένα από πολλαπλές πηγές, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της υγείας του ασθενούς.

- **Αναφορές και στατιστικά:** Η ικανότητα δημιουργίας αναφορών είναι καθοριστική για την αξιολόγηση της πορείας του διαβήτη. Οι ασθενείς και οι γονείς μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αναφορές που δείχνουν τη συνολική τους πρόοδο. Αυτές οι αναφορές μπορεί να περιλαμβάνουν στατιστικά στοιχεία όπως μέσες τιμές γλυκόζης, συχνότητα επεισοδίων υπογλυκαιμίας και πληροφορίες σχετικά με τη συμμόρφωση με τη θεραπεία. Αυτές οι αναφορές επιτρέπουν στους ασθενείς να κατανοήσουν καλύτερα την κατάσταση της υγείας τους και να εντοπίσουν τυχόν αλλαγές που απαιτούν προσοχή (Zhang, 2024) (Dhediya, 2023).

Νέες λειτουργίες και μελλοντικές εξελίξεις από τη χρήση συστημάτων κλειστού υβριδικού βρόγχου.

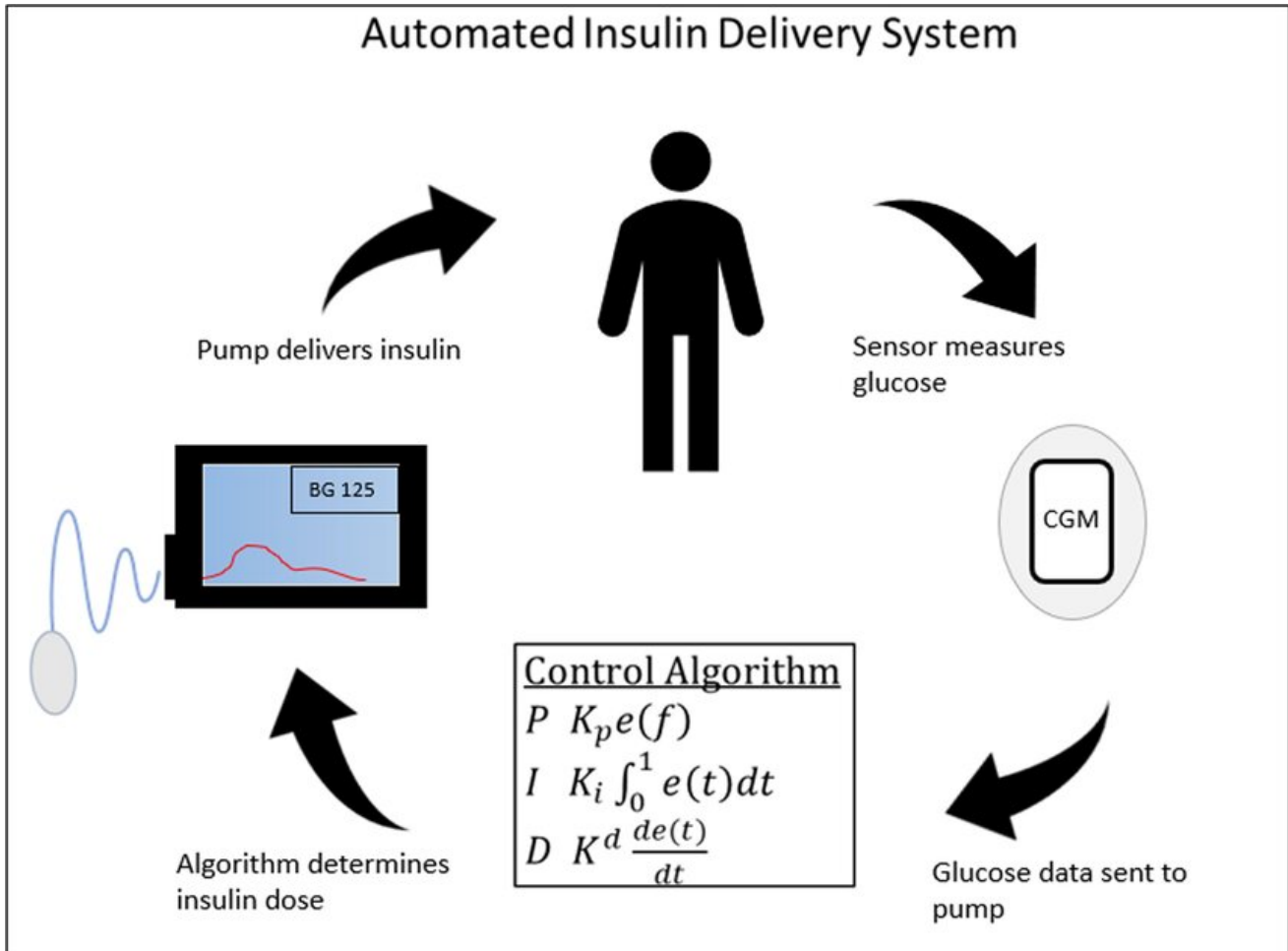
Οι νέες λειτουργίες των συστημάτων υβριδικού κλειστού βρόγχου (HCL) εστιάζουν στη βελτίωση της τεχνολογίας για να καλύψουν καλύτερα τις ανάγκες των παιδιών και εφήβων με διαβήτη τύπου 1 (T1D). Μία από τις βασικές καινοτομίες είναι η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης των επιπέδων γλυκόζης. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει στους γονείς να παρακολουθούν από απόσταση τη θεραπεία του παιδιού τους, μειώνοντας το άγχος τους και διευκολύνοντας την καθημερινή διαχείριση του διαβήτη. Επιπλέον, η απομακρυσμένη χορήγηση γευματικής ινσουλίνης είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς προσφέρει στους γονείς την ευελιξία να ρυθμίζουν γρήγορα τις ανάγκες σε ινσουλίνη, ειδικά για τα μικρά παιδιά.

Η εξατομίκευση των συστημάτων HCL είναι κρίσιμη, επιτρέποντας τη χρήση κωδικών πρόσβασης ή διαφορετικών επιπέδων πρόσβασης. Με αυτόν τον τρόπο, το παιδί μπορεί σταδιακά να αναλάβει μεγαλύτερη ευθύνη για τη διαχείριση του διαβήτη του, ενώ οι γονείς διατηρούν έναν βαθμό ελέγχου. Η χρήση αραιωμένης ινσουλίνης αποτελεί επίσης σημαντική βελτίωση, ειδικά για τα παιδιά που χρειάζονται χαμηλές ημερήσιες δόσεις. Με την αραιώση της ινσουλίνης, επιτυγχάνεται καλύτερη σταθερότητα της απορρόφησης, μείωση της υπογλυκαιμίας και μεγαλύτερη ακρίβεια στη χορήγηση.

Επίσης, οι χρήστες μπορούν να προσαρμόζουν τις ειδοποιήσεις συναγερμών ανάλογα με τις ανάγκες τους, επιλέγοντας αν θα είναι διακριτικές ή πιο έντονες, ανάλογα με τις προτιμήσεις τους. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η ανάγκη για βελτιωμένη διαχείριση των επιπέδων γλυκόζης είναι επίσης εμφανής. Οι μελλοντικές εκδόσεις των συστημάτων HCL θα πρέπει να περιλαμβάνουν βελτιώσεις στη διαχείριση της άσκησης, καθώς η φυσική δραστηριότητα

μπορεί να προκαλέσει έντονες μεταβολές στα επίπεδα γλυκόζης, που δεν αντιμετωπίζονται πλήρως με τις τρέχουσες τεχνολογίες.

Τέλος, η ανάπτυξη συστημάτων διπλής ορμόνης, με την προσθήκη γλυκαγόνης, υπόσχεται καλύτερη διαχείριση της υπογλυκαιμίας, καθώς και πιο φυσιολογική ρύθμιση των επιπέδων



Εικόνα 9: Αυτοματοποιημένο σύστημα χορήγησης ινσουλίνης (Paulev, Berae, Messe, & Forlenza, 2021)

γλυκόζης. Οι επιστήμονες εξετάζουν τη δυνατότητα χρήσης συμπληρωματικών θεραπειών, όπως η πραμλινίδη και η λιραγλουτίδη, που θα μπορούσαν να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Συνολικά, αυτές οι νέες δυνατότητες στα συστήματα HCL υπόσχονται βελτιωμένη ποιότητα ζωής για τα παιδιά και τους εφήβους με T1D. Οι μελλοντικές εκδόσεις θα είναι πιο αυτοματοποιημένες, εύχρηστες και εξατομικευμένες, παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη και αποτελεσματική προσέγγιση στη διαχείριση του διαβήτη. (Sherr, 2018) (εικόνα 9)

Κεφάλαιο 4: Επιδράσεις των Νέων Τεχνολογιών στην Καθημερινή Φροντίδα

Οι νέες τεχνολογίες έχουν φέρει σημαντικές αλλαγές στη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 (ΣΔΤ1), ιδιαίτερα για τα παιδιά και τους εφήβους. Η χρήση αντλιών ινσουλίνης, συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM), και άλλων ψηφιακών εργαλείων έχει βελτιώσει την ποιότητα ζωής, αλλά και την ψυχολογική και κοινωνική προσαρμογή αυτών των ατόμων.

4.1 Γλυκαιμικός έλεγχος και μεταβολική ρύθμιση

Η χρήση νέων τεχνολογιών όπως οι αντλίες ινσουλίνης και τα CGM έχει βελτιώσει σημαντικά τον γλυκαιμικό έλεγχο στα παιδιά και τους εφήβους με ΣΔΤ1. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την πιο ακριβή και συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης, κάτι που μειώνει τα επεισόδια υπογλυκαιμίας και υπεργλυκαιμίας και βελτιώνει τη συνολική μεταβολική ρύθμιση. Μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση αντλιών ινσουλίνης συνδέεται με χαμηλότερες τιμές HbA1c (γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης) και αυξημένη ικανοποίηση από τη θεραπεία, καθώς και μείωση του συνολικού βάρους της ασθένειας.

Επιπλέον, η χρήση CGM έχει βρεθεί να μειώνει τον χρόνο με υψηλά επίπεδα γλυκόζης, ενώ βελτιώνει τη συνολική γλυκαιμική ρύθμιση. Μια συστηματική ανασκόπηση έδειξε ότι η

εντατική θεραπεία με την υποστήριξη αυτών των τεχνολογιών συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Τα δεδομένα από την καθημερινή παρακολούθηση της γλυκόζης προσφέρουν στους ασθενείς και τις οικογένειές τους μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της γλυκαιμικής τους κατάστασης, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση του διαβήτη τους. Επίσης, η δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης της γλυκόζης έχει επιτρέψει σε πολλούς νέους ασθενείς να αισθάνονται πιο ελεύθεροι και αυτόνομοι στην καθημερινότητά τους, βελτιώνοντας την αυτοπεποίθησή τους (Hilliard, 2020) (Moore, 2013).

4.2 Βελτίωση της Ποιότητας Ζωής

Για την μέτρηση και αξιολόγηση της ποιότητας ζωής των παιδιών που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 και των γονέων τους έχουν χρησιμοποιηθεί κλίμακες για να ποσοτικοποιήσουν τον αντίκτυπο των τεχνολογιών αυτών στη σωματική, συναισθηματική και κοινωνική ευημερία τους. Για το λόγο αυτό

Η κλίμακα **Diabetes Quality of Life (DQOL) Questionnaire** αξιολογεί την συναισθηματική επιβάρυνση, την ικανοποίηση από τη διαχείριση του διαβήτη και τις επιπτώσεις στην καθημερινή ζωή. Σε μελέτες με τη χρήση CGM και αντλιών ινσουλίνης, έχει καταγραφεί βελτίωση της ποιότητας ζωής, μειωμένο άγχος και αυξημένη ικανοποίηση από τη φροντίδα (Chobot, et al., 2024)

Η κλίμακα **PedsQL Diabetes Module** χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την ποιότητα ζωής παιδιών και εφήβων με διαβήτη, εστιάζοντας στη συναισθηματική και κοινωνική ευημερία. Έτσι σύμφωνα με αυτή την κλίμακα οι τεχνολογίες CGM και οι αντλίες ινσουλίνης έχουν συνδεθεί με βελτιωμένα αποτελέσματα, λόγω της μείωσης των κρίσεων υπογλυκαιμίας και του άγχους που συνοδεύει τη διαχείριση του διαβήτη. (Burckhardt, et al., 2018)

Η κλίμακα **Hypoglycemia Fear Survey (HFS-II)** αξιολογεί τον φόβο της υπογλυκαιμίας, ο οποίος επηρεάζει την καθημερινή ζωή των ατόμων με διαβήτη. Οι μελέτες δείχνουν ότι η χρήση CGM μειώνει αυτόν τον φόβο, καθώς οι ειδοποιήσεις παρέχουν μια αίσθηση ασφάλειας και προβλεψιμότητας. (Lawton, 2018)

Συνεπώς η χρήση των νέων τεχνολογιών στη διαχείριση του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1 (ΣΔΤ1) έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα ζωής των παιδιών και των

εφήβων. Οι σύγχρονες τεχνολογίες επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης, προσφέροντας στους ασθενείς μεγαλύτερη ασφάλεια και έλεγχο της κατάστασής τους. Οι μελέτες δείχνουν ότι αυτές οι τεχνολογίες μειώνουν τα επεισόδια υπογλυκαιμίας και υπεργλυκαιμίας, προσφέροντας μια πιο σταθερή γλυκαιμική ρύθμιση. (Tamborlane, 2008)

Επιπλέον, η χρήση τεχνολογιών για την παροχή ινσουλίνης, όπως οι αντλίες ινσουλίνης, έχει συνδεθεί με χαμηλότερες τιμές HbA1c (γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης). Αυτό μειώνει τον κίνδυνο μακροπρόθεσμων επιπλοκών και βελτιώνει την καθημερινή διαχείριση της ασθένειας. Η ακριβής ρύθμιση της ινσουλίνης μειώνει την ανάγκη για πολλαπλές ενέσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας και προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία στις καθημερινές δραστηριότητες των παιδιών και των εφήβων. (Almeida, 2015)

Οι ψηφιακές εφαρμογές που βοηθούν στη διαχείριση του διαβήτη παρέχουν επίσης σημαντικά οφέλη. Μέσω αυτών των εφαρμογών, οι ασθενείς μπορούν να καταγράφουν και να παρακολουθούν τα δεδομένα τους, να λαμβάνουν υπενθυμίσεις για τη λήψη φαρμάκων και να επικοινωνούν με τους ιατρούς τους. Αυτή η δυνατότητα βελτιώνει τη συμμόρφωση με τη θεραπεία και μειώνει το άγχος που σχετίζεται με την ασθένεια (Moore, 2013).

4.3 Επιπτώσεις στην Ψυχολογία

Η ψυχολογική ευεξία των παιδιών και των εφήβων με ΣΔΤ1 είναι εξίσου σημαντική με τη φυσική τους υγεία. Οι νέες τεχνολογίες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη μείωση του άγχους και της πίεσης που αισθάνονται οι ασθενείς και οι οικογένειές τους. Η δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης των επιπέδων γλυκόζης και οι ειδοποιήσεις για επικίνδυνα επίπεδα προσφέρουν μια αίσθηση ασφάλειας και ελέγχου (Almeida, 2015).

Παιδιά και έφηβοι που χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες για τη διαχείριση του διαβήτη αναφέρουν υψηλότερα επίπεδα αυτοεκτίμησης και αυτοπεποίθησης. Η βελτίωση της γλυκαιμικής ρύθμισης τους επιτρέπει να συμμετέχουν σε περισσότερες κοινωνικές και σχολικές δραστηριότητες χωρίς το φόβο της υπογλυκαιμίας ή υπεργλυκαιμίας. Αυτό μειώνει το αίσθημα της απομόνωσης και ενισχύει την κοινωνική τους ένταξη και την ψυχολογική τους ευεξία (Hilliard, 2020).

Οι νέες τεχνολογίες διευκολύνουν επίσης την επικοινωνία με τους ιατρούς και τους φροντιστές, επιτρέποντας πιο άμεση και αποτελεσματική διαχείριση της ασθένειας. Αυτό

μειώνει το άγχος που σχετίζεται με την ανάγκη για ιατρική επίβλεψη και προσφέρει στους ασθενείς και τις οικογένειές τους μεγαλύτερη ηρεμία και αυτοπεποίθηση (Almeida, 2015).

Επιπλέον, η χρήση τεχνολογιών στη διαχείριση του ΣΔΤ1 συμβάλλει στη βελτίωση της γενικότερης ποιότητας ζωής των ασθενών. Οι τεχνολογίες αυτές προσφέρουν ευελιξία στην καθημερινότητα των παιδιών και των εφήβων, επιτρέποντάς τους να συμμετέχουν πλήρως σε δραστηριότητες της ηλικίας τους, όπως ο αθλητισμός και οι κοινωνικές εκδηλώσεις, χωρίς να ανησυχούν συνεχώς για την κατάσταση της υγείας τους (Hirose, 2012).

Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών στη διαχείριση του διαβήτη προσφέρει ένα περιβάλλον όπου οι ασθενείς μπορούν να αισθάνονται πιο ανεξάρτητοι και λιγότερο περιορισμένοι από την ασθένειά τους. Αυτή η αίσθηση ανεξαρτησίας ενισχύει την αυτοεκτίμηση και συμβάλλει στη διαμόρφωση μιας θετικής προσέγγισης προς τη ζωή και την καθημερινή διαχείριση της ασθένειας (Monaghan, 2022).

4.4 Οικογενειακή Λειτουργικότητα

Η συμμετοχή των γονέων στη διαχείριση του διαβήτη παραμένει κρίσιμη, αλλά οι τεχνολογίες επιτρέπουν στα παιδιά και τους εφήβους μεγαλύτερη αυτονομία. Η καλή επικοινωνία και η ισορροπημένη υποστήριξη από την οικογένεια μπορούν να ενισχύσουν την αυτοπεποίθηση και την αυτονομία των παιδιών, βελτιώνοντας τη γλυκαιμική ρύθμιση και την ποιότητα ζωής τους. Οι γονείς που ενθαρρύνουν τα παιδιά τους να συμμετέχουν ενεργά στη διαχείριση του διαβήτη τους και προσαρμόζουν την υποστήριξή τους ανάλογα με την ηλικία και τις ανάγκες των παιδιών τους, συμβάλλουν σε καλύτερα μεταβολικά και ψυχοκοινωνικά αποτελέσματα (Moore, 2013) (Almeida, 2015).

Αναλυτικότερα τα οφέλη από τη χρήση των νέων τεχνολογιών στην λειτουργικότητα μιας οικογένειας που διαχειρίζεται παιδί με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 αποτελούν για τα παιδιά και τους γονείς αναφέρονται πιο κάτω.

Για τα παιδιά:

1. Η μείωση του άγχους και της δυσφορίας. Η χρήση αντλιών ινσουλίνης και CGM επιτρέπει στα παιδιά να παρακολουθούν συνεχώς τα επίπεδα γλυκόζης τους και να λαμβάνουν άμεσα διορθωτικά μέτρα. Αυτό τα βοηθά να αποφεύγουν κρίσιμες καταστάσεις, όπως υπογλυκαιμίες ή υπεργλυκαιμίες. Οι ειδοποιήσεις για τα επίπεδα

- γλυκόζης παρέχουν μια αίσθηση προβλεψιμότητας, που μειώνει τον φόβο και την αβεβαιότητα που συχνά συνοδεύουν τη διαχείριση του διαβήτη. (Lawton, 2018)
2. Αυτοπεποίθηση και αυτονομία: Η δυνατότητα αυτοδιαχείρισης μέσω των αντλιών και των CGM ενισχύει την αυτονομία των παιδιών, δίνοντάς τους την ελευθερία να ρυθμίζουν τη δόση της ινσουλίνης τους ή να προσαρμόζουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες με βάση τα επίπεδα γλυκόζης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους εφήβους, οι οποίοι αποκτούν μια αίσθηση αυτοπεποίθησης καθώς λαμβάνουν πιο υπεύθυνες αποφάσεις για την υγεία τους (Lawton, 2018) (Chobot, και συν., 2024)
 3. Καλύτερη καθημερινότητα: Με την ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών, τα παιδιά μπορούν να συμμετέχουν σε δραστηριότητες όπως το σχολείο ή ο αθλητισμός χωρίς τον συνεχή φόβο της ξαφνικής υπογλυκαιμίας. Οι αντλίες ινσουλίνης, σε συνδυασμό με τα CGM, επιτρέπουν μια πιο ανέμελη καθημερινότητα με λιγότερους περιορισμούς (Burckhardt, και συν., 2018)

Για τους γονείς:

1. Μείωση του άγχους και της ανησυχίας: Οι γονείς παιδιών με διαβήτη συχνά αισθάνονται έντονη ανησυχία για τα επίπεδα γλυκόζης του παιδιού, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα CGM και οι αντλίες παρέχουν συνεχή δεδομένα και ειδοποιήσεις για επικίνδυνες μεταβολές στα επίπεδα γλυκόζης, κάτι που επιτρέπει στους γονείς να κοιμούνται πιο ήσυχοι και να μειώνεται η ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση (Sanderson, 2021)
2. Βελτιωμένη επικοινωνία και λήψη αποφάσεων: Με τη χρήση αυτών των τεχνολογιών, οι γονείς και τα παιδιά μπορούν να λαμβάνουν από κοινού πιο αντικειμενικές και τεκμηριωμένες αποφάσεις για τη διαχείριση της ασθένειας. Αυτό μειώνει τις συγκρούσεις που μπορεί να προκύψουν από τις διαφορετικές αντιλήψεις σχετικά με τη φροντίδα του διαβήτη, ενισχύοντας την οικογενειακή αρμονία (Lawton, 2018) (Sanderson, 2021)
3. Υποστήριξη της αυτονομίας του παιδιού: Οι γονείς αισθάνονται πιο άνετα να επιτρέπουν στα παιδιά τους να αναλάβουν περισσότερες ευθύνες στη διαχείριση του διαβήτη, καθώς εμπιστεύονται την τεχνολογία για την ακριβή παρακολούθηση και τις αυτόματες ρυθμίσεις της ινσουλίνης. Αυτό βελτιώνει τη σχέση γονέα-παιδιού και μειώνει τις καθημερινές εντάσεις. (Lawton, 2018) (Burckhardt, και συν., 2018)

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι οικογένειες που συνεργάζονται στενά και έχουν σαφώς ορισμένους ρόλους στη διαχείριση του διαβήτη επιτυγχάνουν καλύτερη γλυκαιμική ρύθμιση και βελτιωμένη ποιότητα ζωής για τους εφήβους (Hirose, 2012) (Moore, 2013). Οι τεχνολογίες επιτρέπουν επίσης στους γονείς να παρακολουθούν τις ενέργειες των παιδιών τους και να παρέχουν υποστήριξη όταν είναι απαραίτητο, ενισχύοντας την οικογενειακή λειτουργικότητα και την ασφάλεια των παιδιών (Hilliard, 2020) (Hirose, 2012).

4.5 Εκπαίδευση και υποστήριξη από επαγγελματίες υγείας

Η εκπαίδευση και η συνεχιζόμενη υποστήριξη από επαγγελματίες υγείας είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διαχείριση του ΣΔΤ1. Οι νέες τεχνολογίες διευκολύνουν την παροχή αυτής της υποστήριξης μέσω ψηφιακών πλατφορμών και εφαρμογών που επιτρέπουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση και επικοινωνία. Η συμμετοχή σε εκπαιδευτικά προγράμματα και η χρήση ψηφιακών εφαρμογών μπορεί να ενισχύσει τις γνώσεις των ασθενών και να βελτιώσει την αυτοδιαχείριση του διαβήτη (Moore, 2013) .

Οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να παρακολουθούν τα δεδομένα των ασθενών σε πραγματικό χρόνο και να παρέχουν εξατομικευμένες συμβουλές και κατευθυντήριες γραμμές, βελτιώνοντας τη συμμόρφωση με τις θεραπείες και μειώνοντας τα περιθώρια σφάλματος . Αυτό μειώνει την ανάγκη για συχνές επισκέψεις στον ιατρό

Η χρήση νέων τεχνολογιών στη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 (ΣΔΤ1) έχει φέρει σημαντικές αλλαγές στην καθημερινή ζωή και την ψυχολογία των παιδιών και των εφήβων που ζουν με αυτήν την ασθένεια. Οι τεχνολογίες όπως οι αντλίες ινσουλίνης, τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM), και οι ψηφιακές εφαρμογές έχουν αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζονται την ασθένεια τους, προσφέροντας τους μεγαλύτερη αυτονομία, ασφάλεια και ψυχική ηρεμία .

4.6 Προκλήσεις και εμπόδια στην πρόσβαση και χρήση

Το ποσοστό των ατόμων με διαβήτη που επιτυγχάνουν τα συνιστώμενα επίπεδα γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης, αρτηριακής πίεσης και χοληστερόλης παρουσιάζει διακυμάνσεις, με κάποια βελτίωση με την πάροδο του χρόνου με αποτέλεσμα η γλυκαιμική διαχείριση και η ρύθμιση της χοληστερόλης μέσω διατροφής να παραμένουν προκλήσεις. Από

το 2015 έως το 2018, μόνο το 50,5% των ενηλίκων με διαβήτη στις ΗΠΑ πέτυχε γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη κάτω από 7%. Πολλοί ασθενείς δεν λαμβάνουν επαρκή φαρμακευτική θεραπεία για τον γλυκαιμικό έλεγχο, την υπέρταση και τη δυσλιπιδαιμία. Ορισμένες ομάδες, όπως οι νέοι ενήλικες, οι εθνικές μειονότητες και όσοι αντιμετωπίζουν κοινωνικοοικονομικές δυσκολίες, παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες στη φροντίδα τους. Η ποιότητα της φροντίδας για τον διαβήτη ποικίλλει μεταξύ των επαγγελματιών υγείας, υποδεικνύοντας την ανάγκη για συστηματικές βελτιώσεις. Ο διαβήτης αποτελεί σημαντική οικονομική επιβάρυνση, με το ετήσιο κόστος στις ΗΠΑ το 2022 να ανέρχεται σε 413 δισεκατομμύρια δολάρια. Το οικονομικό κόστος αυξήθηκε κατά 7% μεταξύ του 2017 και του 2022, λόγω του αυξημένου επιπολασμού και του κόστους ανά άτομο.

Τα άτομα με διαβήτη αντιμετωπίζουν οικονομικές δυσκολίες που σχετίζονται με αυξημένη γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη και συμπτώματα κατάθλιψης. Αυτό συνεπάγεται ότι απαιτούνται συνεχείς στρατηγικές υγείας του πληθυσμού για τη μείωση του κόστους και την παροχή βελτιστοποιημένης φροντίδας. (Committee, Improving Care and Promoting Health in Populations: Standards of Care in Diabetes-2024, 2024)

Η χρήση της συνεχούς υποδόριας έγχυσης ινσουλίνης (CSII) βελτιώνει τον γλυκαιμικό έλεγχο και μειώνει τον κίνδυνο υπογλυκαιμίας, αλλά απαιτεί συνεχή φροντίδα, ελέγχους και συντήρηση του εξοπλισμού. Αυτό περιλαμβάνει την καθημερινή επισκευή και συντήρηση του εξοπλισμού, όπως η αλλαγή των κασετών ινσουλίνης, ο έλεγχος της λειτουργίας της αντλίας και η αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν. Επιπλέον, περιλαμβάνει τη συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης και την προσαρμογή των ρυθμίσεων της αντλίας ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενούς. Οι οικονομικές πτυχές περιλαμβάνουν τις δαπάνες για την αγορά και τη συντήρηση της αντλίας, καθώς και την προσβασιμότητα σε αυτήν τη θεραπεία. Προκλήσεις όπως η εκπαίδευση δηλαδή η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της αντλίας, η αναγνώριση και η αντιμετώπιση προβλημάτων, και η σωστή προσαρμογή των ρυθμίσεων σύμφωνα με τις ανάγκες του ασθενούς πρέπει να αντιμετωπιστούν με κατάλληλες λύσεις και πολιτικές υγείας, που θα διασφαλίζουν την ισότητα στην πρόσβαση για θεραπεία. (Benkhadra, 2017)

Οι προκλήσεις και τα εμπόδια στην πρόσβαση και χρήση των συσκευών διαχείρισης του διαβήτη αφορούν κυρίως την εκπαίδευση, την τεχνολογική κατάρτιση και την υποστήριξη. Πολλά άτομα δεν έχουν την απαιτούμενη εκπαίδευση για τη σωστή χρήση των συσκευών, κάτι

που επηρεάζει αρνητικά τα αποτελέσματά τους. Επιπλέον, η τεχνολογική κατάρτιση των επαγγελματιών υγείας ποικίλλει, με αποτέλεσμα να μην είναι πάντα σε θέση να υποστηρίξουν πλήρως τους ασθενείς. Ορισμένα άτομα δυσκολεύονται να έχουν πρόσβαση σε εκπαίδευση λόγω κοινωνικοοικονομικών περιορισμών ή γλωσσικών φραγμών, ειδικά σε μειονότητες. Στο σχολικό περιβάλλον, η έλλειψη εκπαιδευμένου προσωπικού και συσκευών έκτακτης ανάγκης μπορεί να δυσκολέψει τη διαχείριση του διαβήτη για τους μαθητές. Αυτά τα εμπόδια υπογραμμίζουν την ανάγκη για καλύτερη εκπαίδευση, υποδομές και πρόσβαση σε τεχνολογία. (Committee, Diabetes Technology: Standards of Care in Diabetes—2024, 2024)

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στις νέες τεχνολογίες για τη διαχείριση του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1 (ΣΔΤ1) σε παιδιά και εφήβους, με έμφαση στις προκλήσεις που εξακολουθούν να υπάρχουν και στις μελλοντικές κατευθύνσεις για βελτίωση. Αν και τα Συστήματα Συνεχούς Καταγραφής Γλυκόζης (CGM) και οι αντλίες ινσουλίνης προσφέρουν σημαντικά οφέλη στην αντιμετώπιση της νόσου, εξακολουθούν να υπάρχουν εμπόδια στην ευρεία υιοθέτηση τους. Ένα βασικό εμπόδιο είναι το κόστος των συσκευών, το οποίο περιορίζει την πρόσβαση σε ασθενείς με χαμηλότερο εισόδημα. Επίσης, απαιτείται εκπαίδευση τόσο για τους ασθενείς όσο και για τους επαγγελματίες υγείας, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τις νέες τεχνολογίες. Επιπλέον, η ανάγκη για συνεχή τεχνική υποστήριξη δημιουργεί πρόσθετες προκλήσεις για τα συστήματα υγείας.

Σε αυτό το πλαίσιο, οι μελλοντικές κατευθύνσεις επικεντρώνονται στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Πρώτα απ' όλα, η ενίσχυση της εκπαίδευσης σχετικά με τις νέες τεχνολογίες είναι ζωτικής σημασίας. Προγράμματα κατάρτισης για ασθενείς, γονείς και επαγγελματίες υγείας θα πρέπει να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν για να διευκολυνθεί η αποτελεσματική χρήση των συσκευών. Επιπλέον, η προώθηση της τηλεϊατρικής είναι μια σημαντική κατεύθυνση που μπορεί να διευκολύνει την πρόσβαση σε εξειδικευμένη φροντίδα, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές. Η τηλεϊατρική επιτρέπει την παρακολούθηση των ασθενών από απόσταση, μειώνοντας την ανάγκη για φυσική παρουσία και κάνοντας τη φροντίδα πιο προσιτή.

Μια άλλη κατεύθυνση είναι η προσαρμογή της φροντίδας στις ατομικές ανάγκες των ασθενών. Εξατομικευμένες προσεγγίσεις, όπως η χρήση τεχνητής νοημοσύνης (AI) για την πρόβλεψη των επιπέδων γλυκόζης και την προσαρμογή της θεραπείας, μπορούν να βελτιώσουν την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 στα παιδιά και τους εφήβους.

Βιβλιογραφία

- Alexander , K., Romona , G. D., Jeffrey , K., & Linda , Ö. (2022, February 1). The Benefits of Utilizing Continuous Glucose Monitoring of Diabetes Mellitus in Primary Care: A Systematic Review. *J Diabetes Sci Technol*, 17(3), σσ. 762-774. doi:10.1177/19322968211070855
- Alice L. , J., Carmella , E.-M., & Richard A. , O. (2022, August 22). Precision medicine in type 1 diabetes. *Springer*, 56, σσ. 1854-1866. Ανάκτηση Mrch 12, 2024, από <https://link.springer.com/article/10.1007/s00125-022-05778-3>
- Almeida, A. L. (2015, Novembe 14). The Role of Family Functioning on Metabolic Control and Quality of Life in Adolescents with Type 1 Diabetes Mellitus. Στο A. L. Almeida, *Major Topics in Type 1 Diabetes*. doi:DOI: 10.5772/60732
- Ammira Al-Shabeeb, A., Esraa , Y., Aljazi , A.-M., Elbay , A., Khulod , A.-M., & Khalid , F. A. (2021, April 01). Diagnosis and treatment of type 1 diabetes at the dawn of the personalized medicine era. *Journal of Translational Medicine*, 19(1). doi:<https://doi.org/10.1186/s12967-021-02778-6>
- Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S., & Brooks, H. L. (χ.χ.). *Ganog's Ιατρική Φυσιολογία*. Broken Hill Publishers LTD, Π.Χ. Πασχαλίδης. Ανάκτηση February 25, 2024
- Bart , R. O., Thomaidou, S., René , v., & Arnaud , Z. (2020, December 8). Type 1 diabetes mellitus as a disease of the β -cell (do not blame the immune system?). *Springer Nature*, 3(17), σσ. 150-161. doi:10.1038/s41574-020-00443-4
- Bassi, M. P. (2023, January 26). One-year follow-up comparison of two hybrid closed-loop systems in Italian children and adults with type 1 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 14. doi:DOI 10.3389/fendo.2023.1099024
- Battelino, T. D. (2019, June 8). Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus on Time in Range. *Diabetes care*, 42(2), σσ. 1593-1603. doi:<https://doi.org/10.2337/dci19-0028>
- Benkhadra, K. A. (2017, August 1). Continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections in individuals with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Springerlink - Endocrine*, 55(1), σσ. 77-84. doi:<https://doi.org/10.1007/s12020-016-1039-x>

- Bergental, R. M., Garg, S., & Weinzimer, S. A. (2016). Safety of a Hybrid Closed-Loop Insulin Delivery System in Patients With Type 1 Diabetes. *316*(13), σσ. 1407-1408. doi:10.1001/jama.2016.11708
- Berget, C., Messer, L. H., & Forlenza, G. P. (2019, August 1). A Clinical Overview of Insulin Pump Therapy for the Management of Diabetes: Past, Present, and Future of Intensive Therapy. *Diabetes Spectrum*, *32*(3), σσ. 194-204. doi:https://doi.org/10.2337/ds18-0091
- Bernt, J., Frederik, F., Stephen, C., & Matthias, v. (2021, February 17). Current and future therapies for type 1 diabetes. *Springer Link*, *64*, σσ. 1037-1048. Ανάκτηση 2024, από <https://link.springer.com/article/10.1007/s00125-021-05398-3>
- Biswas, T. B. (2023, March 10). Technology in the Management of Type 1 and Type 2 Diabetes Mellitus: Recent Status and Future Prospects. *Springer Link*, σσ. 111-136. Ανάκτηση από https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-0027-3_6
- Blair, J. C. (2019, April 3). Continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injection regimens in children and young people at diagnosis of type 1 diabetes: pragmatic randomised controlled trial and economic evaluation. *BMJ (Clinical research ed.)*. doi:https://doi.org/10.1136/bmj.11226
- Borase, R. P. (2020, July 17). A review of PID control, tuning methods and applications. *Springer Link*, *9*, σσ. 818-827. doi:https://doi.org/10.1007/s40435-020-00665-4
- Boughton, C. K., & Hovorka, R. (2021, March 22). New closed-loop insulin systems. *Diabetologia - Springer Link*, *64*, σσ. 1007-1015. doi:https://doi.org/10.1007/s00125-021-05391-w
- Brown, S. A. (2019, October 16). Six-Month Randomized, Multicenter Trial of Closed-Loop Control in Type 1 Diabetes. *The New England journal of medicine*, *381*(18), σσ. 1707-1717. doi:10.1056/NEJMoa1907863
- Burckhardt, M.-A., Roberts, A., Smith, G. J., Abraham, M. B., Davis, E. A., & Jones, T. W. (2018, December). The Use of Continuous Glucose Monitoring With Remote Monitoring Improves Psychosocial Measures in Parents of Children With Type 1 Diabetes: A Randomized Crossover Trial. *Diabetes Care* *2018*, *41*(12), σσ. 2641-2643. doi:https://doi.org/10.2337/dc18-0938
- Butterfield, R. D., & Sims, N. M. (2024). Performance of a Continuous Subcutaneous Insulin Infusion (CSII) Pump with Acoustic Volume and Flow Sensing in Simulated HighConsequence

- Situations. *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, σσ. 1-7. doi:10.1109/OJEMB.2024.3408092
- Carlson, A. L.-B.-T. (2022, March 14). Safety and Glycemic Outcomes During the MiniMed™ Advanced Hybrid Closed-Loop System Pivotal Trial in Adolescents and Adults with Type 1 Diabetes. *Mary Ann Liebert, Inc. - Diabetes Technology & Therapeutics*, 24(3), σσ. 178-189. doi: 10.1089/dia.2021.0319
- Chiang, J., Maahs, D., Garvey, K., Hood, K., Laffel, L., Weinzimer, S., . . . Schatz, D. (2018, September 1). Type 1 Diabetes in Children and Adolescents: A Position Statement by the American Diabetes Association. *41(9)*, σσ. 2026-2044. doi:https://doi.org/10.2337/dci18-0023
- Chobot, A., Piona, C., Bombaci, B., Kamińska-Jackowiak, O., Mancioffi, V., & Passanisi, S. (2024, July 27). Exploring the Continuous Glucose Monitoring in Pediatric Diabetes: Current Practices, Innovative Metrics, and Future Implications. *Children 2024*, 11(8). doi: https://doi.org/10.3390/children11080907
- Cinar, A. (2019, August 01). Automated Insulin Delivery Algorithms. *Diabetes Spectrum*, 32(3), σσ. 209-214. doi:https://doi.org/10.2337/ds18-0100
- Clarke, S., & Foster, J. (2012). A history of blood glucose meters and their role in self-monitoring of diabetes mellitus. *Br J Biomed Sci*, 62(2), σσ. 83-89. Ανάκτηση 2024, από <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22872934/>
- Committee, A. D. (2024). Diabetes Technology: Standards of Care in Diabetes—2024. *Diabetes Care 2024*, σσ. 126-144. doi:https://doi.org/10.2337/dc24-S007
- Committee, A. D. (2024, January). Improving Care and Promoting Health in Populations: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care 47(Suppl 1)*, 1(47), σσ. 11-19. doi:10.2337/dc24-S001.
- Dhediya, R. C. (2023). Role of Telemedicine in Diabetes Management. *Journal of diabetes science and technology*, 17(3), σσ. 775-781. doi:https://doi.org/10.1177/19322968221081133
- Doctor 4 all. (2024, October 13). Ανάκτηση από <https://www.doctor4all.gr/portal/mainmenu-26/mainmenu-34/665-2017-02-17-11-03-45>
- Drake, R. L., Volg, W., & Adam, M. W. (2006). *GRAY'S Ανατομία* (2η Ελληνική Εκδοση εκδ.). (Π. Ν. Σκανδαλάκης, Μεταφρ.) Π.Χ. Πασχαλίδης. Ανάκτηση 02 25, 2024

- Farrukh , K. A., Khan , Z., Mabrook , A.-R., Abdelouahid, D., & Syed Ahmad , C. (2021, February 12). Detection and Prediction of Diabetes Using Data Mining: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 9, σσ. 43711-43735. doi:10.1109/ACCESS.2021.3059343
- Giacomo , C., Martina, V., Giovanni , S., & Andrea , F. (2019, July 25). Continuous Glucose Monitoring Sensors for Diabetes Management: A Review of Technologies and Applications. *Diabetes&Metabolism Journal*, 43(4), σσ. 383-397. doi: <https://doi.org/10.4093/dmj.2019.0121>
- Glykouli.gr diabetics Online*. (2024, October 13). Ανάκτηση από <https://glykouli.gr/>
- Group, T. J. (2008, October 2). Continuous Glucose Monitoring and Intensive Treatment of Type 1 Diabetes. *The New England Journal of Medicine*, 359(14), σσ. 1464-1476. doi:DOI: 10.1056/NEJMoa0805017
- Guyton, A. C. (2004). *Φυσιολογία του ανθρώπου* (Πέμπτη εκδ.). (Α. Ευαγγέλου , Επιμ., & Α. Ευαγγέλου, Μεταφρ.) Αθήνα: Ιτρικές Εκδόσεις Λίτσας. Ανάκτηση February 25, 2024
- Haidar, A. (2019, August). Insulin-and-Glucagon Artificial Pancreas Versus Insulin-Alone Artificial Pancreas: A Short Review. *Diabetes Spectrum*, 32(3), σσ. 215-221. doi:10.2337/ds18-0097
- Hegla , F., & Wolfgang, K. (2009). *Εγχειρίδιο Περιγραφικής Ανατομικής*. (Δ. Λ. Αρβανιτίδης , Π. Ν. Σκανδαλάκης , & Θ. Σ. Δημητρίου, Επιμ.) Ανάκτηση Μάρτιος 5, 2024
- Hemoglobe. (2024, October 13). *Hemoglobe*. Ανάκτηση από <https://hemoglobe15.com/omnipod/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1-omnipod-dash/%CE%BB%CE%AF%CE%B3%CE%B1-%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF-omnipod/>
- Hilliard, M. E. (2020, April). Assessing Health-Related Quality of Life in Children and Adolescents with Diabetes: Development and Psychometrics of the Type 1 Diabetes and Life (T1DAL) Measures. *Journal of Pediatric Psychology*, 45, σσ. 328-339. doi:<https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsz083>
- Hirose, M. B. (2012, August 12). Quality of Life and Technology: Impact on Children and Families With Diabetes. *Springer Link*, 12, σσ. 711-720. doi:DOI 10.1007/s11892-012-0313-4

- Howard C, Z., Timothy S, B., Sherwyn , S., Robert E. , R., & Jonathan , W. (2009, Septeber). Accuracy of the SEVEN® Continuous Glucose Monitoring System: Comparison with Frequently Sampled Venous Glucose Measurements. *J Diabetes Sci Technol*, 3(5), σσ. 1146-1154. doi:10.1177/193229680900300519
- Jaclyn Lennon , P., Lindsay M., A., Kimberly , G., Marissa A, F., Jenna B. , S., Meredyth , E., . . . Jill , W.-B. (2019). Psychosocial Aspects of Diabete tes Technology Use The Child and Family Perspective. *Elsevier Inc.* doi:https://doi.org/10.1016/j.ecl.2019.10.004
- Kariyawasam, D. M. (2022, March). Hybrid closed-loop insulin delivery versus sensor-augmented pump therapy in children aged 6-12 years: a randomised, controlled, cross-over, non-inferiority trial. *The Lancet. Digital health*, 4(3), σσ. 158-168. doi:https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00271-5
- Kubiak, T. P.-K. (2020). Psychosocial aspects of diabetes technology. *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*, 37(3), σσ. 448-454. doi:https://doi.org/10.1111/dme.14234
- Lawton, J. B. (2018, February 20). Patients' and caregivers' experiences of using continuous glucose monitoring to support diabetes self-management: qualitative study. *BMC Endocrine Disorders*. doi:https://doi.org/10.1186/s12902-018-0239-1
- Mahmood Aamir, K. S. (2021, December 3). A Fuzzy Rule-Based System for Classification of Diabetes. *MDPI, Sensors*, 21(23). doi:https://
- Mamoulakis, D. V. (2018, May 17). Incidence of childhood Type 1 diabetes mellitus in Crete. *DIABETICMedicine*, σσ. 1210-1215. doi:DOI: 10.1111/dme.13681
- Marina , P., Cosimo , G., & Francesco , C. (2020, June 02). Prediction and Prevention of Type 1 Diabetes. *Frontiers*, 11. doi://doi.org/10.3389/fendo.2020.00248
- McGarraugh , G., Ronald , B., & Weinstein , R. (2011, January). FreeStyle Navigator Continuous Glucose Monitoring System with TRUstart Algorithm, a 1-Hour Warm-Up Time. *J Diabetes Sci Technol.*, 5(1), σσ. 99-106. doi:10.1177/193229681100500114
- Mitra M. Fatourechi, Y. C. (2009, March 1). Clinical review: Hypoglycemia with intensive insulin therapy: a systematic review and meta-analyses of randomized trials of continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 3(94), σσ. 729-740. doi:https://doi.org/10.1210/jc.2008-1415

- Monaghan, M. B. (2022, June). Young Children with Type 1 Diabetes: Recent Advances in Behavioral Research. *Current Diabetes Reports*(22). doi:DOI:10.1007/s11892-022-01465-0
- Moore, S. M. (2013, March 22). Adolescents with Type 1 Diabetes: parental perceptions of child health and family functioning and their relationship to adolescent metabolic control. *Health and Quality of Life Outcomes - BMC Part of Springer Nature*. Ανάκτηση από <https://hql.o.biomedcentral.com/articles/10.1186/1477-7525-11-50>
- Moshe , P., Tadej, B., Henry , R., Thomas, D., & Francine , K. (2007, June). Use of Insulin Pump Therapy in the Pediatric Age-Group. *Diabetes Care*, 6, σσ. 1653 - 1662. doi:<https://doi.org/10.2337/dc07-9922>
- Mulroney, S. E., & Myers, A. K. (2010). *Βασικές Αρχές Φυσιολογίας του Ανθρώπου*. (Α. Κοτρώτσιος, Β. Μιχαηλίδου - Στεργίου , Ε. Σπάρδου, Κ. Συμεωνίδου, Κ. Κωστίκας, Θ. Μαριόλης-Σαπάκος, Επιμ., Γ. Ανωγιανάκης, Ε. Παπαδημητρίου , & Δ. Χανιώτης, Μεταφρ.) Κύπρος: Broken Hill Publishers LTD, Π.Χ. Πασχαλίδης. Ανάκτηση February 25, 2024
- Myrlis Christos MD.MSc in HPB*. (χ.χ.). Ανάκτηση February 25, 2024, από <https://smyrlis-surgery.gr/#:https://smyrlis-surgery.gr/%cf%87%ce%b5%ce%b9%cf%81%ce%bf%cf%85%cf%81%ce%b3%ce%b9%ce%ba%ce%ae-%ce%ae%cf%80%ce%b1%cf%84%ce%bf%cf%82-%cf%80%ce%b1%ce%b3%ce%ba%cf%81%ce%ad%ce%b1%cf%84%ce%bf%cf%82-%cf%87%ce%bf%ce%bb%ce%b7%cf%86/pagkreas/>
- Olge, G. D., Steven, J., Dabelea , D., Pihoker, C., Svennson, J., Maniam, J., . . . Patterson, C. C. (2022). Global estimates of incidence of type 1 diabetes in children and adolescents: Results from the International Diabetes Federation Atlas, 10th edition. *Diabetes research and clinical practice*. Ανάκτηση 2024, από [https://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/article/S0168-8227\(21\)00442-3/fulltext](https://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/article/S0168-8227(21)00442-3/fulltext)
- Othmar Moser, M. C.-L. (2020, November 3). Glucose management for exercise using continuous glucose monitoring (CGM) and intermittently scanned CGM (isCGM) systems in type 1 diabetes: position statement of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and of the International Society f. *Wiley Online Library*(21), σσ. 1375 - 1393. doi:<https://doi.org/10.1111/pedi.13105>
- Parviz , P. M., Yoichi , K., Günter , K., & Daniel , L. S. (1994). *Atlas of Exocrine Pancreatic Tumors.Morphology, Biology, and Diagnosis with an International Guide for Tumor*

Classification. Springer-Verlag. Ανάκτηση October 25, 2024, από <https://link.springer.com/book/10.1007/978-4-431-68311-7#toc>

- Pauley, M. E., Berge, C., Messe, L. H., & Forlenza, G. P. (2021). Barriers to Uptake of Insulin Technologies and Novel Solutions. *14*, σσ. 339-354. doi:10.2147/MDER.S312858
- Peacock, S., Frizelle, I., & Hussain, S. (2023, April 5). A Systematic Review of Commercial Hybrid Closed-Loop Automated Insulin Delivery Systems. *Diabetes Therapy*, *14*, σσ. 839-855. doi:doi.org/10.1007/s13300-023-01394-5.
- Peter G. , J., Pau , H., Andrea , F., Josep , V., Boris , K., Marc D. , B., . . . Clara , M.-L. (2023, November 9). Artificial Intelligence and Machine Learning for Improving Glycemic Control in Diabetes: Best Practices, Pitfalls, and Opportunities. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, *17*, σσ. 19-41. doi:10.1109/RBME.2023.3331297
- Pharmacy managment και επικοινωνία*. (2024, October 13). Ανάκτηση από <https://www.pharmamanager.gr/cgm-covid-19/>
- Pickup, J. K., & Mattock, M. (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*, *324*(7339), σσ. 705 - 706. doi:<https://doi.org/10.1136/bmj.324.7339.705>
- Psavko, S. K. (2022, Oct-Dec 15). *Usability and Teachability of Continuous Glucose Monitoring Devices in Older Adults and Diabetes Educators: Task Analysis and Ease-of-Use Survey*. doi:10.2196/42057
- Richard, I. A. (2013, June 20). Delivering on George Eisenbarth's visionary pursuit of understanding pathogenesis and prevention of type 1 diabetes. *Mary Ann Liebert, Inc*, *15*(S2), σσ. 4-7. doi:doi.org/10.1089/dia.2013.0106
- Rodaki, M. C. (2021, January 03). Using trend arrows in continuous glucose monitoring systems for insulin adjustment in clinical practice: Brazilian Diabetes Society Position Statement. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, *13*(2). doi:<https://doi.org/10.1186/s13098-020-00607-2>
- Sanderson, E. A. (2021, July 19). Continuous Glucose Monitoring Improves Glycemic Outcomes in Children With Type 1 Diabetes: Real-World Data From a Population-Based Clinic. *Continuous Glucose Monitoring Improves Glycemic Outcomes in Children With Type 1*

- Diabetes: Real-World Data From a Population-Based Clinic*, 44(9), σσ. 171-172. doi:<https://doi.org/10.2337/dc21-0304>
- Saurabh , T. S., Ryan , Z., & Michael , Y. (2023, April 5). *StatPearls*. Ανάκτηση February 25, 2024, από National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532912/>
- Shafiqul, I., Marwa , Q. K., Samir , B. B., & Goran , P. (2021, April 19). Long-term HbA1c prediction using multi-stage CGM data analysis. *IEEE Sensors Journal*, 21(13), σσ. 15237-15247. doi:10.1109/JSEN.2021.3073974
- Sherr, J. L. (2018). Closing the loop on managing youth with type 1 diabetes: Children are not just small adults. *Diabetes Care*, 41(8), σσ. 1572-1578. doi:<https://doi.org/10.2337/dci18-0003>
- Tamborlane, W. B.-S. (2008, October 2). Continuous glucose monitoring and intensive treatment of type 1 diabetes. *N Engl J Med*, 359(14). doi:DOI: 10.1056/NEJMoa0805017
- Tauschmann, M. T. (2018). Closed-loop insulin delivery in suboptimally controlled type 1 diabetes: a multicentre, 12-week randomised trial. *The Lancet*, σσ. 1321-1329. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31947-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31947-0)
- Thabit, H., & Hovorka, R. (2016, June 30). Coming of age: the artificial pancreas for type 1 diabetes. *Springer Link*, 59, σσ. 1795-1805. doi:10.1007/s00125-016-4022-4
- Timothy S. Bailey, A. C. (2015). Clinical Accuracy of a Continuous Glucose monitoring system with an advanced algorithm. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 9(2), σσ. 209-2014. doi:10.1177/1932296814559746
- Vettoretti, M. C. (2020, July 10). Advanced Diabetes Management Using Artificial Intelligence and Continuous Glucose Monitoring Sensors. *Sensors*, 20. doi: <https://doi.org/10.3390/s20143870>
- Weinzimer, S. A. (2008, May). Fully Automated Closed-Loop Insulin Delivery Versus Semiautomated Hybrid Control in Pediatric Patients With Type 1 Diabetes Using an Artificial Pancreas. *Diabetes Care*, 31(5), σσ. 934-939. doi:<https://doi.org/10.2337/dc07-1967>
- Wheeler, B. J., Collyns, O. J., Meier, R. A., Betts, Z. L., Frampton, C., Frewen, C. M., . . . de Bock, M. I. (2021, August 27). Improved technology satisfaction and sleep quality with Medtronic MiniMed® Advanced Hybrid Closed-Loop delivery compared to predictive low glucose suspend in people with Type 1 Diabetes in a randomized crossover trial. *Acta Diabetologica Springer Link*, 59, σσ. 31-37. Ανάκτηση June 2024, από <https://link.springer.com/article/10.1007/s00592-021-01789-5>

- Wiktoría , S., Jonas , C., Katarína , B., & Bert , A. (2021, December 9). Impact of Custom Features of Do-it-yourself Artificial Pancreas Systems (DIYAPS) on Glycemic Outcomes of People with Type 1 Diabetes. *43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*. doi:10.1109/EMBC46164.2021.9629487
- Zhang, K. H. (2024). Telemedicine in Improving Glycemic Control Among Children and Adolescents With Type 1 Diabetes Mellitus: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Med Internet Res*, 26. doi:10.2196/51538
- Αναστασία, Δ. Ι. (2024, October 13). Δρ. Ιωάννου Αναστασία. Ανάκτηση από Δρ. Ιωάννου Αναστασία: <https://hemoglob15.com/omnipod/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1-omnipod-dash/%CE%BB%CE%AF%CE%B3%CE%B1-%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF-omnipod/>
- Δημητριάδης, Γ., Ιωαννίδη, Ι., Μακρυλάκης, Κ., Μαυρογιαννάκη, Α., Μελιδώνης, Α., Μυγδάλης, Η., . . . Σωτηρόπουλος, Α. (2024). *Κατευθυντήριες οδηγίες για τον Σακχαρώδη Διαβήτη της Ελληνικής διαβητολογικής εταιρείας* (Ιατρικές εκδόσεις "Σελίδα" εκδ.). Ανάκτηση Μάρτιος 10, 2024, από https://drive.google.com/file/d/1L-zjpv1cYIWlItTDvIW_ljZR4q7esZkx/view
- ΕΤΑΙΡΕΙΑ, Ε. Δ. (2022). *Κατευθυντήριες Οδηγίες για τον Σακχαρώδη Διαβήτη*. Αθήνα: "ΣΕΛΙΔΑ". Ανάκτηση Απρίλιος 2024, από <https://www.hasd.gr/innet/UsersFiles/docs/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B5%CF%85%CE%B8%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B5%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%AF%CE%B5%CF%82%20%CE%95%CE%94%CE%95%202022.pdf>
- Όμιλος ιατρικού Αθηνών και Μητέρα με ευθύνη για τη ζωή. (2024, October 13). Ανάκτηση από [https://www.iatriko.gr/el/content/tehnologia-kai-diaheirisi-toy-sakharodi-diaviti-sta-
paidia?cl=609](https://www.iatriko.gr/el/content/tehnologia-kai-diaheirisi-toy-sakharodi-diaviti-sta-paidia?cl=609) και <https://www.mitera.gr/>
- Παπαζαφειροπούλου, Α. Κ., & Αντωνόπουλος , Σ. (2020). Η σημασία της συνεχούς καταγραφής γλυκόζης στην αντιμετώπιση του σακχαρώδους διαβήτη. *Επιστημονικά χρόνια*, 25(4), σσ. 590-615. Ανάκτηση από http://www.tzaneio.gr/wp-content/uploads/epistimonika_xronika/p20-4-3.pdf

