



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών

Σχεδίαση και ανάπτυξη πρωτότυπων Μηχανισμών
Παιχνιδοποίησης για την εκπαίδευση παιδιών με
Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1.

Διπλωματική Εργασία των
Ειρήνη Αγγελούδη - Αικατερίνη Γιαννούκου

Επιβλέπουσα: Κωνσταντίνα Σ. Νικήτα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούνιος 2017



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών

Σχεδίαση και ανάπτυξη πρωτότυπων Μηχανισμών Παιχνιδοποίησης για την εκπαίδευση παιδιών με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1.

Διπλωματική Εργασία των
Ειρήνη Αγγελούδη - Κατερίνα Γιαννούκου

Επιβλέπουσα: Κωνσταντίνα Σ. Νικήτα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 16 Ιουνίου, 2017.

Κωνσταντίνα Σ. Νικήτα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Γεώργιος Στάμου
Επίκουρος Καθηγητής
Ε.Μ.Π

Ανδρέας Σταφυλοπάτης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούνιος 2017

Αγγελούδη Ειρήνη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Γιαννούκου Αικατερίνη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ειρήνη Αγγελούδη, Αικατερίνη Γιαννούκου, 2017.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. **All rights reserved.**

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 το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η σχεδίαση και υλοποίηση πρωτότυπων μηχανισμών παιχνιδοποίησης για την εκπαίδευση παιδιών με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1 (ΣΔΤ1). Ο ΣΔΤ1 είναι μη ιάσιμη μεταβολική ασθένεια, η οποία χαρακτηρίζεται από την απορρύθμιση του μεταβολισμού γλυκόζης και οφείλεται σε μειωμένη έκκριση ινσουλίνης από το πάγκρεας. Εμφανίζεται συνήθως σε νεαρές ηλικίες, προκαλώντας πλήθος σωματικών και ψυχολογικών επιπλοκών. Οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπλοκές μπορούν να αποφευχθούν μέσω γλυκαιμικού ελέγχου, ο οποίος συνίσταται στην τακτική μέτρηση των επιπέδων γλυκόζης, στην εξωγενή χορήγηση ινσουλίνης και στον υγιεινό τρόπο ζωής. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην επίτευξη ορθού γλυκαιμικού ελέγχου παίζει η έγκαιρη εκπαίδευση των παιδιών/εφήβων με ΣΔΤ1. Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στην σχεδίαση και υλοποίηση πρωτότυπων μηχανισμών παιχνιδοποίησης για τη μετάδοση σημαντικών μηνυμάτων με βιωματικό τρόπο.

Οι μηχανισμοί παιχνιδοποίησης σχεδιάστηκαν με βάση προκαθορισμένο εννοιολογικό πλαίσιο “σοβαρού παιχνιδιού” που αποτελείται από τρία επίπεδα: το επίπεδο της προσομοίωσης ημέρας, κατά το οποίο προσομοιώνεται η καθημερινότητα του βασικού χαρακτήρα του παιχνιδιού που πάσχει από ΣΔΤ1 και ο χρήστης καλείται να λάβει αποφάσεις για τον ορθό γλυκαιμικό του έλεγχο (επιλογή γευμάτων, μετρήσεων γλυκόζης, χορήγηση ινσουλίνης, φυσική άσκηση), το επίπεδο δράσης, το οποίο έχει καθαρά ψυχαγωγικό χαρακτήρα και το επίπεδο ανασκόπησης. Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκαν μηχανισμοί που προστέθηκαν στο επίπεδο προσομοίωσης της ημέρας και αφορούν σε εξατομικευμένες δοκιμασίες για κάθε χρήστη που ανταποκρίνονται στην απόδοσή του και τον εκπαιδεύουν σταδιακά στους διάφορους τομείς που συνιστούν τον γλυκαιμικό έλεγχο. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη δημιουργία του επιπέδου ανασκόπησης, στο οποίο συγκεντρώνονται και απεικονίζονται οι επιλογές του χρήστη κατά τη διάρκεια του επιπέδου της ημέρας και αξιολογούνται τα αποτελέσματά τους. Σημαντικό στοιχείο του επιπέδου αυτού είναι η απεικόνιση της καμπύλης γλυκόζης, που προκύπτει από την προσομοίωση της ημέρας και όπου ο χρήστης μπορεί να πειραματιστεί μεταβάλλοντας τις επιλογές του, αλλά και να δοκιμαστεί σε προκλήσεις ώστε να κατανοήσει καλύτερα τον τρόπο που συγκεκριμένοι παράγοντες (διατροφή, ινσουλίνη) επηρεάζουν το μεταβολισμό γλυκόζης. Παράλληλα, στο επίπεδο αυτό παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα επικοινωνίας με άλλους χρήστες, με στόχο την προώθηση της κοινωνικοποίησής του ώστε να προλαμβάνεται/αντιμετωπίζεται η εμφάνιση καταθλιπτικών συμπτωμάτων. Όλα τα παραπάνω επιτυγχάνονται μέσω της διασύνδεσης του παιχνιδιού με μία βάση δεδομένων, στην οποία αποθηκεύονται τα στοιχεία σύνδεσης των χρηστών και οι επιδόσεις τους, ενώ παράλληλα το παιχνίδι ανατροφοδοτείται με τα αποθηκευμένα στοιχεία με σκοπό την επίτευξη εξατομίκευσης. Τέλος, το επίπεδο της ανασκόπησης θεωρήθηκε αρκετά ολοκληρωμένο ώστε να αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία ενός αυτόνομου σοβαρού παιχνιδιού, στο οποίο καθίσταται δυνατή η εισαγωγή δεδομένων που αφορούν λήψη γευμάτων, δόσεων ινσουλίνης και μετρήσεων της γλυκόζης και η απεικόνιση της προκύπτουσας καμπύλης γλυκόζης καθώς και η εκμετάλλευση των περαιτέρω δυνατοτήτων που παρέχει το επίπεδο αυτό. Το συγκεκριμένο σοβαρό παιχνίδι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως προσωπικό ημερολόγιο του χρήστη, για την αποθήκευση των καθημερινών του ενεργειών για τη διαχείριση της ασθένειάς του.

Λέξεις κλειδιά:

Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 1, Σοβαρό Παιχνίδι, Εφαρμογή Παιχνιδοποίησης, Καμπύλη Γλυκόζης, Εξατομίκευση

Abstract

The present Diploma Thesis aims at the design and development of prototype gamification mechanisms able to train children with Diabetes Mellitus Type 1 (T1DM). T1DM is a metabolic disease characterized by deregulation of glucose metabolism and is caused by reduced insulin secretion from the pancreas. It usually occurs at younger ages, causing a great number of physical and psychological complications. Optimal glycemic control may prevent the onset of short-term and long-term diabetes related complications and involves regular glucose measurements, exogenous insulin administration and effective lifestyle behavioural changes. The present thesis aims at the design and the development of prototype gamification mechanisms able to transmit important messages in an experiential manner.

The gamification mechanisms have been designed based on a pre-defined conceptual framework of a serious game consisting of three levels: the first one simulates the daily routine of the main character, a child that suffers from T1DM, while the user is required to make decisions regarding proper glycemic control (choice of meals, glucose measurements, insulin injections, physical exercise). The second part is action based and exists for purely entertaining purposes and the third one is a Review level. Particularly, within the framework of the present thesis, several gamification mechanisms have been developed to be included in the level of the simulation of daily habits, such as personalized challenges for each user according to his/her performance in order to gradually teach him/her the various areas that glycemic control consists of. Particular emphasis has been given on the deployment of the Review level, where the user's choices during the level of simulation of daily habits are evaluated and visualized. An important element of this level is the depiction of the glucose profile (curve), where the users can experiment by altering their choices and addressing challenges so as to develop a deeper understanding of how various factors affect the glucose metabolism. At the same time, this level enables users' interaction, promoting, thus, socialising in order to prevent/treat depression. The serious game is linked with a database, where user login credentials and performance records are stored in order to achieve personalisation. Finally, the Review level has provided the basis towards the creation of a stand-alone gamification application, where the user can input data regarding meal intake, insulin doses and glucose measurements and evaluate the resulting glucose curve. This application can also be used as a personal diary for the user to store his/her daily medical data and lifestyle habits.

Keywords:

Diabetes Mellitus Type 1, Serious Game, Gamification, Glucose Curve, Personalization

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την Καθηγήτρια ΕΜΠ κα Κωνσταντίνα Νικήτα για την ευκαιρία που μας έδωσε να εκπονήσουμε τη διπλωματική μας εργασία στο Εργαστήριο Βιοϊατρικών Προσομοιώσεων και Απεικονιστικής Τεχνολογίας, καθώς και να μελετήσουμε ένα θέμα εξαιρετικά ενδιαφέρον και καινοτόμο.

Ακόμη, ιδιαίτερα ευχαριστούμε τη διδάκτορα κα Κωνσταντία Ζαρκογιάννη, καθώς επίσης τους υποψήφιους διδάκτορες Κωνσταντίνο Μήτση και Μαρία Αθανασίου για την καθοδήγηση, την υποστήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές τους σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μας εργασίας.

Τέλος, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειες και στους φίλους μας για την στήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Αγγελούδη Ειρήνη
Γιαννούκου Αικατερίνη

Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Παραγωγή και δράση της ινσουλίνης και της γλυκαγόνης	17
1.2	Βιολογικές δράσεις των πεπτιδίων GLP-1 και GIP σε διάφορα όργανα και ιστούς	18
1.3	Μορφολογία παγκρεατικών νησιδίων φυσιολογικά και στον ΣΔ Τύπου 2	20
1.4	Συγκριτικός πίνακας ΔΚΟ - ΥΥΚ	22
1.5	Χρόνιες Επιπλοκές του Σακχαρώδους Διαβήτη	24
1.6	Εξάπλωση ΣΔ το 2015 και αναμενόμενη εξάπλωση το 2040	30
1.7	Εκτίμηση του ποσοστού των ατόμων που πάσχουν από ΣΔ για το 2015	30
1.8	Επικράτηση των ατόμων με διαβήτη κατά ηλικία και φύλο, 2015	31
1.9	Εκτίμηση των νέων χρουσμάτων ΣΔΤ1 σε παιδιά ανά 100 χιλιάδες τον χρόνο, 2015	32
1.10	Αριθμός των ατόμων που πάσχουν από ΣΔ και δεν έχει διαγνωστεί, 2015	32
1.11	Θάνατοι ενηλίκων που οφείλονται (από αριστερά προς δεξιά) στον ΣΔ, στο AIDS, στη φυ- ματίωση και στη μαλάρια	33
1.12	Συνολικές δαπάνες για τον ΣΔ για κάθε χώρα, 2015	34
1.13	Δαπάνες για τον ΣΔ για κάθε χώρα ανά άτομο, 2015	34
1.14	Μέτρηση γλυκόζης με χρήση Συμβατικής Διάταξης Μέτρησης Γλυκόζης (fingerstick)	36
1.15	GlucoWatch G2 Biographer	37
1.16	Διάφορα στυλό ινσουλίνης (insulin pens)	40
1.17	Αντλία Έγχυσης Ινσουλίνης	40
1.18	Τρεις διαφορετικοί τρόποι έγχυσης ινσουλίνης. Από αριστερά προς τα δεξιά: στυλό ινσουλίνης, έγχυση σε μορφή πίδακα υψηλής πίεσης και αντλία έγχυσης ινσουλίνης	41
1.19	Τεχνητό πάγκρεας	42
1.20	Η βασική δομή του H_{∞} προβλήματος	44
2.1	Σχέσεις παιχνιδοποίησης, βιντεοπαιχνιδιών, σοβαρών παιχνιδιών και ηλεκτρονικής εκπαίδευσης	46
2.2	1.Γραφικό περιβάλλον παιχνιδιού (πάνω αριστερά) 2.Επιλογή τροφής (πάνω δεξιά) 3.Περι- βάλλον φυσικής άσκησης (κάτω αριστερά) 4.Προειδοποιητικό μήνυμα υπογλυκαιμίας (κάτω δεξιά)	51
2.3	Αξιολόγηση και επιβράβευση χρήστη	51
2.4	Ο διατροφικός οδηγός του παιχνιδιού	52
2.5	Το γραφικό περιβάλλον του παιχνιδιού	52
2.6	Το γραφικό περιβάλλον του παιχνιδιού	53
2.7	Το περιβάλλον εισαγωγής μετρήσεων γλυκόζης στο παιχνίδι	54
2.8	Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής	54

2.9	Δοκιμασία διατροφής	55
2.10	Δοκιμασία επίλυσης προβλήματος	56
3.1	Εννοιολογικό πλαίσιο σοβαρού παιχνιδιού	60
3.2	Εννοιολογικό πλαίσιο αυτόνομου σοβαρού παιχνιδιού	62
3.3	Στο σύστημα του Leitner σωστά απαντημένες κάρτες μεταβιβάζονται στο επόμενο, πιο αραιά επισκεπτόμενο κουτί, ενώ λάθος απαντημένες κάρτες επιστρέφουν στο πρώτο κουτί	71
3.4	Μια παραλλαγή στο σύστημα του Leitner όπου οι λάθος απαντημένες κάρτες επιστρέφουν πίσω κατά ένα κουτί.	71
3.5	Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας του προσομοιωτή UVa/Padova T1DM	83
4.1	Οδηγίες για την δοκιμασία της ημέρας	88
4.2	Ο βοηθητικός χαρακτήρας για τη δοκιμασία της ημέρας	88
4.3	Επιβράβευση του χρήστη για λήψη σωστών αποφάσεων στη δοκιμασία της ημέρας	89
4.4	Αντίδραση του βοηθητικού χαρακτήρα σε σωστή απόφαση του χρήστη	89
4.5	Αντίδραση του βοηθητικού χαρακτήρα σε λανθασμένη απόφαση του χρήστη	89
4.6	Νέα οθόνη για τη λήψη πρωινού γεύματος	90
4.7	Νέα οθόνη για τη λήψη μεσημεριανού γεύματος	90
4.8	Νέα οθόνη για τη λήψη βραδινού γεύματος	91
4.9	Νέα οθόνη για την αγορά τροφίμων στο supermarket	91
4.10	Νέα οθόνη για την αγορά τροφίμων στο κυλικείο του σχολείου	91
4.11	Συνεχείς δόσεις ινσουλίνης	92
4.12	Δυνατότητα λήψης προγευματικής μέτρησης γλυκόζης	92
4.13	Δυνατότητα χορήγησης προγευματικής ινσουλίνης	93
4.14	Οπτικοποίηση συμπτωμάτων υπεργλυκαιμίας - υπογλυκαιμίας	93
4.15	Ανασκόπηση δείκτη μετρήσεων γλυκόζης	94
4.16	Ανασκόπηση δείκτη χορήγησης ινσουλίνης	94
4.17	Ενδιάμεσο δωμάτιο	94
4.18	Ανάγνωση εισερχόμενων μηνυμάτων	95
4.19	Αποστολή μηνυμάτων σε χρήστη	95
4.20	Ο χάρτης των κόσμων της νύχτας	95
4.21	Η απεικόνιση της καμπύλης γλυκόζης	96
4.22	Ο χρήστης αλλάζει μια δόση ινσουλίνης και η εναλλακτική καμπύλη αξιολογείται ως καλύτερη από την αρχική	96
4.23	Ο χρήστης αλλάζει τις επιλογές του στο βραδινό γεύμα και η εναλλακτική καμπύλη αξιολογείται ως χειρότερη από την αρχική	97
4.24	Ο χρήστης επιτυγχάνει στη δοκιμασία και επιβραβεύεται με νομίσματα	97
4.25	Ο χρήστης αποτυγχάνει στη δοκιμασία και προτρέπει να δοκιμάσει ξανά	97
4.26	Το γραφικό περιβάλλον του προσωπικού ημερολογίου	98
4.27	Η λειτουργικότητα του κουμπιού 'Eat'	98
4.28	Ο μηχανισμός εισαγωγής γευμάτων προσωπικό ημερολόγιο	99
4.29	Ο μηχανισμός χορήγησης ινσουλίνης στο προσωπικό ημερολόγιο	99
4.30	Ο μηχανισμός εμφάνισης των επιλογών του χρήστη στο προσωπικό ημερολόγιο	99
4.31	Ο μηχανισμός διαγραφής ή αλλαγής επιλογών στο προσωπικό ημερολόγιο	100

4.32	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 1 ($h = 0.1$)	. 100
4.33	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 1 ($h = 0.5$)	. 101
4.34	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 2 ($h = 0.1$)	. 101
4.35	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 2 ($h = 0.1$)	. 102
4.36	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 5 ($h = 0.1$)	. 102
4.37	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 5 ($h = 0.5$)	. 103
4.38	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Έφηβος 1 ($h = 0.1$)	103
4.39	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Έφηβος 5 ($h = 0.1$)	104
4.40	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Έφηβος 10 ($h = 0.1$)	104
4.41	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Ενήλικας 1 ($h = 0.1$)	105
4.42	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Ενήλικας 5 ($h = 0.1$)	105
4.43	Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Ενήλικας 10 ($h = 0.1$)	. . . . . 106

Κατάλογος Πινάκων

1.1	Οι διαφορετικοί τύποι ινσουλίνης	39
3.1	Οι προκλήσεις στο επίπεδο της ημέρας	73

Περιεχόμενα

1	Σακχαρώδης Διαβήτης	15
1.1	Ομοιόσταση Γλυκόζης	15
1.1.1	Ινσουλίνη	16
1.1.2	Γλυκαγόνη	16
1.1.3	Άλλες ορμόνες	17
1.2	Παθοφυσιολογία - Τύποι	18
1.2.1	Παθοφυσιολογία	18
1.2.2	Τύποι	19
1.3	Επιπλοκές	21
1.3.1	Σωματικές Επιπλοκές	21
1.3.2	Ψυχολογικές Επιπλοκές	24
1.4	Συμπτώματα - Διάγνωση	25
1.4.1	Συμπτώματα	25
1.4.2	Διάγνωση	26
1.5	Αντιμετώπιση	27
1.6	Επιδημιολογία του ΣΔ και Στατιστικά Στοιχεία	29
1.7	Γλυκαιμικός έλεγχος	34
1.7.1	Διατάξεις μέτρησης γλυκόζης	35
1.7.2	Εξωγενής χορήγηση ινσουλίνης	38
1.7.3	Εξωτερικό Τεχνητό Πάγκρεας	41
2	Παιχνιδοποίηση και Σοβαρά παιχνίδια	45
2.1	Ορισμός, σκοπός και τομείς εφαρμογής	45
2.1.1	Παιχνιδοποίηση	45
2.1.2	Σοβαρά Παιχνίδια	47
2.2	Εφαρμογές στον τομέα της υγείας	48
2.3	Εφαρμογές στον Σακχαρώδη Διαβήτη	49
2.4	Ερευνητικές προκλήσεις	56
3	Υλοποίηση μηχανισμών παιχνιδοποίησης για την εκπαίδευση παιδιών με ΣΔΤ1	59
3.1	Πλαίσιο Παιχνιδοποίησης	59
3.1.1	Σενάριο Σοβαρού Παιχνιδιού	59

3.1.2	Εννοιολογικό πλαίσιο	60
3.2	Διασύνδεση με βάση	62
3.3	Επίπεδο προσομοίωσης (ημέρα)	69
3.3.1	Προκλήσεις στο επίπεδο της μέρας	70
3.3.2	Λοιπές αλλαγές στο επίπεδο προσομοίωσης της ημέρας	76
3.4	Επίπεδο Ανασκόπησης	77
3.4.1	Ανασκόπηση	77
3.4.2	Ενδιάμεσο δωμάτιο	78
3.4.3	Απεικόνιση καμπύλης γλυκόζης	79
3.5	Προσωπικό Ημερολόγιο	84
4	Αποτελέσματα	87
4.1	Διεπιφάνειες επαφής με τον χρήστη	87
4.2	Αξιολόγηση προσαρμοσμένου προσομοιωτή	100
4.3	Αναμενόμενα οφέλη σοβαρού παιχνιδιού	106
5	Συμπεράσματα - Μελλοντική έρευνα	109
5.1	Συμπεράσματα	109
5.2	Μελλοντική έρευνα	110
	Βιβλιογραφία	113

Σακχαρώδης Διαβήτης

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης (ΣΔ) αποτελεί μη ιάσιμη ασθένεια, η οποία κατατάσσεται στα νοσήματα διαταραχής του μεταβολισμού. Η επιστημονική της ονομασία είναι **Diabetes Mellitus**. Το **Diabetes** προέρχεται από το ελληνικό ρήμα διαβαίνω, ενώ το **Mellitus** είναι λατινική λέξη, που σημαίνει γλυκός. Συνεπώς, η ονομασία αυτή αναφέρεται στη "διάβαση", στην παρουσία μεγάλων ποσοτήτων σακχάρων στο αίμα και στα ούρα [1].

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης χαρακτηρίζεται από χρόνια υπεργλυκαιμία, λόγω διαταραχών στο μεταβολισμό της γλυκόζης, των λιπιδίων και των πρωτεϊνών, αποτέλεσμα διαταραχών στην έκκριση ινσουλίνης, στη δράση της ή και στα δύο [2]. Η γλυκόζη αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας του ανθρώπινου οργανισμού, αφού αυτός μετατρέπει σχεδόν κάθε τροφή σε γλυκόζη, που χρησιμοποιείται για την τροφή των κυττάρων [3]. Συνεπώς, ιδιαίτερη σημασία έχει για τον ανθρώπινο οργανισμό η διατήρηση των επιπέδων της γλυκόζης εντός των φυσιολογικών ορίων. Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται αρχικά η διαδικασία μεταβολισμού της γλυκόζης, έπειτα αναλύεται η παθοφυσιολογία του σακχαρώδους διαβήτη, καθώς επίσης και οι επιπλοκές αυτού, σωματικές και ψυχολογικές. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα συμπτώματα της ασθένειας και οι τρόποι διάγνωσης της. Τέλος, παρατίθενται σχετικά επιδημιολογικά στοιχεία, καθώς επίσης παρουσιάζονται μέθοδοι που σκοπό έχουν την επίτευξη του γλυκαιμικού ελέγχου σε ασθενείς που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη.

1.1 Ομοιόσταση Γλυκόζης

Ομοιόσταση ονομάζεται η ιδιότητα ενός συστήματος που βρίσκεται σε έναν ζωντανό οργανισμό να διατηρεί το εσωτερικό του περιβάλλον σταθερό, ανεξάρτητα από τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος [4]. Στην περίπτωση της γλυκόζης, ομοιοστατικοί μηχανισμοί αντιδρούν σε ορμόνες και θρεπτικά συστατικά προκειμένου να διατηρήσουν τη γλυκόζη του αίματος σε ένα στενό εύρος [5]. Η συγκέντρωση της γλυκόζης στο πλάσμα είναι συνάρτηση του ρυθμού εισαγωγής της στο κυκλοφορικό και του ρυθμού απομάκρυνσής της από αυτό. Στον άνθρωπο, ο κύριος αισθητήρας είναι τα β-κύτταρα που βρίσκονται στις νήσους **Langerhans** του παγκρέατος. Τα τελευταία, σε περίπτωση που εντοπίσουν αύξηση της γλυκόζης του αίματος, αντιδρούν εκκρίνοντας ινσουλίνη στο αίμα, ενώ ταυτόχρονα αναστέλλουν την έκκριση γλυκαγόνης από τα α-κύτταρα του παγκρέατος. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν τα β-κύτταρα εντοπίσουν επίπεδα γλυκόζης χαμηλότερα από τα κανονικά, αναστέλλουν την έκκριση ινσουλίνης και τα α-κύτταρα ξεκινούν να εκκρίνουν γλυκαγόνη στο αίμα. Οι κύριοι ρυθμιστές, λοιπόν, της ομοιόστασης της γλυκόζης είναι δύο ορμόνες με αντίθετη δράση, η ινσουλίνη και η γλυκαγόνη, ορμόνες των οποίων η δράση παρουσιάζεται

ακολούθως.

1.1.1 Ινσουλίνη

Η ινσουλίνη είναι ορμόνη η οποία παράγεται στο πάγκρεας, και συγκεκριμένα από β-κύτταρα που βρίσκονται στις νήσους **Langerhans** του παγκρέατος. Πρόκειται για μια μικρή πρωτεΐνη που αποτελείται από δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες, με συνολικά 51 αμινοξέα. Η ινσουλίνη διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στο μεταβολισμό. [6] Με τη βοήθειά της τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού απορροφούν τη γλυκόζη και τη χρησιμοποιούν για την παραγωγή ενέργειας. Η γλυκόζη είναι μια μορφή σακχάρου που προέρχεται από τη διάσπαση των υδατανθράκων που περιέχονται στην τροφή και εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος.

Όταν τα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος αυξάνονται μετά από ένα γεύμα, και συγκεκριμένα όταν η συγκέντρωση της γλυκόζης είναι μεγαλύτερη από 3.3 mmol/lit, εκκρίνεται ινσουλίνη από το πάγκρεας, που μαζί με τη γλυκόζη μεταφέρονται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος στα κύτταρα του οργανισμού. Η ινσουλίνη λοιπόν συμμετέχει στη ρύθμιση του σακχάρου του αίματος με τρεις τρόπους. Πρώτον, βοηθά τα μυϊκά, λιπώδη και ηπατικά κύτταρα να απορροφήσουν γλυκόζη από την κυκλοφορία του αίματος, χαμηλώνοντας έτσι τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα. Επιπλέον, η ινσουλίνη προκαλεί την αποθήκευση της πλεονάζουσας γλυκόζης από τον ηπατικό και τον μυϊκό ιστό. Αυτή η μορφή της αποθηκευμένης γλυκόζης ονομάζεται γλυκογόνο. Τέλος, η ινσουλίνη μειώνει τα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος, ελαττώνοντας την παραγωγή γλυκόζης στο ήπαρ.

Αξίζει να σημειωθεί πως ερέθισμα για την έκκριση ινσουλίνης, εκτός από τη γλυκόζη μπορεί να είναι επίσης οι αυξημένες συγκεντρώσεις στο αίμα κάποιων αμινοξέων, καθώς και οι **GLP-1** και **GIP**, ορμόνες που εκκρίνονται από το έντερο κατά τη λήψη γεύματος. Σε ένα υγιές άτομο οι παραπάνω λειτουργίες επιτρέπουν στη γλυκόζη του αίματος και στα επίπεδα ινσουλίνης να παραμένουν εντός των φυσιολογικών ορίων.

1.1.2 Γλυκαγόνη

Η γλυκαγόνη είναι πεπτιδική ορμόνη, που παράγεται από τα α-κύτταρα του παγκρέατος και αποτελείται από 29 αμινοξέα. Το πάγκρεας εκκρίνει τη γλυκαγόνη όταν η συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα είναι χαμηλή. Η γλυκαγόνη έχει δράση αντίθετη της ινσουλίνης όσον αφορά τη ρύθμιση των επιπέδων γλυκόζης του ανθρώπινου οργανισμού, αφού γενικά αυξάνει τη συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης στην κατάσταση νηστείας, προωθώντας την ηπατική παραγωγή γλυκόζης. Όταν η γλυκαγόνη εκκρίνεται διεγείρει το ήπαρ και τους μύες να διασπάσουν το αποθηκευμένο γλυκογόνο (γλυκογονόλυση) και να απελευθερώσουν τη γλυκόζη. Επίσης, ενεργοποιεί τη διαδικασία της γλυκονογένεσης στο ήπαρ και στα νεφρά, διαδικασία η οποία συνίσταται στη μετατροπή αμινοξέων σε γλυκόζη. Τέλος, η γλυκαγόνη διασπά αποθηκευμένο λίπος (τριγλυκερίδια) σε λιπαρά οξέα, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο από τα κύτταρα του οργανισμού [7], [8].

Η έκκριση γλυκαγόνης εξαρτάται από τα γεύματα που καταναλώνονται. Στην περίπτωση γεύματος που περιέχει κυρίως υδατάνθρακες, τα επίπεδα της γλυκαγόνης στο αίμα μειώνονται, ώστε να εμποδίσουν τη γλυκόζη του αίματος να αυξηθεί πολύ. Στην περίπτωση γεύματος με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, τα επίπεδα της γλυκαγόνης στο αίμα αυξάνονται [8].



Σχήμα 1.1: Παραγωγή και δράση της ινσουλίνης και της γλυκαγόνης

1.1.3 Άλλες ορμόνες

Αν και κύριοι ρυθμιστές των επιπέδων της γλυκόζης, η ινσουλίνη και η γλυκαγόνη, δεν είναι οι μόνες ορμόνες που επιδρούν στη ρύθμιση αυτή. Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης οι ορμόνες αμυλίνη, **GLP-1**, **GIP**, σωματοστατίνη, επινεφρίνη, κορτιζόλη και η αυξητική ορμόνη θ , η δράση των σημαντικότερων από των οποίων θα αναφερθεί συνοπτικά παρακάτω.

Αμυλίνη:

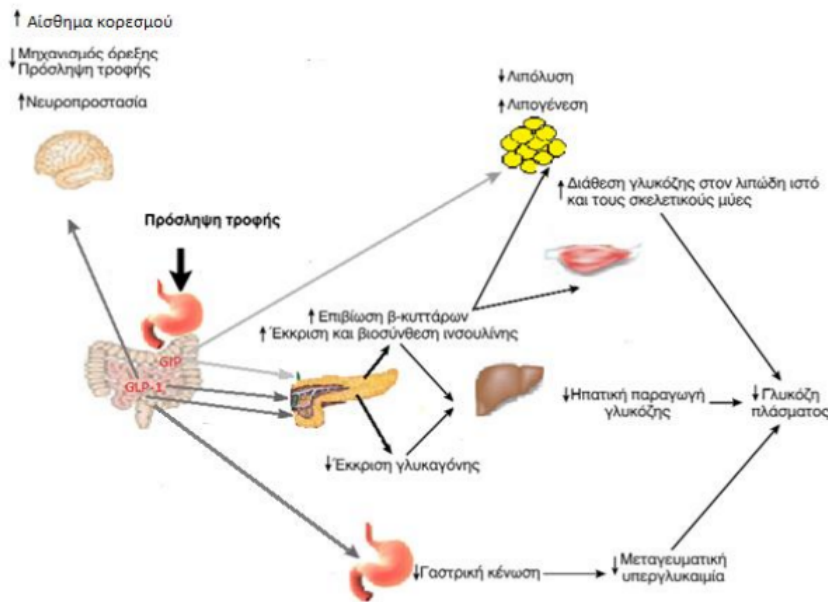
Είναι μια πεπτιδική ορμόνη αποτελούμενη από 37 αμινοξέα, η οποία εκκρίνεται μαζί με την ινσουλίνη από τα β -κύτταρα του παγκρέατος σε απάντηση τροφικών ερεθισμάτων και άλλων εκκριταγωγών. Συμπληρώνει τη δράση της ινσουλίνης αναστέλλοντας τη μεταγευματική έκκριση της γλυκαγόνης και καθυστερώντας την γαστρική κένωση κατά τη λήψη γεύματος. Έτσι, ρυθμίζει το ρυθμό εισαγωγής της γλυκόζης στο κυκλοφορικό, είτε από εξωγενείς (λήψη γευμάτων) είτε από ενδογενείς πηγές (ήπαρ) παραγωγής της [3].

GLP-1 και GIP:

Είναι οι δύο ορμόνες που συνιστούν τις ινκρετίνες και είναι γαστρεντερικές ορμόνες. Το **GIP** αποτελείται από 42 αμινοξέα και εκκρίνεται από τα **K**- κύτταρα του εντέρου, ενώ το **GLP-1** αποτελείται από 30 αμινοξέα και εκκρίνεται από τα **L**- κύτταρα του εντέρου. Το **GIP** δρα διεγείροντας την έκκριση ινσουλίνης από τα β -κύτταρα, όταν τα επίπεδα της γλυκόζης πλάσματος είναι υψηλά, αλλά δεν αναστέλλει την έκκριση γλυκαγόνης. Επίσης, συμμετέχει δυναμικά στον μεταβολισμό των λιπιδίων και επάγει τον πολλαπλασιασμό των β -κυττάρων. Όσον αφορά τη δράση του πεπτιδίου **GLP-1** στη ρύθμιση της γλυκόζης, αυτή είναι πολύπλευρη. Το **GLP-1** προωθεί την έκκριση ινσουλίνης από τα β -κύτταρα του παγκρέατος, ενώ διεγείρει τη βιοσύνθεση ινσουλίνης. Ακόμη, αναστέλλει την έκκριση της γλυκαγόνης από τα α -κύτταρα, συνήθως σε συνθήκες υπεργλυκαιμίας. Μια άλλη βασική δράση του **GLP-1** αφορά στη μείωση της κινητικότητας του στομάχου και στην επιβράδυνση της κένωσης του, γεγονός που έμμεσα μειώνει τα μεταγευματικά επίπεδα γλυκόζης του οργανισμού. Επιπλέον, συμμετέχει στον νευροενδοκρινικό μηχανισμό ρύθμισης της όρεξης μειώνοντας την πρόσληψη τροφής και αυξάνοντας το αίσθημα του κορεσμού, έτσι έχει την ιδιότητα να μην προκαλεί αύξηση του βάρους [9], [10].

Αξίζει να σημειωθεί πως οι δύο ορμόνες **GIP** και **GLP-1** είναι υπεύθυνες για το 50 - 70% της μεταγευματικής έκκρισης ινσουλίνης σε υγιείς ενήλικες. Όμως η συμβολή τους στη συνολική έκκριση ινσουλίνης σε διαβητικούς τύπου 2 είναι κάτω από 20%. Οι αιτίες αυτής της διαφοράς δεν έχουν βρεθεί [11].

Ο ρόλος των πεπτιδίων GIP, GLP-1 στην ομοίωση της γλυκόζης παρουσιάζεται παραστατικά στο σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2: Βιολογικές δράσεις των πεπτιδίων GLP-1 και GIP σε διάφορα όργανα και ιστούς

Σωματοστατίνη:

Παράγεται στα δ- κύτταρα των νησίδων του Langerhans του παγκρέατος και ρυθμίζει την έκκριση και τη δράση άλλων ορμονών, όπως την έκκριση ινσουλίνης και γλυκαγόνης [12].

1.2 Παθοφυσιολογία - Τύποι

1.2.1 Παθοφυσιολογία

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης είναι μια χρόνια μεταβολική πάθηση. Χαρακτηρίζεται από αυξημένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, συνέπεια διαταραχών στην έκκριση ινσουλίνης, στη δράση της ή και στα δύο, με αποτέλεσμα τη διαταραχή του μεταβολισμού των σακχάρων, των λιπιδίων και των πρωτεϊνών, τα οποία εισάγονται στον οργανισμό μέσω της διατροφής.

Ποικιλία παθογενετικών μηχανισμών εμπλέκεται στην ανάπτυξη του Σακχαρώδους Διαβήτη, συμπεριλαμβανομένων της αυτοάνοσης καταστροφής των β-κυττάρων του παγκρέατος, με επακόλουθο την ινσουλινοανεπάρκεια, και των διαταραχών που οδηγούν σε ινσουλινοαντίσταση. Οι διαταραχές του μεταβολισμού των υδατανθράκων, του λίπους και των πρωτεϊνών που παρατηρούνται στον Σακχαρώδη Διαβήτη προέρχονται από την ανεπαρκή δράση της ινσουλίνης στους ιστούς-στόχους είτε λόγω ανεπαρκούς έκκρισής της είτε λόγω ελαττωμένης ανταπόκρισης των ιστών στην κυκλοφορούσα ινσουλίνη σε ένα ή περισσότερα σημεία των πολύπλοκων οδών δράσης της ορμόνης. Συχνά οι διαταραχές αυτές συνυπάρχουν στον ίδιο ασθενή, χωρίς να μπορεί να καθοριστεί με σαφήνεια ποια διαταραχή αποτελεί την κύρια αιτία της υπεργλυκαιμίας [13].

Ένας άνθρωπος πάσχει από Σακχαρώδη Διαβήτη όταν ισχύει τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω [3]:

- Όταν έχει εμφανή συμπτώματα της ασθένειας, όπως πολυδιψία, πολουρία, απώλεια βάρους και σε τυχαία μέτρηση κατά τη διάρκεια της ημέρας το σάκχαρο έχει τιμή υψηλότερη ή ίση του 200 mg/dl.

- Όταν το σάκχαρο που μετράται στο αίμα, σε κατάσταση νηστείας προ της 9.00 π.μ. και χωρίς να έχει φάει για εννέα ώρες προ της μέτρησης, είναι μεγαλύτερο ή ίσον του 126 mg/dl, ακόμα και αν δεν έχει εμφανίσει κανένα σύμπτωμα.
- Όταν δύο ώρες μετά από την πόση ειδικού υγρού κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας ανοχής γλυκόζης, το μετρούμενο σάκχαρο είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 200 mg/dl. Οι τρόποι διάγνωσης του διαβήτη θα παρουσιαστούν εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.

1.2.2 Τύποι

Η ταξινόμηση του Σακχαρώδους Διαβήτη περιλαμβάνει τέσσερις κατηγορίες: Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 1, Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 2, Σακχαρώδης Διαβήτης Κύησης και Ειδικοί Τύποι Σακχαρώδους Διαβήτη [14]. Οι κατηγορίες αυτές παρουσιάζονται αναλυτικά ακολούθως.

Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 1

Συχνά αναφέρεται και ως ινσουλινοεξαρτώμενος σακχαρώδης διαβήτης ή νεανικός σακχαρώδης διαβήτης. Αυτός ο τύπος διαβήτη προκαλείται από αυτοάνοση καταστροφή των β-κυττάρων του παγκρέατος και αφορά το 5-10% των ασθενών που πάσχουν από Σακχαρώδη Διαβήτη. Η συχνότητα καταστροφής των β-κυττάρων ποικίλλει από ταχεία, ιδίως σε νηπιακή και παιδική ηλικία, μέχρι βραδεία, ιδίως στους ενήλικες. Ως αποτέλεσμα, το σώμα δεν μπορεί πλέον να παράγει την ινσουλίνη που χρειάζεται. Ο Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 1 μπορεί να επηρεάσει ανθρώπους οποιασδήποτε ηλικίας, αλλά η εμφάνισή του συνήθως συμβαίνει σε παιδιά ή σε νεαρούς ενήλικες. Τα άτομα που πάσχουν από τον συγκεκριμένο τύπο διαβήτη χρειάζονται ινσουλινοθεραπεία σε καθημερινή βάση για την επιβίωσή τους, προκειμένου να ελέγχουν τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα τους.

Η αυτοάνοση καταστροφή των β-κυττάρων αποδίδεται σε πολλαπλούς γενετικούς και προδιαθεσικούς παράγοντες, ενώ επίσης επηρεάζεται και από περιβαλλοντικούς παράγοντες που δεν έχουν όμως ακόμη διευκρινισθεί πλήρως.

Υπάρχουν όμως και μερικές μορφές Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1, στις οποίες δεν ανευρίσκεται αιτιολογικός παράγοντας. Οι ασθενείς, οι οποίοι αποτελούν την μειονότητα των ασθενών με Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 1, παρουσιάζουν μόνιμη ινσουλινοπενία και έχουν προδιάθεση για κετοξέωση, χωρίς όμως αυτοάνοσο υπόβαθρο. Η ανάγκη ινσουλινοθεραπείας σε αυτούς τους ασθενείς ποικίλλει [13], [15].

Σακχαρώδης Διαβήτης Τύπου 2

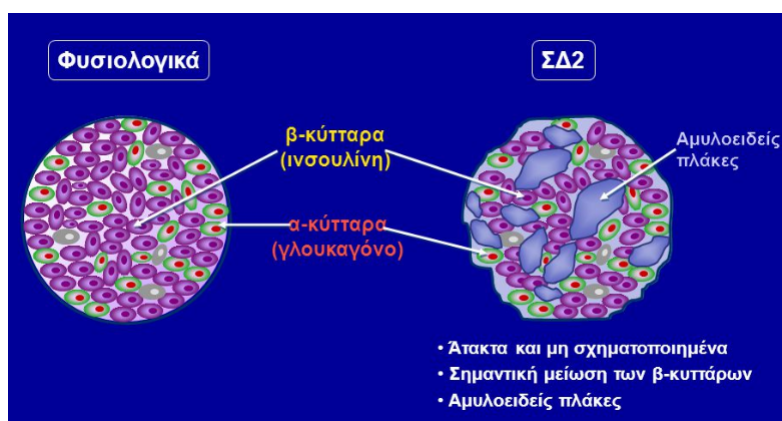
Συχνά αναφέρεται και ως μη ινσουλινοεξαρτώμενος σακχαρώδης διαβήτης ή σακχαρώδης διαβήτης των ενηλίκων. Ο συγκεκριμένος τύπος διαβήτη χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο από αντίσταση στη δράση της ινσουλίνης με συνοδό σχετική (και όχι πλήρη) ανεπάρκεια έκκρισης ινσουλίνης. Αφορά περίπου το 90-95% των ασθενών που πάσχουν από Σακχαρώδη Διαβήτη και εμφανίζεται κυρίως σε ενήλικες, αλλά εμφανίζεται επίσης σε παιδιά και εφήβους με ολοένα αυξανόμενη τάση. Στον Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2 ο οργανισμός είναι ικανός να παράξει ινσουλίνη, αλλά λόγω της ινσουλινοαντίστασης αυτής η ινσουλίνη καθίσταται μη αποτελεσματική. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα υψηλές συγκεντρώσεις γλυκόζης στο αίμα. Η διάγνωση συχνά καθυστερεί για πολλά χρόνια, καθώς η υπεργλυκαιμία εγκαθίσταται βαθμιαία και στα αρχικά στάδια δεν είναι τόσο σοβαρή ώστε να προκαλέσει την κλασική κλινική εικόνα του Σακχαρώδους Διαβήτη που θα θέσει την υπόνοια παρουσίας της νόσου. Ωστόσο, οι ασθενείς βρίσκονται ήδη σε κίνδυνο ανάπτυξης μακροαγγειακών και μικροαγγειακών επιπλοκών λόγω της υψηλής συγκέντρωσης γλυκόζης.

Παρόλο που τα ακριβή αίτια για την εμφάνιση Σακχαρώδους Διαβήτη Τύπου 2 δεν είναι ακόμη γνωστά, υπάρχουν αρκετοί παράγοντες κινδύνου. Οι σημαντικότεροι είναι η παχυσαρκία, η έλλειψη σωματικής άσκησης, η κακή διατροφή, η γενετική προδιάθεση και η προχωρημένη ηλικία [16].

Αντίθετα με τους ασθενείς που πάσχουν από Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1, οι περισσότεροι ασθενείς με διαβήτη Τύπου 2 δεν χρίζουν ινσουλινοθεραπείας για την επιβίωσή τους. Η αντιμετώπιση της ασθένειας συνίσταται στην υιοθέτηση υγιεινής διατροφής, στην αύξηση της σωματικής άσκησης, στη διατήρηση φυσιολογικού σωματικού βάρους ή/και στη χορήγηση υπογλυκαιμικών φαρμακευτικών παραγόντων. Εάν εντούτοις τα επίπεδα γλυκόζης συνεχίζουν να αυξάνονται, οι ασθενείς μπορεί να ακολουθήσουν ινσουλινοθεραπεία.

Ο αριθμός των ασθενών με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2 αυξάνεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Η αύξηση αυτή συνδέεται με τη γήρανση του πληθυσμού, την αστικοποίηση, την ανθυγιεινή διατροφή και τη μείωση της σωματικής δραστηριότητας [13], [15].

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η μορφολογία των παγκρεατικών νησιδίων του Langerhans φυσιολογικά, σε αντίθεση με τα αυτά στα άτομα που πάσχουν από Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2.



Σχήμα 1.3: Μορφολογία παγκρεατικών νησιδίων φυσιολογικά και στον ΣΔ Τύπου 2

Σακχαρώδης Διαβήτης Κύησης

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης Κύησης χαρακτηρίζεται από οποιονδήποτε βαθμό διαταραγμένης ανοχής στη γλυκόζη που εμφανίζεται ή διαγιγνώσκεται πρώτη φορά κατά τη διάρκεια της κύησης. Αυτός ο τύπος του διαβήτη αφορά περίπου το 4% των κυήσεων. Τα συμπτώματα της υπεργλυκαιμίας είναι σπάνια και δύσκολο να διακριθούν από τα συμπτώματα της εγκυμοσύνης. Γι' αυτό το λόγο, γυναίκες με κλινικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο Σακχαρώδους Διαβήτη Κύησης, όπως παχυσαρκία, προηγούμενο ιστορικό της ασθένειας, γλυκοζουρία ή οικογενειακό ιστορικό της ασθένειας, θα πρέπει να υποβάλλονται στο τεστ ανοχής γλυκόζης όσο το δυνατό νωρίτερα.

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης Κύησης συνδέεται με περιγεννητικές επιπλοκές και προβλήματα στην υγεία μητέρας και νεογνού. Οι γυναίκες που πάσχουν από την ασθένεια συνήθως μπορούν να ελέγχουν τα επίπεδα γλυκόζης τους μέσω της υγιεινής διατροφής, της ήπιας άσκησης και της παρακολούθησης του σακχάρου τους.

Η ασθένεια συνήθως υποχωρεί μετά το πέρας της εγκυμοσύνης. Ωστόσο, γυναίκες που έχουν διαγνωστεί με Σακχαρώδη Διαβήτη Κύησης είναι πιο πιθανό να επανεμφανίσουν την ασθένεια σε επόμενες εγκυμοσύνες και να νοσήσουν από Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2 στη μετέπειτα ζωή τους. Ακόμη, τα παιδιά τους εμφανίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο να νοσήσουν από ΣΔ Τύπου 2 στην εφηβεία τους [13], [15], [17].

Ειδικόί Τύποι Σακχαρώδους Διαβήτη

Πολλές μορφές ΣΔ σχετίζονται με γενετικές διαταραχές του β-κυττάρου και συχνά χαρακτηρίζονται από έναρξη της υπεργλυκαιμίας σε νεαρή ηλικία και παρουσιάζουν διαταραχή στην έκκριση ινσουλίνης με συνοδό φυσιολογική ή ελάχιστα διαταραγμένη δράση της ορμόνης. Επιπλέον, με ειδικό τύπο ΣΔ σχετίζονται γενετικές διαταραχές δράσης της ινσουλίνης. Αυτές οι περιπτώσεις μεταβολικών διαταραχών είναι σπάνιες, οφείλονται σε μεταλλάξεις στον υποδοχέα της ινσουλίνης και κυμαίνονται από υπερινσουλιναμία και μέτρια υπεργλυκαιμία μέχρι μεγάλης βαρύτητας ΣΔ.

Ακόμη, στην εμφάνιση ΣΔ μπορούν να οδηγήσουν παθήσεις που προκαλούν διάχυτη βλάβη του παγκρέατος, συγκεκριμένοι ιοί που έχουν συσχετιστεί με την καταστροφή των β-κυττάρων, διάφοροι φαρμακευτικοί παράγοντες που βλάπτουν την έκκριση ινσουλίνης, καθώς επίσης και ενδοκρिनοπάθειες, στις οποίες ορμόνες όπως η αυξητική, η κορτιζόλη, η γλυκαγόνη, η επινεφρίνη ανταγωνίζονται τη δράση της ινσουλίνης [13].

1.3 Επιπλοκές

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης έχει πληθώρα επιπλοκών στον ασθενή, κυρίως σωματικής αλλά και ψυχολογικής φύσεως. Οι σωματικές επιπλοκές χωρίζονται σε οξείες και χρόνιες, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν μακροχρόνια βλάβη, δυσλειτουργία και ανεπάρκεια σε διάφορα όργανα και υπό έλλειψη φροντίδας να οδηγήσουν ακόμη και σε θάνατο[18]. Εκτός από τις σωματικές επιπλοκές όμως, ο Σακχαρώδης Διαβήτης είναι και στενά συνδεδεμένος με την εμφάνιση κατάθλιψης στους ασθενείς, η οποία μπορεί να επιδεινώσει κατά πολύ τις επιπλοκές του διαβήτη, την διαχείριση του καθώς και την ποιότητα ζωής του ατόμου[19].

1.3.1 Σωματικές Επιπλοκές

Βραχυπρόθεσμες ή οξείες επιπλοκές: Οι οξείες επιπλοκές του Σακχαρώδους Διαβήτη εμφανίζονται όταν τα επίπεδα γλυκόζης του αίματος γίνουν ξαφνικά είτε πολύ υψηλά είτε πολύ χαμηλά. Η εμφάνιση τέτοιου είδους επιπλοκών μπορεί να συμβεί καθόλη την διάρκεια ζωής του ασθενή και η αντιμετώπιση πρέπει να είναι άμεση. Τέτοιες είναι οι παρακάτω:

- Διαβητική κετοξέωση (ΔΚΟ):

Η Διαβητική κετοξέωση είναι μια από τις κυριότερες και πιο επικίνδυνες βραχυπρόθεσμες επιπλοκές του Σακχαρώδους Διαβήτη. Συναντάται κυρίως στους ασθενείς που πάσχουν από ΣΔΤ1, ενώ σπανιότερα μπορεί να εμφανιστεί και σε ασθενείς με ΣΔΤ2, κυρίως σε περιόδους έντονου άγχους, υποδεικνύοντας μια μετάβαση σε ανεπάρκεια ινσουλίνης[20]. Η Διαβητική κετοξέωση προσδιορίζεται κλινικά από υπεργλυκαιμία, κέτωση και μεταβολική οξέωση. Δημιουργείται σε συνθήκες μεγάλης ανεπάρκειας ινσουλίνης και υπερέκκρισης των ανταγωνιστικών της ορμονών, δηλαδή της γλυκαγόνης, της αυξητικής ορμόνης, της κορτιζόλης και των κατεχολαμινών. Τα χαμηλά επίπεδα ινσουλίνης έχουν ως αποτέλεσμα την μετατροπή λιπαρών οξέων σε κετόνες από το ήπαρ ώστε να χρησιμοποιηθούν ως πηγές ενέργειας, μειώνοντας έτσι το pH του αίματος και οδηγώντας στην εκδήλωση της Διαβητικής κετοξέωσης[21]. Ο ασθενής που πάσχει από Διαβητική κετοξέωση παρουσιάζει ανεβασμένα επίπεδα σακχάρου στο αίμα, αφυδάτωση, μειωμένη όρεξη και πιθανούς πόνους στην κοιλιακή χώρα. Η έγκαιρη θεραπεία μπορεί να αντιμετωπίσει πλήρως το πρόβλημα, ενώ η παράλειψη ή η καθυστέρηση αντιμετώπισης μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε διαβητικό κώμα.

DKA vs HHS

<ul style="list-style-type: none">• Common• Type 1• Precipitated by infection• Ketoacidosis• Short prodromal symptoms• Mortality 5-10%• Age 20-29	<ul style="list-style-type: none">• Uncommon• Type 2• More severe illness• Not ketoacidotic• Longer prodromal symptoms• Mortality 40-60%• Age 57-70
---	---

Σχήμα 1.4: Συγκριτικός πίνακας ΔΚΟ - ΥΥΚ

- Υπερωσμωτική Υπεργλυκαιμική Κατάσταση (ΥΥΚ):

Η Υπερωσμωτική Υπεργλυκαιμική Κατάσταση, γνωστή και ως υπερωσμωτικό μη κετωτικό κώμα, είναι μια επιπλοκή του Σακχαρώδους Διαβήτη που ενώ έχει αρκετά κοινά συμπτώματα με τη Διαβητική κετοξέωση, προκαλείται από εξ' ολοκλήρου διαφορετικούς παράγοντες και απαιτεί διαφορετική θεραπεία. Κλινικά χαρακτηρίζεται από υπεργλυκαιμία, υπερωσμωτικότητα και ήπια ή καθόλου κέτωση ενώ εκδηλώνεται με έντονη αφυδάτωση και ποικίλου βαθμού νευρολογικές διαταραχές[22]. Ο ασθενής που πάσχει από Υπερωσμωτική Υπεργλυκαιμική Κατάσταση παρουσιάζει πολύ ανεβασμένα επίπεδα σακχάρου στο αίμα (>600mg/dl), τα οποία ο οργανισμός προσπαθεί να ελέγξει μέσω της ούρησης, εντείνοντας έτσι την αφυδάτωση και οδηγώντας σε ακραία υπεργλυκαιμία και υπερωσμωτικότητα[23]. Συνήθως εμφανίζεται σε άτομα προχωρημένης ηλικίας που πάσχουν από ΣΔΤ2 και αν δεν αντιμετωπιστεί άμεσα υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να καταλήξει σε διαβητικό κώμα.

- Υπογλυκαιμία:

Η υπογλυκαιμία είναι μια βραχυπρόθεσμη επιπλοκή κάποιων θεραπειών του διαβήτη. Συχνότερα εκδηλώνεται στους ινσουλινοεξαρτώμενους διαβητικούς ασθενείς και κυρίως οφείλεται σε κακή διαχείριση των δόσεων ινσουλίνης (υπερβολικές δόσεις ή λήψη σε λανθασμένες χρονικές στιγμές), σε μη τήρηση της συνιστώμενης δίαιτας ή σε πολύ έντονη σωματική άσκηση. Κατά τη διάρκεια ενός ήπιου υπογλυκαιμικού επεισοδίου τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα (60-70mg/dl) με λίγα ή καθόλου συμπτώματα και μπορούν να επανέλθουν στα φυσιολογικά επίπεδα με κατάποση κάποιας ζαχαρούχας τροφής ή ποτού. Στα σοβαρά υπογλυκαιμικά επεισόδια η συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα αγγίζει πολύ χαμηλά και επικίνδυνα επίπεδα (<40mg/dl) και συνήθως απαιτείται χορήγηση γλυκόζης με την μορφή ενδοφλέβιας ένεσης για την αντιμετώπιση τους[20]. Όταν τα επίπεδα γλυκόζης είναι χαμηλότερα του φυσιολογικού, ο οργανισμός δεν διαθέτει την απαιτούμενη γλυκόζη για την τροφοδοσία των κυττάρων, με αποτέλεσμα το άτομο να εμφανίζει συμπτώματα όπως ιδρώτας, ζαλάδα, πονοκέφαλος, ταχυπαλμία και υπερκόπωση. Σε

σοβαρά επεισόδια υπογλυκαιμίας μπορεί να προκληθούν ακόμη και κρίσεις ή απώλεια αισθήσεων, που ενδέχεται να προκαλέσουν εγκεφαλική βλάβη, ακόμη και θάνατο, αν δεν υπάρξει άμεση ιατρική παρέμβαση[24].

- Λοιπές επιπλοκές:

Άλλες βραχυπρόθεσμες επιπλοκές που μπορεί να προκληθούν από τον Σακχαρώδη Διαβήτη είναι η στυτική δυσλειτουργία, διάφορες οδοντικές παθήσεις καθώς και αναπνευστικές λοιμώξεις[25].

Μακροπρόθεσμες ή χρόνιες επιπλοκές: Ο ασθενής που πάσχει από Σακχαρώδη Διαβήτη έρχεται αντιμετώπιζε με μια χρόνια συνεχή μεταβολή των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα του, που αναπόφευκτα οδηγεί σε βλάβη των αιμοφόρων αγγείων προκαλώντας κάποιες μακροπρόθεσμες επιπλοκές. Αναλόγως με το που έχει σημειωθεί βλάβη, οι επιπλοκές αυτές χωρίζονται στις μικροαγγειακές (λόγω βλαβών σε μικρά αιμοφόρα αγγεία) και στις μακροαγγειακές (λόγω αρτηριακών δυσλειτουργιών) [26].

Οι κύριες μικροαγγειακές επιπλοκές είναι οι παρακάτω:

- Διαβητική μυοκαρδιοπάθεια:

Η Διαβητική μυοκαρδιοπάθεια είναι πάθηση του μυοκαρδίου που αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο καρδιακής ανεπάρκειας και θνησιμότητας σε ασθενείς, ανεξαρτήτως της αγγειακής τους παθολογίας. Κατά την εκδήλωση της παρουσιάζεται βλάβη στο μυοκάρδιο και προκαλείται διαστολική δυσλειτουργία. Η παθολογία της ασθένειας είναι μόνο μερικώς κατανοητή σήμερα και δεν έχει βρεθεί κάποιος στοχευμένος και ευρέως αποδεκτός τρόπος αντιμετώπισης της[27].

- Διαβητική νεφροπάθεια:

Η Διαβητική νεφροπάθεια είναι μια σοβαρή επιπλοκή σε ασθενείς που πάσχουν από ΣΔΤ1 και ΣΔΤ2. Αρχικά εκδηλώνεται με αυξημένα επίπεδα λευκωματίνης στα ούρα που υποδεικνύει σοβαρή νεφρική δυσλειτουργία και τελικά καταλήγει σε νεφρική ανεπάρκεια. Σε αυτό το στάδιο, ο ασθενής πρέπει να υποβάλλεται τακτικά σε αιμοκάθαρση ή να προβεί σε μεταμόσχευση νεφρού[28].

- Διαβητική νευροπάθεια:

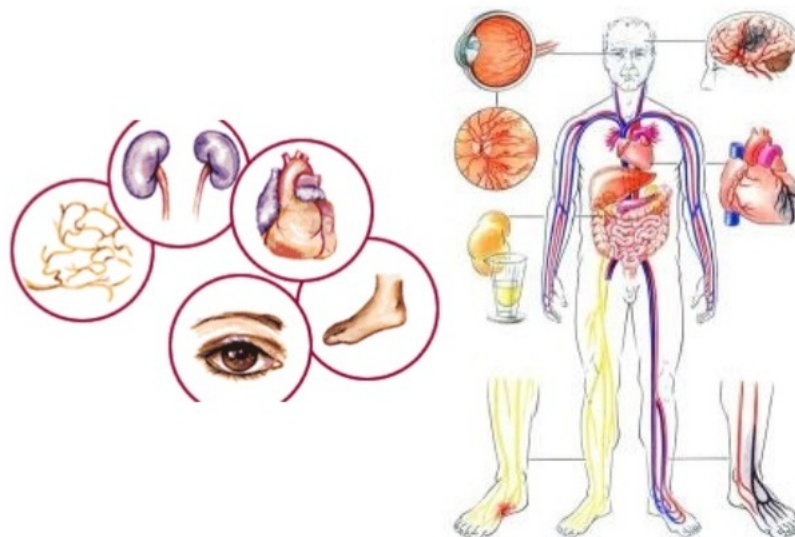
Η Διαβητική νευροπάθεια είναι μια συχνή επιπλοκή του Σακχαρώδους Διαβήτη που οφείλεται κυρίως στις συχνές υπεργλυκαιμίες και οδηγεί στην καταστροφή των νεύρων. Συνήθως πλήττει το περιφερικό νευρικό σύστημα και εκδηλώνεται με μούδιασμα άκρα και πιθανή απώλεια αίσθησης της αφής και του πόνου [28]. Όταν συνδυάζεται με βλάβη στα αιμοφόρα αγγεία μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε μια πάθηση γνωστή ως το Διαβητικό Πόδι, μια πολύ σοβαρή επιπλοκή κατά την οποία ο ασθενής δεν νιώθει πόνο στο άκρο του και το τραυματίζει περαιτέρω εν αγνοία του, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει έλκος αλλά και ανάγκη ακρωτηριασμού[29].

- Διαβητική ρετινοπάθεια:

Η Διαβητική ρετινοπάθεια, ευρέως γνωστή και ως αμφιβληστροειδοπάθεια, είναι μια μικροαγγειακή επιπλοκή του Σακχαρώδους Διαβήτη που μπορεί να επηρεάσει τον περιφερειακό αμφιβληστροειδή και την ωχρά κηλίδα του και είναι η κύρια αιτία προβλημάτων όρασης που μπορούν να καταλήξουν ακόμα και σε τύφλωση σε άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη[28].

- Διαβητική εγκεφαλοπάθεια:

Η Διαβητική εγκεφαλοπάθεια είναι μια επιπλοκή του Σακχαρώδους Διαβήτη που οδηγεί σε εγκεφαλικές βλάβες. Στο παρελθόν δεν ήταν ευρέως γνωστή, πλέον όμως όλο και περισσότερα περιστατικά



Σχήμα 1.5: Χρόνιες Επιπλοκές του Σακχαρώδους Διαβήτη

αναγνωρίζονται σε ασθενείς με ΣΔΤ1 και ΣΔΤ2. Μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στην προσωπικότητα και την νοητική κατάσταση, γνωστική εξασθένιση, ακόμα και άνοια. Σωματικά, μπορεί να εκδηλωθεί με τρέμουλο, έλλειψη προσανατολισμού και επιληπτικές κρίσεις. Μιας και προκαλείται από οξείες υπογλυκαιμίες και χρόνιες υπεργλυκαιμίες, η εξάπλωση της μπορεί να μειωθεί και ίσως να σταματήσει με τακτικό έλεγχο των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα και τη διατήρηση τους σε φυσιολογικά επίπεδα[30].

Οι μακροαγγειακές επιπλοκές του Σακχαρώδους Διαβήτη προκαλούνται λόγω των βλαβών στα αγγεία της καρδιάς, του εγκεφάλου και στις περιφερικές αρτηρίες, κυρίως λόγω αθηροσκλήρυνσης. Είναι οι πιο επικίνδυνες επιπλοκές του διαβήτη με πιο συνηθισμένη την στεφανιαία νόσο, η οποία αποτελεί την κύρια αιτία θανάτου σε ασθενείς, με περισσότερα από τα μισά περιστατικά θνησιμότητας και σοβαρών αναπηριών ατόμων με ΣΔ να οφείλονται εκεί. Η στεφανιαία νόσος επηρεάζει την καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία και μπορεί να προκαλέσει θανατηφόρες επιπλοκές όπως είναι η στεφανιαία καρδιακή νόσος καθώς και εγκεφαλικά επεισόδια [31], [32]. Άλλες μακροαγγειακές επιπλοκές του Σακχαρώδους Διαβήτη είναι η αγγειακή εγκεφαλική νόσος, η περιφερική αγγειακή νόσος και το έμφραγμα.

1.3.2 Ψυχολογικές Επιπλοκές

Η κατάθλιψη αποτελεί μια σοβαρή ψυχολογική διαταραχή που παρουσιάζεται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό ατόμων που πάσχουν από κάποια χρόνια ασθένεια. Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στην συννοσηρότητα της κατάθλιψης με χρόνιες παθήσεις, συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης της ασθένειας στη σωματική λειτουργία και τη δραστηριότητα, τις κοινωνικές σχέσεις και την ποιότητα ζωής του ατόμου [33].

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης διπλασιάζει την πιθανότητα ανάπτυξης κατάθλιψης, η οποία παρουσιάζεται περίπου στο 30% των ατόμων που πάσχουν από ΣΔΤ1 και ΣΔΤ2. Ειδικότερα, έρευνες υποδεικνύουν μια στατιστικά σημαντική διασύνδεση μεταξύ κατάθλιψης και σοβαρών επεισοδίων υπεργλυκαιμίας σε άτομα με διαβήτη [34].

Παράγοντες κινδύνου που οξύνουν την πιθανότητα παρουσίασης κατάθλιψης σε ασθενείς με διαβήτη περιλαμβάνουν το γυναικείο φύλο, την νεαρή ηλικία, την έλλειψη συζύγου, την απουσία κοινωνικής

στήριξης και τη χαμηλή κοινωνικοοικονομική κατάσταση. Όσον αφορά την ίδια την ασθένεια, η έλλειψη τακτικού γλυκαιμικού ελέγχου, η παρουσία διαβητικών επιπλοκών και το προηγούμενο ιστορικό κατάθλιψης επηρεάζουν επίσης σημαντικά την συννοσηρότητα.

Η παρουσίαση κατάθλιψης σε ασθενείς με διαβήτη ενέχει σοβαρούς ιατρικούς κινδύνους, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε παραμέληση της αυτοφροντίδας του ατόμου σε τομείς όπως η διατροφή, η άσκηση, η τήρηση της θεραπευτικής αγωγής και ο γλυκαιμικός έλεγχος, γεγονός που μπορεί να επιβαρύνει την ασθένεια και να οδηγήσει σε σωματικές επιπλοκές [19].

Κατάθλιψη σε Παιδιά με ΣΔΤ1

Η συννοσηρότητα της κατάθλιψης με τον διαβήτη σε παιδιά και εφήβους είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα, επηρεάζοντας έως και το 20% των νέων που πάσχουν από ΣΔΤ1, συγκρινόμενο με το 7% των νέων χωρίς διαβήτη. Τα ποσοστά αυτά είναι αναμενόμενα, αν αναλογιστεί κανείς πως τα παιδιά με ΣΔΤ1 πρέπει να εντάσσουν στην καθημερινότητα τους την τακτική μέτρηση της γλυκόζης τους, την ειδική διατροφή καθώς και την χορήγηση ινσουλίνης, συχνά και κατά τη διάρκεια του σχολικού ωραρίου. Η κατάσταση αυτή μπορεί να επιβαρύνει αρκετά την ψυχολογία ενός παιδιού που προσπαθεί να συμβιώσει και να κοινωνικοποιηθεί με άτομα της ηλικίας του που δεν αντιμετωπίζουν το ίδιο πρόβλημα, σε σημείο που ίσως νιώσει απομόνωση και στιγματισμό [35].

Μετά τη διάγνωση του ΣΔΤ1, τα παιδιά και οι έφηβοι τείνουν να παρουσιάσουν καταθλιπτικές συμπεριφορές, είναι λιγότερο ανεξάρτητα και πιο απόμακρα από τα υπόλοιπα άτομα της ηλικίας τους. Αυτό οδηγεί σε μείωση της ποιότητας ζωής, που μπορεί να προκαλέσει περαιτέρω ψυχολογικές διαταραχές, όπως διαταραχές προσαρμογής στην εφηβική ηλικία, διατροφικές διαταραχές και έντονο άγχος. Ο κίνδυνος αυτοκτονίας είναι αυξημένος, ενώ πολλές από τις παραπάνω διαταραχές μπορεί να καταλήξουν σε θάνατο.

Πρέπει να σημειωθεί πως η βοήθεια και η προσαρμογή της οικογένειας στις δυσκολίες που επιφέρει η νόσος μπορεί να αποβεί πολύτιμη και θεωρείται αναγκαία ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες εμφάνισης κατάθλιψης σε παιδιά που πάσχουν από ΣΔΤ1 [33].

1.4 Συμπτώματα - Διάγνωση

1.4.1 Συμπτώματα

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης τύπου 1 συνήθως εκδηλώνεται ξαφνικά σε άτομα νεαρής ηλικίας και μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα όπως:

- Αφύσικη δίψα και στεγνό στόμα
- Συχνουρία
- Έλλειψη ενέργειας, υπερβολική κόπωση
- Συνεχές αίσθημα πείνας
- Ξαφνική απώλεια βάρους
- Θολή όραση

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης τύπου 2 εκδηλώνεται συνήθως σε ενήλικες και τα κύρια συμπτώματα του είναι τα εξής:

- Συχνουρία
- Υπερβολική δίψα
- Ξαφνική απώλεια βάρους
- Θολή όραση

Από τα προαναφερθέντα συμπτώματα, αυτά που υποδεικνύουν κατάσταση υπεργλυκαιμίας είναι η συχνουρία, έντονη δίψα, ξηροδερμία και στεγνό στόμα, μειωμένη όρεξη, ναυτία, κόπωση, ζαλάδα και έλλειψη ενέργειας. Η υπογλυκαιμία εκδηλώνεται συνήθως με έντονη εφίδρωση, αίσθημα αδυναμίας και αγωνίας, τρέμουλο, ταχυκαρδία, κακή διάθεση, αίσθημα πείνας, πονοκεφάλους και υπνηλία [36].

1.4.2 Διάγνωση

Για μια έγκαιρη διάγνωση του Σακχαρώδους Διαβήτη, ο τακτικός κλινικός έλεγχος θεωρείται απαραίτητος. Οι εξετάσεις που συνήθως χρησιμοποιούνται ως έμπιστα διαγνωστικά κριτήρια είναι οι ακόλουθες:

- **Μέτρηση της γλυκόζης πλάσματος νηστείας (FPG - Fasting Plasma Glucose):**
Αποτελεί την πιο συχνά χρησιμοποιούμενη εξέταση σε κλινικό περιβάλλον, κυρίως λόγω της ευκολίας εκτέλεσης και της άνεσης που παρέχει στους ασθενείς [37]. Πρόκειται για αιματολογική εξέταση που διεξάγεται μετά από 8 ώρες νηστείας (κυρίως τις πρωινές ώρες). Τα φυσιολογικά επίπεδα που αναμένονται από την εξέταση της γλυκόζης πλάσματος νηστείας είναι χαμηλότερα από 100 mg/dl (FPG < 100mg/dl). Όταν τα επίπεδα της γλυκόζης πλάσματος είναι ανάμεσα στις τιμές 100mg/dl - 125mg/dl, ο εξεταζόμενος παρουσιάζει διαταραγμένη γλυκόζη νηστείας και χαρακτηρίζεται ως προδιαβητικός, δηλαδή ως άτομο με σχετικά υψηλό κίνδυνο εμφάνισης ΣΔ. Όταν τα επίπεδα της γλυκόζης πλάσματος προκύπτουν μεγαλύτερα από 125mg/dl (FPG > 125mg/dl) τότε το άτομο διαγιγνώσκεται με ΣΔ. Η εξέταση πρέπει σαφώς να επαναληφθεί για την επιβεβαίωση της διάγνωσης [13].
- **Μέτρηση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA1c):**
Η διαγνωστική εξέταση HbA1c είναι ένα αιματολογικό τεστ που παρέχει πληροφορίες για τη μέση συγκέντρωση της γλυκόζης ενός ατόμου σε περίοδο 3 μηνών, χωρίς να αποτελεί δείκτη των καθημερινών διακυμάνσεων της γλυκόζης. Ενδείκνυται κυρίως για διάγνωση ΣΔΤ2. Η εξέταση βασίζεται στο ότι η HbA1c είναι αποτέλεσμα της ένωσης της γλυκόζης με την αιμοσφαιρίνη, πρωτεΐνη που εντοπίζεται στα αιμοφόρα αγγεία. Καθώς τα αιμοφόρα αγγεία αντικαθίστανται από νέα κάθε περίπου 3 μήνες, η εξέταση HbA1c αντικατοπτρίζει την μέση συγκέντρωση της γλυκόζης σε αυτή την περίοδο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό εμφάνισης της HbA1c στο αίμα τόσο μεγαλύτερα είναι και τα ποσοστά συγκέντρωσης γλυκόζης. Τιμές μεγαλύτερες από 7% υποδεικνύουν την ύπαρξη ΣΔ, καθώς τα φυσιολογικά επίπεδα είναι ανάμεσα στο 4.8% και το 6% [38].
- **Δοκιμασία αντοχής γλυκόζης (OGTT - Oral Glucose Tolerance Test):**
Η δοκιμασία αντοχής γλυκόζης (OGTT) αποτελεί το πιο αξιόπιστο διαγνωστικό κριτήριο για τον Σακχαρώδη Διαβήτη αν και δεν προτιμάται συχνά λόγω της μακράς διάρκειας και της πολυπλοκότητας του. Κατά τη διάρκεια της εξέτασης, μετράται η γλυκόζη πλάσματος στο αίμα 2 ώρες αφού καταναλωθεί ένα ειδικό υγρό (75 γραμμάρια υδατανθράκων) και υπό την προϋπόθεση πρωτύτερης κατάστασης νηστείας. Αν η μέτρηση της γλυκόζης στο αίμα προκύψει ≥ 200 mg/dl τότε το άτομο

διαγιγνώσκεται με Σακχαρώδη Διαβήτη. Προδιαβήτης εντοπίζεται σε άτομα που η γλυκόζη μετράται μεταξύ των τιμών 140mg/dl - 199mg/dl, , καθώς φυσιολογικές τιμές γλυκόζης πλάσματος για τη συγκεκριμένη εξέταση είναι < 140mg/dl[37].

1.5 Αντιμετώπιση

Για την αντιμετώπιση του Σακχαρώδη Διαβήτη σημαντικό ρόλο παίζουν η έγκαιρη διάγνωση και η εκπαίδευση του ασθενούς. Σε έναν ασθενή που διαγιγνώσκεται με ΣΔ πρέπει να γίνεται πλήρης ιατρική αξιολόγηση, που θα στοχεύει στην ταξινόμηση της νόσου, στον εντοπισμό των επιπλοκών, στην καταγραφή προηγούμενων θεραπειών στο ιστορικό του γλυκαιμικού ελέγχου και στην οργάνωση ενός σχεδίου αντιμετώπισης που θα περιλαμβάνει συνεχή παρακολούθηση. Στην αναζήτηση της καταλληλότερης θεραπευτικής προσέγγισης πρέπει να ληφθούν υπόψη η ηλικία, η εργασία ή το σχολείο, η φυσική δραστηριότητα, το μοτίβο και οι ώρες σίτισης, η γενική κουλτούρα, η προσωπικότητα του ασθενούς, καθώς επίσης και τυχόν άλλες συνυπάρχουσες παθήσεις [14], [39]. Η στρατηγική αντιμετώπισης του ΣΔ πρέπει να κινείται γύρω από τρεις βασικούς άξονες [40], [41], [42].

- τον μακροχρόνιο γλυκαιμικό έλεγχο του ασθενούς
- την αύξηση της σωματικής άσκησης
- την υγιεινή διατροφή
- την εξάλειψη των παραγόντων που αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης των χρόνιων επιπλοκών του διαβήτη, όπως το κάπνισμα και η υψηλή αρτηριακή πίεση

Ακολουθώντας, αναφερόμαστε εκτενέστερα στους τρόπους που συνιστούν τη θεραπευτική προσέγγιση του ΣΔ.

Μέτρηση γλυκόζης

Η τακτική μέτρηση της γλυκόζης είναι απαραίτητη ώστε να επιτευχθεί ο γλυκαιμικός έλεγχος του ασθενούς με ΣΔ. Η χρονικές στιγμές και η συχνότητα των μετρήσεων εξαρτώνται από τον οργανισμό, τον τύπο του διαβήτη και τις ταμπλέτες και/ή την ινσουλίνη που χρησιμοποιούνται. Πιθανές στιγμές για τη μέτρηση της γλυκόζης είναι:

- Πριν το πρωινό γεύμα
- Πριν το μεσημεριανό / βραδινό γεύμα
- Δύο ώρες μετά από γεύμα
- Πριν τον ύπνο
- Πριν από έντονη άσκηση
- Όταν ο ασθενής δεν αισθάνεται καλά

Για ασθενείς με ΣΔ Τύπου 1 συνιστάται συνήθως μέτρηση τέσσερις φορές την ημέρα, ωστόσο αρκετοί ασθενείς χρειάζονται περισσότερες μετρήσεις [43]. Τα παραπάνω αφορούν τις συμβατικές διατάξεις μέτρησης γλυκόζης. Υπάρχουν επίσης Διατάξεις Συνεχούς Μέτρησης Γλυκόζης. Αναλυτική παρουσίαση των

διατάξεων μέτρησης γλυκόζης θα γίνει στο κεφάλαιο 1.7.1.

Ινσουλinoθεραπεία

Η θεραπεία με ινσουλίνη ενδείκνυται στο Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1, στον ΣΔ κύησης και τη διαβητική κετοξέωση. Στον ΣΔ τύπου 1, η χορήγηση ινσουλίνης γίνεται εφ' όρου ζωής και είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση των επιθυμητών επιπέδων γλυκόζης. Στις άλλες περιπτώσεις χορηγείται για όσο διάστημα υπάρχει η σχετική ένδειξη. Έτσι, σε κάποια λοίμωξη ή σε μια χειρουργική επέμβαση, το διαβητικό άτομο μπορεί να λάβει εξωγενώς ινσουλίνη για κάποιο διάστημα και μετά να επανέλθει στην προηγούμενη του θεραπεία (δίαιτα ή δίαιτα και υπογλυκαιμικά δισκία). Σήμερα κυκλοφορούν στο εμπόριο πολλά είδη ινσουλίνης [42]. Τα είδη αυτά, καθώς και οι μέθοδοι χορήγησης της ινσουλίνης αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 1.7.2.

Φαρμακευτική αγωγή

Οι ενδείξεις χορήγησης των αντιδιαβητικών δισκίων αφορούν κυρίως τους διαβητικούς τύπου 2, των οποίων τα επίπεδα γλυκόζης δε ρυθμίζονται με τη δίαιτα και την άσκηση. Οι βασικότερες κατηγορίες αντιδιαβητικών δισκίων που κυκλοφορούν σήμερα είναι [42]:

- Τα ινσουλinoεσκριταγωγά δισκία, με τα οποία επάγεται η έκκριση μεγαλύτερης ποσότητας ινσουλίνης από το πάγκρεας. Τέτοια δισκία είναι οι σουλφονουλουρίες και οι μεγλιτινίδες.
- Τα φάρμακα που μειώνουν την αντίσταση στην ινσουλίνη και έτσι έμμεσα διευκολύνουν τη δράση της στους ιστούς. Τέτοια δισκία είναι οι διγουανίδες (μετφορμίνη) και οι γλιταζόνες.
- Δυο νέες κατηγορίες φαρμάκων που κυκλοφόρησαν πρόσφατα, οι γλυπτίνες και τα ινκρετινομιμητικά (εξανετιδίνη). Τα πρώτα δίνουν σήμα στα β-κύτταρα του παγκρέατος να αυξήσουν την έκκριση της ινσουλίνης ειδικά μετά την λήψη της τροφής, και στα α-κύτταρα του παγκρέατος να μειώσουν την έκκριση της γλυκαγόνης.

Αξίζει να σημειωθεί πως τα από του στόματος αντιδιαβητικά δισκία δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται στην περίπτωση του ΣΔ κύησης. Αυτά διέρχονται στον πλακούντα, έχουν πιθανή τερατογόνο δράση και ίσως διεγείρουν τα β-κύτταρα του παγκρέατος του εμβρύου, με αποτέλεσμα υπερινσουλιναιμία και πιθανή βαριά, παρατεταμένη υπογλυκαιμία του νεογνού. Επομένως, σε γυναίκες που πάσχουν από ΣΔ κύησης η ινσουλίνη είναι η μόνη ενδεικνυόμενη φαρμακολογική θεραπεία [44].

Φυσική Άσκηση

Η τακτική φυσική άσκηση είναι πολύ σημαντική για τη διαχείριση του διαβήτη. Κατά τη διάρκειά της τα κύτταρα καθίστανται πιο ευαίσθητα στην ινσουλίνη, έτσι αυτή μπορεί να δράσει πιο αποτελεσματικά. Επίσης, τα κύτταρα αποβάλλουν γλυκόζη από το αίμα χρησιμοποιώντας έναν μηχανισμό εντελώς διαφορετικό από την ινσουλίνη. Ως αποτέλεσμα, η γλυκόζη του αίματος μειώνεται και ο ασθενής χρειάζεται μικρότερη ποσότητα αντιδιαβητικών δισκίων ή ινσουλίνης [45].

Επιπλέον, η μυϊκή άσκηση συντελεί στην πρόληψη των καρδιαγγειακών νοσημάτων. Ο τύπος και η ένταση της άσκησης για κάθε διαβητικό ασθενή καθορίζεται βάσει της ηλικίας, της γενικής κατάστασής του και από την ύπαρξη τυχόν επιπλοκών.

Ένας πολύ καλός τρόπος άσκησης για το διαβητικό ασθενή είναι το περπάτημα διάρκειας μισής με μίας ώρας ημερησίως. Είναι προτιμότερο η άσκηση να γίνεται μετά από τα γεύματα, καθώς το σάκχαρο

αίματος πριν από τα γεύματα είναι συνήθως χαμηλό [42].

Δίαιτα

Η δίαιτα είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της επιτυχημένης γλυκαιμικής ρύθμισης και είναι απαραίτητη για κάθε ασθενή που πάσχει από ΣΔ. Το διαιτολόγιο του διαβητικού ασθενούς πρέπει να είναι απόλυτα εξατομικευμένο και να προσαρμόζεται στις ανάγκες της καθημερινής ζωής. Η διατροφή ενός διαβητικού ατόμου ουσιαστικά δε διαφέρει από τη σωστή δίαιτα του μη διαβητικού. Πρέπει να περιέχει ποικιλία τροφών, να είναι χαμηλή σε ζωικά λίπη, χοληστερόλη, αλάτι και οινόπνευμα και να περιέχει άφθονες φυτικές ίνες.

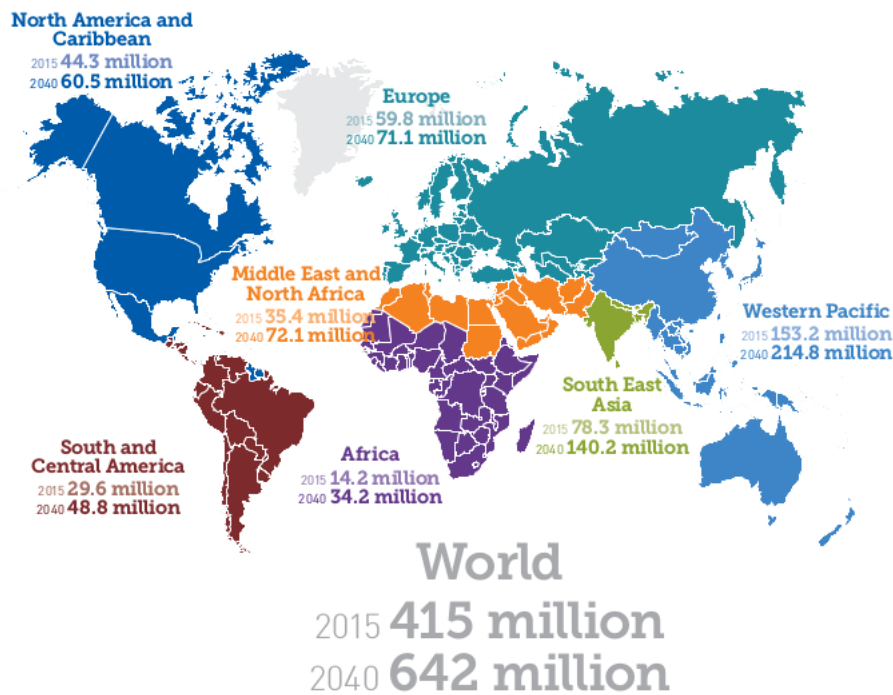
Οι υδατάνθρακες πρέπει να προέρχονται κατά κύριο λόγο από τροφές πλούσιες σε φυτικές ίνες, όπως φρούτα, λαχανικά, όσπρια, ψωμί ολικής άλεσης, δημητριακά. Οι τροφές αυτές απελευθερώνονται αργά στο αίμα και ο διαβητικός ασθενής αισθάνεται χορτάτος για περισσότερο χρόνο. Από τη διατροφή θα πρέπει να αποφεύγονται η ζάχαρη, το μέλι, η γλυκόζη, τα παγωτά, οι καραμέλες, η σοκολάτα, οι γλυκές κομπόστες, το σακχαρούχο γάλα, τα αναψυκτικά και οι χυμοί φρούτων με ζάχαρη, τα γλυκά οινόπνευματώδη ποτά (λικέρ, γλυκά κρασιά). Τέλος, σημαντικό είναι τα γεύματα να είναι τακτικά και καταναεμημένα καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας [42], [46].

1.6 Επιδημιολογία του ΣΔ και Στατιστικά Στοιχεία

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης αποτελεί ένα από τα κρισιμότερα ιατρικά επεισόδια του 21ου αιώνα. Κάθε χρόνο όλο και περισσότεροι άνθρωποι διαγιγνώσκονται με ΣΔ και ζουν με το συνεχές κίνδυνο παρουσίασης των επιπλοκών του. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Διεθνούς Ομοσπονδίας Διαβήτη (International Diabetes Federation) για το 2015 [15], εκτιμάται ότι 415 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως πάσχουν από ΣΔ, αριθμός ο οποίος αναμένεται να φτάσει τα 642 εκατομμύρια μέχρι το 2040. Επιπρόσθετα, υπολογίζεται πως τουλάχιστον 318 εκατομμύρια άνθρωποι παρουσιάζουν εξασθενημένη ανοχή στη γλυκόζη, γεγονός που τους τοποθετεί σε αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης διαβήτη στο μέλλον. Εκτιμάται, επίσης, πως περίπου ένας στους δύο ενήλικες που πάσχουν από ΣΔ ζει στην άγνοια, καθώς δεν έχει διαγνωστεί και τα συμπτώματα αργούν να εμφανιστούν (κυρίως σε άτομα με ΣΔΤ2).

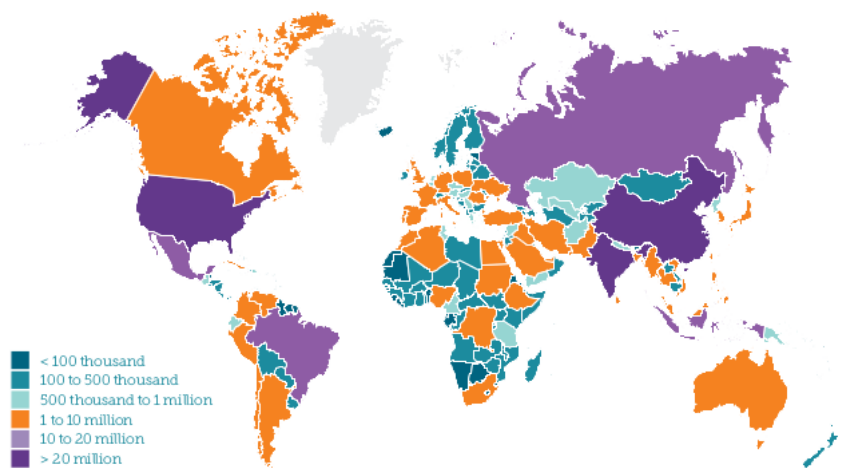
Στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη παρατηρείται μια συνεχής άνοδος των ποσοστών ασθενών ΣΔ. Στις εξαιρετικά πολυπληθείς χώρες του Δυτικού Ειρηνικού, ο αριθμός των ατόμων που πάσχουν από ΣΔ αγγίζει τα 153,2 εκατομμύρια, αριθμός που ξεπερνά οποιαδήποτε άλλη περιοχή. Ποσοστιαία παρόλα αυτά, η Βόρεια Αμερική και η Καραϊβική κατέχουν την πρώτη θέση στον αριθμό των παθόντων με 44,3 εκατομμύρια ασθενείς που αντιστοιχούν σε ποσοστό 11,5% του συνολικού πληθυσμού. Ακολουθούν η Βόρεια Αφρική και η Μέση Ανατολή με 35,4 εκατομμύρια ασθενείς αθροιστικά (10,7% του πληθυσμού) και η Νότια και Κεντρική Αμερική με 29,9 εκατομμύρια ασθενείς (9,6% του πληθυσμού). Στις χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας οι παθόντες ανέρχονται στα 98,3 εκατομμύρια (8,8% του πληθυσμού) ενώ στην Ευρώπη στα 59,8 εκατομμύρια (7,3% του πληθυσμού). Τέλος, στην Αφρική εκτιμάται πως τα άτομα που πάσχουν από ΣΔ αγγίζουν τα 14,2 εκατομμύρια (3,8% του πληθυσμού). Το 2040 αναμένεται ραγδαία άνοδος των προαναφερθέντων ποσοστών. Ενδεικτικά, στις χώρες της Βόρειας Αμερικής και της Καραϊβικής το ποσοστό των ασθενών με ΣΔ εκτιμάται ότι θα φτάσει το 14,7% επί του συνολικού πληθυσμού. Οι συνολικές εκτιμήσεις φαίνονται και στον παρακάτω χάρτη (Σχήμα 1.3).

Όσον αφορά τις χώρες με τον υψηλότερο επιπολασμό της νόσου, προηγείται η Κίνα με 109,6 εκατομμύρια ασθενείς και ακολουθεί η Ινδία με 69,2 εκατομμύρια. Στην τρίτη θέση βρίσκονται οι ΗΠΑ με 29,3



Σχήμα 1.6: Εξάπλωση ΣΔ το 2015 και αναμενόμενη εξάπλωση το 2040

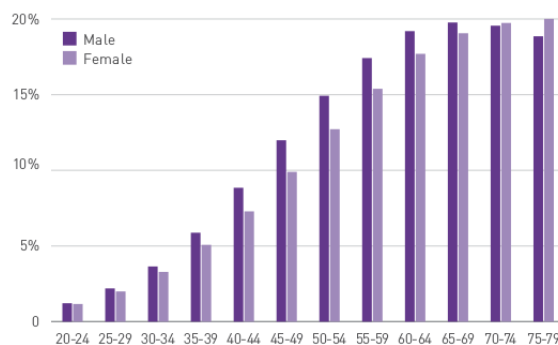
εκατομμύρια και ακολουθεί η Βραζιλία με 14,3 εκατομμύρια. Τη δεκάδα συμπληρώνουν η Ρωσία (12,1 εκατομμύρια), το Μεξικό (11,5 εκατομμύρια), η Ινδονησία (10 εκατομμύρια), η Αίγυπτος (7,8 εκατομμύρια), η Ιαπωνία (7,2 εκατομμύρια) και το Μπαγκλαντές (7,1 εκατομμύρια). Στον χάρτη που ακολουθεί (Σχήμα 1.4) εμφανίζονται τα ποσοστά των ατόμων που πάσχουν από ΣΔ επί του συνολικού πληθυσμού όλων των χωρών συγκεντρωτικά.



Σχήμα 1.7: Εκτίμηση του ποσοστού των ατόμων που πάσχουν από ΣΔ για το 2015

Αναφορικά με την ηλικιακή κατανομή των ασθενών, τα άτομα με ΣΔ ηλικίας 20 έως 64 ετών υπολογίζονται στα 320,5 εκατομμύρια παγκοσμίως έναντι των 94,2 εκατομμυρίων που εκτιμάται πως είναι της ηλικίας 65 έως 79 ετών. Υπάρχει μικρή διαφορά μεταξύ των δύο φύλων στα ποσοστά των ασθενών, καθώς εκτιμάται πως 15,6 εκατομμύρια περισσότεροι άνδρες από ότι γυναίκες πάσχουν από ΣΔ. Πιο

συγκεκριμένα, για το έτος 2015 εκτιμάται πως τα άτομα αρσενικού φύλου που πάσχουν από ΣΔ είναι 215,2 εκατομμύρια, ενώ θηλυκού 199,5 εκατομμύρια παγκοσμίως.



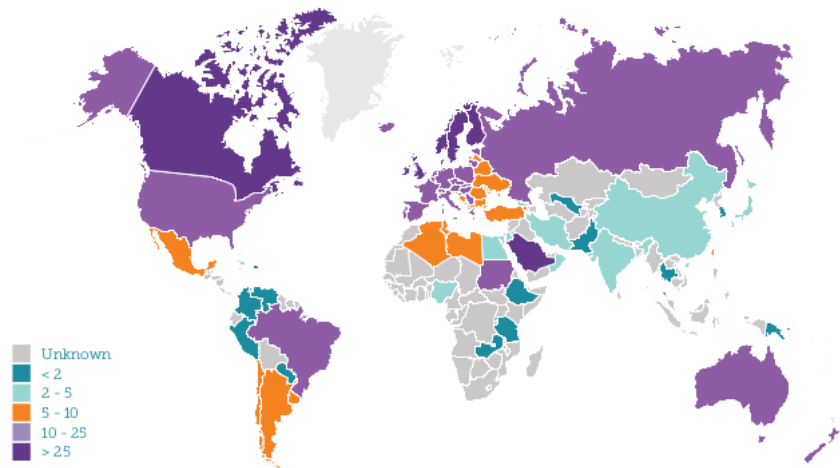
Σχήμα 1.8: Επιπρόσθεση των ατόμων με διαβήτη κατά ηλικία και φύλο, 2015

Περίπου το 8,8% των ενηλίκων ηλικιών 20-79 ετών εκτιμάται ότι πάσχει από ΣΔ, ενώ το 75% αυτών ζει σε χώρες μικρομεσαίου εισοδήματος. Ραγδαία άνοδος των ποσοστών υπολογίζεται να σημειωθεί κυρίως σε χώρες που μεταβαίνουν από χαμηλό σε μεσαίο βιοτικό επίπεδο. Την παρούσα περίοδο στις αστικές περιοχές εντοπίζονται περισσότεροι ασθενείς ΣΔ (269,7 εκατομμύρια) από ότι στις αγροτικές περιοχές (145,1 εκατομμύρια). Στις χώρες μικρομεσαίου εισοδήματος, το χάσμα είναι σαφώς μικρότερο με 186,2 εκατομμύρια ασθενείς στις αστικές περιοχές και 126,7 εκατομμύρια στις αγροτικές. Παρόλα αυτά, μέχρι το 2040 η διαφορά μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών σε ποσοστά ΣΔ υπολογίζεται ότι θα οξυνθεί έντονα, καθώς εκτιμάται πως 477,9 άτομα με ΣΔ θα ζουν σε αστικές περιοχές έναντι των 163,9 εκατομμυρίων ατόμων στις αγροτικές περιοχές.

Σχετικά τον ΣΔΤ1, αν και είναι πολύ πιο σπάνιος από τον ΣΔΤ2, παρουσιάζεται επίσης αύξηση των ποσοστών, περίπου 3% κάθε χρόνο, κυρίως ανάμεσα σε παιδιά. Περίπου 86.000 παιδιά διαγιγνώσκονται με ΣΔΤ1 κάθε χρόνο και όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα αποθέματα ινσουλίνης, το προσδόκιμο ζωής τους είναι πολύ χαμηλό λόγω της φύσης της ασθένειας. Το 2015 για πρώτη φορά ο εκτιμώμενος αριθμός παιδιών που ζουν με ΣΔΤ1 ξεπέρασε το μισό εκατομμύριο αγγίζοντας τις 542,000. Το ένα τέταρτο των παιδιών που πάσχουν από ΣΔΤ1 ζει την Ευρώπη και το ένα πέμπτο στην Βόρεια Αμερική και στην Καραϊβική. Τα ποσοστά αυξάνονται με μεγαλύτερο ρυθμό στη Φιλανδία, τη Σουηδία και το Κουβέιτ. Το γεγονός, όμως, ότι σε χώρες με χαμηλούς πόρους η έλλειψη ινσουλίνης είναι έντονη, με αποτέλεσμα να είναι αρκετά αυξημένα τα ποσοστά θνησιμότητας σε παιδιά με ΣΔΤ1, οδηγεί σε αβεβαιότητα σχετικά με την ακρίβεια των εκτιμώμενων ποσοστών στις χώρες αυτές.

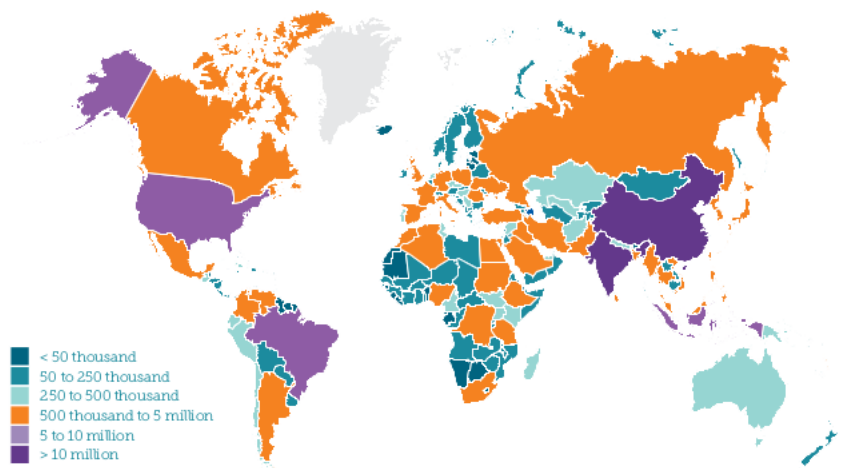
Ο ΣΔΤ1 παρουσιάζει υψηλότερο επιπολασμό στις ΗΠΑ με 84.100 παιδιά ασθενείς και ακολουθεί η Ινδία με 70.200 ασθενείς. Άλλες χώρες με μεγάλο αριθμό παιδιών με ΣΔΤ1 είναι η Βραζιλία (30.900), η Κίνα (30.500), το Ηνωμένο Βασίλειο (19.800), η Ρωσία (18.500), η Σαουδική Αραβία (16.100), η Γερμανία (15.800), η Νιγηρία (14.400) και το Μεξικό (13.500). Στον χάρτη που ακολουθεί φαίνεται ο αριθμός των παιδιών ανά 100 χιλιάδες τον χρόνο που αναμένεται να διαγνωστεί με ΣΔΤ1 για το 2015 (Σχήμα 1.9).

Ανησυχητικά προκύπτουν τα στοιχεία της Διεθνούς Ομοσπονδίας Διαβήτη σχετικά με το ποσοστό των περιπτώσεων ΣΔ οι οποίες δεν έχουν διαγνωστεί. Υπολογίζεται πως παγκοσμίως 193 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν με ΣΔ εν αγνοία τους. Το ποσοστό αυτό ισοδυναμεί στο 46,5% των ανθρώπων που πάσχουν από ΣΔ, δηλαδή σχεδόν ένας στους δύο ασθενείς ΣΔ δεν το γνωρίζει. Οι περισσότερες τέτοιες



Σχήμα 1.9: Εκτίμηση των νέων κρουσμάτων ΣΔΤ1 σε παιδιά ανά 100 χιλιάδες τον χρόνο, 2015

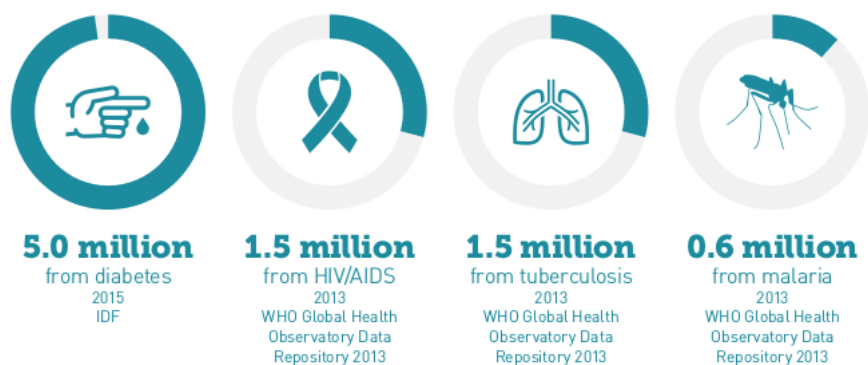
περιπτώσεις αφορούν τον ΣΔΤ2. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ανησυχητικά, αφού μια έγκαιρη διάγνωση αυξάνει τις πιθανότητες αναστολής και αποφυγής επίπονων επιπλοκών του ΣΔ. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το 81,1% των περιπτώσεων που δεν έχουν διαγνωστεί ζει σε χώρες μεσαίου και χαμηλού βιοτικού επιπέδου. Ενδεικτικά, στην υποσαχάρια Αφρική, όπου συχνά οι πόροι είναι περιορισμένοι και οι εξετάσεις για ΣΔ δεν αποτελούν προτεραιότητα, το μέσο ποσοστό των ατόμων που έχουν ΣΔ και δε το γνωρίζουν είναι 66,7% επί του συνολικού αριθμού των ασθενών. Ακόμα και στις χώρες με υψηλό εισόδημα, όμως, το 35,8% των ατόμων με ΣΔ δεν έχει διαγνωστεί.



Σχήμα 1.10: Αριθμός των ατόμων που πάσχουν από ΣΔ και δεν έχει διαγνωστεί, 2015

Ο ΣΔ και οι επιπλοκές του αποτελούν έναν από τους κύριους λόγους πρόωρων θανάτων στις περισσότερες χώρες. Συγκεκριμένα, η καρδιαγγειακή νόσος που προκαλεί ο ΣΔ είναι μια από τις κορυφαίες αιτίες θανάτου σε άτομα με ΣΔ και εκτιμάται πως εκεί οφείλεται το 50% των θανάτων λόγω ΣΔ σε ορισμένους πληθυσμούς. Μια ακριβής εκτίμηση του ποσοστού των θανάτων σε παγκόσμιο επίπεδο που οφείλονται στον διαβήτη δεν είναι εφικτή, καθώς πάνω από το ένα τρίτο των χωρών του κόσμου έχουν ελάχιστα ή καθόλου στοιχεία σχετικά με τη θνησιμότητα που σχετίζεται με τον ΣΔ. Σύμφωνα με ε-

κτιμήσεις, όμως, περίπου 5 εκατομμύρια άνθρωποι ηλικίας μεταξύ 20 και 79 ετών έχασαν τη ζωή τους λόγω του ΣΔ μέσα στο 2015, αριθμός που αντιστοιχεί σε περίπου ένα θάνατο κάθε 6 δευτερόλεπτα. Σε συνολικό επίπεδο, το 14.5% των θανάτων σε αυτή την ηλικιακή ομάδα οφείλεται στον ΣΔ και τις επιπλοκές του, γεγονός που κατατάσσει τον ΣΔ ψηλότερα από όλες τις μεταδοτικές ασθένειες συνδυασμένες (HIV/AIDS, φυματίωση, μαλάρια κτλ).



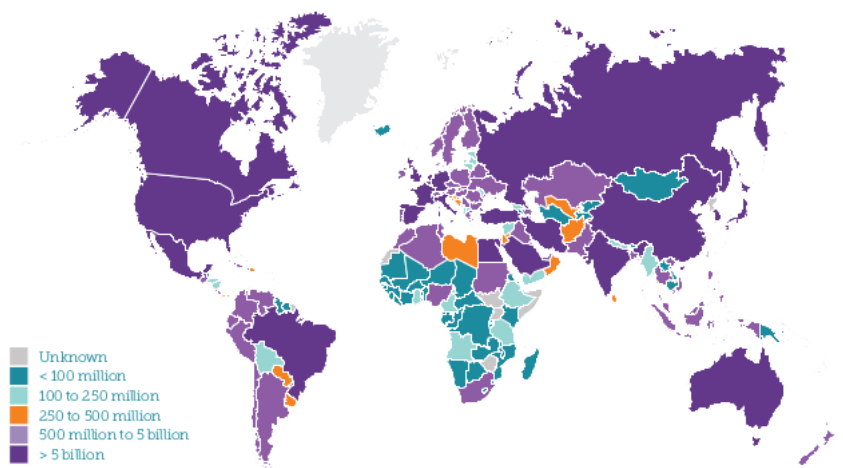
Σχήμα 1.11: Θάνατοι ενηλίκων που οφείλονται (από αριστερά προς δεξιά) στον ΣΔ, στο AIDS, στη φυματίωση και στη μαλάρια

Ο ΣΔ προκαλεί μια μεγάλη οικονομική επιβάρυνση στο άτομο και την οικογένειά του, στα εθνικά συστήματα υγείας καθώς και στα ίδια τα κράτη. Το κόστος που σχετίζεται με τη διαχείριση του ΣΔ οφείλεται κυρίως στην αυξημένη χρήση των υπηρεσιών υγείας που επιβάλλει, αλλά και στο τεράστιο πλήγμα που προκαλεί στην παραγωγικότητα του ατόμου. Οι δαπάνες για την υγειονομική περίθαλψη ενός ατόμου με ΣΔ εκτιμάται ότι είναι δύο με τρεις φορές υψηλότερες από ότι σε ένα άτομο που δεν πάσχει από ΣΔ. Η πιο συντηρητική εκτίμηση (δύο φορές υψηλότερες δαπάνες για άτομα με ΣΔ) υποδηλώνει ότι οι δαπάνες για την υγεία σχετικά με το διαβήτη αντιπροσώπευαν 11,6% των συνολικών δαπανών για την υγεία σε όλο τον κόσμο το 2015.

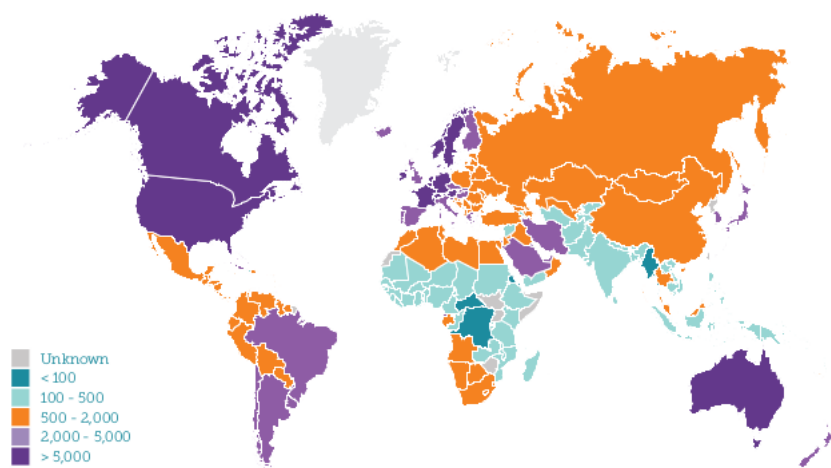
Οι μελέτες υποδεικνύουν πως υπάρχει μεγάλη διαφορά στις δαπάνες υγείας για τον διαβήτη μεταξύ περιφερειών και χωρών. Αν και το 75,4% των ατόμων με ΣΔ κατοικεί σε χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα, μόνο 19% των συνολικών παγκόσμιων δαπανών για την υγεία σχετικά με το διαβήτη δαπανήθηκε στις χώρες αυτές. Στην περιοχή της Αφρικής σημειώθηκαν οι μικρότερες δαπάνες για τον ΣΔ (7 δισεκατομμύρια), ενώ στην Βόρεια Αμερική και την Καραϊβική υπολογίζεται πως ξοδεύτηκαν πάνω από 352 δισεκατομμύρια δολάρια. Οι ΗΠΑ, η Κίνα και η Γερμανία είναι οι χώρες με τις περισσότερες δαπάνες για τον ΣΔ το 2015 και συνολικά συνεισέφεραν κατά το 60% στις παγκόσμιες δαπάνες. Στον χάρτη 1.12 φαίνονται οι συνολικές δαπάνες για κάθε χώρα για τον ΣΔ για το 2015.

Για το έτος 2015 υπολογίζεται πως το μέσο ποσό που δαπανήθηκε για τον ΣΔ ανά άτομο ήταν 1.622 έως 2.886 δολάρια. Μέχρι το 2040 υπολογίζεται πως οι παγκόσμιες δαπάνες θα αυξηθούν κατά 1,2 φορές, παρόλο που ο συνολικός αριθμός των πασχόντων αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,5 φορές. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι χώρες με υψηλούς ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού (όπως η Μαδαγασκάρη, η Γουϊνέα και ο Νίγηρας) είναι οι χώρες με τις χαμηλότερες δαπάνες για τον ΣΔ ανά άτομο. Στον χάρτη 1.13 φαίνονται οι δαπάνες για κάθε χώρα ανά άτομο για το έτος 2015.

Τέλος, υπολογίζεται για την Ελλάδα πως το ποσοστό των ατόμων στις ηλικίες 20 έως 79 που πάσχουν από ΣΔ επί του συνολικού πληθυσμού είναι 8%, που αντιστοιχεί σε 1.187.370 άτομα, εκ των οποίων τα



Σχήμα 1.12: Συνολικές δαπάνες για τον ΣΔ για κάθε χώρα, 2015



Σχήμα 1.13: Δαπάνες για τον ΣΔ για κάθε χώρα ανά άτομο, 2015

188.076 πάσχουν από ΣΔΤ1, τα 992.259 από ΣΔΤ2 και τα 7.035 από ΣΔ κύησης. Το 8,5% - 17,5% του συνόλου των θανάτων στον ελληνικό πληθυσμό σχετίζεται με έλλειψη σωστού έλεγχου του διαβήτη. Σημειώνεται, επίσης, πως το 24%-30% των ατόμων με ΣΔΤ1 δεν έχουν επίγνωση της ασθένειάς τους και παραμένουν αδιάγνωστοι. Κάθε χρόνο προστίθενται τουλάχιστον 35.000 νέα περιστατικά ΣΔ στην Ελλάδα. Από αυτά, τα 500 αφορούν παιδιά κάτω των 16 χρονών που διαγιγνώσκονται ΣΔΤ1.

Ο διαβήτης κοστίζει στο υγειονομικό σύστημα της χώρας περίπου 12% επί των συνολικών δαπανών για την υγεία. Μόλις το 25% του κόστους του διαβήτη αφορά στην αντιμετώπισή του, ενώ το 75% στις χρόνιες επιπλοκές του [47].

1.7 Γλυκαιμικός έλεγχος

Ο γλυκαιμικός έλεγχος συνίσταται στη μέτρηση της συγκέντρωσης της γλυκόζης αίματος ανά τακτά διαστήματα και στη διατήρησή της σε φυσιολογικά επίπεδα. Τα φυσιολογικά επίπεδα διακύμανσης της γλυκόζης νηστείας είναι από 72-108 mg/dl καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ στο πλαίσιο ενός καλού γλυκαιμικού ελέγχου, το εύρος συγκέντρωσης της γλυκόζης δύο ώρες μετά τη λήψη γεύματος πρέπει να είναι 90-144 mg/dl και η γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη πρέπει να είναι μικρότερη από 6 [3].

Η σημασία του γλυκαιμικού ελέγχου είναι καθοριστική για την αντιμετώπιση του Σακχαρώδους Διαβήτη κάθε τύπου και την πρόληψη των επιπλοκών του. Η επίτευξη του όμως, αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα, ιδιαίτερα σε ασθενείς με ΣΔ Τύπου 1, και συνδέεται με τον έλεγχο όλων των παραμέτρων που επιδρούν στον μεταβολισμό της γλυκόζης [48]. Οι παράμετροι αυτές, που είναι τόσο ενδογενείς (λειτουργία του ήπατος, του εγκεφάλου, των νεφρών, των μυών και του εντέρου) όσο και εξωγενείς (εξωτερικά χορηγούμενη ινσουλίνη, διατροφή, άγχος, φυσική άσκηση) αλληλεπιδρούν με πολύπλοκο τρόπο, γεγονός που καθιστά την επίδρασή τους στη συγκέντρωση της γλυκόζης μη προβλέψιμη [49]. Κατά συνέπεια, η θεραπευτική πορεία ενός διαβητικού απαιτεί τόσο την προσωπική του φροντίδα όσο και την τακτική παρακολούθησή του από ειδικό γιατρό. Μέρος της προσωπικής φροντίδας αποτελούν οι συχνές μετρήσεις της γλυκόζης του ασθενούς. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με τη βοήθεια διατάξεων που έχουν αναπτυχθεί γι' αυτόν τον σκοπό [50].

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η έλλειψη ινσουλίνης ή η ελλιπής δράση της σε άτομα με ΣΔ τύπου 1 είναι κυρίως η υπεύθυνη για τη ρύθμιση της συγκέντρωσης σακχάρου στο αίμα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η χορήγηση εξωγενούς ινσουλίνης είναι αναγκαία. Ο ασθενής μέσω των μετρήσεων των επιπέδων γλυκόζης και της συλλογής δεδομένων μπορεί να καθορίζει τις ενέσιμες δόσεις ινσουλίνης. Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη φορητών συσκευών συνεχούς μέτρησης της γλυκόζης και αντλιών συνεχούς έγχυσης ινσουλίνης έχουν ανοίξει τον δρόμο για την ανάπτυξη "τεχνητού παγκρέατος", δηλαδή ενός κλειστού συστήματος που θα επιτυγχάνει την εύρεση βέλτιστου ρυθμού έγχυσης ινσουλίνης [51], [52]. Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται οι τεχνολογίες διατάξεων μέτρησης γλυκόζης, οι τρόποι εξωγενούς χορήγησης ινσουλίνης, καθώς και το τεχνητό πάγκρεας.

1.7.1 Διατάξεις μέτρησης γλυκόζης

Οι διατάξεις μέτρησης γλυκόζης που είναι εμπορικά διαθέσιμες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις Συμβατικές Διατάξεις Μέτρησης Γλυκόζης και τις Διατάξεις Συνεχούς Μέτρησης Γλυκόζης.

Συμβατικές Διατάξεις Μέτρησης Γλυκόζης

Οι συμβατικές διατάξεις μέτρησης γλυκόζης (fingersticks) λαμβάνουν μικρή ποσότητα δείγματος από τριχοειδικό αίμα και σε σύντομο χρονικό διάστημα παρέχουν αξιόπιστες μετρήσεις της συγκέντρωσης της γλυκόζης, που προκύπτουν από τη χημική και φωτομετρική ανάλυση του δείγματος αυτού. Η λήψη του αίματος γίνεται από την άκρη του δαχτύλου μέσω κάποιας μορφής βελόνας και το δείγμα αίματος τοποθετείται σε μια δοκιμαστική ταινία μιας χρήσης, η οποία είναι καλυμμένη με χημικές ενώσεις που αντιδρούν με τη γλυκόζη στο αίμα. Στη συνέχεια, η δοκιμαστική ταινία εισάγεται στη συσκευή προκειμένου να υπολογιστεί η συγκέντρωση της γλυκόζης. Ο υπολογισμός αυτός βασίζεται είτε στην ποσότητα του ρεύματος που διαπερνά το δείγμα είτε στην ποσότητα της ανακλώμενης ακτινοβολίας από το δείγμα. Το αποτέλεσμα της μέτρησης απεικονίζεται την οθόνη της συσκευής, ενώ πλέον υπάρχει η δυνατότητα ενσύρματης ή ασύρματης σύνδεσης της συσκευής με προσωπικό υπολογιστή, καθώς και η δυνατότητα παραγωγής γραφικών παραστάσεων των δεδομένων και εξαγωγής χρήσιμων στατιστικών στοιχείων.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των συμβατικών διατάξεων μέτρησης γλυκόζης είναι η ταχύτητα, η ευκολία και η αξιοπιστία των μετρήσεων. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μέθοδος είναι επεμβατική και επώδυνη, καθώς η άκρη των δαχτύλων είναι περιοχή με πλήθος νευρικών απολήξεων, ενώ μετρήσεις θα πρέπει να πραγματοποιούνται πολλαπλές φορές μέσα στη μέρα (6-8 φορές). Για τον λόγο αυτό, γίνονται προσπάθειες να αναπτυχθούν νέοι μέθοδοι που θα επιτρέπουν τη μέτρηση της συγκέντρωσης γλυκόζης στο αίμα σε εναλλακτικά σημεία του σώματος. Έχουν κυκλοφορήσει συσκευές που επιτρέπουν τη λήψη αίματος από



Σχήμα 1.14: Μέτρηση γλυκόζης με χρήση Συμβατικής Διατάξης Μέτρησης Γλυκόζης (fingerstick)

περιοχές όπως ο ανώτερος βραχίονας, το αντιβράχιο, η βάση του αντίχειρα και ο μηρός. Οι μετρήσεις όμως από τις περιοχές αυτές υπολείπονται σε ακρίβεια των μετρήσεων από δείγμα αίματος στην άκρη του δαχτύλου, λόγω της μειωμένης ροής αίματος στα σημεία αυτά σε σχέση με τη ροή στα δάχτυλα, με αποτέλεσμα οι μεταβολές στα επίπεδα συγκέντρωσης της γλυκόζης να εμφανίζονται αρκετά αργότερα [3], [53].

Διατάξεις Συνεχούς Μέτρησης Γλυκόζης

Οι διατάξεις συνεχούς μέτρησης γλυκόζης αποτελούν τις πιο σύγχρονες εμπορικά διαθέσιμες διατάξεις μέτρησης γλυκόζης. Οι διατάξεις αυτές, σε αντίθεση με τις συμβατικές διατάξεις μέτρησης γλυκόζης, δεν παρέχουν μεμονωμένες πληροφορίες για τα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος, αλλά μπορούν να παρακολουθούν τις διακυμάνσεις που συντελούνται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Επίσης, παρέχουν τη δυνατότητα προβλέψεων για τα επίπεδα της γλυκόζης στο μέλλον και μπορούν να βοηθήσουν ώστε να εντοπιστούν και να αποτραπούν περίοδοι υπεργλυκαιμίας και υπογλυκαιμίας [54], [55].

Οι δυσκολίες στην ανάπτυξη μη επεμβατικών μεθόδων μέτρησης γλυκόζης σχετίζονται κυρίως με τους εξής παράγοντες [56]:

- Τη διαφορετική δομή των στιβάδων του δέρματος.
- Την παρουσία στο δέρμα πολλών διαφορετικών χημικών ουσιών με παραπλήσιες ιδιότητες.
- Τη χρονική μεταβολή της συμπεριφοράς του δέρματος

Οι διατάξεις συνεχούς μέτρησης γλυκόζης κατηγοριοποιούνται είτε με βάση τη βιοχημική διαδικασία που εφαρμόζουν για τη μέτρηση της γλυκόζης είτε με κριτήριο αν οι αισθητήρες είναι επεμβατικοί ή όχι. Ακολουθώντας την πρώτη διάκριση, προκύπτουν οι κατηγορίες που παρουσιάζονται ακολούθως.

Διατάξεις Μέτρησης Συγκέντρωσης Γλυκόζης στο Μεσοκυττάριο Υγρό

Οι διατάξεις μέτρησης της συγκέντρωσης της γλυκόζης στο μεσοκυττάριο υγρό χρησιμοποιούν μεθόδους που βασίζονται στην οξειδάση της γλυκόζης. Είναι ελάχιστα επεμβατικές και λειτουργούν με έναν από τους δύο κάτωθι τρόπους:

- Με υποδόριο αισθητήρα που χρησιμοποιεί το ένζυμο οξειδάση της γλυκόζης. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι η πιο διαδεδομένη και την χρησιμοποιούν πολλές από τις συσκευές που διατίθενται στο εμπόριο. Οι συσκευή αποτελείται από τον αισθητήρα γλυκόζης, ένα ηλεκτρόδιο με το ένζυμο οξειδάση στο άκρο του και τη φορητή συσκευή παρακολούθησης των επιπέδων γλυκόζης. Ο αισθητήρας τοποθετείται στον υποδόριο ιστό και οξειδάση δρα ως καταλύτης στην οξείδωση της γλυκόζης, που

έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικού φορτίου. Η συγκέντρωση της γλυκόζης είναι ανάλογη της ισχύος του παραγόμενου ηλεκτρικού σήματος και μετράται ανά 1 έως 5 λεπτά. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συμπεριλαμβάνονται η ανάγκη για τακτική αλλαγή του αισθητήρα (3 έως 7 ημέρες), προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος εμφάνισης τοπικών φλεγμονών, καθώς και η χρονική καθυστέρηση μετά την τοποθέτηση του αισθητήρα μέχρι αυτός να είναι σε θέση να μετρήσει τη συγκέντρωση της γλυκόζης. Μειονέκτημα αποτελεί επίσης το γεγονός ότι η ακρίβεια της μέτρησης εξαρτάται από την ακρίβεια της βαθμονόμησης, η οποία πρέπει να γίνεται από τον ασθενή 2-4 φορές την ημέρα με μέτρηση της γλυκόζης με τη χρήση μιας συμβατικής διάταξης. Η ακρίβεια της βαθμονόμησης όμως επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η χρονική καθυστέρηση που παρουσιάζει η συγκέντρωση της γλυκόζης στον υποδόριο χώρο από την αντίστοιχη στο αίμα, από την έμφυτη ανακρίβεια που παρουσιάζουν οι συμβατικές διατάξεις μέτρησης γλυκόζης και από το κίνητρο που έχει ο ίδιος ο ασθενής να κάνει σωστά τη βαθμονόμηση [3], [56].

- Με υποδόριο αισθητήρα που βασίζεται στην τεχνική της μικροδιάλυσης. Σε αυτή την τεχνική ένας υποδόριος καθετήρας λαμβάνει συνεχώς δείγματα από το μεσοκυττάριο υγρό και η γλυκόζη ανιχνεύεται μέσω της δράσης της οξειδάσης της γλυκόζης, η οποία περιέχεται μέσα σε μια εξωσωματική συσκευή. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν την τεχνική αυτή έχουν επαρκή ακρίβεια, απαιτούν ελάχιστη βαθμονόμηση, αλλά είναι ογκώδεις και χρησιμοποιούνται από γιατρούς ως εργαλείο διάγνωσης [3].
- Με αντίστροφο ιονισμό Αυτή την τεχνική στηρίζεται στη διέλευση σταθερού ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής ισχύος από το δέρμα, το οποίο προκαλεί την κίνηση της γλυκόζης που περιέχεται στο μεσοκυττάριο υγρό και ακολουθώντας έξοδό της από το δέρμα. Η συγκέντρωσή της μετράται από έναν βιοαισθητήρα που είναι προσκολλημένος στο δέρμα. Το σύστημα που χρησιμοποιεί τον αντίστροφο ιονισμό είναι μια διάταξη όμοια με ρολόι, που φοριέται στον καρπό. Ωστόσο, η ανακρίβεια που παρουσίασε στην ανίχνευση υπογλυκαιμιών οδήγησε στην απόσυρσή του από την αγορά [3].



Σχήμα 1.15: GlucoWatch G2 Biographer

Φασματοσκόπηση της αντίστασης των ιστών

Πρόκειται για μη επεμβατική τεχνική μέτρησης της γλυκόζης που χρησιμοποιεί μικρής έντασης εναλλασσόμενο ρεύμα, το οποίο διοχετεύεται σε έναν ιστό. Η αντίσταση του ιστού καταγράφεται ως συνάρτηση της συχνότητας. Η μέτρηση της γλυκόζης γίνεται έμμεσα, χωρίς να απαιτείται εξαγωγή βιολογικού υγρού από τους ιστούς, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδρασή της με τα ερυθροκύτταρα. Η συσκευή που χρησιμοποιεί την τεχνική αυτή δίνει μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο κάθε λεπτό, ενώ εκπέμπει προειδοποιητικά σήματα σε περίπτωση υπεργλυκαιμίας ή υπογλυκαιμίας [56], [57].

Οπτικοί αισθητήρες

Πρόκειται για μη επεμβατική τεχνική μέτρησης της γλυκόζης και πραγματοποιείται εστιάζοντας δέσμη φωτός σε κάποιο σημείο του οργανισμού. Λόγω της αλληλεπίδρασής του με τον ιστό, το οπτικό σήμα υφίσταται πόλωση και προκαλούνται μεταβολές σε χαρακτηριστικά του, όπως η ένταση και το μήκος κύματος. Καθώς η απορρόφηση του φωτός από το δέρμα εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τη συγκέντρωση της γλυκόζης, οι παραπάνω μεταβολές μπορούν να αξιοποιηθούν ώστε να υπολογιστεί η τιμή της γλυκόζης. Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθες [56], [57] :

- Φασματοσκόπηση με ακτίνες πλησίον της συχνότητας της υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Υπέρυθρη φασματοσκοπία
- Φασματοσκοπία Ράμαν
- Φωτοακουστική φασματοσκοπία
- Μέτρηση της διάχυσης του σχεδάζόμενου φωτός
- Αλλαγές της πόλωσης

Εμφυτεύσιμοι αισθητήρες

Τα εξ ολοκλήρου εμφυτεύσιμα συστήματα μέτρησης της γλυκόζης βρίσκονται υπό ανάπτυξη, ενώ πραγματοποιούνται πιλοτικές δοκιμές για την αξιολόγησή τους και αποτελούν μία πολλά υποσχόμενη λύση όσον αφορά τη συνεχή μέτρηση γλυκόζης. Στα πλεονεκτήματά τους έναντι των διαθέσιμων αισθητήρων μέτρησης γλυκόζης συμπεριλαμβάνονται ο αυξημένος χρόνος ζωής, η μικρότερη συχνότητα βαθμονόμησης και η πιθανώς πιο εύκολη ενσωμάτωση σε κλειστού βρόχου συστήματα έγχυσης ινσουλίνης.

Τα πρώτα αποτελέσματα από τη χρήση υποδόριων και ενδοφλέβιων αισθητήρων δείχνουν ότι παρόλο που δεν αναφέρονται σοβαρά ανεπιθύμητα συμβάντα, η αποτυχία των εμφυτεύσιμων αισθητήρων οφείλεται σε θέματα βιοσυμβατότητας. Στα λειτουργικά συστήματα, η ακρίβεια των μετρήσεων ήταν ικανοποιητική για τα χρονικά διαστήματα με μέση διάρκεια 120 ημερών για τους υποδόριους αισθητήρες και 259 ημερών για τους ενδοφλέβιους αισθητήρες. Επίσης, τα συστήματα αυτά βοήθησαν στην κατεύθυνση της βελτίωσης του γλυκαιμικού ελέγχου, παρείχαν ασφάλεια και καλή απόδοση. Επομένως, καθίσταται επιθυμητή η χρήση των εμφυτεύσιμων αισθητήρων, με προϋπόθεση τη βελτίωση της βιοσυμβατότητας και τη μείωση του κόστους [3].

1.7.2 Εξωγενής χορήγηση ινσουλίνης

Η εξωγενής χορήγηση ινσουλίνης είναι απαραίτητη για ασθενείς που πάσχουν από ΣΔ Τύπου 1 και μερικές φορές για ασθενείς με ΣΔ Τύπου 2.

Οι τύποι της ινσουλίνης μπορούν να διακριθούν με βάση τόσο την προέλευσή της όσο και την ταχύτητα της δράσης της. Έτσι, με βάση την προέλευση, υπάρχει η ανθρώπινη ινσουλίνη, η ζωική ινσουλίνη και το ανάλογο ινσουλίνης. Η ανθρώπινη ινσουλίνη, αντίθετα με αυτό που θα μπορούσε να δηλώσει η ονομασία της, είναι προϊόν εργαστηρίου, το οποίο μιμείται την ινσουλίνη που παράγει το ανθρώπινο σώμα. Το ανάλογο ινσουλίνης είναι ένας τύπος ανθρώπινης ινσουλίνης, παρασκευασμένης στο εργαστήριο, η οποία είναι κατάλληλα τροποποιημένη ώστε να καθοριστεί η ταχύτητα της δράσης της [58]. Η ζωική ινσουλίνη προέρχεται από τους χοίρους και τα βοοειδή και ήταν ο πρώτος τύπος ινσουλίνης που χορηγήθηκε σε ανθρώπους. Πλέον έχει αντικατασταθεί σχεδόν εξ' ολοκλήρου από την ανθρώπινη ινσουλίνη και το ανάλογο ινσουλίνης [59]. Με κριτήριο την ταχύτητα δράσης, έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες [60] :

- Ινσουλίνη ταχείας δράσης, η οποία χορηγείται συνήθως ακριβώς πριν από κάποιο γεύμα και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποια μακρότερης δράσης ινσουλίνη.
- Ινσουλίνη βραχείας δράσης, η οποία λαμβάνεται περίπου 30 λεπτά πριν από κάποιο γεύμα. Και αυτή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποια μακρότερης δράσης ινσουλίνη.
- Ινσουλίνη ενδιάμεσης δράσης, η οποία αντιμετωπίζει την αύξηση της γλυκόζης όταν η ινσουλίνη ταχείας δράσης σταματά να δρα. Συνήθως, συνδυάζεται με ινσουλίνη ταχείας ή βραχείας δράσης, λαμβάνεται δύο φορές τη μέρα και δρα για 16 με 24 ώρες.
- Ινσουλίνη μακράς δράσης, η οποία λαμβάνεται μία ή δύο φορές τη μέρα ως βασική δόση και δρα για 12 με 24 ώρες. Συχνά, όταν απαιτείται, συνδυάζεται με ινσουλίνη ταχείας ή βραχείας δράσης.

Τύπος	Ονομασία	Έναρξη Δράσης (Χρονικό διάστημα μέχρι η ινσουλίνη να μπει στην κυκλοφορία του αίματος)	Κορύφωση Δράσης (Χρονική στιγμή κατά την οποία η ινσουλίνη είναι πιο αποτελεσματική)	Διάρκεια δράσης
Ταχείας Δράσης	Humalog Novolog Apidra	10 – 30 λεπτά	30 λεπτά – 3 ώρες	3 – 5 ώρες
Βραχείας Δράσης	Regular (R)	30 λεπτά – 1 ώρα	2 – 5 ώρες	Μέχρι 12 ώρες
Ενδιάμεσης Δράσης	NPH (N)	1.5 – 4 ώρες	4 – 12 ώρες	Μέχρι 24 ώρες
Μακράς Δράσης	Lantus Levemir	0.8 – 4 ώρες	Ελάχιστο	Μέχρι 24 ώρες

Πίνακας 1.1: Οι διαφορετικοί τύποι ινσουλίνης

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι εξωγενούς χορήγησης ινσουλίνης είναι οι ημερίσιες πολλαπλές δόσεις ινσουλίνης και η συνεχής έγχυση ινσουλίνης μέσω αντλίας έγχυσης ινσουλίνης, μέθοδοι οι οποίες περιγράφονται ακολούθως [61], [3].

Ημερίσιες Πολλαπλές Ενέσιμες Δόσεις Ινσουλίνης

Το σύστημα των πολλαπλών ενέσεων ινσουλίνης συνήθως περιλαμβάνει τη χορήγηση μίας ή δύο ενέσιμων δόσεων ινσουλίνης μακράς δράσης κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς και τη χορήγηση ενέσιμων δόσεων ινσουλίνης βραχείας δράσης πριν από κάθε γεύμα. Ωστόσο, οι χρησιμοποιούμενοι τύποι ινσουλίνης, η δοσολογία και η συχνότητα χορήγησης διαφέρουν από ασθενή σε ασθενή και καθορίζονται από τον ιατρό.

Η χορήγηση των πολλαπλών δόσεων ινσουλίνης γίνεται κυρίως με συσκευές που έχουν τη μορφή στυλό, και είναι γνωστές με την ονομασία "insulin pens" και σπανιότερα με τη χρήση συστήματος έγχυσης ινσουλίνης σε μορφή πίδακα υψηλής πίεσης (insulin jet injector). Οι συσκευές αυτές τείνουν να αντικαταστήσουν τις κλασικές σύριγγες, καθιστώντας πιο ασφαλή και εύχρηστη τη χορήγηση των δόσεων ινσουλίνης. Τα στυλό ινσουλίνης αποτελούνται από το φυσίγγιο ινσουλίνης και ένα όργανο ένδειξης για τη μέτρηση της δόσης, ενώ χρησιμοποιούνται αναλώσιμες βελόνες για τη χορήγηση της ινσουλίνης. Υπάρχουν δύο είδη στυλό, τα στυλό ινσουλίνης διαρκείας και τα εκ των προτέρων γεμισμένα στυλό ινσουλίνης. Τα πρώτα χρησιμοποιούν επανατοποθετούμενα φυσίγγια ινσουλίνης, ενώ τα δεύτερα είναι μίας

χρήσης, οπότε όταν εξαντλείται η ποσότητα ινσουλίνης αντικαθίσταται ολόκληρη η συσκευή. Τα στυλό ινσουλίνης καθιστούν την εξωγενή χορήγηση ινσουλίνης σχετικά ανώδυνη, εύκολη και ακριβή.



Σχήμα 1.16: Διάφορα στυλό ινσουλίνης (insulin pens)

Όσον αφορά το σύστημα ένεσης ινσουλίνης με τη μορφή πίδακα υψηλής πίεσης, πρόκειται για σύστημα που δε χρησιμοποιεί βελόνα για την έγχυση ινσουλίνης, αλλά ψεκάζει στο δέρμα μία ποσότητα ινσουλίνης μέσω ενός μηχανισμού υψηλής πίεσης. Η συγκεκριμένη συσκευή δε χρησιμοποιείται ευρέως, καθώς παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα, όπως η πρόκληση τοπικού ερεθισμού και πόνου μεγαλύτερου από εκείνου των στυλό, ανάλωση χρόνου για τον καθαρισμό και την προετοιμασία αλλά και υψηλό κόστος [3], [57].

Αντλίες Έγχυσης Ινσουλίνης

Οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης είναι μικρές συσκευές, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται συνεχής έγχυση ινσουλίνης στον ασθενή με Σακχαρώδη Διαβήτη. Η χορήγηση της ινσουλίνης γίνεται με δύο τρόπους, μία σταθερή και συνεχή δόση ('basal' ινσουλίνη), καθώς και επιπλέον δόσεις σε συγκεκριμένες στιγμές της ημέρας, συνήθως πριν από τα γεύματα ('bolus' ινσουλίνη). Η ινσουλίνη που χρησιμοποιείται είναι ινσουλίνη ταχείας δράσης [62]. Οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης αποτελούνται από ένα δοχείο ινσουλίνης και έναν μικροϋπολογιστή, μέσω του οποίου ο ασθενής προγραμματίζει το βασικό ρυθμό έγχυσης της ινσουλίνης και τις προγευματικές δόσεις της. Ένα λεπτό πλαστικό σωληνάκι συνδέει την αντλία με το δέρμα μέσω μιας κάνουλας που εισέρχεται κάτω από αυτό. Έτσι, μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να εκκρίνουν μικρές δόσεις ινσουλίνης διαρκώς, ή μια βολυς δόση κοντά στα γεύματα, ώστε να ελεγχθεί η μεταγευματική αύξηση του σακχάρου. Αυτό το σύστημα χορήγησης ινσουλίνης προσομοιάζει τη φυσιολογική λειτουργία του παγκρέατος για την έκκριση ινσουλίνης. Ωστόσο, ο ασθενής που χρησιμοποιεί αντλία έγχυσης ινσουλίνης πρέπει να κάνει μετρήσεις των επιπέδων της γλυκόζης του [63].



Σχήμα 1.17: Αντλία Έγχυσης Ινσουλίνης

Οι αντλίες έγχυσης ινσουλίνης αποτελούν το πιο σύγχρονο μέσο εξωγενούς χορήγησης ινσουλίνης

και παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συστήματα των πολλαπλών ενέσεων ινσουλίνης. Συμβάλλουν στον καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο, καθώς με σωστή χρήση τους μπορούν να μειώσουν τις υπογλυκαιμίες κατά 84%, προλαμβάνοντας έτσι τις μακροχρόνιες επιπλοκές του Σακχαρώδους Διαβήτη. Ακόμα, καθιστούν πιο προβλέψιμο τον τρόπο με τον οποίο δρα η ινσουλίνη, καθώς χρησιμοποιούν μόνο ινσουλίνη ταχείας δράσης, η οποία απορροφάται από τον οργανισμό με πιο προβλέψιμο τρόπο σε σχέση με την ινσουλίνη μακράς δράσης. Επίσης, με τη χρήση αντλίας έγχυσης ινσουλίνης το άτομο με ΣΔ αποφεύγει τις επώδυνες ενέσεις και έχει μεγαλύτερη ευελιξία όσον αφορά το πρόγραμμα της διατροφής του ή της φυσικής του δραστηριότητας [62].

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα για σύνδεση των αντλιών έγχυσης ινσουλίνης με διατάξεις συνεχούς μέτρησης γλυκόζης, καθώς και η διασύνδεση του συνολικού συστήματος με ηλεκτρονικές πλατφόρμες για απομακρυσμένη διαχείριση και παρακολούθηση. Το γεγονός αυτό προσφέρει πρόσθετα πλεονεκτήματα στο χρήστη. Αυτά είναι η απαλλαγή από την ανάγκη για τακτικές μετρήσεις γλυκόζης, η ασύρματη επικοινωνία αισθητήρα καταγραφής γλυκόζης(πομπού) με αντλία(δέκτη), με δυνατότητα ειδοποίησης σε περιπτώσεις υπεργλυκαιμίας και υπογλυκαιμίας, καθώς και η δυνατότητα εμφάνισης σε πραγματικό χρόνο των επιπέδων γλυκόζης ανά 5 λεπτά και γραφημάτων που αναπαριστούν τις τάσεις της γλυκόζης [3], [64].



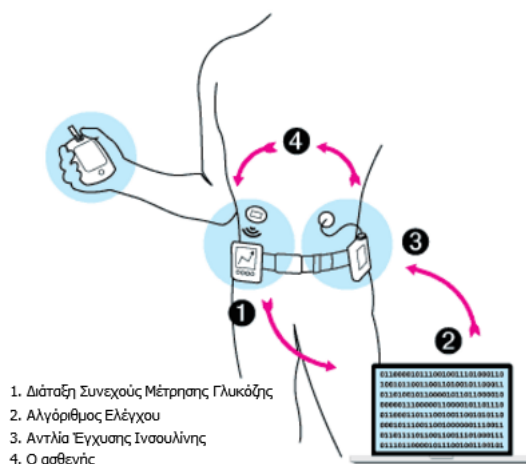
Σχήμα 1.18: Τρεις διαφορετικοί τρόποι έγχυσης ινσουλίνης. Από αριστερά προς τα δεξιά: στυλό ινσουλίνης, έγχυση σε μορφή πίδαχα υψηλής πίεσης και αντλία έγχυσης ινσουλίνης

1.7.3 Εξωτερικό Τεχνητό Πάγκρεας

Το τεχνητό πάγκρεας είναι ένα σύστημα συσκευών που μιμείται πιστά τη λειτουργία ενός υγιούς παγκρέατος. Τα τελευταία χρόνια δίνεται μεγάλη έμφαση στην προσπάθεια ανάπτυξης αλγορίθμων για την αυτόματη εύρεση του βέλτιστου ρυθμού έγχυσης ινσουλίνης, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη τεχνητού παγκρέατος που θα είναι σε θέση να αντικαταστήσει πλήρως τη λειτουργία του παγκρέατος [65].

Τα περισσότερα συστήματα τεχνητού παγκρέατος αποτελούνται από μία διάταξη συνεχούς μέτρησης γλυκόζης και μία αντλία έγχυσης ινσουλίνης. Επίσης, χρησιμοποιείται μία συσκευή μέτρησης γλυκόζης για τη βαθμονόμηση της διάταξης συνεχούς μέτρησης γλυκόζης. Η αντλία έγχυσης ινσουλίνης συνδέεται με το σύστημα συνεχούς μέτρησης γλυκόζης μέσω ενός αλγορίθμου ελέγχου. Γι' αυτό τον λόγο, το τεχνητό πάγκρεας μερικές φορές ονομάζεται και "σύστημα κλειστού βρόχου" [66], [67].

Όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα, η διάταξη συνεχούς μέτρησης γλυκόζης παρέχει μία συνεχή ροή πληροφορίας που αφορά τα επίπεδα γλυκόζης του ασθενή σε ένα ειδικό υπολογιστικό σύστημα. Το σύστημα αυτό εκτελεί τον αλγόριθμο ελέγχου και αποστέλλει οδηγίες στην αντλία έγχυσης ινσουλίνης, ώστε να χορηγεί ινσουλίνη με τον βέλτιστο ρυθμό. Ο αλγόριθμος λειτουργεί χωρίς κάποια είσοδο από τον ασθενή [66].



Σχήμα 1.19: Τεχνητό πάγκρεας

Έχουν αναπτυχθεί αρκετές μεθοδολογίες ελέγχου που σκοπό έχουν να κλείσουν τον βρόχο μεταξύ διατάξεων συνεχούς μέτρησης γλυκόζης και αντλιών έγχυσης ινσουλίνης και να υπολογίσουν τον βέλτιστο ρυθμό έγχυσης ινσουλίνης. Σε αρκετούς ελεγκτές χρησιμοποιούνται νευρωνικά δίκτυα που επιτυγχάνουν την εξατομίκευση και πιο ακριβή αποτελέσματα. Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται ακολούθως.

Αναλογικός - Ολοκληρωτικός - Διαφορικός έλεγχος (ΑΟΔ)

Πρόκειται για τον πιο κλασικό και διαδεδομένο τύπο ελεγκτή, ο οποίος περιγράφεται από την εξίσωση:

$$u(t) = u_0 + k_c \left(e(t) + \frac{1}{t_I} \int e(t) dt + t_D \frac{de(t)}{dt} \right)$$

όπου u είναι η μεταβλητή ελέγχου, $e(t) = r(t) - y(t)$ και αντιπροσωπεύει το σφάλμα μεταξύ της επιθυμητής εξόδου r και της τρέχουσας μέτρησης της εξόδου του συστήματος y και u_0 είναι σταθερός όρος. Έτσι, σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, η μεταβλητή ελέγχου ισούται με το άθροισμα ενός σταθερού όρου, ενός αναλογικού όρου που αντιστοιχεί στη διαφορά της τρέχουσας γλυκόζης από το επιθυμητό της επίπεδο (σφάλμα e), ενός ολοκληρωτικού όρου που σχετίζεται με την πρόσφατη εξέλιξη του σφάλματος, καθώς και ενός διαφορικού όρου που αντιστοιχεί στο ρυθμό μεταβολής του σφάλματος. Οι παράμετροι k_c , t_D και t_I αντιπροσωπεύουν το αναλογικό κέρδος, το ολοκληρωματικό κέρδος και το διαφορικό κέρδος αντίστοιχα και η επιλογή τους καθορίζει τα χαρακτηριστικά του ελεγκτή. Υποστηρίζεται ότι η φυσιολογική λειτουργία του παγκρέατος είναι όμοια με του ΑΟΔ ελεγκτή [3].

Βέλτιστος γραμμικός έλεγχος

Ο βέλτιστος γραμμικός έλεγχος αντιμετωπίζει συστήματα με πολλές εισόδους και εξόδους και εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που απαιτείται ελαχιστοποίηση κάποιου κριτηρίου κόστους, η οποία οδηγεί σε σχεδιασμό κατάλληλου νόμου ελέγχου. Ο νόμος ελέγχου είναι ένα σύστημα διαφορικών εξισώσεων, που περιγράφει τη δυναμική εξέλιξη των μεταβλητών ελέγχου. Οι μεταβλητές αυτές ελαχιστοποιούν τη συνάρτηση κόστους του συστήματος. Ο βέλτιστος γραμμικός εφαρμόζεται για την ανάπτυξη γραμμικών ελεγκτών συστημάτων που είναι ή προσεγγίζονται ως γραμμικά, αλλά ενδείκνυται και για τον έλεγχο μη γραμμικών συστημάτων, αφού χαρακτηρίζεται από ανοχή της μη γραμμικότητας [3], [57].

Έλεγχος βασισμένος σε μοντέλο πρόβλεψης

Ο έλεγχος που βασίζεται σε μοντέλο πρόβλεψης αποτελεί μια προηγμένη τεχνική ελέγχου ευρέως χρησιμοποιούμενη στη βιομηχανία. Ο ελεγκτής που χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη τεχνική όχι μόνο παρατηρεί τις τρέχουσες τιμές της εξόδου του συστήματος λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές του παρελθόντος, αλλά αξιοποιεί και τις μελλοντικές τιμές εξόδου για τον έλεγχο του συστήματος με τη χρήση ενός μοντέλου πρόβλεψης της εξόδου του συστήματος που παράγει προβλέψεις εντός καθορισμένου ορίζοντα πρόβλεψης. Η δυνατότητα του συγκεκριμένου ελεγκτή να διαχειρίζεται μη γραμμικά συστήματα που υπόκεινται σε καθυστερήσεις, περιορισμούς και μεγάλα επίπεδα θορύβου, τον καθιστά δημοφιλή επιλογή για την ανάπτυξη τεχνητού παγκρέατος. Έτσι, για τον έλεγχο της γλυκόζης αρχικά προβλέπονται τα επίπεδα γλυκόζης εντός συγκεκριμένου ορίζοντα πρόβλεψης, ενώ στη συνέχεια υπολογίζονται οι αποκλίσεις των προβλέψεων από την επιθυμητή τιμή της γλυκόζης. Έπειτα, προσδιορίζεται μια ακολουθία βέλτιστων ρυθμών έγχυσης ινσουλίνης από την ελαχιστοποίηση της συνάρτησης κόστους. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται όταν γίνεται διαθέσιμη η επόμενη μέτρηση της γλυκόζης. Η επιλογή του μοντέλου πρόβλεψης των επιπέδων της γλυκόζης έχει καθοριστική σημασία για την απόδοση του ελεγκτή. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι είτε μαθηματικά μοντέλα, που περιγράφουν τη δυναμική του συστήματος, είτε μοντέλα οδηγούμενα από τα δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιούν τεχνητά νευρωνικά δίκτυα [68], [3].

Έλεγχος βασισμένος σε ασαφή λογική

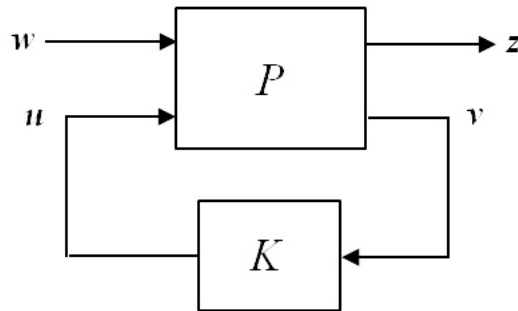
Η ασαφής λογική σχετίζεται με τη λήψη αποφάσεων σε περιβάλλον αβεβαιότητας. Βασίζεται στη θεωρία των ασαφών συνόλων, στην οποία ένα στοιχείο ανήκει σε κάποιο σύνολο με έναν βαθμό συμμετοχής, σε αντίθεση με την κλασική θεωρία συνόλων, στην οποία ένα στοιχείο είτε ανήκει είτε δεν ανήκει σε κάποιο σύνολο. Η ασαφής λογική έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη ελεγκτών γλυκόζης. Το βασικό σχήμα ενός τέτοιου ελεγκτή περιλαμβάνει την εκτίμηση του ρυθμού έγχυσης ινσουλίνης με βάση το τρέχον επίπεδο της γλυκόζης και τον ρυθμό μεταβολής της γλυκόζης. Στο σχεδιασμό του συστήματος ενσωματώνεται η γνώση των ειδικών. Το συγκεκριμένο μοντέλο ελέγχου παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η απλότητα, η αποδοτικότητα, η ευκολία τροποποίησης των μοντέλων που βασίζονται σε αυτό, καθώς και το γεγονός ότι προσομοιάζει τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Έτσι, η χρήση του στο πεδίο του ελέγχου έχει διευρυνθεί τα τελευταία χρόνια [69], [57].

Αυτοσυντονιζόμενος έλεγχος

Ο αυτοσυντονιζόμενος έλεγχος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο συστημάτων με μεταβλητές ή αβέβαιες παραμέτρους. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία περιέχει έναν αλγόριθμο εκτίμησης των μεταβαλλόμενων άγνωστων παραμέτρων του συστήματος, έναν νόμο ελέγχου, που μπορεί να είναι ένας Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός ελεγκτής ή η ελαχιστοποίηση κάποιας συνάρτησης κόστους, καθώς και το προς έλεγχο σύστημα. Το γεγονός ότι η συμπεριφορά του μεταβολισμού της γλυκόζης διαφοροποιείται σημαντικά τόσο από άτομο σε άτομο όσο και στο ίδιο άτομο κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, καθιστά τον αυτοσυντονιζόμενο έλεγχο κατάλληλο για την ανάπτυξη ελεγκτών με σκοπό τη ρύθμιση των επιπέδων της γλυκόζης. Οι παράμετροι του μοντέλου μεταβολισμού της γλυκόζης προκύπτουν από τις τιμές γλυκόζης που μετράται από τη διάταξη συνεχούς μέτρησης γλυκόζης. Το μοντέλο αυτό προβλέπει την επόμενη τιμή της γλυκόζης, πρόβλεψη η οποία εισέρχεται στον βελτιστοποιητή προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί κατάλληλη συνάρτηση κόστους και να υπολογιστεί ο ρυθμός έγχυσης ινσουλίνης [3], [57].

H_∞ ελεγκτής

Ο ελεγκτής αυτός είναι κατάλληλος για συστήματα με διαταραχές και αβεβαιότητα ως προς τις παραμέτρους. Το βασικό πρόβλημα H_∞ ελέγχου απεικονίζεται παρακάτω.



Σχήμα 1.20: Η βασική δομή του H_∞ προβλήματος

Το σύστημα P έχει δύο εισόδους και δύο εξόδους, την είσοδο w , που είναι η εξωγενής είσοδος και αποτελείται από το σήμα αναφοράς και τις διαταραχές που δρουν στο σύστημα, την είσοδο u , που είναι το σήμα ελέγχου μέσω του οποίου ελαχιστοποιείται η επίδραση της διαταραχής, την έξοδο z , που είναι το μετρούμενο σήμα εξόδου του συστήματος με βάση το οποίο επιλέγεται το σήμα ελέγχου και την έξοδο v , που είναι η έξοδος του συστήματος. Το Π αντιπροσωπεύει τη συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος, ενώ το K τη συνάρτηση μεταφοράς του ελεγκτή. Η ανοχή του ελεγκτή απέναντι στις διαταραχές και την αβεβαιότητα τον καθιστούν κατάλληλο για τη διαχείριση των επιπέδων της γλυκόζης [3].

Γενικά, το τεχνητό πάγκρεας είναι σε θέση να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στον ασθενή που πάσχει από Σακχαρώδη Διαβήτη, βοηθώντας τον να πετύχει τον γλυκαιμικό έλεγχο και κατά συνέπεια να μειώσει τόσο τις βραχυπρόθεσμες όσο και τις μακροπρόθεσμες συνέπειες του ΣΔ. Η εξατομίκευση που προσφέρει βοηθά στη μείωση των γλυκαιμικών διακυμάνσεων και των υπογλυκαιμικών επεισοδίων. Παράλληλα, το τεχνητό πάγκρεας συμβάλλει στη μείωση του πόνου που προκύπτει από την ανάγκη για συνεχείς μετρήσεις γλυκόζης και χορήγηση ινσουλίνης, ενώ βελτιώνει την ποιότητα ζωής του ατόμου με ΣΔ προσφέροντάς του ευελιξία.

Το 2016 δημιουργήθηκε το πρώτο τεχνητό πάγκρεας που πήρε έγκριση από τον FDA (Food and Drug Administration). Συγκεκριμένα, παρακολούθηθηκαν για τρεις μήνες 123 ασθενείς με ΣΔ Τύπου 1 που χρησιμοποίησαν τη συσκευή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα είναι ασφαλές και αποτελεσματικό για άτομα άνω των 14 ετών, ενώ μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρήθηκε σε ασθενείς που έτειναν να έχουν υψηλότερη συγκέντρωση γλυκόζης [70].

Παιχνιδοποίηση και Σοβαρά παιχνίδια

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες νόσους παγκοσμίως και μια από τις κύριες αιτίες θανάτου σε ενήλικες, λόγω των επικίνδυνων επιπλοκών του. Το σωματικό, ψυχολογικό και οικονομικό αντίκτυπο που έχει στους ασθενείς και στις οικογένειες τους μπορεί να αποβεί τεράστιο. Οι δαπάνες για τον ΣΔ σε διεθνές επίπεδο είναι επίσης σημαντικές. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο ΣΔ μπορεί να αντιμετωπιστεί σε ένα βαθμό με καλή διατροφή και σωματική άσκηση σε ατομικό επίπεδο και φυσικά συμμόρφωση με τις οδηγίες των γιατρών.

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία, μέσω των συνεχών εξελίξεων και καινοτομιών, λειτουργεί ως αρωγός στην διαχείριση του ΣΔ. Ένας τομέας των νέων τεχνολογιών με αξιοσημείωτη συνεισφορά στην αντιμετώπιση χρόνιων παθήσεων είναι η χρήση τεχνικών παιχνιδοποίησης σε διάφορες βοηθητικές εφαρμογές, αλλά και η ανάπτυξη σοβαρών παιχνιδιών με σκοπό την ταυτόχρονη ψυχαγωγία αλλά και διαπαιδαγώγηση των ασθενών στην καλύτερη διαχείριση της ασθένειάς τους.

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά θα αναλυθούν οι έννοιες παιχνιδοποίηση και σοβαρό παιχνίδι, ο σκοπός που επιτελούν καθώς και οι τομείς στους οποίους εφαρμόζονται και βελτιώνουν τις προϋπάρχουσες συνθήκες. Στη συνέχεια, θα γίνει μια εκτενής αναφορά σε εφαρμογές στον τομέα της υγείας και ειδικότερα σε όσες είναι σχετικές με τη διαχείριση του ΣΔ. Θα δοθούν συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογών παιχνιδοποίησης και σοβαρών παιχνιδιών για τον ΣΔ και θα αναλυθούν οι ερευνητικές προκλήσεις που προκύπτουν από τέτοιου είδους εγχειρήματα.

2.1 Ορισμός, σκοπός και τομείς εφαρμογής

Οι έννοιες παιχνιδοποίηση και σοβαρό παιχνίδι συχνά συγχέονται μεταξύ τους αλλά και με διαφορετικές έννοιες όπως η ηλεκτρονική εκπαίδευση (*e-learning*) και τα βιντεοπαιχνίδια. Στο σχήμα 2.1 γίνεται σαφές τι διαχωρίζει και τι ενώνει τις παραπάνω έννοιες. Στη συνέχεια θα αναλυθούν περαιτέρω οι έννοιες παιχνιδοποίηση και σοβαρό παιχνίδι.

2.1.1 Παιχνιδοποίηση

Ο όρος παιχνιδοποίηση (*gamification*) χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το 2008 από τον **Brett Terill** σε μια δημοσίευση του, όπου περιέγραψε την παιχνιδοποίηση ως την τεχνική χρήσης μηχανισμών παιχνιδιού σε εφαρμογές ιστού για την αύξηση του ενδιαφέροντος του χρήστη [71]. Ο όρος άρχισε να χρησιμοποιείται ευρύτερα από το 2010, όταν δόθηκε ένας πιο τυπικός ορισμός από τον **Sebastian Deterding** και τους συνεργάτες του. Σύμφωνα με τον ορισμό τους, παιχνιδοποίηση είναι η χρήση στοιχείων και μηχανισμών



Σχήμα 2.1: Σχέσεις παιχνιδοποίησης, βιντεοπαιχνιδιών, σοβαρών παιχνιδιών και ηλεκτρονικής εκπαίδευσης

που χρησιμοποιούνται στη σχεδίαση παιχνιδιών σε διαφορετικά πλαίσια που δε σχετίζονται με παιχνίδια [72].

Ο σκοπός της παιχνιδοποίησης είναι συνήθως η αύξηση της προσήλωσης του χρήστη στην εφαρμογή που χρησιμοποιεί. Πολύ συχνά, όμως, μηχανισμοί παιχνιδοποίησης αποσκοπούν στη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας του χρήστη, την μεγαλύτερη ευχρηστία των συστημάτων καθώς και την διευκόλυνση της εκμάθησης. Επίσης, μέσω τεχνικών παιχνιδοποίησης αναμένεται αύξηση της αποδοτικότητας στη φυσική άσκηση αλλά και της ικανότητας του ατόμου να αφομοιώνει ψηφιακό περιεχόμενο και να κατανοεί σε βάθος ένα συγκεκριμένο πλαίσιο μελέτης. Έρευνες έχουν δείξει πως η χρήση τεχνικών παιχνιδοποίησης έχει θετική επίδραση στο άτομο [73].

Η παιχνιδοποίηση βρίσκει εφαρμογή σε πληθώρα τομέων. Οι κυριότεροι παρουσιάζονται παρακάτω:

- Προώθηση αγαθών (Marketing):

Η παιχνιδοποίηση εφαρμόζεται ευρέως στον τομέα των πωλήσεων. Πάνω από το 70% των 2000 καλύτερων επιχειρήσεων (σύμφωνα με το περιοδικό *Forbes*) το 2013 ανακοίνωσαν πως είτε ήδη χρησιμοποιούν είτε σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν τεχνικές παιχνιδοποίησης για καλύτερη προώθηση των αγαθών τους [74]. Ο τρόπος με τον οποίο αυτό επιτυγχάνεται είναι κυρίως με τη χρήση επάθλων για τους πελάτες, επιβραβεύσεων θεμιτών συμπεριφορών κτλ. Σε παρόμοιο πλαίσιο, χρησιμοποιείται η παιχνιδοποίηση και σε ιστότοπους υπηρεσιών κοινωνικής δικτύωσης. Χρήστες που παρουσιάζουν έντονη δραστηριοποίηση στον ιστότοπο επιβραβεύονται, ακόμη και με διεύρυνση των δικαιωμάτων τους στον ιστότοπο, ώστε να γίνεται ενθάρρυνση τέτοιων συμπεριφορών και να συνεχίζουν ή και να εντείνουν την συμμετοχή τους, ενισχύοντας έτσι τελικά τον ίδιο τον ιστότοπο [75].

- Υγεία:

Στον τομέα της υγείας η παιχνιδοποίηση συχνά χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που ενθαρρύνουν τους χρήστες να ενσωματώνουν πιο αποτελεσματικά τη φυσική άσκηση στην καθημερινότητά τους, βελτιώνοντας έτσι την συνολική υγεία τους. Σε τέτοιου είδους εφαρμογές, οι χρήστες επιβραβεύονται με πόντους ανάλογα με τις επιδόσεις τους και προχωράνε σε νέα επίπεδα με βάση τους πόντους που έχουν συγκεντρώσει. Η παιχνιδοποίηση, επίσης, χρησιμοποιείται σε διάφορες εφαρμογές δια-

χείρισης χρόνιων παθήσεων και ψυχικών νοσημάτων [76]. Εκτενέστερη ανάλυση για την χρήση της παιχνιδοποίησης στον τομέα της υγείας θα δοθεί στην επόμενη παράγραφο.

- **Εργασία:**

Στον τομέα της εργασίας, η παιχνιδοποίηση χρησιμοποιείται για να αυξήσει την παραγωγικότητα των εργαζομένων με την ένταξη εργαλείων που βασίζονται σε παιχνίδια και τη χρήση τους με ένα στρατηγικό τρόπο ώστε να ενσωματώνονται αποτελεσματικά στις υπάρχουσες επιχειρηματικές διεργασίες. Τέτοιες τεχνικές αποσκοπούν στην βελτίωση της διάθεσης των εργαζομένων αλλά και της απόδοσης τους.

- **Εκπαίδευση:**

Η παιχνιδοποίηση βρίσκει μεγάλη εφαρμογή και στον τομέα της εκπαίδευσης. Στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορούν να ενταχθούν μηχανισμοί παιχνιδοποίησης με στόχο την πιο αποτελεσματική κατανόηση της διδακτέας ύλης αλλά και την ανάπτυξη δεξιοτήτων σε ατομικό και κοινωνικό επίπεδο. Μηχανισμοί παιχνιδοποίησης που αποσκοπούν στην ατομική ανάπτυξη αποτελούν τα διάφορα έπαθλα, επίπεδα ακόμα και χρονικοί περιορισμοί για την επίλυση προβλημάτων. Όσον αφορά τις κοινωνικές δεξιότητες, χρήσιμα μπορεί να αποβούν στοιχεία παιχνιδοποίησης που προωθούν τον συναγωνισμό και τη συνεργασία, όπως πίνακες κατάταξης κτλ [77].

2.1.2 Σοβαρά Παιχνίδια

Τα σοβαρά παιχνίδια είναι ολοκληρωμένα ψηφιακά παιχνίδια τα οποία, σε αντίθεση με τα συνηθισμένα ψηφιακά παιχνίδια, χρησιμοποιούνται για άλλους σκοπούς πέρα από αμιγή ψυχαγωγία. Πολλοί ορισμοί έχουν δοθεί κατά καιρούς σε προσπάθειες να περιγράψουν ακριβώς την περίπλοκη αυτή έννοια. Το κοινό σημείο όλων είναι πως τα σοβαρά παιχνίδια έχουν ως στόχο την εκμάθηση του χρήστη σε έναν ή περισσότερους τομείς. Επίσης, ένα αδιαμφισβήτητο πλεονέκτημα που προσφέρει η χρήση των σοβαρών παιχνιδιών είναι πως επιτρέπει στον χρήστη να βιώσει εμπειρίες που θα ήταν αδύνατο να βιώσει στην πραγματική ζωή, λόγω κόστους, επικινδυνότητας, χρόνου κτλ [78].

Τα σοβαρά παιχνίδια βρίσκουν εφαρμογές σε ένα ευρύ φάσμα τομέων όπως ο στρατός, η πολιτική, η εκπαίδευση, οι επιχειρήσεις και η υγεία. Παρακάτω θα αναλυθούν οι σημαντικότεροι:

- **Υγεία:**

Στον τομέα της υγείας, όπως και στην περίπτωση της παιχνιδοποίησης, τα σοβαρά παιχνίδια αποσκοπούν στην ενημέρωση και στην εκπαίδευση των ασθενών πάνω στην καλύτερη διαχείριση της ασθένειάς τους, μέσα από ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό περιβάλλον. Επίσης τα σοβαρά παιχνίδια προσφέρουν την δυνατότητα για εξατομίκευση ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες κάθε ασθενούς ώστε να παρέχεται μια πιο αποτελεσματική εμπειρία μέσα από το παιχνίδι [79]. Συχνά, τα σοβαρά παιχνίδια χρησιμοποιούνται και για τη συλλογή δεδομένων για ανάλυση και ιατρική χρήση. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις εφαρμογές των σοβαρών παιχνιδιών στον τομέα της υγείας θα δοθούν στην επόμενη παράγραφο.

- **Εκπαίδευση:**

Μεγάλος αριθμός σοβαρών παιχνιδιών έχει δημιουργηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Τα περισσότερα από αυτά επικεντρώνονται στις φυσικές επιστήμες και δίνουν τη δυνατότητα για εκτέλεση πειραμάτων σε ένα ασφαλές περιβάλλον οδηγώντας σε βαθιά κατανόηση δύσκολων εννοιών όπως η

ενέργεια και η βαρύτητα. Αρκετά σοβαρά παιχνίδια έχουν δημιουργηθεί και για τον τομέα των μαθηματικών, τα οποία μέσω οπτικοακουστικού υλικού βοηθούν τους μαθητές σε αριθμητικές πράξεις και στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης για επίλυση προβλημάτων [80]. Τέλος, τα σοβαρά παιχνίδια, μέσω της διαδραστικότητας που μπορεί να προσφέρουν, μπορούν να ωφελήσουν στην εκμάθηση μιας γλώσσας, αλλά και στην αλληλεπίδραση με μια ολόκληρη κουλτούρα, πολιτισμό ακόμη και την ιστορία μιας χώρας. Σε αυτό το πλαίσιο συχνά χρησιμοποιούνται σοβαρά παιχνίδια σε μουσειακούς χώρους [81].

- Στρατός:

Ο στρατός είναι ένας τομέας που έχει επενδύσει μεγάλα χρηματικά ποσά στην ανάπτυξη σοβαρών παιχνιδιών ως μέσο εκπαίδευσης. Τέτοια παιχνίδια προσομοιώνουν καταστάσεις που ίσως χρειαστεί ο χρήστης να αντιμετωπίσει στην πραγματική ζωή και στοχεύουν στην όξυνση των αντανακλαστικών του ατόμου, στην ανάπτυξη διάφορων δεξιοτήτων του αλλά και στην εξοικείωση με σκληρές συνθήκες. Συνδυαστικά και με τον τομέα της υγείας, πολλά σοβαρά παιχνίδια έχουν δημιουργηθεί επίσης για την καλύτερη διαχείριση της διαταραχής μετατραυματικού στρες (PTSD) με την οποία μπορεί να έρθουν αντιμέτωποι πολλοί απόστρατοι [82].

2.2 Εφαρμογές στον τομέα της υγείας

Η παιχνιδοποίηση και τα σοβαρά παιχνίδια έχουν βρει μεγάλη εφαρμογή στον τομέα της υγείας καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των αναγκών των ασθενών αλλά και των γιατρών. Οι εφαρμογές αυτές αν και είναι φυσικά πολύ χρήσιμες για ασθενείς, μπορούν να επωφεληθούν και υγιή άτομα, προωθώντας έναν ισορροπημένο τρόπο ζωής. Αναλόγως τον σκοπό που επιτελούν χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες [83]:

- Εκπαιδευτικές:

Εφαρμογές υγείας που έχουν εκπαιδευτικό χαρακτήρα σχεδιάζονται και για ιατρούς και για ασθενείς. Όσον αφορά τους ιατρούς, έχουν δημιουργηθεί εφαρμογές ως εκπαιδευτικά εργαλεία με στοιχεία παιχνιδοποίησης. Ειδικότερα για την εξειδίκευση των χειρουργών έχει αναπτυχθεί πληθώρα σοβαρών παιχνιδιών τα οποία προσφέρουν ένα εξελιγμένο περιβάλλον προσομοίωσης, ιδανικό για χειρουργική εξάσκηση. Έρευνες έχουν δείξει πως τέτοιες εφαρμογές αποτελούν πολύτιμα εργαλεία που μειώνουν το ιατρικό σφάλμα και κατά συνέπεια το ανθρώπινο κόστος [84]. Όσον αφορά τους ασθενείς, σοβαρά παιχνίδια έχουν δημιουργηθεί για την καλύτερη ενημέρωση τους πάνω στην ασθένεια τους και στις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να τελούν καθημερινά για να διαχειρίζονται καλύτερα την πάθηση τους. Αρκετά τέτοια παιχνίδια έχουν δημιουργηθεί για τον ΣΔ και μερικά από αυτά θα αναλυθούν παρακάτω.

- Συμπεριφορικές:

Αυτές οι εφαρμογές έχουν σκοπό την προώθηση θετικών συμπεριφορών για την υγεία του ατόμου και τελικά την υιοθέτηση αυτών από τον χρήστη. Μέσω παιχνιδοποιημένων στοιχείων που συνδυάζουν την ψυχαγωγία με την εκπαίδευση, τέτοιες εφαρμογές στοχεύουν στο να επιδράσουν θετικά στο άτομο αλλάζοντας συγκεκριμένες συμπεριφορές του. Μερικά παραδείγματα αποτελούν παιχνίδια που βοηθούν στην βελτίωση της διατροφής με αύξηση της κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών αλλά και εφαρμογές που έχουν σχεδιαστεί για την καλύτερη διαχείριση του άσθματος [85].

- **Νοητικές:**
Ένας τομέας υγείας όπου οι τεχνικές παιχνιδοποίησης έχουν βρει ευρεία χρήση είναι στην εκγύμναση της μνήμης και του νου ιδιαίτερα σε ηλικιωμένα άτομα, που συχνά έρχονται αντιμέτωπα με ασθένειες όπως η άνοια και η νόσος του Alzheimer[86]. Στοιχεία παιχνιδοποίησης δρουν πολύ αποτελεσματικά στην επιβράδυνση της πορείας τέτοιων νόσων. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής αποτελεί το Lumocity, που στοχεύει στην ενδυνάμωση του νου και απευθύνεται σε άτομα όλων των ηλικιών[87].
- **Ψυχικής υγείας:**
Στον τομέα της ψυχικής υγείας, τα σοβαρά παιχνίδια και οι εφαρμογές με στοιχεία παιχνιδοποίησης μπορούν να προκαλέσουν σημαντική αλλαγή στη ζωή ατόμων που ζουν με ψυχικά νοσήματα και ψυχολογικές διαταραχές. Έρευνες έχουν δείξει πως η χρήση τους παρέχει πληθώρα από οφέλη που οδηγούν σε ψυχολογικές και συμπεριφορικές αλλαγές, αλλά και ανακούφιση κάποιων συμπτωμάτων [88]. Για παράδειγμα, έχουν δημιουργηθεί σοβαρά παιχνίδια για τα άτομα που πάσχουν από κατάθλιψη ως εργαλεία στήριξης, αλλά και για τις οικογένειές τους, με σκοπό να ενισχύσουν την κατανόηση τους πάνω στην ψυχολογική κατάσταση ενός ατόμου που πάσχει από κατάθλιψη [89].
- **Εκγύμνασης:**
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω έχει δημιουργηθεί πληθώρα εφαρμογών που προωθούν την φυσική άσκηση ενσωματώνοντας στοιχεία παιχνιδοποίησης και ωθούν τον χρήστη να ασκείται σε τακτικά διαστήματα. Πιο στοχευμένες εφαρμογές καθώς και σοβαρά παιχνίδια έχουν δημιουργηθεί και για άτομα που πάσχουν από παχυσαρκία, μια επικίνδυνη κατάσταση υγείας που όμως μπορεί να βελτιωθεί αισθητά με αλλαγή διατροφής, ένταξη της άσκησης στην καθημερινότητα κτλ. Μηχανισμοί παιχνιδοποίησης και σοβαρά παιχνίδια φαίνεται να έχουν αρκετά ευεργετική επίδραση στον συγκεκριμένο τομέα [90].
- **Αποκατάστασης:**
Τέτοιες είναι οι εφαρμογές που αποσκοπούν στην επιτάχυνση της αποκατάστασης νοητικά και σωματικά κατόπιν ενός τραυματισμού ή εγκεφαλικού επεισοδίου [91], [92]. Αυτές οι εφαρμογές στοχεύουν στην επαναφορά της κατάστασης του ατόμου σε εκείνη που κατείχε πριν τον τραυματισμό ή το εγκεφαλικό επεισόδιο μέσα σε ένα διασκεδαστικό περιβάλλον που ενθαρρύνει τον χρήστη να συνεχίσει την προσπάθειά του και αποσκοπεί στην βελτίωση της ψυχολογικής του κατάστασης.
- **Υβριδικές:**
Είναι οι παιχνιδοποιημένες εφαρμογές και τα σοβαρά παιχνίδια που συνδυάζουν στοιχεία από περισσότερες από μία από τις παραπάνω κατηγορίες.

2.3 Εφαρμογές στον Σακχαρώδη Διαβήτη

Από την προηγούμενη παράγραφο, έγινε φανερό πως η παιχνιδοποίηση και τα σοβαρά παιχνίδια έχουν πολλές εφαρμογές στον τομέα της υγείας. Μια από τις χρόνιες παθήσεις για την οποία έχουν δημιουργηθεί αρκετά σοβαρά παιχνίδια και υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για συνεχή έρευνα και ανάπτυξη σχετικών εφαρμογών είναι ο Σακχαρώδης Διαβήτης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο ΣΔ αποτελεί μια πάθηση η οποία μπορεί να ελέγχει ως έναν βαθμό με την κατάλληλη μέριμνα. Ο ασθενής, με την σωστή πληροφόρηση και τη συμμόρφωση με τις οδηγίες των γιατρών, μπορεί να μετριάσει τα συμπτώματα και να καταπολεμήσει τυχόν επιπλοκές του ΣΔ. Η ενσωμάτωση στοιχείων παιχνιδοποίησης σε εφαρμογές

που σχεδιάζονται για την καλύτερη διαχείριση του ΣΔ μπορεί να επωφελήσει σημαντικά παιδιά, εφήβους αλλά και ενήλικες και να συνδράμει στην καλύτερη αντιμετώπιση της χρόνιας αυτής πάθησης. Η παιχνοποίηση και τα σοβαρά παιχνίδια μπορούν να πληροφορήσουν τον ασθενή για την ασθένεια του αλλά και να τον παρακινήσουν να αλλάξει τον τρόπο ζωής του ώστε να συμβαδίζει με τον ενδεδειγμένο από τους γιατρούς.

Ο ΣΔΤ1 συγκεκριμένα, λόγω του ότι αφορά άτομα νεαρής ηλικίας, αποτελεί μια πάθηση με ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τον σχεδιασμό εφαρμογών και παιχνιδιών για την καλύτερη διαχείριση της. Η συμμόρφωση με τις οδηγίες των γιατρών είναι πιο απαιτητική και δυσκολότερη όταν αφορά παιδιά και εφήβους. Στις μικρές ηλικίες είναι συχνά δύσκολη η κατανόηση της σημαντικότητας και η πειθαρχία στην τήρηση μιας αγωγής στις σωστές χρονικές στιγμές. Έτσι, τα σοβαρά παιχνίδια αποτελούν ένα δυνατό εργαλείο που μπορεί να κάνει σημαντική διαφορά στη ζωή των παιδιών που πάσχουν από αυτή τη σοβαρή ασθένεια.

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν κάποια σοβαρά παιχνίδια που έχουν σχεδιαστεί για παιδιά με ΣΔΤ1, καθώς και 2 εφαρμογές με στοιχεία παιχνοποίησης για ενήλικες αλλά και για παιδιά που πάσχουν από ΣΔ:

- **The Diabetic Dog (2009)**

Το σοβαρό παιχνίδι **The Diabetic Dog** δημιουργήθηκε το 2009 από την **Nobel Prize**, στο πλαίσιο των ελεύθερων εκπαιδευτικών και σοβαρών παιχνιδιών που αναπτύσσει και σχετίζονται με ανακαλύψεις που έχουν κερδίσει το βραβείο Nobel κατά καιρούς [93].

Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, ο χρήστης αναλαμβάνει την φροντίδα ενός εικονικού σκύλου, ο οποίος πάσχει από ΣΔΤ1. Υπάρχουν πολλά στοιχεία που συναντώνται και σε ψυχαγωγικά παιχνίδια που περιλαμβάνουν εικονική φροντίδα ενός κατοικιδίου, όπως το ότι πρέπει να τραφεί, αποζητά προσοχή, φυσική άσκηση κτλ. Επιπρόσθετα, όμως, υπάρχουν και στοιχεία που καθιστούν αυτό το παιχνίδι σοβαρό όπως η συνεχής ένδειξη της γλυκόζης του σκύλου καθώς και η δυνατότητα χορήγησης ινσουλίνης.

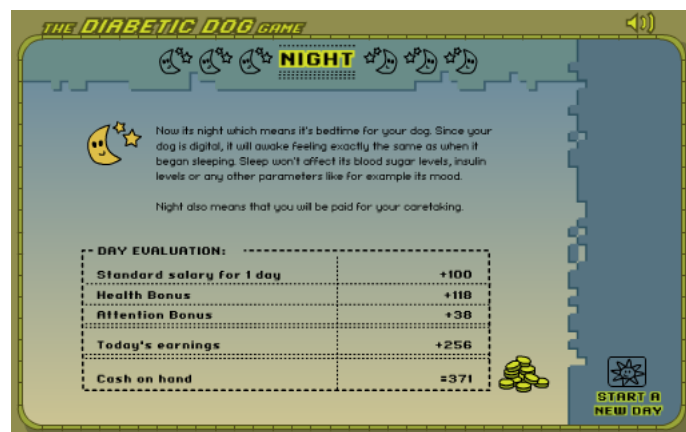
Στην αρχή του παιχνιδιού δίνονται πληροφορίες στον χρήστη σχετικά με τον ΣΔ καθώς και οδηγίες σχετικά με το πως να αντιμετωπίζει τα υψηλά και χαμηλά επίπεδα γλυκόζης του σκύλου και να τα επαναφέρει σε φυσιολογικά επίπεδα. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, ο χρήστης μπορεί να αγοράσει διάφορες τροφές για τον σκύλο, κάθε μία από τις οποίες επηρεάζει διαφορετικά την γλυκόζη του. Επιπρόσθετα, οποιαδήποτε χρονική στιγμή ο χρήστης μπορεί να χορηγήσει ινσουλίνη στον σκύλο (μόνο μια συγκεκριμένη δόση). Η φυσική άσκηση έχει, επίσης, ενσωματωθεί στο παιχνίδι με τη μορφή της βόλτας του σκύλου, η οποία επηρεάζει τη γλυκόζη ανάλογα. Τέλος, στον σκύλο έχει δοθεί η ικανότητα να εκφράζει τα συμπτώματα υπεργλυκαιμίας και υπογλυκαιμίας, ενώ οπτικά και ηχητικά ερεθίσματα καθιστούν εμφανείς τις έντονες καταστάσεις κινδύνου.

Στο τέλος της εικονικής μέρας γίνεται μία αξιολόγηση του χρήστη, ο οποίος επιβραβεύεται με νομίσματα ανάλογα με το πόσο αποτελεσματικά διαχειρίστηκε τα επίπεδα γλυκόζης του σκύλου. Εάν ο χρήστης αμελήσει την φροντίδα του σκύλου και τα επίπεδα γλυκόζης παραμείνουν σε επικίνδυνα επίπεδα για μεγάλο χρονικό διάστημα, το παιχνίδι σταματάει, ο χρήστης ενημερώνεται πως δεν είναι ακόμα έτοιμος να φροντίσει ένα σκύλο που πάσχει από ΣΔΤ1 και παροτρύνεται να ενημερωθεί περαιτέρω για τον ΣΔ.

Σχετικά με την αποτελεσματικότητα του παιχνιδιού, έρευνες έδειξαν πως η χρήση του οδήγησε σε σχετική αύξηση της γνώσης σχετικά με το διαβήτη μεταξύ των παιδιών σχολικής ηλικίας, καθώς και σε



Σχήμα 2.2: 1.Γραφικό περιβάλλον παιχνιδιού (πάνω αριστερά) 2.Επιλογή τροφής (πάνω δεξιά) 3.Περιβάλλον φυσικής άσκησης (κάτω αριστερά) 4.Προειδοποιητικό μήνυμα υπογλυκαιμίας (κάτω δεξιά)



Σχήμα 2.3: Αξιολόγηση και επιβράβευση χρήστη

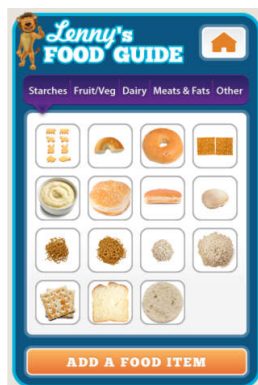
αύξηση της κατανόησης για τα παιδιά που πάσχουν από διαβήτη. Για τα παιδιά με ΣΔΤ1, το περιεχόμενο του παιχνιδιού αξιολογήθηκε ως χαμηλού επιπέδου σε σχέση με τις εκπαιδευτικές τους ανάγκες. Παρόλα αυτά, η χρήση του παιχνιδιού φάνηκε να έχει μεγάλο συναισθηματικό όφελος για εκείνα, παρέχοντάς τους ένα «εικονικό φίλο» με τον οποίο μοιράζονται τον ίδιο τρόπο ζωής [94].

- Carb Counting with Lenny (2011)

Η εφαρμογή Carb Counting with Lenny δημιουργήθηκε από την εταιρεία Medtronic, την μεγαλύτερη εταιρεία ιατρικής τεχνολογίας παγκοσμίως, η οποία μεταξύ άλλων έχει κατασκευάσει και τις αντλίες έγχυσης ινσουλίνης. Η εφαρμογή απευθύνεται σε παιδιά με ΣΔΤ1 και αποσκοπεί στην εκμάθηση τους σχετικά με την σημαντικότητα του υπολογισμού των υδατανθράκων στην καθημερινότητα, για την καλύτερη διαχείριση της ασθένειάς τους. Ο υπολογισμός των υδατανθράκων είναι ένα αρκετά δύσκολο

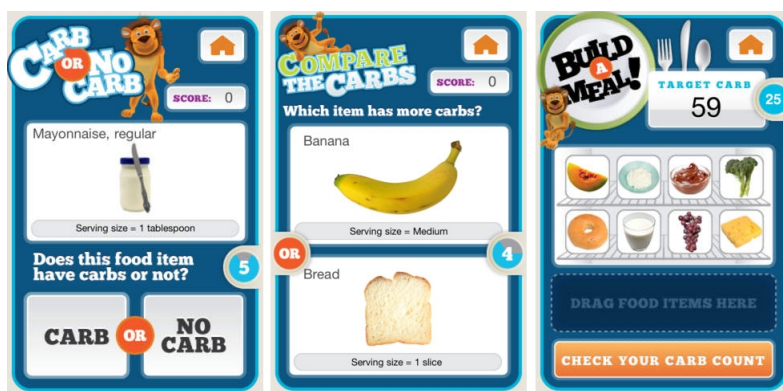
ζήτημα για άτομα νεαρής ηλικίας αλλά και μείζονος σημασίας αν πάσχουν από ΣΔΤ1. Την ανάγκη αυτή στοχεύει να καλύψει το παιχνίδι Carb Counting with Lenny[95].

Το παιχνίδι έχει δυο επίπεδα. Το πρώτο είναι η διαδικασίας εκμάθησης των υδατανθράκων κάποιων βασικών τροφών. Οι τροφές χωρίζονται σε βασικές κατηγορίες και ο χρήστης μπορεί να δει τους υδατάνθρακες ενός σερβιρίσματος μιας συγκεκριμένης τροφής απλά πατώντας στα διάφορα εικονίδια. Τα οπτικά ερεθίσματα και η κατηγοριοποίηση βοηθούν αρκετά τη διαδικασία της απομνημόνευσης.



Σχήμα 2.4: Ο διατροφικός οδηγός του παιχνιδιού

Το άλλο επίπεδο της εφαρμογής περιλαμβάνει τέσσερα διαδραστικά παιχνίδια μέσα από τα οποία ο χρήστης ελέγχει και ενισχύει τις γνώσεις του πάνω στον υπολογισμό υδατανθράκων των διάφορων τροφών. Τα παιχνίδια έχουν χρονικούς περιορισμούς και το επίπεδο δυσκολίας αυξάνεται καθόλη την πορεία του παιχνιδιού. Το πρώτο επίπεδο ονομάζεται **Carb or no Carb?** και στον χρήστη προβάλλονται εικόνες διαφόρων τροφών για τις οποίες πρέπει να αποφανθεί αν περιέχουν ή όχι υδατάνθρακες. Στο δεύτερο επίπεδο **Compare the Carbs!**, ο χρήστης καλείται να συγκρίνει τους υδατάνθρακες μεταξύ δύο τροφών και να επιλέξει την εικόνα που εμφανίζεται η τροφή με τους περισσότερους υδατάνθρακες. Το τρίτο επίπεδο ονομάζεται **Guess the Carb!** και στον χρήστη προβάλλεται η εικόνα μιας τροφής και 3 πιθανές απαντήσεις για το πόσους υδατάνθρακες περιέχει το ένα σερβίρισμα της. Στο τέταρτο και πιο δύσκολο επίπεδο **Build a Meal!** στον χρήστη δίνεται μια τιμή υδατανθράκων και ένα σύνολο εικόνων από τροφές. Ο χρήστης καλείται να διαλέξει τον συνδυασμό των τροφών που συνδυαστικά συμπληρώνουν τον αριθμό των υδατανθράκων που του ζητείται. Το γραφικό περιβάλλον του παιχνιδιού φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 2.5: Το γραφικό περιβάλλον του παιχνιδιού

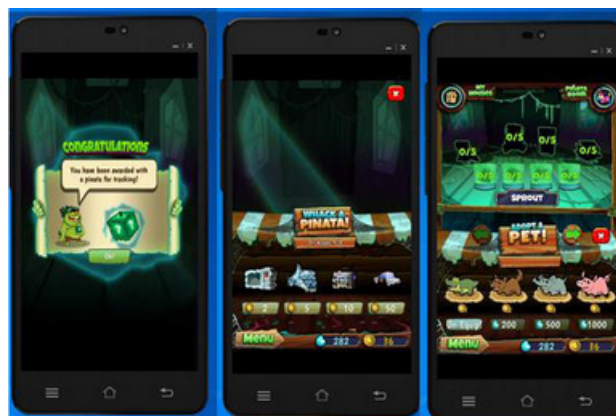
Η εφαρμογή Carb Counting with Lenny έχει και μια προέκταση κοινωνικής δικτύωσης, όπου οι χρήστες μπορούν να συγκρίνουν τις βαθμολογίες τους και να λάβουν μέρος σε διαγωνισμούς για να κερδίσουν

βραβεία. Το παιχνίδι έχει προκαλέσει πολύ θετικές αντιδράσεις στην ιατρική κοινότητα, η οποία κατανοεί τη δυσκολία αλλά και την αναγκαιότητα της εκμάθησης των υδατανθράκων από τα παιδιά που πάσχουν από ΣΔΤ1.

- **Monster Manor (2013)**

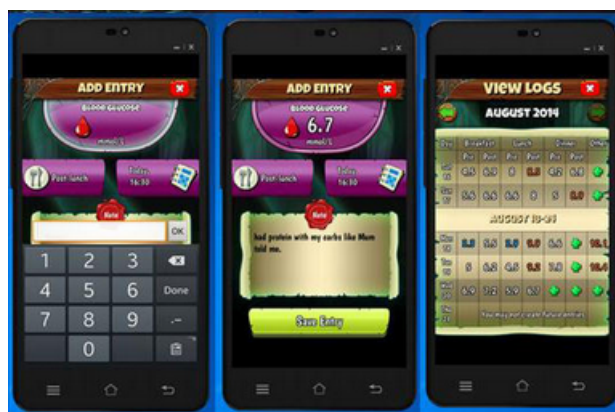
Το σοβαρό παιχνίδι **Monster Manor** [96] δημιουργήθηκε από την εταιρία **Ayogo** σε συνεργασία με την **Sanofi** ως ένα βοηθητικό αλλά και ψυχαγωγικό εργαλείο για τις οικογένειες που παλεύουν με τον ΣΔΤ1. Το σοβαρό αυτό παιχνίδι στοχεύει στο να διευκολύνει τα νεαρά παιδιά, που λόγω της ασθένειας τους αναγκάζονται να αναλάβουν αυξημένες ευθύνες για την ηλικία τους, στον έλεγχο και την καταγραφή των επιπέδων γλυκόζης του αίματός τους. Μέσω μηχανισμών παιχνιδοποίησης το παιχνίδι πετυχαίνει την αύξηση του ενδιαφέροντος και της συμμετοχής των παιδιών στη διαχείριση της υγείας τους στο πλαίσιο ενός διασκεδαστικού περιβάλλοντος.

Στο παιχνίδι είναι ενσωματωμένη η εφαρμογή **BlueLoop** που επιτρέπει την καταγραφή, την αποθήκευση και την διαμοίραση σε άλλους χρήστες (όπως ο γονέας και ο γιατρός) των μετρήσεων της γλυκόζης του αίματος του χρήστη. Αυτό διευκολύνει τα παιδιά στην εισαγωγή των στοιχείων τους αλλά και τους γονείς στον έλεγχο της κατάστασης της υγείας των παιδιών τους. Το παιχνίδι εξάπτει το ενδιαφέρον του χρήστη με τη διαλογή μικρών τερατόμορφων χαρακτήρων, την αγορά σπιτιών και επίπλων για αυτούς καθώς και κατοικιδίων. Κάθε φορά που ο χρήστης εισάγει μια μέτρηση της γλυκόζης του αίματος του επιβραβεύεται με νομίσματα και άλλα αντικείμενα. Ο γονιός έχει επίσης την δυνατότητα να αποστείλει στο παιδί επιπλέον αντικείμενα ως παρότρυνση και επιβράβευση για την προσπάθεια του. Ο μηχανισμός αυτός δίνει στους γονείς μια καθημερινή ευκαιρία να εκφράζουν έμπρακτα την υποστήριξη τους στο παιδί τους και να το ενθαρρύνουν στην ορθή διαχείριση της ασθένειας του [97]. Το γραφικό περιβάλλον του παιχνιδιού φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 2.6: Το γραφικό περιβάλλον του παιχνιδιού

Πολύ σημαντικό στοιχείο του σοβαρού αυτού παιχνιδιού είναι η δυνατότητα αποθήκευσης των τιμών γλυκόζης που εισάγονται σε ένα αρχείο καταγραφής καθώς και ενδείξεις για το αν αφορούν προγευματικές ή μεταγευματικές τιμές και αν βρίσκονται εντός των φυσιολογικών ορίων. Το παιχνίδι είναι αυτή τη στιγμή σε κατάσταση **closed beta** και δεν έχουν αξιολογηθεί ακόμη τα αποτελέσματα χρήσης του.



Σχήμα 2.7: Το περιβάλλον εισαγωγής μετρήσεων γλυκόζης στο παιχνίδι

- mySugr App (2012)

Η εφαρμογή mySugr App δημιουργήθηκε το 2012 από την ομώνυμη startup με έδρα τη Βιέννη και είναι μια εφαρμογή με αρκετά στοιχεία παιχνιδοποίησης για την καλύτερη διαχείριση του ΣΔ [98]. Επικεντρώνεται στην διευκόλυνση της εισαγωγής των μετρήσεων της γλυκόζης καθώς και στην ευχάριστη οπτικοποίηση των δεδομένων.

Κατά την πρώτη χρήση της εφαρμογής, στον χρήστη παρουσιάζεται ένα τερατόμορφο πλάσμα που αντιπροσωπεύει τον διαβήτη του και το οποίο ο χρήστης καλείται να δαμάσει. Στο πλάσμα μπορεί να δοθεί όνομα και αποτελεί τον συνοδοιπόρο του χρήστη καθόλη τη χρήση της εφαρμογής, αντιδρώντας στις ενέργειες του. Το συγκεκριμένο στοιχείο της εφαρμογής την καθιστά πιο εξατομικευμένη, ενώ παράλληλα ψυχαγωγεί τον χρήστη.

Επίσης, η εφαρμογή επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει πολλά διαφορετικά δεδομένα εκτός από τη γλυκόζη του, όπως πληροφορίες για τα γεύματα, την φυσική άσκηση, τις δόσεις ινσουλίνης από αντλίες έγχυσης αλλά και από τα ειδικά στυλό. Η διαδικασία εισαγωγής δεδομένων διανθίζεται με μηχανισμούς παιχνιδοποίησης όπως πόντοι και επιβραβεύσεις. Στον χρήστη δίνεται επίσης η δυνατότητα να καταγράφει σημειώσεις για τις μετρήσεις του, όπως είναι η τοπιθεσία του, η διάθεση του κτλ.



Σχήμα 2.8: Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής

Όσον αφορά την ανάλυση των δεδομένων, η αρχική οθόνη της εφαρμογής παρέχει μια γενική εικόνα για την κατάσταση της υγείας του χρήστη την τελευταία μέρα αλλά και εβδομάδα, προβάλλοντας τον μέσο όρο της γλυκόζης του αίματος του, τις μέγιστες και τις ελάχιστες μετρήσεις. Επίσης, τα δεδομένα οπτικοποιούνται αποτελεσματικά με τη χρήση ενός γραφήματος με διαφορετικά χρώματα για τις φυσιολογικές και τις επικίνδυνες τιμές. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να προβάλει γράφημα που παρουσιάζει τις

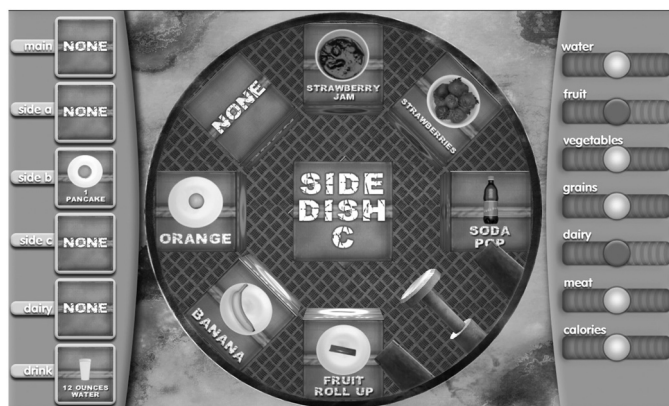
μετρήσεις της γλυκόζης του σε διάστημα 7 ημερών, 14 ημερών καθώς και ενός μήνα, ώστε να έχει μια μεγαλύτερη εποπτεία στην κατάσταση της υγείας του. Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής φαίνεται παρακάτω:

Η εφαρμογή **mySugr App** διατίθεται δωρεάν για **Android** και **iOS**, ενώ υπάρχει και η έκδοση **Pro** έναντι ενός χαμηλού χρηματικού ποσού το μήνα που παρέχει αυξημένες δυνατότητες στον χρήστη. Η εφαρμογή έχει λάβει πολύ θετικές κριτικές από ασθενείς αλλά και γιατρούς [99][100].

- **Escape from Diab**

Το σοβαρό παιχνίδι **Escape from Diab** δημιουργήθηκε από την **Archimage, Inc** σε συνεργασία με το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας (**NHI**) και στοχεύει στην μύηση των παιδιών στην σωστή διατροφή και τη φυσική άσκηση για την πρόληψη του **ΣΔΤ2** και της παχυσαρκίας [101]. Ανήκει στο είδος των παιχνιδιών δράσης/περιπέτειας και απευθύνεται σε παιδιά 10 με 12 ετών. Το χαρακτηριστικό που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα σοβαρά παιχνίδια για τον **ΣΔ** είναι πως έχει ένα πλούσιο **3D** γραφικό περιβάλλον στο οποίο υπάρχουν αφηγηματικά στοιχεία αλλά και μηχανισμοί παιχνιδιού που επικεντρώνονται στην υγεία, οι οποίοι έχουν προκύψει από εκτεταμένη ιατρική και ψυχολογική έρευνα.

Το παιχνίδι ακολουθεί 5 νεαρά παιδιά που προσπαθούν να διαφύγουν από τον χώρα του **Diab**, ενός κόσμου που βρίσκεται υπό την εξουσία ενός καταπιεστικού μονάρχη ο οποίος επιβάλλει την κακή διατροφή και απαγορεύει την φυσική άσκηση στους κατοίκους. Οι χαρακτήρες του παιχνιδιού προσπαθούν να βελτιώσουν την φυσική τους κατάσταση και την υγεία τους ώστε να μπορέσουν να ξεγελάσουν τον βασιλιά και να δραπετεύσουν. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μικρών παιχνιδιών γνώσης σχετικά με τη διατροφή και την υγεία, επίλυση σχετικών προβλημάτων και λήψη στρατηγικών αποφάσεων κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Δύο παραδείγματα τέτοιων μηχανισμών του παιχνιδιού φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 2.9: Δοκιμασία διατροφής

Για την ενίσχυση της εξατομίκευσης και της προσαρμογής του παιχνιδιού στον κάθε παίκτη, κατά την έναρξη του παιχνιδιού ο χρήστης καλείται να απαντήσει σε ερωτήσεις για την προσωπική του διατροφή και την σωματική του δραστηριότητα, τις προτιμήσεις του και τις πρακτικές που ακολουθεί στον τομέα της υγείας. Ερωτήσεις προς τον χρήστη παρουσιάζονται, επίσης, στρατηγικά καθόλη τη διάρκεια του παιχνιδιού. Η εξατομίκευση για εκάστοτε παίκτη πραγματοποιείται με την προσαρμογή των δοκιμασιών του παιχνιδιού στις απαντήσεις του, ώστε να καλύπτονται οι αδυναμίες του [102].

Το σοβαρό παιχνίδι **Escape from Diab** δεν είναι δυστυχώς διαθέσιμο στον ιστό. Σχετικά με την αποτελεσματικότητά του, έρευνες έχουν δείξει πως η χρήση του έχει μια σημαντική επίδραση στην διατροφή των χρηστών, κυρίως όσον αφορά την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών [103].



Σχήμα 2.10: Δοκιμασία επίλυσης προβλήματος

2.4 Ερευνητικές προκλήσεις

Τα σοβαρά παιχνίδια και οι εφαρμογές με στοιχεία παιχνιδοποίησης έχουν αποδειχθεί χρήσιμοι σύμμαχοι στην πρόληψη και την καταπολέμηση των επικίνδυνων επιπλοκών του ΣΔ. Ιδιαίτερα οι εφαρμογές και τα σοβαρά παιχνίδια που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο αποτελούν μερικά από τα πιο αξιόλογα εγχειρήματα των τελευταίων χρόνων. Σε ένα τόσο σημαντικό τομέα, όμως, όπως είναι ο τομέας της υγείας πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και να καταβάλλεται συνεχής προσπάθεια ώστε να δημιουργούνται παιχνίδια και εφαρμογές που να μπορούν να προκαλέσουν αξιοσημείωτη διαφορά στη ζωή του ατόμου. Οι εφαρμογές και τα σοβαρά παιχνίδια που παρουσιάστηκαν παραπάνω σαφώς κινούνται προς την σωστή κατεύθυνση, αν και παρουσιάζουν ορισμένες ελλείψεις, που όμως είναι αναμενόμενες σε έναν τόσο καινούριο αντικείμενο όπως είναι η χρήση παιχνιδιών και εφαρμογών παιχνιδοποίησης στον τομέα της υγείας. Οι ελλείψεις αυτές, παρόλα αυτά, είναι χρήσιμο να αναφερθούν ώστε να τεθεί ένα πιο ισχυρό πλαίσιο των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα σοβαρά παιχνίδια και οι εφαρμογές παιχνιδοποίησης.

Αρχικά, το σοβαρό παιχνίδι **The Diabetic Dog**, αν και αποτελεί ένα διασκεδαστικό παιχνίδι για τα παιδιά που μεταβιβάζει βασικές πληροφορίες σχετικά με τον ΣΔ, έχει αρκετές ελλείψεις στην επιστημονική εγκυρότητα του. Το κύριο στοιχείο που καθιστά το μοντέλο του μη ρεαλιστικό είναι ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζονται τα επίπεδα της γλυκόζης από τις επιλογές του χρήστη. Στο μοντέλο που χρησιμοποιεί το παιχνίδι, η γλυκόζη του αίματος φαίνεται να επηρεάζεται γραμμικά από την χορήγηση ινσουλίνης, την κατανάλωση υδατανθράκων και την φυσική άσκηση. Στον ανθρώπινο οργανισμό, όμως, οι σχέσεις αυτές έχουν μελετηθεί και είναι ξεκάθαρα μη γραμμικές [104]. Επίσης, ένα ακόμη σημείο του παιχνιδιού που επιδέχεται βελτίωση είναι πως προσφέρει μόνο μια επιλογή για την δόση ινσουλίνης, η οποία μάλιστα δεν αναγράφεται. Αν και αυτή η απλούστευση είναι αρκετά θεμιτή για την απλή ενημέρωση σχετικά με τον ΣΔ, η επιλογή αυτή δεν είναι η καλύτερη για παιδιά που πάσχουν από ΣΔΤ1, τα οποία πρέπει να εξοικειωθούν με τις μονάδες μέτρησης της ινσουλίνης και να αναγνωρίζουν την βέλτιστη δόση που πρέπει να διαλέξουν σε κάθε περίπτωση.

Όσον αφορά το σοβαρό παιχνίδι **Carb Counting with Lenny**, είναι σαφές πως έρχεται να καλύψει μια μεγάλη ανάγκη που δημιουργείται λόγω του ΣΔ. Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, η γνώση των υδατανθράκων που περιέχουν οι διάφορες τροφές είναι απαραίτητη για τα άτομα που πάσχουν από ΣΔ, καθώς επηρεάζουν αισθητά τα επίπεδα της γλυκόζης τους. Το σοβαρό παιχνίδι **Carb Counting with Lenny** στοχεύει στο νεαρό ηλικιακό εύρος, το οποίο αντιμετωπίζει και τη μεγαλύτερη δυσκολία με την απομνημόνευση και καταφέρνει να διευκολύνει αρκετά αυτή τη διαδικασία εκμάθησης. Ένα στοιχείο που ίσως να ενίσχυε αισθητά την εκπαιδευτική διαδικασία θα ήταν η ένταξη μηχανισμών εξατομίκευσης

που λείπουν από το παιχνίδι, ώστε στο παιδί να εμφανίζονται συχνότερα τροφές στις οποίες παρουσιάζει δυσκολία στον υπολογισμό των υδατανθράκων που περιέχουν καθώς και πιο προσαρμοσμένες δοκιμασίες στις ανάγκες του.

Το σοβαρό παιχνίδι **Monster Manor**, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επιβραβεύει τον χρήστη κάθε φορά που εισάγει μια τιμή της γλυκόζης του με διασκεδαστικά δώρα και έπαθλα. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να αποβεί πολύ αποτελεσματικός και να αυξήσει τις μετρήσεις που λαμβάνουν τα παιδιά καθημερινά. Η κύρια έλλειψη του παιχνιδιού είναι πως δεν υπάρχει κάποιος έλεγχος ως προς τις εισαγόμενες τιμές ή την συχνότητα εισαγωγής τους. Αυτό επιφέρει τον κίνδυνο ο χρήστης να μην καταγράφει τις αληθινές του τιμές αλλά να αποθηκεύει τυχαίες και παρόλα αυτά να λαμβάνει τις επιβραβεύσεις. Έτσι, το παιχνίδι μπορεί να χάσει τον σοβαρό χαρακτήρα του και να χρησιμοποιείται καθαρά ως μέσον ψυχαγωγίας.

Σχετικά με τις εφαρμογές με στοιχεία παιχνοποίησης που έχουν σχεδιαστεί για την διαχείριση του ΣΔ, η εφαρμογή **mySugr App** έχει χαρακτηριστεί ως μια από τις καλύτερες στο είδος της. Οι μηχανισμοί που παρέχει διευκολύνουν και καθιστούν πιο ευχάριστη την διαδικασία του ελέγχου και της εποπτείας της κατάστασης της υγείας των ασθενών. Το κύριο ζήτημα που διαφαίνεται στη συγκεκριμένη εφαρμογή είναι πως απευθύνεται κυρίως σε ενήλικες, παρόλο που έχει δημιουργηθεί και έκδοση της εφαρμογής για παιδιά. Ακόμη και αυτή η έκδοση, όμως, είναι πιθανό να μην προσηλώσει τους νεαρούς χρήστες οι οποίοι ίσως εγκαταλείψουν σύντομα τη χρήση της, μιας και οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται έχουν προσαρμοστεί από την έκδοση για τους ενήλικες και ίσως να μην είναι τόσο ελκυστικοί στα νεαρά παιδιά.

Τέλος, το σοβαρό παιχνίδι **Escape from Diab** αποτελεί ένα από τα πιο ολοκληρωμένα παιχνίδια που έχουν κυκλοφορήσει για τον ΣΔ και την παχυσαρκία όσον αφορά το επιστημονικό υπόβαθρο αλλά και το γραφικό περιβάλλον και το ψυχαγωγικό κομμάτι. Δυστυχώς, το σοβαρό αυτό παιχνίδι δεν είναι διαθέσιμο **online** οπότε δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις ελλείψεις και τις δυνατότητες βελτίωσης του.

Συνολικά, είναι συχνό φαινόμενο να σχεδιάζονται σοβαρά παιχνίδια για τον ΣΔ από τα οποία λείπει το επιστημονικό υπόβαθρο που θα έπρεπε να τα διέπει, ώστε να είναι έγκυρα και αποτελεσματικά εργαλεία ενώ ταυτόχρονα διατηρούν την ψυχαγωγική αξία τους. Επίσης, ένα δεδομένο που θα έπρεπε να λαμβάνεται υπόψιν στη σχεδίαση ενός σοβαρού παιχνιδιού ή μιας εφαρμογής είναι η επίτευξη της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης εξατομίκευσης του παιχνιδιού στις ανάγκες του εκάστοτε παίκτη, ώστε να αποτελεί ένα πιο ισχυρό εργαλείο στην διαχείριση του ΣΔ.

Παρότι όλες τις ελλείψεις που μπορεί να παρουσιάζουν οι εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί μέχρι στιγμής για την διαχείριση του ΣΔ, οι αντιδράσεις των γιατρών και των ασθενών είναι ενθαρρυντικές. Αυτό δίνει μεγάλη ώθηση στην συνέχιση των προσπαθειών για την δημιουργία ολοκληρωμένων σοβαρών παιχνιδιών αλλά και εφαρμογών παιχνοποίησης για την διαχείριση του ΣΔ και άλλων χρόνιων παθήσεων. Τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει μέχρι στιγμής καταδεικνύουν πως οι χρήστες μπορεί να αποκομίσουν πολλά οφέλη από τη χρήση τέτοιων εφαρμογών. Έτσι, ο τομέας αυτός, αν και σχετικά νέος, φαίνεται να έχει μέλλον και να μπορεί να προκαλέσει σημαντική διαφορά στη ζωή κάποιων ατόμων. Για αυτό τον λόγο, οι προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση πρέπει να συνεχίζονται και να εντείνονται.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά τον ΣΔΤ1 που συναντάται στις μικρές ηλικίες η συνέχιση της σχεδίασης και δημιουργίας πρωτότυπων σοβαρών παιχνιδιών κρίνεται πιο αναγκαία, αφού αποτελεί ένα μοναδικό εργαλείο για αύξηση της συμμετοχής των παιδιών στην διαχείριση της ασθένειάς τους. Παράλληλα, όμως, τα σοβαρά παιχνίδια και οι εφαρμογές παιχνοποίησης μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά και στην ιατρική έρευνα, με τη διαλογή στατιστικών και την χαρτογράφηση συμπεριφορών των νεαρών ατόμων με ΣΔΤ1, κάτι που δεν ήταν πρωτότερα εφικτό. Έτσι, η ιατρική κοινότητα μπορεί να επιτύχει μεγαλύτερη

πρόοδο στην αντιμετώπιση του $\Sigma\Delta T1$, αλλά και του $\Sigma\Delta$ γενικότερα.

Υλοποίηση μηχανισμών παιχνιδοποίησης για την εκπαίδευση παιδιών με ΣΔΤ1

Η σχεδίαση των μηχανισμών παιχνιδοποίησης βασίστηκε σε προκαθορισμένο εννοιολογικό πλαίσιο [105] και οι μηχανισμοί που υλοποιήθηκαν απευθύνονται κυρίως σε παιδιά και έφηβους οι οποίοι πάσχουν από Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1. Ο σκοπός είναι τόσο η ψυχαγωγία όσο και η εκπαίδευση των παιδιών/εφήβων σχετικά με τον Σακχαρώδη Διαβήτη. Έτσι, μέσω του παιχνιδιού παρέχεται η δυνατότητα στο παιδί να εξοικειωθεί με την ασθένειά του, να μάθει τη σημασία του γλυκαιμικού ελέγχου, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να τον πετύχει. Ταυτόχρονα, το συγκεκριμένο σοβαρό παιχνίδι βοηθά στην καταπολέμηση πιθανής καταθλιπτικής συμπτωματολογίας που μπορεί να προκύψει από την ασθένεια, καταδεικνύοντας ότι ένας άνθρωπος που πάσχει από ΣΔ, και στην προκειμένη περίπτωση ένας νεαρός ασθενής, μπορεί να ζήσει μία πλήρως φυσιολογική ζωή χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς και απαγορεύσεις, τηρώντας απλούς κανόνες για τη διαχείριση της ασθένειας. Τέλος, καθίσταται δυνατή η βελτίωση των κοινωνικών δεξιοτήτων του παιδιού, μέσω της δυνατότητας που του παρέχεται για αλληλεπίδραση με συνομήλικους του που χρησιμοποιούν το παιχνίδι.

Η πλατφόρμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το **GameMaker: Studio**, και συγκεκριμένα η έκδοση 1.4.1757. Το **Game Maker: Studio** είναι κατάλληλο για τη δημιουργία βίντεο παιχνιδιών πολλών ειδών, χρησιμοποιώντας είτε μια ακολουθία **drag and drop** ενεργειών είτε μια γλώσσα προγραμματισμού, γνωστή ως **Game Maker Language**. Η γλώσσα αυτή χρησιμοποιείται για τη δημιουργία περίπλοκων παιχνιδιών, για τη δημιουργία των οποίων το σύστημα **drag and drop** δεν επαρκεί. Έτσι, για την υλοποίηση των μηχανισμών παιχνιδοποίησης χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον η γλώσσα **Game Maker Language**.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται το εννοιολογικό πλαίσιο και οι μηχανισμοί παιχνιδοποίησης που αναπτύχθηκαν για το σοβαρό παιχνίδι, καθώς και λεπτομέρειες για τη λειτουργία του τελευταίου.

3.1 Πλαίσιο Παιχνιδοποίησης

3.1.1 Σενάριο Σοβαρού Παιχνιδιού

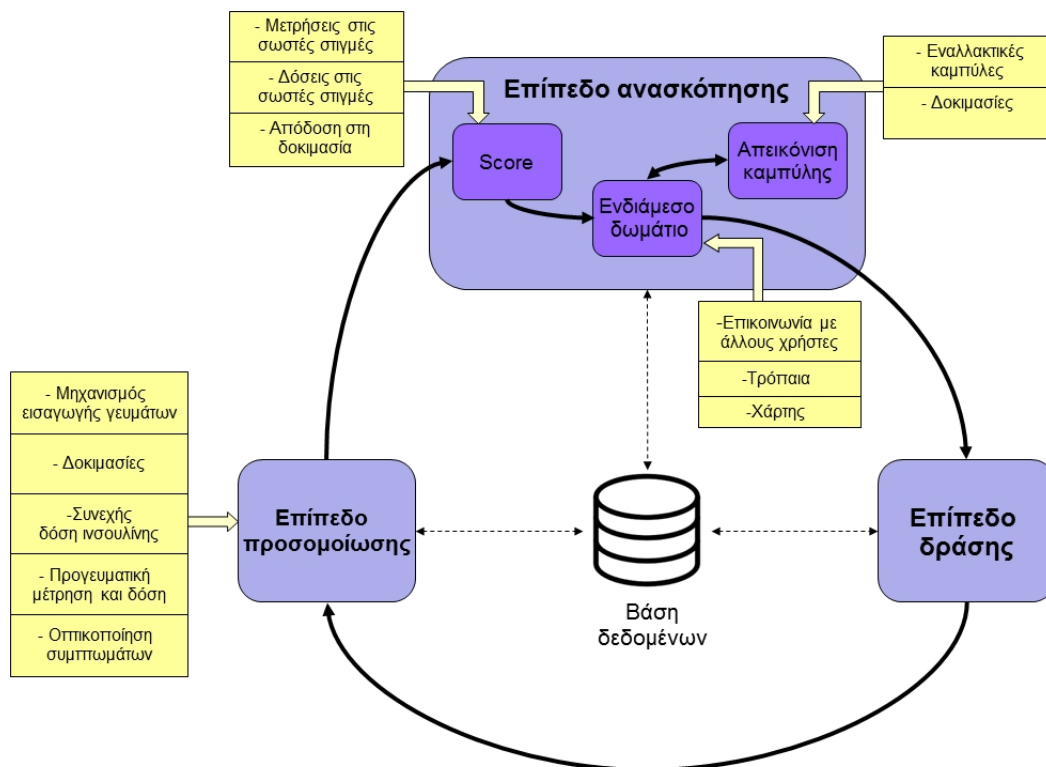
Το σενάριο του σοβαρού παιχνιδιού δημιουργήθηκε στο πλαίσιο προηγούμενης διπλωματικής εργασίας [105] και επεκτάθηκε στην παρούσα. Βασικός χαρακτήρας του σεναρίου είναι ένα παιδί με ΣΔ Τύπου 1, το οποίο βασίζεται στον χρήστη για να αποκτήσει ορθό γλυκαιμικό έλεγχο. Το σενάριο που έχει τεθεί αποτελείται από τρία σκέλη. Αρχικά, υπάρχει ένα επίπεδο (επίπεδο προσομοίωσης/ημέρα) το οποίο είναι

προσομοίωση της καθημερινότητας του χρήστη και στο οποίο παρουσιάζεται μια τυπική μέρα παιδιού, η οποία περιλαμβάνει το περιβάλλον του σπιτιού, του σχολείου καθώς και επιπλέον δραστηριοτήτων. Κατά την διάρκεια του επιπέδου προσομοίωσης ο χρήστης έχει στην διάθεσή του τα εφόδια για να κρατήσει την συγκέντρωση γλυκόζης του ήρωα σε αποδεκτά επίπεδα. Έχουν ενσωματωθεί μηχανισμοί πρόσληψης γευμάτων, μέτρησης γλυκόζης, φυσικής άσκησης και χορήγησης ινσουλίνης ενώ ο μεταβολισμός της γλυκόζης είναι βασισμένος στον προσομοιωτή UVa/Padova T1DM. Ο χρήστης, εκτός από τον έλεγχο που έχει στην συγκέντρωση γλυκόζης του ήρωα, έχει την δυνατότητα να ελέγχει και την ροή της ιστορίας του συγκεκριμένου επιπέδου καθώς επιλέγει τις δραστηριότητες του ήρωα και την γενικότερη αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον. Στο δεύτερο επίπεδο, ο ήρωας μεταβαίνει σε ένα επίπεδο δράσης(νύχτας) που ανταποκρίνεται στο «όνειρο» του ήρωα. Αυτό το επίπεδο έχει ως στόχο την ψυχαγωγία του χρήστη και μοναδικός σκοπός του είναι να μαζέψει όσο το δυνατόν περισσότερους βαθμούς μπορεί. Το τρίτο σκέλος είναι το επίπεδο της ανασκόπησης, στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αξιολογήσει τις δράσεις του και να πειραματιστεί σε ένα ασφαλές περιβάλλον.

Ο σχεδιασμός αυτός του παιχνιδιού αποφέρει στον χρήστη ξεκάθαρους στόχους σε κάθε σκέλος του παιχνιδιού, έτσι ώστε να μπορεί να συγκεντρώνεται στις αποφάσεις που πρέπει να λάβει, καθώς και στις πληροφορίες που μπορεί να αντλήσει από την ενασχόλησή του με το σοβαρό παιχνίδι [105].

3.1.2 Εννοιολογικό πλαίσιο

Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται σχηματικά το μοντέλο που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση των μηχανισμών παιχνιδοποίησης που θα περιγραφούν στη συνέχεια.



Σχήμα 3.1: Εννοιολογικό πλαίσιο σοβαρού παιχνιδιού

Βασικός στόχος των μηχανισμών παιχνιδοποίησης που αναπτύχθηκαν είναι το να αποδειχτούν αυ-

τοί αποτελεσματικοί, ελκυστικοί και ρεαλιστικοί σε αναφορά με την πραγματική ημέρα ενός παιδιού με Σακχαρώδη Διαβήτη. Προς αυτή την κατεύθυνση πραγματοποιήθηκαν οι εξής ενέργειες:

- αλλαγές μέσα στο υπάρχον σοβαρό παιχνίδι
- προσθήκες με στόχο την εξατομίκευση
- δημιουργία **Review**, δηλαδή επιπέδου ανασκόπησης και απολογισμού της ημέρας
- αυτονόμηση του **Review**, έτσι ώστε να αποτελέσει ανεξάρτητο σοβαρό παιχνίδι που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα για απευθείας εισαγωγή των δεδομένων σχετικά με την τροφή και τη λήψη ινσουλίνης, παραλείποντας την όλη διαδικασία προσομοίωσης της ημέρας του.

Ο κάθε χρήστης επιλέγει ένα όνομα χρήστη και έναν κωδικό και χρησιμοποιώντας αυτά μπορεί να συνδεθεί ώστε να παίζει το παιχνίδι. Βασικός χαρακτήρας εξακολουθεί να είναι ένα παιδί με ΣΔ Τύπου 1, το οποίο βασίζεται στον χρήστη για να αποκτήσει ορθό γλυκαιμικό έλεγχο. Το σοβαρό παιχνίδι αποτελείται πλέον από τρία σκέλη. Αρχικά, υπάρχει το επίπεδο προσομοίωσης - ημέρας, όπως προηγουμένως, με σημαντικότερες αλλαγές αυτές που αφορούν την παρουσίαση και τις επιλογές τροφής και της χορηγούμενης φαρμακευτικής αγωγής. Η κυριότερη προσθήκη στο επίπεδο αυτό είναι η δοκιμασίες που τίθενται στον χρήστη στην αρχή της ημέρας, οι οποίες αφορούν κάθε φορά ένα από τα εξής:

- εκπαίδευση σχετικά με τα αποδεκτά και τα βέλτιστα όρια της γλυκόζης κατά τη διάρκεια της ημέρας
- εκπαίδευση για τη μέτρηση της γλυκόζης τις σωστές στιγμές
- εκπαίδευση σχετικά με την υγιεινή διατροφή
- εκπαίδευση σχετικά με τη χορήγηση ινσουλίνης
- εκπαίδευση σχετικά με τη φυσική άσκηση

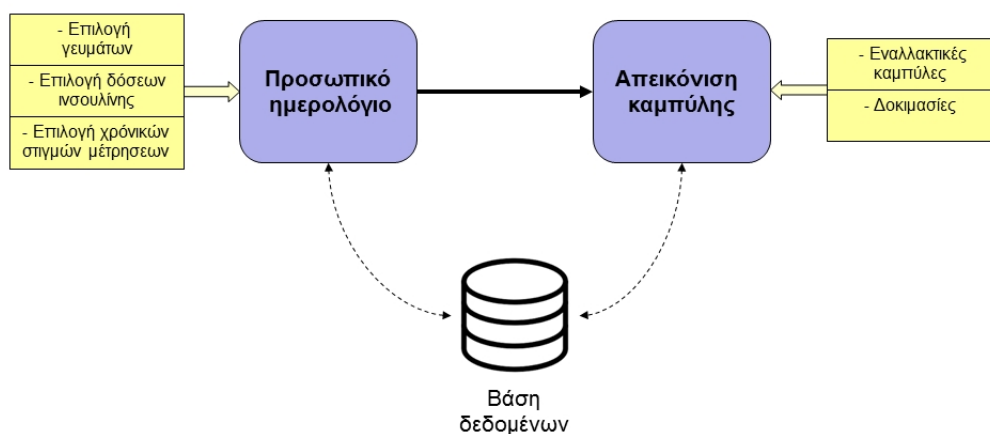
Ο τρόπος που εμφανίζονται οι δοκιμασίες είναι ανάλογος με την απόδοση του χρήστη στις παραπάνω κατηγορίες, δηλαδή είναι πιθανότερο να εμφανιστεί δοκιμασία από μία κατηγορία, αν φανεί ότι ο χρήστης παρουσιάζει δυσκολία σε αυτήν. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στην εξατομίκευση, και αποτελεί κίνητρο για το παιδί, καθώς σε περίπτωση επιτυχίας ανταμείβεται με πόντους.

Το δεύτερο σκέλος του παιχνιδιού είναι το επίπεδο ανασκόπησης - **Review**. Το σκέλος αυτό αποτελείται από τρία επίπεδα. Το πρώτο είναι το επίπεδο ανασκόπησης της ημέρας, στο οποίο μεταβαίνει ο χρήστης αμέσως μετά την ολοκλήρωση του επιπέδου προσομοίωσης και στο οποίο συνοψίζονται οι δράσεις του σχετικά με τις μετρήσεις γλυκόζης και τις ενέσεις ινσουλίνης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ανάλογα με τις δράσεις αυτές προκύπτει το σκορ του. Το δεύτερο επίπεδο είναι ένα ενδιάμεσο επίπεδο, στο οποίο ο χρήστης μεταβαίνει μετά το επίπεδο της ημέρας και την ολοκλήρωση της ανασκόπησης αυτής. Στο επίπεδο αυτό φαίνονται τα τρόπαια που αυτός έχει λάβει για την απόδοσή του, ενώ αυτός έχει τη δυνατότητα να ανταλλάσει μηνύματα και δώρα με άλλους χρήστες, καλλιεργώντας έτσι τις κοινωνικές του δεξιότητες. Επίσης, στο συγκεκριμένο επίπεδο μπορεί να δει έναν χάρτη, που περιέχει τους εξερευνημένους και ανεξερευνητους «κόσμους» της νύχτας. Το τρίτο επίπεδο είναι το επίπεδο απεικόνισης της καμπύλης γλυκόζης. Σε αυτό ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει την καμπύλη γλυκόζης που προέκυψε κατά τη διάρκεια της ημέρας με βάση τις επιλογές που έκανε, με επισημάνσεις στις χρονικές περιόδους στις οποίες η γλυκόζη παρέκλινε από τα αποδεκτά όρια. Ακόμη, του δίνεται η δυνατότητα να δει εναλλακτικές προς τις δικές του επιλογές όσον αφορά τη διατροφή και τις δόσεις της ινσουλίνης,

καθώς και τα αποτελέσματα που θα προέκυπταν δυνητικά από τις αυτές επιλογές. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα για επιπλέον δοκιμασίες, οι οποίες βοηθούν τον νεαρό χρήστη στην κατανόηση της καμπύλης γλυκόζης. Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, καθώς επίσης και η δυνατότητα που παρέχεται στο παιδί να πειραματιστεί σε ένα ασφαλές περιβάλλον προσδίδουν στο παιχνίδι μεγάλη εκπαιδευτική αξία.

Το τρίτο σκέλος είναι ένα επίπεδο δράσης, το οποίο ανταποκρίνεται, όπως προηγουμένως, στο όνειρο του ήρωα. Το επίπεδο αυτό έχει ως στόχο την ψυχαγωγία του χρήστη. Αυτός καλείται να υπερβεί εμπόδια ώστε να τερματίσει κάποιες πίστες, ενώ μπορεί να «ξεκλειδώσει» καινούριους κόσμους, στην περίπτωση που πέτυχε ορθό γλυκαιμικό έλεγχο κατά τη διάρκεια της ημέρας ή πέτυχε στις δοκιμασίες του επιπέδου ανασκόπησης.

Παράλληλα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα στην αρχή του παιχνιδιού, αφού συνδεθεί, να εισάγει απευθείας τα στοιχεία μιας ημέρας ως προς τους παράγοντες τροφή – λήψη ινσουλίνης σε ένα σημειωματάριο. Με βάση τα στοιχεία αυτά, χρησιμοποιώντας τον προσομοιωτή UVa/Padova T1DM, παράγεται η καμπύλη γλυκόζης και ο χρήστης μεταφέρεται στο επίπεδο ανασκόπησης, παραλείποντας το επίπεδο της ημέρας. Το σημειωματάριο αυτό μπορεί να λειτουργήσει και ως το προσωπικό ημερολόγιο του ασθενούς, στο οποίο αυτός θα καταγράφει τις δικές του ενέργειες σχετικά με τη διαχείριση του ΣΔ του. Ο συνδυασμός σημειωματάριο – επίπεδο ανασκόπησης αποτελεί και ένα αυτόνομο σοβαρό παιχνίδι. Το παιχνίδι αυτό δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να δει άμεσα τα αποτελέσματα που έχουν οι επιλογές του στη διατροφή και στις δόσεις της ινσουλίνης στα επίπεδα της γλυκόζης του και να εξοικειωθεί με αυτά. Η σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου για το ανεξάρτητο σοβαρό παιχνίδι φαίνεται στην εικόνα 3.2.



Σχήμα 3.2: Εννοιολογικό πλαίσιο αυτόνομου σοβαρού παιχνιδιού

3.2 Διασύνδεση με βάση

Η δυνατότητα των χρηστών να έχουν δικό τους προφίλ στο σοβαρό παιχνίδι, καθώς και η επιθυμία για αποθήκευση δεδομένων και μετά το πέρας του παιχνιδιού για μετέπειτα αναφορά ή επεξεργασία τους, οδήγησε στην ανάγκη ύπαρξης μιας βάσης δεδομένων, η οποία συνδέθηκε με το σοβαρό παιχνίδι. Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι η MySQL, ενώ για τη διασύνδεση του παιχνιδιού με αυτήν

χρησιμοποιούνται αρχεία PHP. Ακολούθως, περιγράφονται οι πίνακες της βάσης δεδομένων, τα δεδομένα που αποθηκεύουν, καθώς και ο τρόπος υπολογισμού και χρήσης των δεδομένων αυτών.

Πίνακας Χρηστών (Users):

Ο πίνακας αυτός περιέχει όλους τους χρήστες που έχουν εγγραφεί. Οι στήλες του πίνακα αυτού είναι:

- *user_id*: Περιέχει έναν ακέραιο αριθμό μοναδικό για τον κάθε χρήστη, αποτελεί πρωτεύον κλειδί για τον πίνακα και είναι *auto_increment*, δηλαδή με κάθε εισαγωγή νέου χρήστη αυξάνεται από μόνο του κατά 1.
- *user_name*: Είναι πεδίο τύπου *text* και περιέχει το όνομα χρήστη (*username*) με το οποίο έχει εγγραφεί ο χρήστης. Θα μπορούσε να αποτελεί επίσης πρωτεύον κλειδί, καθώς είναι μοναδικό για κάθε χρήστη.
- *user_password*: Είναι και αυτό πεδίο τύπου *text* και περιέχει κρυπτογραφημένο τον κωδικό του χρήστη.
- *user_days*: Περιέχει έναν ακέραιο που αντιπροσωπεύει τις ημέρες που έχει παίξει ο χρήστης. Στην αρχή έχει μηδενική τιμή και κάθε φορά που ο χρήστης ξεκινάει μία καινούρια προσομοίωση ημέρας, το πεδίο αυτό αυξάνεται κατά 1.

Έτσι, στην περίπτωση που έχουμε, για παράδειγμα εγγραφή νέου χρήστη, γίνεται στη βάση ένα ερώτημα (*query*) της μορφής:

```
INSERT INTO Users (user_name, user_password, user_days)
VALUES ('$user', '$hash', 0)
```

Στην περίπτωση που ένας ήδη εγγεγραμμένος χρήστης συνδέεται (*login*), τότε γίνεται ένα ερώτημα της μορφής:

```
SELECT * FROM Users WHERE user_id='$user_id'
```

και ελέγχεται αν το όνομα που δόθηκε αντιστοιχεί στον δοσμένο κωδικό. Ακόμη, στην αρχή μίας ημέρας τίθεται το παρακάτω αίτημα στη βάση:

```
UPDATE Users SET user_days = user_days+1 WHERE user_id='$user_id'
```

Αξίζει να σημειωθεί πως για λόγους ασφάλειας όλοι οι κωδικοί των χρηστών αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων κρυπτογραφημένοι. Προκειμένου να γίνει η κρυπτογράφηση, χρησιμοποιείται η συνάρτηση *password_hash* της *php*. Η συγκεκριμένη συνάρτηση δέχεται τον κωδικό του χρήστη και τον αλγόριθμο που θα χρησιμοποιηθεί για την κρυπτογράφηση. Επιλέχθηκε ο αλγόριθμος **CRYPT_BLOWFISH**, ο οποίος αποτελεί έναν πολύ ισχυρό και αποδοτικό αλγόριθμο κρυπτογράφησης, που λειτουργεί και ως μίας φορές (*one way*) συνάρτηση κατακερματισμού (*hash function*) και χρησιμοποιεί γεννήτρια τυχαίων αριθμών, δημιουργώντας μοναδικά τυχαία *bits* [106].

Πίνακας Δοκιμασίες Ημέρας (Day Challenges):

Ο συγκεκριμένος πίνακας περιέχει τη θέση που βρίσκονται οι δοκιμασίες για κάθε χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, κάθε μία από τις 5 κατηγορίες δοκιμασιών αναπαρίσταται με έναν ακέραιο από το 1 έως το 5.

Ανάλογα με την επιτυχία ή την αποτυχία του παίκτη σε μία δοκιμασία, αυτή προβιβάζεται ή υποβιβάζεται στα «κουτιά» που υπάρχουν στη βάση, σύμφωνα με τον αλγόριθμο **spaced repetition**, ο οποίος θα περιγραφεί αναλυτικά στο 3.4.1. Έτσι, οι στήλες που περιέχει ο πίνακας είναι οι εξής:

- *user_id* : Περιέχει τον ακέραιο αριθμό μοναδικό για κάθε χρήστη και αποτελεί πρωτεύον κλειδί για τον πίνακα.
- *box1, box2, box3, box4, box5, box6* : Πρόκειται για 6 στήλες του πίνακα, οι οποίες αναπαριστούν τα 6 κουτιά που υπάρχουν για τις δοκιμασίες. Είναι τύπου **text**, καθώς το καθένα από τα κουτιά περιέχει τους αριθμούς των κατηγοριών δοκιμασιών που βρίσκονται στη θέση αυτή, χωρισμένους με κόμμα.

Όσο προχωράει μια κατηγορία δοκιμασιών από το *box1* προς το *box6*, τόσο μικραίνει η πιθανότητα που έχει να εμφανιστεί αυτή στον χρήστη, αφού σημαίνει ότι ο τελευταίος τα έχει πάει καλά σε αυτήν, οπότε πρέπει να εξασκηθεί και στις υπόλοιπες κατηγορίες. Έτσι, στην περίπτωση που ένας νέος χρήστης κάνει εγγραφή, τότε πρέπει και οι 5 κατηγορίες δοκιμασιών να εισαχθούν στο αρχικό κουτί, το *box1*. Εκτελείται, δηλαδή, το παρακάτω αίτημα στη βάση:

```
INSERT INTO Day_Challenges (user_id, box1, box2, box3, box4, box5, box6)
VALUES ('$user_id', '1,2,3,4,5,', 0,0,0,0,0)
```

Στην περίπτωση που κάποιο κουτί δεν περιέχει καμία κατηγορία δοκιμασιών εισάγεται ο αριθμός 0. Ακόμη, στην περίπτωση που χρειάζεται να βρούμε πού βρίσκεται η κάθε δοκιμασία μία χρονική στιγμή, εκτελούμε το ακόλουθο ερώτημα:

```
SELECT * FROM Day_Challenges WHERE user_id='$user_id'
```

Πίνακας Φαγητό (Food):

Ο συγκεκριμένος πίνακας χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των γευμάτων που πραγματοποιεί ο χρήστης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι στήλες του πίνακα φαίνονται παρακάτω:

- *fd_id* : Είναι ακέραιος, μοναδικός για κάθε πρόσληψη γεύματος, αποτελεί πρωτεύον κλειδί και είναι *auto_increment*.
- *fd_code* : Είναι χαρακτήρας και ο χαρακτήρας αυτός μας επιτρέπει να γνωρίζουμε για τι είδους γεύμα πρόκειται. Έτσι, έχουμε 'b' για το πρωινό, 'l' για το μεσημεριανό, 'd' για το βραδινό, 's' για γεύμα στο σχολείο και 'p' για γεύμα από το σακίδιο.
- *fd_glucose* : Περιέχει έναν ακέραιο που αντιστοιχεί στα γραμμάρια των υδατανθράκων που περιείχε το γεύμα.
- *fd_hour* : Είναι ακέραιος, που αντιστοιχεί στην ώρα κατά την οποία πραγματοποιήθηκε το γεύμα.
- *fd_min* : Είναι ακέραιος και αντιστοιχεί στο λεπτό της ώρας που πραγματοποιήθηκε το γεύμα.
- *user_id* : Είναι ακέραιος, που δείχνει τον χρήστη ο οποίος πραγματοποίησε το γεύμα.
- *user_days* : Είναι ακέραιος, που δείχνει την ημέρα στην οποία πραγματοποιείται το γεύμα.

Έτσι, αν πραγματοποιηθεί ένα γεύμα από κάποιον χρήστη, τότε για την αποθήκευσή του στη βάση γίνεται το ερώτημα:

```
INSERT INTO Food (fd_code, fd_glucose, fd_hour, fd_min, user_id, user_days)
VALUES ('$code', '$glucose', '$hour', '$min', '$id', '$days')
```

Αντίστοιχα, για να ανασύρουμε από τη βάση τα γεύματα που πραγματοποίησε ένας χρήστης κατά τη διάρκεια της μέρας, έχουμε:

```
SELECT * FROM Food WHERE user_id='$id' AND user_days='$days'
```

Πίνακας Ινσουλίνη (Insulin):

Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δόσεων ινσουλίνης που χορηγεί ο χρήστης στον ήρωα του παιχνιδιού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι στήλες του πίνακα είναι οι εξής:

- *ins_id* : Αποτελεί το πρωτεύον κλειδί για τον πίνακα και είναι πεδίο *auto_increment* (ακέραιος αριθμός).
- *ins_value* : Περιέχει έναν ακέραιο που αντιστοιχεί στην τιμή της δόσης ινσουλίνης που χορηγήθηκε.
- *ins_hour* : Είναι ακέραιος, που αντιστοιχεί στην ώρα κατά την οποία χορηγήθηκε η δόση ινσουλίνης.
- *ins_min* : Είναι ακέραιος και αντιστοιχεί στο λεπτό της ώρας που χορηγήθηκε η δόση ινσουλίνης.
- *user_id* : Είναι ακέραιος, που δείχνει τον χρήστη ο οποίος πραγματοποίησε την ένεση ινσουλίνης.
- *user_days* : Είναι ακέραιος, που δείχνει την ημέρα στην οποία βρισκόταν ο χρήστης.

Τα ερωτήματα που πραγματοποιούνται για αποθήκευση μίας δόσης ινσουλίνης ή για την ανάκτηση των ενέσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια μίας ημέρας από έναν χρήστη είναι αντίστοιχα με αυτά στον πίνακα **Food**.

Πίνακας Γλυκόζη (Glucose):

Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των μετρήσεων γλυκόζης που πραγματοποιεί ο χρήστης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι στήλες του πίνακα είναι οι εξής:

- *gl_id* : Αποτελεί το πρωτεύον κλειδί για τον πίνακα και είναι πεδίο *auto_increment* (ακέραιος αριθμός).
- *gl_value* : Περιέχει έναν ακέραιο που αντιστοιχεί στην τιμή της γλυκόζης που προέκυψε από τη μέτρηση.
- *gl_hour* : Είναι ακέραιος, που αντιστοιχεί στην ώρα κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η μέτρηση.
- *gl_min* : Είναι ακέραιος και αντιστοιχεί στο λεπτό της ώρας που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση.
- *user_id* : Είναι ακέραιος, που δείχνει τον χρήστη ο οποίος πραγματοποίησε τη μέτρηση γλυκόζης.
- *user_days* : Είναι ακέραιος, που δείχνει την ημέρα στην οποία βρισκόταν ο χρήστης.

Τα ερωτήματα που πραγματοποιούνται για αποθήκευση μίας μέτρησης γλυκόζης ή για την ανάκτηση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια μίας ημέρας από έναν χρήστη είναι αντίστοιχα με αυτά στον πίνακα **Food**.

Πίνακας Δείκτες (Indexes):

Ο συγκεκριμένος πίνακας αποθηκεύει τους σημαντικούς δείκτες που σχετίζονται με τη γλυκόζη στο τέλος κάθε ημέρας που παίζει ο χρήστης. Οι στήλες του πίνακα φαίνονται παρακάτω:

- *index_id*: Είναι ένας ακέραιος που αποτελεί πρωτεύον κλειδί του πίνακα και είναι πεδίο *auto_increment*.
- *user_id*: Είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός του χρήστη του οποίου οι δείκτες θα αποθηκευτούν.
- *user_days*: Η ημέρα στην οποία βρίσκεται ο χρήστης. (Εναλλακτικά, ως πρωτεύον κλειδί θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το πεδίο αυτό σε συνδυασμό με το *user_id*.)
- *hypo*: Είναι πεδίο τύπου *float* και αντιπροσωπεύει το ποσοστό του χρόνου μέσα στη μέρα που ο ήρωας του παιχνιδιού είχε υπογλυκαιμία.
- *hyper*: Είναι τύπου *float* και αντιπροσωπεύει το ποσοστό του χρόνου μέσα στη μέρα που ο ήρωας του παιχνιδιού είχε υπεργλυκαιμία.
- *normal*: Είναι τύπου *float* και αντιπροσωπεύει το ποσοστό του χρόνου μέσα στη μέρα που η γλυκόζη του ήρωα ήταν μέσα στα φυσιολογικά επίπεδα.
- *post_breakfast*: Είναι πεδίο τύπου *float* και αποθηκεύει τη μεταγευματική γλυκόζη που αφορά το πρωινό γεύμα.
- *post_lunch*: Είναι πεδίο τύπου *float* και αποθηκεύει τη μεταγευματική γλυκόζη που αφορά το μεσημεριανό.
- *post_dinner*: Είναι πεδίο τύπου *float* και αποθηκεύει τη μεταγευματική γλυκόζη που αφορά το βραδινό.
- *lbgi*: Είναι πεδίο τύπου *float* και περιέχει το **LBGI (Low Blood Glucose Index)** του χρήστη για την ημέρα στην οποία βρίσκεται, την πιθανότητα που έχει δηλαδή να εμφανίσει υπογλυκαιμία.
- *hbgi*: Είναι πεδίο τύπου *float* και περιέχει το **HBGI (High Blood Glucose Index)** του χρήστη, δηλαδή την πιθανότητα που έχει αυτός να εμφανίσει υπεργλυκαιμία.

Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό των παραπάνω δεικτών στο σοβαρό παιχνίδι, αρχικά έχει αποθηκευτεί ένας πίνακας με όλες τις τιμές της γλυκόζης του ήρωα για κάθε λεπτό της ημέρας. Έτσι για τον υπολογισμό των δεικτών *hypo*, *hyper* και *normal* βρίσκονται τα λεπτά στα οποία η τιμή της γλυκόζης ήταν κάτω από 70, πάνω από 280 και ανάμεσα σε 90 και 180 αντίστοιχα, ως ποσοστό του συνολικού χρόνου της ημέρας.

Όσον αφορά τη μεταγευματική γλυκόζη (*post_breakfast*, *post_lunch*, *post_dinner*), αυτή υπολογίζεται ως ο μέσος όρος της γλυκόζης στο χρονικό διάστημα 2 ωρών μετά από κάθε γεύμα.

Για τον υπολογισμό των **LBGI** και **HBGI** ακολουθούμε τα εξής βήματα [107]: Αρχικά, για κάθε μέτρηση γλυκόζης *a*, δηλαδή για όλες τις τιμές του πίνακα που διαθέτουμε υπολογίζουμε το:

$$f(a) = 1,509 \times ((\ln(a))^{1,084} - 5,381)$$

Έπειτα, υπολογίζουμε τη συνάρτηση κινδύνου ως εξής:

$$r(a) = 10 \times f(a)$$

Στη συνέχεια, χωρίζουμε τους κλάδους που αντιστοιχούν σε χαμηλό (r_l) και υψηλό κίνδυνο (r_h) ως εξής:

$$r_l(a) = \begin{cases} r_l(a) & \text{αν } f(a) < 0 \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

$$r_h(a) = \begin{cases} r_h(a) & \text{αν } f(a) > 0 \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Έτσι, οι δείκτες **LBI** και **HBI** βρίσκονται από τους τύπους:

$$LBI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_l(a_i)$$

$$HBI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_h(a_i)$$

Οι δείκτες αυτοί είναι πολύ χρήσιμοι τόσο για μικρές χρονικές περιόδους (για παράδειγμα μία ημέρα) όσο και για μεγαλύτερες (μερικές εβδομάδες), καθώς μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα στατιστικά για την πορεία του παίκτη. Παράλληλα, στην περίπτωση που επεξεργαζόμαστε τα συγκεκριμένα δεδομένα για μεγάλα χρονικά διαστήματα, μας δίνεται η δυνατότητα να καταλάβουμε ποια στοιχεία του γλυκαιμικού ελέγχου έχει κατανοήσει ο χρήστης και ποια είναι τα στοιχεία εκείνα τα οποία τον δυσκολεύουν. Έτσι, μπορούν να δίνονται περαιτέρω επεξηγήσεις όσον αφορά τα τελευταία ή ακόμα να εμφανίζονται δοκιμασίες στην αρχή του παιχνιδιού που να αφορούν τα στοιχεία αυτά. Μέσω αυτής της διαδικασίας εξασφαλίζεται μεγαλύτερη εξατομίκευση κατά τη χρήση του Σοβαρού Παιχνιδιού.

Πίνακας Μηνύματα (Messages):

Στον συγκεκριμένο πίνακα αποθηκεύονται τα μηνύματα που αποστέλλονται μεταξύ των χρηστών. Συγκεκριμένα, οι στήλες του πίνακα είναι οι παρακάτω:

- *message_id*: Είναι ο ακέραιος που αποτελεί πρωτεύον κλειδί του πίνακα και είναι πεδίο *auto_increment*.
- *from_user*: Είναι πεδίο *text* και περιέχει το *user_name* του χρήστη που έστειλε το μήνυμα.
- *to_user*: Είναι επίσης πεδίο *text* και περιέχει το *user_name* του χρήστη που έλαβε το μήνυμα.
- *message*: Είναι πεδίο τύπου *long_text* και αποθηκεύει το κείμενο του μηνύματος που αποστέλλεται.
- *state*: Είναι ένας ακέραιος που μπορεί να πάρει είτε την τιμή 0 είτε 1, και δηλώνει αν το μήνυμα έχει διαβαστεί από τον παραλήπτη (0 για αδιάβαστο, 1 για διαβασμένο).

Αρχικά, όταν ένας χρήστης στέλνει μήνυμα σε κάποιον άλλο χρήστη, εκτελείται το ακόλουθο ερώτημα στη βάση δεδομένων:

```
INSERT INTO Messages (from_user, to_user, message, state)
VALUES (' $from_user', ' $to_user', ' $message', 0)
```

Δηλαδή, εισάγεται το μήνυμα στον πίνακα **Messages**, όπως και ο αποστολέας και ο παραλήπτης του, ενώ το πεδίο *state* τίθεται ίσο με 0, αφού το μήνυμα δεν έχει διαβαστεί από τον παραλήπτη. Τη στιγμή που ένας χρήστης διαβάζει ένα συγκεκριμένο μήνυμα, ενημερώνεται το πεδίο *state* του μηνύματος αυτού και γίνεται ίσο με 1, ως εξής:

```
UPDATE Messages SET state=1 WHERE message_id=' $id'
```

Προκειμένου να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ δύο χρηστών σε πραγματικό χρόνο εκτελούμε κάθε δύο δευτερόλεπτα το παρακάτω ερώτημα:

```
SELECT * FROM Messages WHERE to_user=' $to_user' AND state=0
```

Έτσι, αυτό που κάνουμε είναι για κάθε χρήστη να ελέγχουμε διαρκώς στη βάση δεδομένων, στον πίνακα Messages εάν υπάρχει κάποιο μήνυμα με παραλήπτη τον συγκεκριμένο χρήστη, του οποίου το πεδίο state να είναι ίσο με 0, δηλαδή κάποιο αδιάβαστο μήνυμα.

Πίνακας Έπαθλα (Trophies):

Ο κάθε χρήστης του σοβαρού παιχνιδιού έχει τη δυνατότητα να κερδίσει έπαθλα για την καλή του απόδοση. Συγκεκριμένα, υπάρχουν 5 τύποι επάθλων, οι οποίοι αντιστοιχούν στις 5 κατηγορίες δοκιμασιών που υπάρχουν. Έτσι, οι στήλες του πίνακα είναι οι εξής:

- *user_id* : Είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός του κάθε χρήστη και αποτελεί πρωτεύον κλειδί του πίνακα αυτού.
- *trophy1, trophy2, trophy3, trophy4, trophy5* : Το καθένα από αυτά τα πεδία περιέχει έναν ακέραιο που αντιστοιχεί στον αριθμό των επάθλων που έχει λάβει ο χρήστης για την αντίστοιχη κατηγορία.

Αρχικά λοιπόν, τα πεδία *trophy1* έως *trophy5* τίθενται ώστε να έχουν μηδενική τιμή. Κάθε φορά που ο παίκτης κερδίζει ένα έπαθλο ενημερώνεται το αντίστοιχο πεδίο, αυξάνοντας την τιμή του κατά 1.

Πίνακας Τελευταίες Τιμές (User_last_values):

Ένας παράγοντας που συμβάλλει στην εξατομίκευση του Σοβαρού Παιχνιδιού είναι το γεγονός ότι για κάθε χρήστη, η τιμή της γλυκόζης στην αρχή μιας καινούριας ημέρας είναι αυτή που είχε στο τέλος της προηγούμενης. Δηλαδή η γλυκόζη του ήρωα κάθε μέρα δεν ξεκινάει από κάποια προκαθορισμένη τιμή, αλλά εξαρτάται από τις ενέργειες του παίκτη την προηγούμενη μέρα. Προκειμένου να καταστεί δυνατό αυτό, αποθηκεύουμε στη βάση δεδομένων τις τελευταίες τιμές των παραμέτρων από τις οποίες προκύπτει η τελική τιμή της γλυκόζης, έτσι ώστε αυτές να ανακληθούν την επόμενη μέρα που θα παίξει ο χρήστης το Σοβαρό Παιχνίδι. Έτσι, οι στήλες του συγκεκριμένου πίνακα είναι οι εξής:

- *user_id* : Είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός του κάθε χρήστη και αποτελεί πρωτεύον κλειδί του πίνακα.
- *last_Isc1, last_Isc2, last_Ip, last_I1, last_Gp, last_Gt, last_Qsto1, last_Qsto2, last_Qgut, last_Ra, last_X, last_XL, last_I2, last_I, last_Rai, last_G* : Είναι πεδία τύπου float και περιέχουν τις τελευταίες τιμές των παραμέτρων για την ημέρα που προηγήθηκε αυτής στην οποία βρίσκεται ο χρήστης.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε ημέρα τελειώνει όταν ο ήρωας του παιχνιδιού πηγαίνει για ύπνο το βράδυ. Οι τιμές της γλυκόζης του υπολογίζονται και για τη διάρκεια της νύχτας. Όταν υπολογιστεί η τελευταία τιμή (αντιστοιχεί σε ώρα 06:29), οι παράμετροι αποθηκεύονται στον πίνακα, έτσι ώστε στις 06:30 που ξεκινάει μια νέα ημέρα παιχνιδιού η τιμή της γλυκόζης να προκύπτει ως συνέχεια των αμέσως προηγούμενων τιμών.

Σύνδεση - Εγγραφή νέου χρήστη

Κάθε χρήστης που παίξει το Σοβαρό Παιχνίδι για πρώτη φορά οφείλει να δημιουργήσει έναν λογαριασμό, έτσι ώστε να συνδέεται σε αυτόν κάθε φορά που παίζει. Έτσι, κάθε φορά στην αρχή του παιχνιδιού, ο χρήστης καλείται να επιλέξει εάν επιθυμεί να πραγματοποιήσει εγγραφή ή σύνδεση.

Σκοπός της ύπαρξης προσωπικού λογαριασμού για κάθε χρήστη είναι να καταστεί γι' αυτόν δυνατό να παρακολουθεί και να καταγράφει την πρόοδό του, να κατανοεί τις ικανότητες και τις αδυναμίες του και συνεπώς, να βελτιώνεται διαρκώς, να διαφοροποιηθεί από τους υπόλοιπους χρήστες, καθώς και να μπορεί να επικοινωνεί με αυτούς.

- **Εγγραφή (Register)**

Ο χρήστης μπορεί να οδηγηθεί στη σελίδα της εγγραφής με δύο τρόπους: είτε εάν το επιλέξει στην αρχική οθόνη είτε εάν επιλέξει να κάνει σύνδεση αλλά το όνομα χρήστη που εισάγει δεν υπάρχει στη βάση δεδομένων. Προκειμένου να πραγματοποιήσει την εγγραφή καλείται να θέσει το όνομα χρήστη (username), τον κωδικό του (password), καθώς και να επιβεβαιώσει των κωδικό του, πληκτρολογώντας ακόμη μία φορά. Στην περίπτωση που έχει βρεθεί στη σελίδα εγγραφής με τον δεύτερο από τους προαναφερθέντες τρόπους, τότε το όνομα χρήστη είναι προσυμπληρωμένο με το όνομα που είχε θέσει όταν επιχείρησε να συνδεθεί (βεβαίως έχει τη δυνατότητα να το αλλάξει).

Όσον αφορά το όνομα χρήστη, αυτό πρέπει να είναι μία μη κενή συμβολοσειρά, η οποία δεν ξεκινά με ειδικό χαρακτήρα. Ακόμα, για λόγους ασφάλειας τέθηκε ο περιορισμός ο κωδικός του χρήστη υποχρεωτικά να περιέχει το λιγότερο 4 χαρακτήρες. Σε περίπτωση που το όνομα χρήστη ή ο κωδικός δεν ικανοποιεί κάποιον από τους παραπάνω περιορισμούς, ο χρήστης ενημερώνεται έτσι ώστε να θέσει καινούριο όνομα ή κωδικό αντίστοιχα.

Τέλος, όταν ο χρήστης πατάει ένα πλήκτρο με την ένδειξη OK για ολοκλήρωση της εγγραφής του, γίνεται έλεγχος στη βάση δεδομένων αν το συγκεκριμένο όνομα χρήστη υπάρχει ήδη στον πίνακα των χρηστών. Αν υπάρχει, τότε ενημερώνεται ότι το συγκεκριμένο όνομα χρησιμοποιείται ήδη, έτσι ώστε να επιλέξει άλλο. Σε αντίθετη περίπτωση, τα στοιχεία που συμπλήρωσε μεταφέρονται στη βάση δεδομένων και η εγγραφή ολοκληρώνεται.

- **Σύνδεση (Login)**

Εάν ο χρήστης επιλέξει να συνδεθεί στο λογαριασμό του, τότε καλείται να συμπληρώσει το όνομα χρήστη και τον κωδικό του και να πατήσει έπειτα την ένδειξη OK, ώστε να πραγματοποιηθεί η σύνδεσή του. Όταν πατήσει την ένδειξη αυτή, τα στοιχεία που έχει συμπληρώσει συγκρίνονται με τα αντίστοιχα που υπάρχουν στη βάση δεδομένων. Έτσι, σε περίπτωση που ο κωδικός που εισήχθη είναι λανθασμένος, εμφανίζεται αντίστοιχο μήνυμα στον χρήστη, που τον ενημερώνει, έτσι ώστε να εισάγει σωστό κωδικό. Στην περίπτωση που το όνομα χρήστη που εισήχθη δεν υπάρχει στη βάση δεδομένων, δηλαδή δεν αντιστοιχεί σε κάποιο χρήστη, τότε ο χρήστης οδηγείται στη σελίδα εγγραφής. Τέλος, εάν και το όνομα χρήστη και ο κωδικός ήταν σωστοί, εμφανίζεται ένα μήνυμα καλωσορίσματος για τον συγκεκριμένο χρήστη και αυτός μπορεί να προχωρήσει, ώστε να παίξει το Σοβαρό Παιχνίδι.

3.3 Επίπεδο προσομοίωσης (ημέρα)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η επέκταση ενός υπάρχοντος σοβαρού παιχνιδιού το οποίο προσομοιώνει την καθημερινότητα ενός παιδιού που πάσχει από ΣΔΤ1. Ο σκελετός του παιχνιδιού που είχε ήδη δημιουργηθεί έχει αναλυθεί παραπάνω. Στο παρόν υποκεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι αλλαγές και οι προσθήκες που συνδέονται άμεσα με το επίπεδο της ημέρας του σοβαρού παιχνιδιού.

3.3.1 Προκλήσεις στο επίπεδο της μέρας

Στο σοβαρό παιχνίδι κρίθηκε σκόπιμο να προστεθούν μηχανισμοί εκμάθησης που θα στοχεύουν στην αύξηση της κατανόησης του παιδιού σχετικά με την ασθένεια του καθώς και τον βέλτιστο τρόπο διαχείρισης της. Η διαδικασία εκμάθησης θα πρέπει να ενσωματωθεί με τέτοιο τρόπο στο παιχνίδι ώστε να έχει αποτέλεσμα χωρίς να μειώνει τον ψυχαγωγικό χαρακτήρα του. Για τον σκοπό αυτό κρίνεται απαραίτητο να συνδυάζεται με παιχνιδιοποιημένα στοιχεία και να μην είναι αποκομμένη από το υπόλοιπο παιχνίδι. Επίσης, σκόπιμο κρίνεται να επικεντρώνεται στα κύρια ζητήματα στα οποία πρέπει να εκπαιδευτεί ένα παιδί με ΣΔΤ1. Αυτά είναι τα παρακάτω:

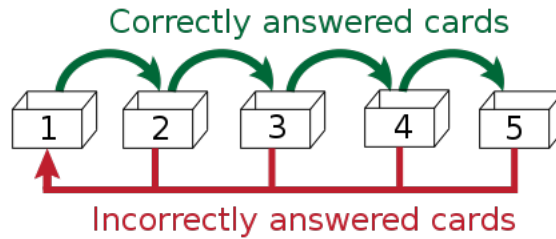
- κατάλληλη ρύθμιση της γλυκόζης του αίματος του
- σωστή παρακολούθηση της γλυκόζης του αίματος του
- ισορροπημένη διατροφή
- καλή διαχείριση της θεραπείας με χρήση ινσουλίνης
- φυσική άσκηση

Τα παραπάνω ζητήματα απαιτούν την απομνημόνευση και την κατανόηση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών, που μπορεί να δυσκολέψει αρκετά ένα νεαρό παιδί. Για τα παιδιά που πάσχουν από ΣΔΤ1, όμως, η γνώση των ζητημάτων αυτών κρίνεται απαραίτητη. Θεωρήθηκε, λοιπόν σκόπιμο να ενσωματωθούν μηχανισμοί εκμάθησης στο σοβαρό παιχνίδι που θα διευκολύνουν τη διαδικασία. Αρκετοί μηχανισμοί μάθησης εξετάστηκαν ώστε να επιλεγεί ο αποτελεσματικότερος για το συγκεκριμένο εγχείρημα. Παρακάτω παρουσιάζεται η τεχνική μάθησης **Spaced repetition**, η οποία θεωρήθηκε καταλληλότερη.

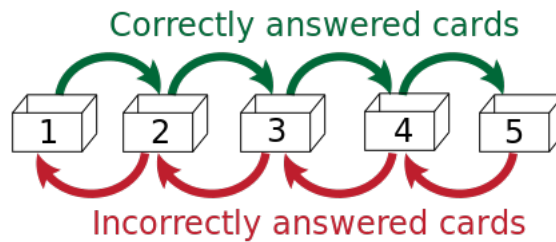
Spaced repetition [108]

Μελέτες έχουν δείξει πως η μάθηση είναι αποτελεσματικότερη όταν η μελέτη κατανέμεται με την πάροδο του χρόνου σε σχέση με τη μελέτη του ίδιου όγκου πληροφοριών σε μία μόνο συνεδρία. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **spacing effect** και το αξιοποιεί η τεχνική μάθησης **Spaced repetition**, η οποία ενσωματώνει την αύξηση των διαστημάτων του χρόνου μεταξύ διαδοχικών επαναλήψεων υλικού που έχει ήδη μελετηθεί για την καλύτερη απομνημόνευση και κατανόηση του. Η συγκεκριμένη τεχνική μάθησης είναι χρήσιμη σε πολλά διαφορετικά πλαίσια, αλλά πιο συχνά εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που το άτομο πρέπει να μελετήσει πληθώρα πληροφοριών και να τις διατηρήσει στη μνήμη του επί αόριστον.

Υπάρχουν αρκετές οικογένειες αλγορίθμων που εφαρμόζουν την τεχνική **Spaced repetition**. Εδώ θα αναλυθεί η μέθοδος του **Leitner**[109], καθώς μια προσαρμογή της εφαρμόζεται στο σοβαρό παιχνίδι. Η μέθοδος αυτή σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί με κάρτες οι οποίες αναγράφουν υλικό που πρέπει να απομνημονευτεί. Οι κάρτες διαμοιράζονται σε ομάδες αναλόγως με το πόσο καλά γνωρίζει το άτομο το περιεχόμενό τους. Αν το άτομο επιτύχει στην εύρεση της λύσης που είναι αναγραμμένη σε μια κάρτα τότε αυτή μεταβιβάζεται στο επόμενο επίπεδο, σε ομάδα με κάρτες τις οποίες ο χρήστης γνωρίζει λίγο καλύτερα και επαναλαμβάνει αραιότερα. Αν αποτύχει, τότε η κάρτα υποβιβάζεται στο πρώτο επίπεδο με τις κάρτες που το άτομο γνωρίζει λιγότερο και επαναλαμβάνει συχνότερα. Ο χρήστης πρέπει να επαναλάβει τη μελέτη μιας ομάδας καρτών σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, τα οποία είναι πιο αραιά όσο καλύτερη είναι η γνώση του για την συγκεκριμένη ομάδα. Μια σχηματική απεικόνιση φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 3.3: Στο σύστημα του Leitner σωστά απαντημένες κάρτες μεταβιβάζονται στο επόμενο, πιο αραιά επισκεπτόμενο κουτί, ενώ λάθος απαντημένες κάρτες επιστρέφουν στο πρώτο κουτί



Σχήμα 3.4: Μια παραλλαγή στο σύστημα του Leitner όπου οι λάθος απαντημένες κάρτες επιστρέφουν πίσω κατά ένα κουτί.

Σε μια λιγότερο επιθετική παραλλαγή της μεθόδου του Leitner, οι λάθος απαντημένες κάρτες δεν επιστρέφουν στο πρώτο κουτί αλλά υποβιβάζονται στο προηγούμενο.

Στο σοβαρό παιχνίδι η μέθοδος του Leitner προσαρμόστηκε ώστε ο χρήστης να εκπαιδευτεί πάνω στα βασικά ζητήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Δημιουργήθηκαν 5 βασικές κατηγορίες προκλήσεων, μία για κάθε ζήτημα και 6 ομάδες (κουτιά) εκμάθησης που υποδεικνύουν το βάθος της γνώσης του χρήστη σε κάθε κατηγορία που ανήκει στην συγκεκριμένη ομάδα. Ανάλογα με την ομάδα-κουτί στην οποία ανήκει η κάθε κατηγορία αξιολογείται η γνώση του χρήστη πάνω στο αντικείμενο της. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ομάδα-κουτί περιέχει κατηγορίες που ο χρήστης έχει κατανοήσει σε πολύ μικρό βαθμό ενώ κατηγορίες που αντιλαμβάνεται καλύτερα προχωράνε στις επόμενες ομάδες-κουτιά.

Για κάθε νέο παίκτη όλες οι κατηγορίες αρχικοποιούνται στην πρώτη ομάδα-κουτί, καθώς θεωρείται πως δεν έχει εκπαιδευτεί σε κάποια από αυτές. Κατά την έναρξη κάθε καινούριας συνεδρίας του παιχνιδιού γίνεται επιλογή της κατηγορίας από την οποία θα προκύψει η δοκιμασία της ημέρας. Εδώ ο αλγόριθμος του Leitner εφαρμόζεται με μια παραλλαγή, καθώς δεν είναι συγκεκριμένα τα χρονικά διαστήματα που επαναλαμβάνεται το περιεχόμενο κάθε ομάδας-κουτί. Αντιθέτως, για κάθε ομάδα υπολογίζεται ένας αριθμός που εκφράζει την πιθανότητα να επιλεγεί κατηγορία από τη συγκεκριμένη ομάδα-κουτί. Ο υπολογισμός γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η πιθανότητα να ακολουθεί φθίνουσα πορεία όσο ανεβαίνει το επίπεδο των ομάδων κουτιών. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει πολύ μεγαλύτερη πιθανότητα να επιλεγεί η πρώτη ομάδα-κουτί (σε περίπτωση που περιέχει έστω και μια κατηγορία) από ότι η τελευταία ομάδα-κουτί. Έτσι, διασφαλίζεται πως οι κατηγορίες που είναι σε χαμηλότερη κατάταξη επαναλαμβάνονται συχνότερα ώστε ο χρήστης να τις μελετά περαιτέρω και να αποκτάει μεγαλύτερη κατανόηση για το ζήτημα που καλύπτουν.

Έστω πως είναι διαθέσιμες n ομάδες-κουτιά. Σε κάθε ομάδα i , όπου $i \in [0, n - 1]$ δίνεται ένα βάρος

$b_i = 2^{n-i-1}$ αν περιέχει έστω μία κατηγορία και $b_i = 0$ αν δεν ανήκει καμία κατηγορία στη συγκεκριμένη ομάδα, δηλαδή:

$$b_i = \begin{cases} 2^{n-i-1} & \text{αν η ομάδα περιέχει έστω μία κατηγορία} \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Στη συνέχεια αθροίζονται όλα τα βάρη των κουτιών:

$$sum = \sum_{i=0}^{n-1} b_i$$

Η πιθανότητα να επιλεχθεί κατηγορία από την ομάδα-κουτί i υπολογίζεται ως εξής:

$$P_i = b_i * \frac{100}{sum}$$

Έτσι, για ομάδες με μεγαλύτερο βάρος (με πιο χαμηλή κατάταξη) η πιθανότητα να επιλεγούν αν δεν είναι άδειες είναι μεγαλύτερη από εκείνες με μικρότερο βάρος. Οι ομάδες που δεν περιέχουν καμία κατηγορία δεν είναι δυνατό να επιλεγούν (έχουν πιθανότητα να επιλεγούν ίση με μηδέν). Αν η ομάδα που επιλέχθηκε περιέχει μόνο μία κατηγορία, τότε από εκεί θα εξαχθεί η πρόκληση για τη συγκεκριμένη συνεδρία. Σε περίπτωση που η ομάδα περιέχει παραπάνω από μία κατηγορίες, όλες έχουν ίση πιθανότητα να επιλεχθούν και η απόφαση είναι τυχαία.

Μέχρι στιγμής αναλύθηκε πως έχει σχεδιαστεί η επιλογή της κατηγορίας από την οποία θα προκύψει η πρόκληση της ημέρας στην οποία ο χρήστης θα κληθεί να δοκιμαστεί. Σχετικά με τις ίδιες τις προκλήσεις κάθε κατηγορίας, αποφασίστηκε να είναι κλιμακούμενης δυσκολίας, η οποία να εξαρτάται από την ομάδα-κουτί που βρίσκεται την στιγμή της επιλογής η κατηγορία. Έτσι, αν επιλεγεί η ομάδα-κουτί νούμερο 3 και από τις κατηγορίες που περιέχει επιλεγεί η κατηγορία του γλυκαιμικού ελέγχου, η πρόκληση θα είναι μέτριας δυσκολίας καθώς το κουτί 3 είναι περίπου το μεσαίο των διαθέσιμων κουτιών. Αποφασίστηκε πως η πρόκληση για κάθε συνδυασμό κατηγορίας και ομάδας-κουτιού θα είναι συγκεκριμένη. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι προκλήσεις για κάθε τέτοιο συνδυασμό.

Όπως προαναφέρθηκε η δυσκολία είναι κλιμακούμενη στις προκλήσεις κάθε κατηγορίας. Αφού επιλεγεί, όπως αναλύθηκε παραπάνω, η πρόκληση της συγκεκριμένης συνεδρίας και πριν την έναρξη του επιπέδου της ημέρας, στον χρήστη εμφανίζονται βοηθητικές οδηγίες σχετικά με την δοκιμασία που θα αντιμετωπίσει καθώς και πληροφορίες σχετικά με τη σωστή διαχείριση του ΣΔΤ1. Θα δοθούν αναλυτικά οι προκλήσεις των 2 πρώτων κατηγοριών οι οποίες έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί μέχρι τέλους στην παρούσα χρονική στιγμή.

Στην κατηγορία της κατάλληλης ρύθμισης της γλυκόζης του αίματος (1η κατηγορία) ο χρήστης πρέπει να εκπαιδευτεί πάνω σε μια πληθώρα σχετικών ζητημάτων που θα τον βοηθήσουν να ρυθμίζει καλύτερα και την γλυκόζη του αίματος του στην πραγματική ζωή. Η συγκεκριμένη πρόκληση για κάθε ομάδα-κουτί φαίνεται παρακάτω:

- 1η ομάδα-κουτί

Αρχικά, ο χρήστης καλείται να μάθει ποια είναι τα αποδεκτά όρια της γλυκόζης του αίματος, μέσα στα οποία δεν διατρέχει κίνδυνο. Τα όρια αυτά είναι μεταξύ 70 mg/dl και 200 mg/dl . Στις οδηγίες της πρόκλησης τα όρια αυτά γίνονται εμφανή με οπτικά και χρωματικά ερεθίσματα. Επίσης, εμφανίζονται παραδείγματα αποδεκτών και μη αποδεκτών ορίων. Η πρόκληση σε αυτό το στάδιο έχει σχεδιαστεί με τη μορφή ερωτήσεων οι οποίες εμφανίζονται στον χρήστη κατά της διάρκεια

Προκλήσεις						
Κατηγορίες	1ο κουτί	2ο κουτί	3ο κουτί	4ο κουτί	5ο κουτί	6ο κουτί
Ρύθμιση γλυκόζης	Αναγνώριση αποδεκτών ορίων	Αναγνώριση βέλτιστων ορίων	Ανίχνευση συμπτωμάτων	Δράσεις	Συνδυαστικές δράσεις	Σωστή συνολική ρύθμιση
Παρακολούθηση γλυκόζης	Προγευματικές μετρήσεις	Μεταγευματικές μετρήσεις	Μετρήσεις λόγω ανίχνευσης συμπτωμάτων	Όριο 15 μετρήσεων	Όριο 10 μετρήσεων	Όριο 8 μετρήσεων
Διατροφή	Αναγνώριση υγιεινών τροφών	Επιλογή υγιεινών τροφών	Υπολογισμός υδατανθράκων	Υπολογισμός υδατανθράκων	Υπολογισμός υδατανθράκων	Υπολογισμός υδατανθράκων
Ινσουλinoθεραπεία	Λήψη στις σωστές χρονικές στιγμές	Ρύθμιση δόσης ανάλογα με το φαγητό	Αναγνώριση τάσης γλυκόζης	...	...	...
Φυσική Άσκηση	...	...	...	...	...	...

Πίνακας 3.1: Οι προκλήσεις στο επίπεδο της ημέρας

του επιπέδου της μέρας. Στον χρήστη παρουσιάζονται τιμές της γλυκόζης του αίματος που είτε προκύπτουν από την τρέχουσα τιμή στο επίπεδο της μέρας είτε είναι τυχαίες. Ο χρήστης καλείται να αποφασίσει αν η τιμή που του παρουσιάζεται ανήκει στα αποδεκτά όρια ή όχι.

- 2η ομάδα-κουτί

Αφού ο χρήστης έχει εκπαιδευτεί στα αποδεκτά όρια της γλυκόζης του αίματος, καλείται στην δεύτερη δοκιμασία αυτής της κατηγορίας να αναγνωρίσει τα βέλτιστα όρια, τα οποία είναι από 90 mg/dl μέχρι 180 mg/dl . Ξανά, στον χρήστη εμφανίζονται σχετικές ερωτήσεις κατά τη διάρκεια του επιπέδου της μέρας στις οποίες πρέπει να ταξινομήσει τιμές γλυκόζης σε βέλτιστες ή όχι.

- 3η ομάδα-κουτί

Στην τρίτη ομάδα κουτί ο χρήστης καλείται να εκπαιδευτεί στα συμπτώματα που μπορεί να προκαλέσουν η υπεργλυκαιμία και η υπογλυκαιμία. Στις οδηγίες εμφανίζονται αρχικά τα συμπτώματα της υπογλυκαιμίας και στη συνέχεια της υπεργλυκαιμίας καθώς και κάποιες βοηθητικές οδηγίες σχετικά με την δοκιμασία που θα επακολουθήσει. Στο επίπεδο της ημέρας, καθώς η καμπύλη γλυκόζης μεταβάλλεται, ο χαρακτήρας του παιχνιδιού παρουσιάζει τα αντίστοιχα συμπτώματα σε περίπτωση που οδηγηθεί σε υπεργλυκαιμία ή υπογλυκαιμία. Ο χρήστης καλείται να τα αναγνωρίσει και να τα κατηγοριοποιήσει.

- 4η ομάδα-κουτί

Αφού ο χρήστης έχει εκπαιδευτεί στα συμπτώματα υπεργλυκαιμίας και υπογλυκαιμίας, καλείται στο επόμενο στάδιο να λάβει τις αντίστοιχες δράσεις όταν αναγνωρίζει τα συμπτώματα. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις υπεργλυκαιμίας καλείται να λάβει δόση ινσουλίνης και σε περιπτώσεις υπογλυκαιμίας να καταναλώσει τροφές με υδατάνθρακες. Κατά τη διάρκεια του επιπέδου της μέρας, αν ο χαρακτήρας περιέλθει είτε σε υπογλυκαιμία είτε σε υπεργλυκαιμία ο χρήστης αναμένεται να λάβει αντίστοιχη δράση.

- 5η ομάδα-κουτί

Στην πέμπτη ομάδα-κουτί ο χρήστης καλείται ξανά να λάβει δράσεις σχετικά με τις καταστάσεις υπεργλυκαιμίας και υπογλυκαιμίας, λαμβάνοντας υπόψιν όμως αυτή τη φορά και το συνολικό ιστορικό του χαρακτήρα μέχρι τη συγκεκριμένη στιγμή. Όπως επεξηγείται και στις οδηγίες αν ο χαρακτήρας αντιμετωπίζει συμπτώματα υπεργλυκαιμίας, αλλά έχει ήδη λάβει δόση ινσουλίνης πριν από σύντομο χρονικό διάστημα, τότε δεν πρέπει να προβεί σε καινούρια δόσης, καθώς η ινσουλίνη αργεί να επιδράσει στον οργανισμό, γι' αυτό εμφανίζονται σημάδια υπεργλυκαιμίας. Επιπλέον δόση μπορεί να οδηγήσει σε επεισόδιο υπογλυκαιμίας. Αντίστοιχα σενάρια επεξηγούνται και ο χρήστης αναμένεται να τα διαχειριστεί σωστά.

- 6η ομάδα-κουτί

Στην τελευταία ομάδα-κουτί στις βοηθητικές οδηγίες παρουσιάζονται στον χρήστη όλες οι πληροφορίες που έχει λάβει από όλα τα προηγούμενα επίπεδα της κατηγορίας. Κατά τη διάρκεια της μέρας καλείται να ρυθμίσει σωστά τα επίπεδα της γλυκόζης του συνολικά, λαμβάνοντας τις αντίστοιχες δράσεις ώστε να τα διατηρεί στα αποδεκτά ή ακόμη και στα βέλτιστα επίπεδα για το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό του χρόνου.

Η κατηγορία παρακολούθησης της γλυκόζης του αίματος (2η κατηγορία) στοχεύει στην εκπαίδευση του χρήστη στις σημαντικές στιγμές κατά τη διάρκεια της μέρας στις οποίες κρίνεται απαραίτητο να

λαμβάνει μετρήσεις των επιπέδων της γλυκόζης του αίματος του. Σύμφωνα με τις οδηγίες των ιατρών, ένας ασθενής που πάσχει από ΣΔΤ1 ενδείκνυται να καταμετρά τα επίπεδα της γλυκόζης του πριν τα γεύματα και τον ύπνο καθώς και δύο ώρες μετά το γεύμα. Η συγκεκριμένη πρόκληση για κάθε ομάδα-κουτί φαίνεται παρακάτω:

- 1η ομάδα-κουτί

Στο πρώτο επίπεδο της κατηγορίας παρακολούθησης της γλυκόζης ο χρήστης καλείται να λάβει μετρήσεις πριν από όλα τα κύρια γεύματα του χαρακτήρα του. Η μέτρηση πρέπει να γίνει ακριβώς πριν από την λήψη του γεύματος του χαρακτήρα στο επίπεδο της ημέρας και τα κύρια γεύματα είναι το πρωινό, το μεσημεριανό και το βραδινό. Σχετικές οδηγίες δίνονται στις εισαγωγικές οθόνες πριν την έναρξη της ημέρας.

- 2η ομάδα-κουτί

Αφού ο χρήστης έχει κατανοήσει πως οι μετρήσεις της γλυκόζης πριν από τα κύρια γεύματα είναι απαραίτητες, στο δεύτερο επίπεδο καλείται να μετρήσει τη γλυκόζη του δύο ώρες μετά τα κύρια γεύματα κατά τη διάρκεια του επιπέδου της ημέρας, πατώντας το ειδικό κουμπί. Μετρήσεις από μιάμιση έως δυόμιση ώρες μετά το γεύμα λαμβάνονται ως σωστές για τη δοκιμασία.

- 3η ομάδα-κουτί

Στην τρίτη ομάδα-κουτί ο χρήστης καλείται να μετρήσει τη γλυκόζη του όταν ο χαρακτήρας του παιχνιδιού κατά το επίπεδο της ημέρας εκδηλώσει συμπτώματα υπεργλυκαιμίας ή υπεργλυκαιμίας. Όπως και στην πραγματική ζωή, όταν το άτομο βιώνει μια δυσαρέσκεια θεωρείται βοηθητικό να μετρήσει τη γλυκόζη του ώστε να αντιληφθεί σε τι κατάσταση βρίσκεται ο οργανισμός του και να δράσει ανάλογα. Στις εισαγωγικές οδηγίες επεξηγούνται τα συμπτώματα της υπεργλυκαιμίας και της υπογλυκαιμίας και κατά τη διάρκεια του επιπέδου της μέρας ο χρήστης αναμένεται να λάβει μετρήσεις έως και 10 (εικονικά) λεπτά μετά την εκδήλωση του συμπτώματος.

- 4η, 5η και 6η ομάδα-κουτί

Οι περισσότεροι ασθενείς με ΣΔΤ1 χρησιμοποιούν συμβατικές μεθόδους για τη μέτρηση της γλυκόζης του αίματος τους, κάτι που δεν τους επιτρέπει να μετρούν την γλυκόζη τους απεριόριστες φορές τη μέρα, λόγω της φύσης της διαδικασίας αλλά και των έντονων ρυθμών της καθημερινότητας. Οι τελευταίες τρεις ομάδες της κατηγορίας παρακολούθησης της γλυκόζης στοχεύουν στην εκπαίδευση του χρήστη πάνω στην αποτελεσματική διαχείριση της γλυκόζης του με ένα περιορισμένο αριθμό μετρήσεων κατά τη διάρκεια του επιπέδου της ημέρας. Στην 4η ομάδα, η δοκιμασία που δίνεται στον χρήστη είναι να προσπαθήσει να ρυθμίσει κατάλληλα τα επίπεδα της γλυκόζης του πραγματοποιώντας έως 15 μετρήσεις. Στην 5η ομάδα οι επιτρεπόμενες μετρήσεις μειώνονται στις 10 και στην 6η και τελευταία ομάδα στις 8.

Καθόλη την διάρκεια των προκλήσεων στο σοβαρό παιχνίδι κατά το επίπεδο της ημέρας προστέθηκε ένας βοηθητικός χαρακτήρας ο οποίος υπενθυμίζει την δοκιμασία που πρέπει να φέρει εις πέρας ο χρήστης, επιβραβεύει με αστέρια-πόντους επιτυχημένες προσπάθειες του και υποδεικνύει τα λάθη του ώστε να αποφευχθούν τις επόμενες φορές.

Για να διατηρηθεί ο εκπαιδευτικός χαρακτήρας του παιχνιδιού, οι κατηγορίες πρέπει να μεταβιβάζονται στην επομένη ομάδα-κουτί μόνο εφόσον ο χρήστης έχει κατανοήσει επαρκώς το περιεχόμενο τους. Έτσι, αποφασίστηκε πως μια πρόκληση θα θεωρείται επιτυχημένη αν επιτευχθεί 85% ποσοστό επιτυχίας και

άνω. Σε αντίθετη περίπτωση, η κατηγορία παραμένει στο κουτί που ανήκε και αν επιλεχθεί ξανά, ο χρήστης επαναλαμβάνει την πρόκληση.

3.3.2 Λοιπές αλλαγές στο επίπεδο προσομοίωσης της ημέρας

Το επίπεδο της μέρας του σοβαρού παιχνιδιού που προϋπήρχε έχει αναλυθεί παραπάνω. Στην υποε-νότητα αυτή θα παρουσιαστούν όλες οι προσθήκες και οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο επίπεδο της μέρας κατά τη διάρκεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά, αποφασίστηκε η αλλαγή των μηχανισμών επιλογής γευμάτων. Στο προϋπάρχον παιχνίδι, ο χρήστης μπορούσε να επιλέξει τροφές που εμφανίζονταν σε μορφή ροδέλας στο πρωινό, το μεσημεριανό και το βραδινό γεύμα αλλά και στο κυλικείο του σχολείου και το **supermarket**. Στην νέα έκδοση του σοβαρού παιχνιδιού, στα κύρια γεύματα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει κυρίως πιάτο, συνοδευτικό πιάτο, επιδόρπιο και αναψυκτικό. Στην οθόνη των κύριων γευμάτων εμφανίζεται μια ποικιλία τροφών για κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μέσω ενός μηχανισμού **drag and drop** τον συνδυασμό τροφών που επιθυμεί. Για κάθε τροφή που επιλέγεται εμφανίζονται οι υδατάνθρακες που περιέχει. Παράλληλα, οι συνολικοί υδατάνθρακες των τροφών που έχουν επιλεγεί μέχρι στιγμής είναι συνεχώς ορατοί ώστε ο χρήστης να έχει μια εποπτεία των επιλογών του.

Επίσης, όσον αφορά τα κυρίως πιάτα στο μεσημεριανό και στο βραδινό γεύμα κρίθηκε σκόπιμο να μην δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα επιλογής από πολλά διαφορετικά είδη τροφών σε κάθε συνεδρία αλλά μια συγκεκριμένη τροφή και ο χρήστης να επιλέγει τον τρόπο μαγειρέματος της. Θεωρήθηκε πως αυτό αποτελεί ένα πιο ρεαλιστικό σενάριο, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει μεγαλύτερη πληροφορία σχετικά με τους υδατάνθρακες συγκριτικά με τους διάφορους τρόπους μαγειρέματος. Στο σοβαρό παιχνίδι έχει σχεδιαστεί μια πληθώρα φαγητών και έχει πραγματοποιηθεί μια ταξινόμηση ανάλογα με το είδος τους. Πριν από κάθε νέα συνεδρία γίνεται μια τυχαία επιλογή ανάμεσα στις τροφές που θα εμφανιστούν με τους διάφορους τρόπους μαγειρέματος στο μεσημεριανό και το βραδινό γεύμα.

Σχετικά με το κυλικείο του σχολείου, ο χρήστης μπορεί στο διάλειμμα να επιλέξει ένα αναψυκτικό/ποτό και ένα σνακ. Στο **supermarket** του παιχνιδιού προστέθηκε ένα καλάθι και πλέον ο χρήστης μπορεί να επιλέξει όσα προϊόντα επιθυμεί για να τα αποθηκεύσει στο σακίδιο του. Σε όλα τα επίπεδα, εμφανίζονται οι υδατάνθρακες των τροφών.

Όσον αφορά τις δόσεις ινσουλίνης που μπορεί ο παίκτης να χορηγήσει στον ήρωα του παιχνιδιού, στο αρχικό σοβαρό παιχνίδι οι επιλογές ήταν μόνο 3 και ο χρήστης μπορούσε να χορηγήσει μόνο τις συγκεκριμένες δόσεις που είχαν επιλεχθεί για αυτές. Στην επέκταση του επιπέδου της ημέρας που δημιουργήθηκε, οι δόσεις ινσουλίνης είναι πλέον συνεχείς και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ακέραιες τιμές από 0 έως 20 **units**, καθώς και τις ενδιάμεσες τους (π.χ. 5.5 **units**). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας μπάρας την οποία ο χρήστης μπορεί να σύρει μέχρι την επιθυμητή τιμή.

Επιπρόσθετα, στο προϋπάρχον παιχνίδι δεν υπήρχε η δυνατότητα μέτρησης της γλυκόζης και χορήγησης ινσουλίνης πριν από τα κύρια γεύματα. Αυτό οφειλόταν στο γεγονός ότι η οθόνη του γεύματος ήταν διαφορετική από του κυρίως παιχνιδιού και ο χρήστης δεν μπορούσε να επιστρέψει στην αρχική οθόνη αν δεν επέλεγε πρώτα το γεύμα του ήρωα. Κρίθηκε απαραίτητο να προστεθεί η δυνατότητα μέτρησης της γλυκόζης και σε αυτή την οθόνη, αφού η επιλογή του κατάλληλου γεύματος όσον αφορά την περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες καθορίζεται σημαντικά από τα επίπεδα της γλυκόζης του ήρωα την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Παράλληλα, όπως και στην πραγματική ζωή, ένα άτομο που πάσχει από ΣΔΤ1, πριν από το γεύμα του και αφού υπολογίσει την περιεκτικότητά του σε υδατάνθρακες, λαμβάνει την αντίστοιχη δόση ινσουλίνης ώστε να ρυθμίσει κατάλληλα τα επίπεδα της γλυκόζης του. Έτσι, θεωρήθηκε απαραίτητο

να προστεθεί και η δυνατότητα χορήγησης ινσουλίνης πριν από την λήψη του γεύματος, ώστε το παιχνίδι να ακολουθεί πιο ρεαλιστικά σενάρια.

Τέλος, παρατηρήθηκε πως στο αρχικό σοβαρό παιχνίδι ο χρήστης δεν μπορούσε να διαπιστώσει αν ο ήρωας βίωνε επεισόδια υπεργλυκαιμίας ή υπογλυκαιμίας, παρά μόνο αν επέλεγε να μετρήσει τη γλυκόζη του κατά τη διάρκεια κάποιου επεισοδίου. Αποφασίστηκε, λοιπόν, να δίνονται ενδείξεις στον χρήστη όταν η γλυκόζη του ήρωα μεταβαίνει σε πολύ υψηλά ή πολύ χαμηλά επίπεδα. Έτσι, σχεδιάστηκαν διαφορετικοί μηχανισμοί για τα διάφορα συμπτώματα της υπογλυκαιμίας και της υπεργλυκαιμίας. Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν ενδείξεις και οπτικοποίηση των αναγκών του ήρωα, καθώς και πιο διαδραστικά μέσα όπως η δόνηση της συσκευής που χρησιμοποιεί ο χρήστης.

3.4 Επίπεδο Ανασκόπησης

3.4.1 Ανασκόπηση

Όταν ολοκληρωθεί το επίπεδο της ημέρας, ο χρήστης μεταφέρεται στο επίπεδο της ανασκόπησης όπου αξιολογείται η προσπάθειά του και επιβραβεύονται οι επιτυχημένες δράσεις του. Πιο συγκεκριμένα, στην οθόνη της συσκευής εμφανίζεται το συνολικό score που συγκέντρωσε κατά τη διάρκεια της μέρας. Το score αυτό διαμορφώνεται από το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα του ήρωα ήταν μέσα στα φυσιολογικά επίπεδα. Το score μεταφράζεται και σε νομίσματα τα οποία ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει στο επόμενο στάδιο του παιχνιδιού.

Επίσης, κρίθηκε σκόπιμο κάθε συνεδρία του επιπέδου της ημέρας να αξιολογείται από δύο σταθερούς δείκτες, οι οποίοι είναι εξαιρετικά σημαντικοί για την κατάλληλη διαχείριση του ΣΔΤ1. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ένα άτομο που πάσχει από ΣΔΤ1 επωφελείται σε μεγάλο βαθμό αν μετράει τα επίπεδα της γλυκόζης του συγκεκριμένες χρονικές στιγμές μέσα στην μέρα. Οι πιο σημαντικές είναι πριν από τα κύρια γεύματα, δύο ώρες μετά τα γεύματα και πριν από τον ύπνο. Έτσι, αποφασίστηκε πως ο χρήστης θα ανταμείβεται με επιπλέον νομίσματα αν κατορθώνει να παρακολουθεί τη γλυκόζη του τις χρονικές αυτές στιγμές.

Όμοια, εξαιρετικά σημαντικό για την ρύθμιση της ασθένειας είναι η χορήγηση της ινσουλίνης να γίνεται τις κατάλληλες χρονικές στιγμές. Χρησιμοποιώντας ανάλογα ινσουλίνης, σύμφωνα με τις οδηγίες των ιατρών, οι ενέσεις πρέπει να γίνονται πριν από το γεύμα. Έτσι, και στο σοβαρό παιχνίδι όταν ο χρήστης χορηγεί ινσουλίνη πριν το γεύμα στον ήρωα επιβραβεύεται ανάλογα.

Για την οπτικοποίηση των δεικτών αυτών, στην οθόνη του επιπέδου της ανασκόπησης εμφανίζονται δυο κουμπιά που αναγράφουν τις επεξηγήσεις: παρακολούθηση γλυκόζης και ινσουλινοθεραπεία. Ο χρήστης πατώντας καθένα από αυτά τα κουμπιά αιτείται τον υπολογισμό των πόντων που συγκέντρωσε λόγω καλής απόδοσης στους συγκεκριμένους τομείς. Το χρήσιμο στοιχείο των κουμπιών αυτών είναι πως πέρα από τον απλό υπολογισμό των πόντων προσφέρουν και την σχετική επεξήγηση, ώστε να ενισχύουν την εκπαιδευτική φύση του παιχνιδιού. Πιο συγκεκριμένα, πατώντας καθένα από τα κουμπιά στον χρήστη εμφανίζεται μια επιπλέον οθόνη με τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες απαιτούνταν να γίνει κάποια ενέργεια (είτε μέτρηση γλυκόζης είτε χορήγηση ινσουλίνης). Σε όσες χρονικές στιγμές ο χρήστης σωστά έλαβε δράση εμφανίζεται ένα σύμβολο επιτυχίας (check), ενώ στις υπόλοιπες σημειώνεται πως η απαραίτητη ενέργεια δεν λήφθηκε (cross). Έτσι, ο χρήστης μπορεί να κατανοήσει τα λάθη του και να δράσει αναλόγως στις επόμενες συνεδρίες του παιχνιδιού, ενώ ταυτόχρονα εκπαιδεύεται μέσα σε ένα παιχνιδιοποιημένο περιβάλλον σχετικά με την κατάλληλη διαχείριση της ασθένειας του λαμβάνοντας επιβραβεύσεις. Αφού επεξηγηθούν οι επιδόσεις του στους τομείς της παρακολούθησης της γλυκόζης και της

ινσουλινοθεραπείας, ο χρήστης ανταμείβεται με τα ανάλογα αστεράκια (βαθμούς), τα οποία μεταφράζονται και στα αντίστοιχα νομίσματα.

Τέλος, στο επίπεδο της ανασκόπησης, ο χρήστης ενημερώνεται σχετικά με τις επιδόσεις του στην δοκιμασία της ημέρας. Όμοια με τους σταθερούς δείκτες, υπάρχει ένα ειδικό κουμπί για την πρόκληση της ημέρας και τους πόντους που συγκεντρώθηκαν. Όταν πατηθεί, στον χρήστη εμφανίζονται αναλυτικές πληροφορίες για τις επιδόσεις του, η μορφή των οποίων εξαρτάται από την εκάστοτε πρόκληση. Επίσης, εμφανίζονται υποδείξεις αλλά και ενθαρρυντικά σχόλια που στοχεύουν να ενισχύσουν την απόδοση του παίκτη τις επόμενες φορές. Η πρόκληση της ημέρας επίσης αποφέρει στον παίκτη νομίσματα τα οποία είναι ανάλογα των επιδόσεων του.

Για να μεταβιβαστεί ο παίκτης στο επόμενο επίπεδο του παιχνιδιού απαιτείται να έχουν πατηθεί έστω μια φορά όλα τα κουμπιά επεξηγήσεων. Έτσι, διασφαλίζεται πως ο χρήστης θα λάβει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τα λάθη του αλλά και τις σωστές ενέργειες του, ώστε να αποφύγει τα πρώτα και να επαναλάβει τις δεύτερες σε επόμενες συνεδρίες. Ταυτόχρονα, ο χρήστης λαμβάνει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη διαχείριση του ΣΔΤ1 που μπορεί να τις εφαρμόζει και στην πραγματική ζωή.

3.4.2 Ενδιάμεσο δωμάτιο

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, στο παιχνίδι κρίθηκε σκόπιμο να προστεθεί ένα ενδιάμεσο επίπεδο ανάμεσα στο επίπεδο της ημέρας και της νύχτας, το οποίο παρέχει πληθώρα νέων δυνατοτήτων στον χρήστη, από διαδραστική αλλά και εκπαιδευτική άποψη. Το επίπεδο αυτό οπτικοποιείται με την μορφή ενός δωματίου στο οποίο ο χρήστης μπορεί να συλλέγει αντικείμενα, να εξετάζει την πορεία του μέχρι στιγμής στο παιχνίδι και να αλληλεπιδρά με άλλους χρήστες. Το πιο σημαντικό, όμως, στοιχείο του δωματίου είναι πως αποτελεί τον σύνδεσμο του επιπέδου της ημέρας με το επίπεδο της απεικόνισης καμπύλης γλυκόζης, το οποίο θα αναλυθεί εις βάθος στο επόμενο υποκεφάλαιο. Στη συνέχεια αυτού του υποκεφαλαίου θα εξεταστούν όλα τα στοιχεία του ενδιάμεσου αυτού επιπέδου.

Αρχικά, στο ενδιάμεσο δωμάτιο εμφανίζεται για πρώτη φορά ο βοηθητικός χαρακτήρας του παιχνιδιού που αποτελεί και ένα πολύ σημαντικό κομμάτι του επιπέδου της ανασκόπησης. Στο συγκεκριμένο δωμάτιο, ο χαρακτήρας, που παίρνει μια μορφή φιλική προς τα άτομα νεαρών ηλικιών, λειτουργεί ως οδηγός του χρήστη μέσα στο δωμάτιο, επεξηγώντας όλα τα διαφορετικά στοιχεία του χώρου αλλά και τις δυνατότητες που παρέχει. Έτσι, διασφαλίζεται πως ο χρήστης θα αντιληφθεί πως μπορεί να χρησιμοποιήσει κάθε αντικείμενο του δωματίου και θα αποκτήσει μια πιο ολοκληρωμένη εμπειρία του παιχνιδιού. Παράλληλα, παρέχει στον χρήστη μια πρώτη γνωριμία με τον χαρακτήρα που στο επίπεδο της απεικόνισης της καμπύλης γλυκόζης θα παίξει πολύ πιο σημαντικό ρόλο.

Όπως επεξηγεί και ο βοηθητικός χαρακτήρας, στο δωμάτιο αυτό ο παίκτης έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με άλλους χρήστες του παιχνιδιού. Ο χρήστης μπορεί να λάβει μηνύματα από άλλους χρήστες αλλά να στείλει και ο ίδιος το δικό του μήνυμα σε όποιον εγγεγραμμένο χρήστη επιθυμεί. Η ανταλλαγή των μηνυμάτων γίνεται σε πραγματικό χρόνο και αυτό επιτυγχάνεται μέσω συνεχών αιτημάτων στη βάση δεδομένων όπου και αποθηκεύονται τα μηνύματα. Σχετικά με την αποστολή ενός καινούριου μηνύματος, υπάρχει λειτουργία αυτόματης συμπλήρωσης (auto complete) του ονόματος του παραλήπτη, ώστε να περιορίζεται αυστηρά σε άτομα που είναι εγγεγραμμένα στο παιχνίδι. Προειδοποιητικά μηνύματα εμφανίζονται εάν ο χρήστης εισάγει κάποιο όνομα χρήστη που δεν υπάρχει ή αν προσπαθήσει να αποστείλει κενό μήνυμα. Επίσης, τα εισερχόμενα μηνύματα αποθηκεύονται και ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει σε αυτά όποια στιγμή επιθυμεί.

Στο ενδιάμεσο δωμάτιο αποθηκεύονται, επίσης, τα τρόπαια και διάφορα άλλα αντικείμενα που έχει

συλλέξει ο χρήστης καθόλη την πορεία του στο παιχνίδι. Όταν μια κατηγορία προκλήσεων προαχθεί στην επόμενη ομάδα κουτί ο χρήστης κερδίζει ένα καινούργιο τρόπαιο. Επιπλέον, στο επίπεδο της νύχτας υπάρχουν αντικείμενα που ο χρήστης μπορεί να συλλέξει και αποθηκεύονται στο ενδιάμεσο δωμάτιο. Τα αντικείμενα αυτά λειτουργούν και σαν μηχανισμοί κοινωνικοποίησης, καθώς ο παίκτης μπορεί να επιλέξει ένα συγκεκριμένο αντικείμενο και να το αποστείλει σε κάποιον άλλο χρήστη σε μορφή δώρου.

Επιπρόσθετα, στο δωμάτιο εμφανίζεται ένας χάρτης ο οποίος εάν πατηθεί οδηγεί τον χρήστη σε μια καινούρια οθόνη στην οποία γραφικά αναπαρίστανται όλοι οι κόσμοι του επιπέδου της νύχτας που ο χρήστης έχει επισκεφτεί αλλά και οι ανεξερεύνητοι. Από εδώ ο χρήστης μπορεί να μεταβεί στο επίπεδο της νύχτας. Όλοι οι ανεξερεύνητοι κόσμοι της νύχτας έχουν κάποια ελάχιστα απαιτούμενα ώστε να ξεκλειδωθούν και να μπορεί ο χρήστης να μεταβεί σε αυτούς. Αυτά είναι ο αριθμός των νομισμάτων που έχει αποκτήσει μέχρι στιγμής ο χρήστης, ο δείκτης που εκφράζει το ποσοστό του χρόνου που τα επίπεδα του χαρακτήρα ήταν στα βέλτιστα όρια και ο δείκτης που εκφράζει το ποσοστό στα φυσιολογικά όρια. Εάν ο χρήστης δεν είναι σε θέση να ξεκλειδώσει κάποιον κόσμο που επιθυμεί να επισκεφθεί, μπορεί να βελτιώσει τους δείκτες του αλλά και να αποκτήσει περισσότερα νομίσματα στο δωμάτιο της απεικόνισης καμπύλης γλυκόζης, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω.

Τέλος, το ενδιάμεσο δωμάτιο αποτελεί και τη δίοδο για το δωμάτιο όπου απεικονίζεται η καμπύλη γλυκόζης. Ο χρήστης πατώντας στη μικρογραφία ενός γραφήματος που εμφανίζεται στο δωμάτιο, αλλά και απευθείας από την οθόνη του χάρτη μπορεί να μεταβεί στο επίπεδο αυτό, το οποίο θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Συνολικά, το ενδιάμεσο δωμάτιο προσφέρει στο χρήστη δυνατότητες κοινωνικοποίησης με άλλους παίκτες του παιχνιδιού, οι οποίοι πολύ πιθανό να βιώνουν παρόμοιες καταστάσεις στην πραγματική ζωή. Αυτό κρίνεται αρκετά σημαντικό, αν αναλογιστεί κανείς τις ψυχολογικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει ο ΣΔΤ1 σε ένα άτομο νεαρής ηλικίας και πόσο σημαντική μπορεί να αποβεί η αλληλεπίδραση με άλλα άτομα με παρόμοια βιώματα. Επίσης, το ενδιάμεσο δωμάτιο παρέχει μια ομαλή σύνδεση με τα επίπεδα της απεικόνισης της καμπύλης και της νύχτας. Τέλος, αποτελεί ένα σταθερό σημείο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει την πορεία του αλλά αποθηκεύσει προσωπικά αντικείμενα και να διαμορφώσει τον χώρο όπως επιθυμεί.

3.4.3 Απεικόνιση καμπύλης γλυκόζης

Γενική περιγραφή

Το επίπεδο ανασκόπησης ή επίπεδο απεικόνισης καμπύλης αποτελεί ένα από τα βασικότερα σκέλη του παιχνιδιού, καθώς συμπυκνώνει την εξέλιξη μίας ημέρας όσον αφορά τη γλυκόζη του χαρακτήρα του παιχνιδιού και καθιστά εμφανή την άρρηκτα συνδεδεμένη σχέση που έχουν οι επιλογές ενός ασθενούς αναφορικά με τη διατροφή και τις δόσεις ινσουλίνης που αυτός λαμβάνει με την εξέλιξη των επιπέδων γλυκόζης του. Τον κεντρικό ρόλο στο συγκεκριμένο επίπεδο έχει η απεικόνιση της καμπύλης γλυκόζης του χαρακτήρα κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσπελάσει το επίπεδο απεικόνισης καμπύλης με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι το ενδιάμεσο δωμάτιο, που περιγράφηκε προηγουμένως και το οποίο ακολουθεί το επίπεδο προσομοίωσης, οπότε η καμπύλη γλυκόζης είναι αποτέλεσμα της προσομοίωσης της ημέρας που προηγήθηκε. Ο δεύτερος τρόπος είναι η απευθείας εισαγωγή δεδομένων από τον χρήστη σε ένα σημειωματάριο, οπότε η παραγόμενη καμπύλη γλυκόζης είναι αποτέλεσμα των δεδομένων που εισάγονται. Αυτή η μέθοδος εισαγωγής των δεδομένων στο σημειωματάριο θα παρουσιαστεί εκτενέστερα στο υποκεφάλαιο 3.7.

Στο κέντρο, λοιπόν, του δωματίου απεικόνισης καμπύλης απεικονίζεται η καμπύλη γλυκόζης. Ο οριζόντιος άξονας (άξονας x) παριστάνει την ώρα, ενώ ο κάθετος άξονας (άξονας y) παριστάνει την τιμή της γλυκόζης. Η διαβάθμιση των χρωμάτων του δωματίου, καθώς και άλλα στοιχεία στο φόντο καθιστούν εμφανές ότι όσο προχωράμε προς τα δεξιά στον άξονα του χρόνου, μεταβαίνουμε από την ημέρα στη νύχτα. Ακόμη, πάνω στην καμπύλη γλυκόζης εμφανίζονται εικονίδια, τα οποία αντιστοιχούν σε λήψη γεύματος, λήψη ινσουλίνης και μέτρηση γλυκόζης. Τα εικονίδια αυτά εμφανίζονται στο σημείο της καμπύλης που αντιστοιχεί στην ώρα που πραγματοποιήθηκαν οι παραπάνω ενέργειες.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κάνει **scroll-down** στην οθόνη του διαγράμματος, ώστε αυτό να παρουσιάζεται με όλες του τις λεπτομέρειες. Έχει, επίσης, τη δυνατότητα να πατήσει πάνω στα εικονίδια των γευμάτων και των δόσεων ινσουλίνης, έτσι ώστε να δει τις επιλογές που έκανε και να πραγματοποιήσει εναλλακτικές προς αυτές επιλογές, και ακολούθως, να δει στην οθόνη το γράφημα της γλυκόζης που θα προέκυπτε από αυτές. Σημαντική, τέλος είναι η σύγκριση που πραγματοποιείται ανάμεσα στο αρχικό και στο εναλλακτικό διάγραμμα, μέσω μηχανισμών που θα περιγραφούν αναλυτικά στη συνέχεια.

Το γράφημα περιβάλλεται από ένα σταθερό πλαίσιο, στο οποίο βρίσκεται ο βοηθητικός χαρακτήρας του παιχνιδιού. Αυτός διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στο επίπεδο απεικόνισης καμπύλης, αφού καθοδηγεί τον παίκτη και του επεξηγεί τις δυνατότητες που έχει στο συγκεκριμένο δωμάτιο. Επίσης, σε περίπτωση που οι εναλλακτικές επιλογές του χρήστη είτε στα γεύματα είτε στις δόσεις ινσουλίνης είχαν ως αποτέλεσμα τιμές που εκτρέπονται από τα αποδεκτά όρια, αυτό επισημαίνεται από τον βοηθητικό χαρακτήρα. Ακόμη, ο χαρακτήρας αυτός θέτει στον χρήστη δοκιμασίες, οι οποίες στόχο έχουν την βαθύτερη κατανόηση και διάκριση των ορθών από τις μη ορθές επιλογές και τελικά την επιλογή των ορθών πρακτικών. Εκτός από τον βοηθητικό χαρακτήρα, στο σταθερό πλαίσιο υπάρχει πληθώρα κουμπιών, που εξασφαλίζουν στο χρήστη τη δυνατότητα ελέγχου πολλών στοιχείων του επιπέδου αυτού. Συγκεκριμένα, υπάρχουν κουμπιά, με τα οποία ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει την εμφάνιση των εικονιδίων στο γράφημα που αφορούν τη λήψη γεύματος, δόσης ινσουλίνης ή μέτρησης της γλυκόζης. Ακόμη, υπάρχει ένα κουμπί με το οποίο ο χρήστης μπορεί να επαναφέρει το γράφημα στην αρχική του μορφή μετά από τη σχεδίαση ενός εναλλακτικού γραφήματος και ένα ακόμη κουμπί, με το οποίο μπορεί να εγκαταλείψει μια δοκιμασία εάν το επιθυμεί.

Επίσης, στο δωμάτιο απεικόνισης καμπύλης κρίθηκε σκόπιμο να υπάρχουν δείκτες σχετικοί με το ποσοστό του χρόνου που η καμπύλη γλυκόζης βρίσκεται στα αποδεκτά και στα βέλτιστα όρια. Προκειμένου αυτοί να γίνουν κατανοητοί από το παιδί και να μην είναι αποκομμένοι από τον χαρακτήρα του παιχνιδιού, έχουν σχεδιαστεί με στοιχεία παιχνοποίησης. Έτσι, ο δείκτης για το ποσοστό του χρόνου που η γλυκόζη βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων απεικονίζεται ως «δείκτης-καρδιά», ενώ ο αντίστοιχος δείκτης για το ποσοστό του χρόνου στα βέλτιστα όρια απεικονίζεται ως «δείκτης-ασπίδα». Και οι δύο παριστάνονται ως μπάρες που γεμίζουν όσο μεγαλώνει το ποσοστό, ώστε να είναι πιο ελκυστικοί και κατανοητοί, σε σχέση με τη χρήση απλών αριθμών. Οι δείκτες αυτοί μεταβάλλονται κάθε φορά που σχεδιάζεται εναλλακτικό γράφημα. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται δυνατή η σύγκριση του αρχικού με το νέο γράφημα, οι δείκτες αυτοί δηλαδή αποτελούν ένα μέτρο σύγκρισης τόσο για τον χρήστη όσο και για το πρόγραμμα, έτσι ώστε μια καμπύλη να θεωρηθεί καλύτερη σε σχέση με μία άλλη.

Τέλος, στο δωμάτιο απεικόνισης καμπύλης φαίνονται τα νομίσματα τα οποία έχει κερδίσει ο παίκτης. Τα νομίσματα αυτά αυξάνονται κάθε φορά που αυτός ανταποκρίνεται με επιτυχία σε μία δοκιμασία.

Καμπύλη Γλυκόζης

Κύριος σκοπός του επιπέδου **Review** είναι η παρουσίαση της καμπύλης γλυκόζης, και μέσω αυτής η

κατανόηση της σημασίας των επιλογών του ασθενούς σχετικά με τη διατροφή, τη φαρμακευτική αγωγή και τη λήψη μετρήσεων του σακχάρου.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η καμπύλη γλυκόζης σχεδιάζεται για μία ημέρα, με τον οριζόντιο άξονα να παριστά την ώρα της ημέρας και τον κάθετο την τιμή της γλυκόζης. Στον άξονα του χρόνου οι τιμές αναγράφονται ανά 4 ώρες. Όσον αφορά τον άξονα των τιμών, οι τιμές που αναγράφονται είναι οι 30, 70, 90, 180, 280, 400, 600, οι οποίες αποτελούν τιμές με ιδιαίτερη σημασία, με τις οποίες το παιδί κρίνεται καλό να εξοικειωθεί. Οι τιμές 30, 600 αποτελούν αντίστοιχα την κατώτερη και ανώτερη τιμή που μπορεί να λάβει η γλυκόζη του χαρακτήρα στο παιχνίδι, αλλά και εύρος εκτός του οποίου δεν πρέπει να παίρνει τιμές η γλυκόζη για έναν ασθενή, υπό φυσιολογικές συνθήκες, και στην πραγματική ζωή. Οι τιμές 70, 90, 180, 280 αποτελούν το κατώτερο αποδεκτό, το κατώτερο βέλτιστο, το ανώτερο βέλτιστο και το ανώτερο αποδεκτό όριο της γλυκόζης αντίστοιχα, ενώ η τιμή 400 αποτελεί πολύ αυξημένη τιμή σακχάρου στην οποία μπορεί πιθανώς να εμφανίζονται οξείες και επείγουσες επιπλοκές του ΣΔ. Επιλέχθηκε να σχεδιαστούν μόνο αυτές οι τιμές στον άξονα, καθώς κρίθηκε σκόπιμο το παιδί να επικεντρωθεί σε λίγα στοιχεία που έχουν νόημα και τα οποία μπορεί να αφομοιώσει πιο εύκολα.

Όσον αφορά την καμπύλη γλυκόζης, αυτή έχει χρώμα πράσινο στα σημεία που αντιστοιχούν σε αποδεκτές τιμές γλυκόζης, δηλαδή σε εκείνα στα οποία ο χρήστης πέτυχε ορθό γλυκαιμικό έλεγχο, και κόκκινο στα σημεία που η γλυκόζη ήταν εκτός των αποδεκτών ορίων. Ακόμη, αυτή σχεδιάζεται για 24 ώρες, από τις 06:30 που ξεκινάει μια ημέρα προσομοίωσης μέχρι τις 06:29 το επόμενο πρωί (πριν αρχίσει η επόμενη ημέρα). Αν και η διάρκεια του επιπέδου της προσομοίωσης της ημέρας είναι μικρότερη από ένα εικοσιτετράωρο, αφού η αυτή τελειώνει στις 22:00 (οπότε σύμφωνα με το σενάριο του παιχνιδιού ο ήρωας πηγαίνει για ύπνο), επιλέχθηκε η καμπύλη να σχεδιάζεται και για τις βραδινές ώρες. Ο λόγος αυτής της επιλογής είναι ότι είναι σημαντικό το παιδί να κατανοήσει τον κίνδυνο της νυχτερινής υπογλυκαιμίας και το πώς συνδέεται αυτός με τις επιλογές που έκανε πριν κοιμηθεί.

Ο σχεδιασμός της καμπύλης προκύπτει με διαφορετική διαδικασία, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ο παίκτης έχει βρεθεί στο δωμάτιο απεικόνισης καμπύλης. Εάν έχει προηγηθεί η προσομοίωση της ημέρας, τότε οι τιμές της γλυκόζης που αντιστοιχούν σε ώρα από τις 06:30 έως τις 22:00, έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με τον προσομοιωτή UVa/Padova T1DM και αποθηκεύει ανά λεπτό σε έναν πίνακα κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Για τις υπόλοιπες τιμές από τις 22:01 έως τις 06:29, ο πίνακας συμπληρώνεται με τη χρήση μιας συνάρτησης η οποία λαμβάνει ως ορίσματα τις τελευταίες τιμές των παραμέτρων της προσομοίωσης της ημέρας και χρησιμοποιεί αντίστοιχο αλγόριθμο με αυτόν που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η διαφορά είναι ότι τώρα οι τιμές ανά λεπτό υπολογίζονται με τη χρήση μιας επανάληψης, κάθε βρόχος της οποίας αντιστοιχεί σε ένα λεπτό. Στην περίπτωση που ο χρήστης έχει βρεθεί στο δωμάτιο απεικόνισης καμπύλης μέσω της στατικής εισαγωγής των δεδομένων μίας ημέρας στο σημειωματάριο, τότε ο πίνακας των τιμών της γλυκόζης έχει υπολογιστεί από μία συνάρτηση, που εκτελεί μια επανάληψη, κάθε βρόχος της οποίας αντιστοιχεί σε ένα λεπτό, από την αρχή της ημέρας έως το τέλος της νύκτας και παράγει την αντίστοιχη τιμή της γλυκόζης. Η συνάρτηση αυτή δέχεται ως παραμέτρους τα στοιχεία σχετικά με τη διατροφή και τις δόσεις ινσουλίνης που έχει εισάγει ο χρήστης. Σε κάθε περίπτωση, η σχεδίαση του γραφήματος γίνεται με βάση τον πίνακα που περιέχει τις τιμές της γλυκόζης για ένα εικοσιτετράωρο.

Σχεδίαση Εναλλακτικής Καμπύλης Γλυκόζης

Όπως αναφέρθηκε, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, πατώντας τα εικονίδια που βρίσκονται στο γράφημα να μεταβάλλει τα στοιχεία που αφορούν τις επιλογές που είχε κάνει όσον αφορά τα γεύματα και τις δόσεις

ινσουλίνης και να δει το εναλλακτικό γράφημα που προκύπτει. Έτσι, εάν πατήσει πάνω σε εικονίδιο γεύματος, τότε εμφανίζονται στην οθόνη οι επιλεγμένες τροφές και το μενού με όλες τις υπόλοιπες, από τις οποίες μπορεί να επιλέξει. Σε περίπτωση που πατήσει σε εικονίδιο ινσουλίνης, εμφανίζεται στην οθόνη η μπάρα από την οποία επιλέγει εναλλακτική ακριβή δόση. Εάν δύο εικονίδια βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους ή επικαλύπτονται, καθώς οι ενέργειες που αυτά αντιπροσωπεύουν πραγματοποιήθηκαν σε μικρή χρονική απόσταση μεταξύ τους, τότε, στην περίπτωση που ο χρήστης πατήσει κάποιο από τα δύο, αυτά διαχωρίζονται ώστε να καταστεί εύκολη η επιλογή ενός από τα δύο.

Όταν ο χρήστης επιλέξει την εναλλακτική δόση ινσουλίνης ή το εναλλακτικό γεύμα, τότε σχεδιάζεται η νέα καμπύλη γλυκόζης που θα προέκυπτε εάν είχε πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη επιλογή. Ταυτόχρονα, το αρχικό γράφημα παραμένει σχεδιασμένο με γκρι χρώμα, έτσι ώστε ο χρήστης να είναι σε θέση να κάνει τη σύγκριση ανάμεσα στις δύο καμπύλες και να κατανοήσει σε ποια χρονικά σημεία η γλυκόζη του επηρεάστηκε από τις καινούριες επιλογές.

Ακόμη, τη στιγμή που σχεδιάζεται το εναλλακτικό γράφημα, οι μπάρες που σχετίζονται με τους δείκτες για το ποσοστό του χρόνου που η γλυκόζη βρίσκεται στα αποδεκτά και στα βέλτιστα όρια μεταβάλλονται ανάλογα με την καινούρια καμπύλη. Παράλληλα, ο βοηθητικός χαρακτήρας κάνει σχετικές παρατηρήσεις που βοηθούν τον χρήστη να καταλάβει ποια στοιχεία βελτιώθηκαν και ποια χειροτέρευαν στην καινούρια καμπύλη.

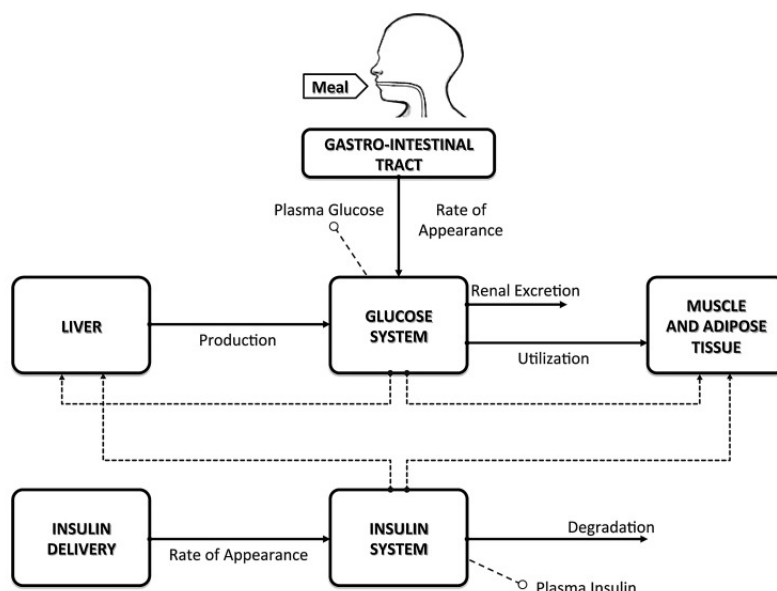
Για τον υπολογισμό του νέου γραφήματος χρησιμοποιείται μια παραλλαγή του προσομοιωτή **UVa/Padova T1DM**, η οποία υπολογίζει τις τιμές της γλυκόζης ανά 5 λεπτά, αντί ανά 1 που προβλέπει ο αλγόριθμος. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη μείωση του υπολογιστικού κόστους και κατά συνέπεια την αύξηση της ταχύτητας εμφάνισης του γραφήματος. Παρακάτω αναλυτικότερα οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό αυτό.

UVa/Padova T1DM Simulator

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, ο μεταβολισμός της γλυκόζης του χαρακτήρα κατά τη διάρκεια του επιπέδου της ημέρας υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο **UVa/Padova T1DM Simulator**, το οποίο αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της **Padova** από την ερευνητική ομάδα της **Chiara Dalla Man**. Το μοντέλο **UVa/Padova T1DM Simulator (S2008)** αποτελεί το πρώτο μοντέλο από υπολογιστή που εγκρίθηκε από τον αμερικάνικο φορέα **Food and Drug Administration (FDA)** ως υποκατάστατο των προκλινικών δοκιμών ορισμένων θεραπειών ινσουλίνης, συμπεριλαμβανομένων και αλγορίθμων κλειστού βρόχου. Το μοντέλο **S2008** έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία από 32 ερευνητικές ομάδες στον ακαδημαϊκό χώρο, καθώς και από εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα του **ΣΔΤ1**.

Ο προσομοιωτής σχεδιάστηκε εξ αρχής για χρήση στο προγραμματιστικό περιβάλλον **MATLAB/Simulink**, οπότε δεν ήταν συμβατό με το σύστημα που είχε επιλεγεί για την υλοποίηση του σοβαρού παιχνιδιού. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του Διονύσιου Τσεκούρα το μοντέλο υλοποιήθηκε με διάφορες προσαρμογές από την αρχή στο προγραμματιστικό περιβάλλον του **GameMaker: Studio**. Η υλοποίηση του μοντέλου στα πλαίσια του σοβαρού παιχνιδιού έχει ήδη αξιολογηθεί και οι διαφοροποιήσεις από το αρχικό μοντέλο θεωρούνται αμελητέες.

Στο προϋπάρχον σοβαρό παιχνίδι το μοντέλο προσαρμόστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε στο επίπεδο της ημέρας να εκτελείται παράλληλα με τη ροή του παιχνιδιού μια προσομοίωση που να υπολογίζει την τιμή της γλυκόζης του αίματος του χαρακτήρα κάθε ένα λεπτό. Αν και η επιλογή αυτή είναι αρκετά ορθή και καλύπτει τις ανάγκες του επιπέδου της ημέρας κατά τις οποίες ο προσομοιωτής πρέπει να έχει τουλάχιστον ίση ταχύτητα με τη ροή του παιχνιδιού, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στο επίπεδο της



Σχήμα 3.5: Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας του προσομοιωτή UVa/Padova T1DM

ανασκόπησης (απεικόνιση καμπύλης). Το αρχικό μοντέλο αποδείχθηκε αρκετά αργό και μη αποδοτικό για το επίπεδο της ανασκόπησης, που πρέπει να είναι διαδραστικό και να εμφανίζει αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο, ώστε ο χρήστης να μην χάνει το ενδιαφέρον του.

Για τον σκοπό αυτό, αποφασίστηκε η προσαρμογή του μοντέλου ώστε οι υπολογισμοί να γίνονται κάθε 5 εικονικά λεπτά αντί ανά ένα λεπτό. Προς επίτευξη αυτού, απαραίτητη ήταν η αναδιαμόρφωση των εξισώσεων του μοντέλου. Οι κύριες συνιστώσες του UVa/Padova T1DM Simulator (S2008) είναι πεπλεγμένες διαφορικές εξισώσεις που στο πλαίσιο του προϋπάρχοντος σοβαρού παιχνιδιού επιλύθηκαν με την αριθμητική μέθοδο Runge Kutta 4ης τάξης, λόγω μειωμένης πολυπλοκότητας της μεθόδου. Η επαναληπτική διαδικασία αρχικά γινόταν για $t = 1min$ με βήμα $h = 0.2$. Στην προσαρμοσμένη έκδοση που δημιουργήθηκε για τον υπολογισμό της εναλλακτικής καμπύλης, η επαναληπτική διαδικασία σε κάθε επίλυση εξίσωσης διαμορφώθηκε για $t = 5min$ με βήμα $h = 0.5$. Με αυτό τον τρόπο ο υπολογισμός της εναλλακτικής καμπύλης επιταχύνθηκε σε μεγάλο βαθμό.

Επίσης, για την περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας υπολογισμού και ως εκ τούτου την ταχύτερη εμφάνιση της εναλλακτικής καμπύλης στην οθόνη, αποφασίστηκε πως δεν ήταν απαραίτητο να επαναληφθεί όλη η προσομοίωση από την αρχή της ημέρας, αλλά αρχούσε ο υπολογισμός των εναλλακτικών τιμών γλυκόζης από το χρονικό σημείο που ο χρήστης αποφάσισε να τελέσει την αλλαγή (είτε σε γεύμα είτε σε δόση γλυκόζης). Για να γίνει εφικτή η σωστή προσομοίωση από κάποιο ενδιάμεσο σημείο της μέρας απαραίτητο είναι να αποθηκευτούν όλες οι παράμετροι στο χρονικό αυτό σημείο που απαιτούνται για τον ορθό υπολογισμό. Η υλοποίηση και αυτής της βελτίωσης οδήγησε σε ακόμη ταχύτερα αποτελέσματα και πλέον η εναλλακτική καμπύλη εμφανίζεται σε πραγματικό χρόνο, καθιστώντας το επίπεδο της ανασκόπησης ακόμη πιο θελκτικό και αποδοτικό.

Δοκιμασίες στο επίπεδο απεικόνισης καμπύλης

Κρίθηκε σκόπιμο στο συγκεκριμένο επίπεδο να υπάρχουν δοκιμασίες σχετικές με την καμπύλη γλυκόζης, που σκοπό έχουν να βοηθήσουν τον χρήστη να κατανοήσει τι ακριβώς είναι αυτή, καθώς και ποια η σημασία των πληροφοριών που δίνει. Οι δοκιμασίες αυτές είναι σε μορφή ερωτήσεων που απαιτούν κάποια δράση πάνω στο γράφημα προκειμένου να απαντηθούν και ανταμείβουν τον παίκτη με πόντους

τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιήσει στο επίπεδο της νύχτας, σε περίπτωση που τις απαντήσει σωστά. Ο παίκτης μπορεί να ενεργοποιήσει την εμφάνιση μιας δοκιμασίας όποτε το επιθυμεί, πατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο, ενώ έχει την επιλογή να απορρίψει μια δοκιμασία, εάν το θελήσει. Ακόμη, του δίνονται πολλές ευκαιρίες για να δώσει τη σωστή απάντηση, ενώ σε κάθε λανθασμένη απάντηση που δίνει, ο βοηθητικός χαρακτήρας του επισημαίνει τα στοιχεία που ήταν λάθος, έτσι ώστε να τα διορθώσει. Τέλος, οι δοκιμασίες εμφανίζονται με κλιμακούμενο βαθμό δυσκολίας και δεν επαναλαμβάνονται στο ίδιο παιχνίδι.

Οι δοκιμασίες που έχουν υλοποιηθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά παρακάτω:

- Υπόδειξη του σημείου στο οποίο η καμπύλη γλυκόζης λαμβάνει την ελάχιστη / μέγιστη τιμή της: Ο χρήστης καλείται να πατήσει πάνω στην καμπύλη γλυκόζης, στο σημείο στο οποίο αυτή γίνεται ελάχιστη / μέγιστη. Εάν πατήσει σε οποιοδήποτε άλλο σημείο, τότε ο βοηθητικός χαρακτήρας του παιχνιδιού επισημαίνει ότι το σημείο αυτό δεν είναι το ελάχιστο ή το μέγιστο αντίστοιχα σημείο του γραφήματος.
- Μεταβολή ενός γεύματος που θα έχει ως αποτέλεσμα βελτίωση του γραφήματος: Ο χρήστης καλείται να μεταβάλει οποιοδήποτε γεύμα και το ποσοστό του χρόνου που η τιμή της γλυκόζης βρίσκεται στα αποδεκτά όρια στο νέο εναλλακτικό γράφημα να είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το αντίστοιχο του αρχικού γραφήματος.
- Μεταβολή μιας δόσης ινσουλίνης που θα έχει ως αποτέλεσμα βελτίωση του γραφήματος: Ο χρήστης καλείται να μεταβάλει οποιοδήποτε δόση ινσουλίνης και το ποσοστό του χρόνου που η τιμή της γλυκόζης βρίσκεται στα αποδεκτά όρια στο νέο εναλλακτικό γράφημα να είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το αντίστοιχο του αρχικού γραφήματος.
- Υπόδειξη του σημείου στο οποίο η γλυκόζη έχει ανοδική τάση / καθοδική τάση: Σημαντικό είναι για τον παίκτη να μάθει να ξεχωρίζει όχι μόνο τα σημεία στα οποία η γλυκόζη έχει υψηλή ή χαμηλή τιμή, αλλά επίσης τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες η τιμή της γλυκόζης τείνει να ανέβει ή να μειωθεί. Έτσι, όταν ο χρήστης πατήσει σε κάποιο σημείο του γραφήματος, εξετάζεται εάν η κλίση της καμπύλης στο σημείο αυτό είναι θετική, σε περίπτωση που η δοκιμασία αφορά ανοδική τάση γλυκόζης ή αρνητική για καθοδική τάση και εμφανίζεται ανάλογο μήνυμα για σωστή ή λανθασμένη απάντηση από τον βοηθητικό χαρακτήρα.
- Βελτίωση της καμπύλης γλυκόζης με μία επιπλέον δόση ινσουλίνης: Παράχεται στον χρήστη μια επιπλέον δόση ινσουλίνης, την οποία αυτός μπορεί να τοποθετήσει σε οποιοδήποτε σημείο του γραφήματος (δηλαδή μπορεί να λάβει τη δόση οποιαδήποτε χρονική στιγμή). Ακολούθως, ο χρήστης πρέπει να θέσει τιμή στη δόση αυτή, ώστε να παραχθεί το εναλλακτικό γράφημα, στο οποίο θα έχει προστεθεί η νέα δόση ινσουλίνης.

3.5 Προσωπικό Ημερολόγιο

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, κρίθηκε πως ένα πολύ ενδιαφέρον αυτόνομο σοβαρό παιχνίδι θα αποτελούσε το επίπεδο στο οποίο απεικονίζεται η καμπύλη γλυκόζης καθώς και τα επιπλέον στοιχεία που εμπεριέχονται σε αυτό (δοκιμασίες, εμφάνιση εναλλακτικής καμπύλης). Ένα τέτοιου είδους παιχνίδι θα μπορούσε να έχει θετική επίδραση σε παιδιά που πάσχουν από ΣΔΤ1 καθώς θα τα βοηθούσε να κατανοήσουν την έννοια της καμπύλης γλυκόζης και να πειραματιστούν σε ένα ασφαλές περιβάλλον, εκτελώντας ενέργειες και παρακολουθώντας τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Για να αυτονομηθεί το συγκεκριμένο κομμάτι του παιχνιδιού, απαραίτητο είναι να υλοποιηθεί ένας διαφορετικός τρόπος εισόδου δεδομένων που θα αποτελέσουν τις ενέργειες του χρήστη για την παραγωγή της καμπύλης γλυκόζης. Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένας μηχανισμός προσωπικού ημερολογίου στο οποίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ενέργειες είτε εικονικές για πειραματισμό είτε πραγματικές από την καθημερινότητα του για δική του διευκόλυνση.

Στην οθόνη του χρήστη το προσωπικό ημερολόγιο παίρνει την μορφή ενός τετραδίου στο οποίο αναγράφονται οι ώρες της ημέρας χωρισμένες σε χρονικά διαστήματα διάρκειας 2 ωρών. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει πληροφορίες γευμάτων, δόσεων ινσουλίνης και μετρήσεων της γλυκόζης του. Η εισαγωγή πραγματοποιείται με τη χρήση τριών κουμπιών που αναγράφουν την ενέργεια που θα πραγματοποιήσει ο χρήστης αν επιλέξει κάποιο από αυτά.

Εάν ο χρήστης επιλέξει να προσθέσει ένα γεύμα τότε εμφανίζεται σε αυτόν μια καινούρια οθόνη στην οποία μπορεί να διαλέξει αν επιθυμεί να προσθέσει πρωινό, μεσημεριανό, βραδινό γεύμα ή σνακ. Αφού επιλέξει το είδος του γεύματος οδηγείται σε μια νέα οθόνη που του επιτρέπει να διαλέξει το είδος των τροφών που θέλει να περιέχει το γεύμα του από μια ποικιλία συνοδευτικών, κύριων πιάτων, επιδορπίων και αναψυκτικών. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την χρονική στιγμή που θα θεωρηθεί ως η ώρα λήψης του γεύματος (στο πρωινό, μεσημεριανό, βραδινό θεωρούνται προκαθορισμένες ώστε να είναι συμβατό με το αρχικό σοβαρό παιχνίδι). Όταν ο χρήστης είναι ικανοποιημένος με τις επιλογές του μπορεί να τις υποβάλλει πατώντας το ειδικό κουμπί. Τότε ένα ενδεικτικό εικονίδιο εμφανίζεται στο τετράδιο δίπλα στην αντίστοιχη ώρα που επέλεξε ο χρήστης. Οι περιορισμοί που υπάρχουν στο κομμάτι του γεύματος είναι πως ο χρήστης μπορεί να επιλέξει έως μια φορά πρωινό, μεσημεριανό και βραδινό ενώ μπορεί να επιλέξει έως ένα σνακ ανά 2 ώρες.

Όσον αφορά τις δόσεις ινσουλίνης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη χρονική στιγμή στην οποία επιθυμεί να ληφθεί μια δόση αλλά και την τιμή που θα έχει (σε ένα εύρος από 0 έως 20 units). Ο περιορισμός είναι πως ξανά μπορεί να λάβει έως μια δόση ανά 2 ώρες. Αφού ο χρήστης επιβεβαιώσει την απόφαση του, ένα ενδεικτικό εικονίδιο που υποδεικνύει λήψη δόσης εμφανίζεται στην αντίστοιχη ώρα στο ημερολόγιο.

Τέλος, σχετικά με τη μέτρηση της γλυκόζης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και στην οθόνη θα του εμφανιστεί η τιμή γλυκόζης σύμφωνα με τις επιλογές του μέχρι εκείνο το σημείο (εκτελείται ο προσομοιωτής μέχρι εκείνο το σημείο). Ξανά, ο χρήστης περιορίζεται ως προς τις μετρήσεις που μπορεί να λάβει, αφού επιτρέπεται έως μια ανά 2 ώρες. Ενδεικτικό εικονίδιο μέτρησης εμφανίζεται δίπλα στην αντίστοιχη ώρα στο ημερολόγιο αφού επιλεγεί να γίνει η μέτρηση.

Ως προς τα εικονίδια που έχουν εμφανιστεί δίπλα στις ώρες του τετραδίου και συμβολίζουν τις δράσεις που έχει ήδη λάβει ο χρήστης, εάν πατηθούν δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να μεταβάλει ή και να διαγράψει οριστικά κάποια ενέργεια του. Οι μετρήσεις γλυκόζης που έχει λάβει ανανεώνονται αυτόματα σε περίπτωση που αποφασίσει να μεταβάλει ή να διαγράψει κάποια δράση του.

Όταν ο χρήστης είναι ικανοποιημένος με τις επιλογές του μπορεί να πατήσει το ειδικό κουμπί που θα δώσει έντολη για τον υπολογισμό των τιμών της καμπύλης γλυκόζης με είσοδο τις δράσεις του. Τότε ο χρήστης θα μεταφερθεί στο δωμάτιο που περιέχει την απεικόνιση της καμπύλης όπως έχει περιγραφεί παραπάνω και η καμπύλη που θα απεικονίζεται θα είναι αποτέλεσμα των επιλογών του. Προειδοποιητικά μηνύματα που δεν επιτρέπουν τη μετάβαση από το προσωπικό ημερολόγιο στο επίπεδο της απεικόνισης εμφανίζονται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- εάν ο χρήστης έχει παραλείψει να επιλέξει κάποιο από τα κύρια γεύματα
- εάν δεν έχει επιλεγεί έστω μια δόση ινσουλίνης

- εάν ο χρήστης δεν λάβει μέτρηση γλυκόζης έστω μία φορά

Οι περιορισμοί αυτοί τέθηκαν ώστε οι επιλογές του χρήστη να προσομοιάζουν όσο περισσότερο μια κανονική ημέρα ενός ατόμου με ΣΔΤ1 και η απεικόνιση της καμπύλης να λαμβάνει μια αποδεκτή μορφή που να έχει εκπαιδευτικό χαρακτήρα.

Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρατεθούν εικόνες από διάφορα στιγμιότυπα του σοβαρού παιχνιδιού που θα καταδεικνύουν τους μηχανισμούς και τις λειτουργίες που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 3.

Ακόμη, θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα που παράγονται με τη χρήση του προσαρμοσμένου **UVa/-Padova T1DM Simulator** μοντέλου που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στο οποίο οι υπολογισμοί των τιμών της γλυκόζης πραγματοποιούνται ανά 5 εικονικά λεπτά. Για τον σκοπό αυτό συγκρίνονται οι προκύπτουσες τιμές από τη χρήση αυτού με τις τιμές που προκύπτουν από τη χρήση του αρχικού μοντέλου.

Τέλος, θα παρουσιαστούν τα αναμενόμενα οφέλη που μπορεί να αποκομίσει ένας χρήστης, και ειδικότερα ένα παιδί που πάσχει από ΣΔΤ1 από την ενασχόλησή του με το σοβαρό παιχνίδι και τους μηχανισμούς παιχνιδιοποίησης που αναπτύχθηκαν.

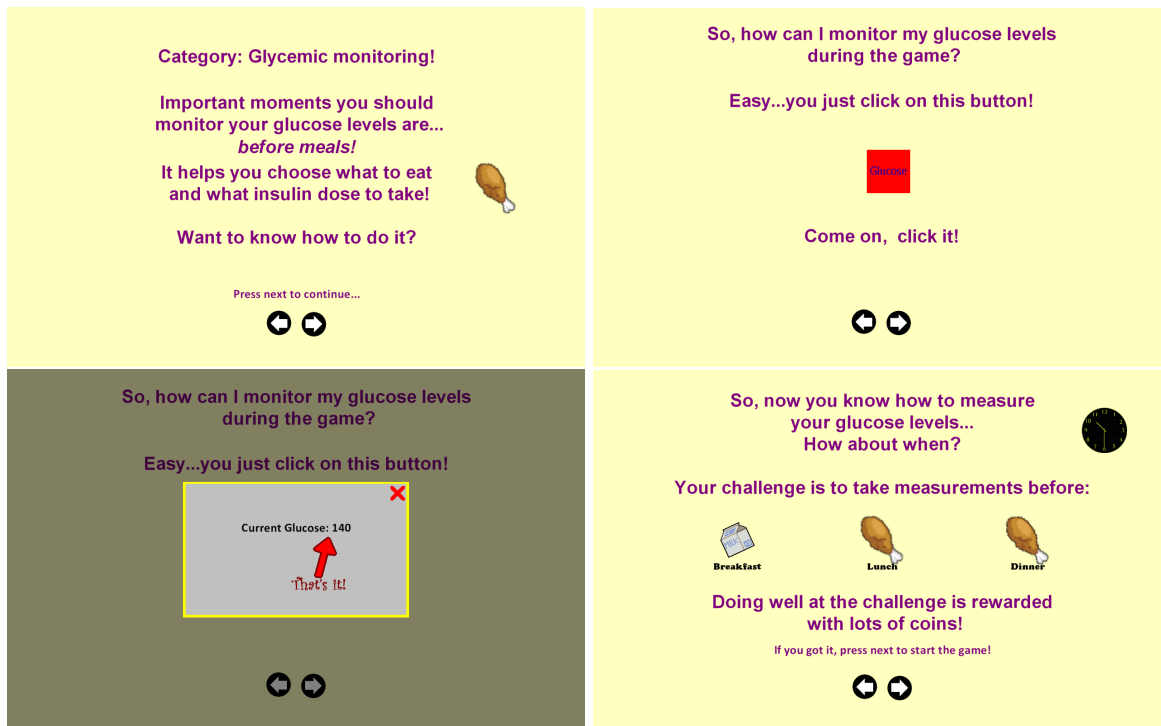
4.1 Διεπιφάνειες επαφής με τον χρήστη

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι διεπιφάνειες επαφής με τον χρήστη οι οποίες προστέθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και επέκτειναν το ήδη υπάρχον σοβαρό παιχνίδι. Αρχικά, θα παρουσιαστούν εικόνες που παρουσιάζουν τις αλλαγές που έγιναν στο επίπεδο της προσομοίωσης, όπως αναλύθηκαν και στο κεφάλαιο 3. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί το γραφικό περιβάλλον του επιπέδου ανασκόπησης το οποίο υλοποιήθηκε από την αρχή. Τέλος, θα παρατεθούν εικόνες από το προσωπικό ημερολόγιο που σχεδιάστηκε και τους μηχανισμούς του.

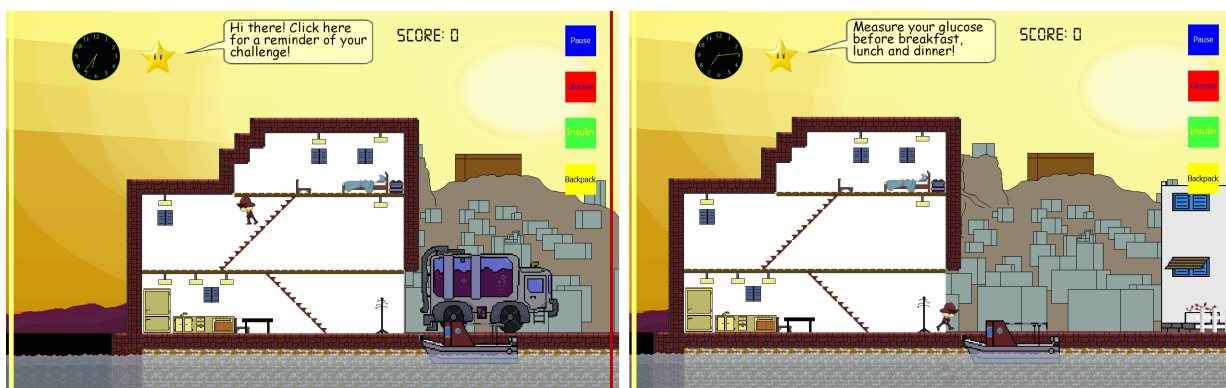
Επίπεδο προσομοίωσης

Όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αρχικά προστέθηκαν κάποια στοιχεία στο επίπεδο της προσομοίωσης (ημέρας) για τον εμπλουτισμό του σοβαρού παιχνιδιού και την αύξηση της εκπαιδευτικής αξίας του. Το πιο σημαντικό από αυτά ήταν η προσθήκη μιας σειράς προκλήσεων οι οποίες περιγράφηκαν και νωρίτερα. Η ενσωμάτωση των δοκιμασιών στο επίπεδο της ημέρας έγινε ομαλά. Αρχικά στον χρήστη παρουσιάζονται οδηγίες για την πρόκληση της συγκεκριμένης συνεδρίας. Στην εικόνα [4.1](#) παρουσιάζεται το **tutorial** μιας δοκιμασίας από την κατηγορία της παρακολούθησης γλυκόζης:

Αφού ο χρήστης κατανοήσει τις οδηγίες μπορεί να μεταβεί στο επίπεδο της ημέρας. Σε αυτό έχει προστεθεί ένας βοηθητικός χαρακτήρας που τον καθοδηγεί στην δοκιμασία της ημέρας, ο οποίος φαίνεται και στην εικόνα [4.2](#).

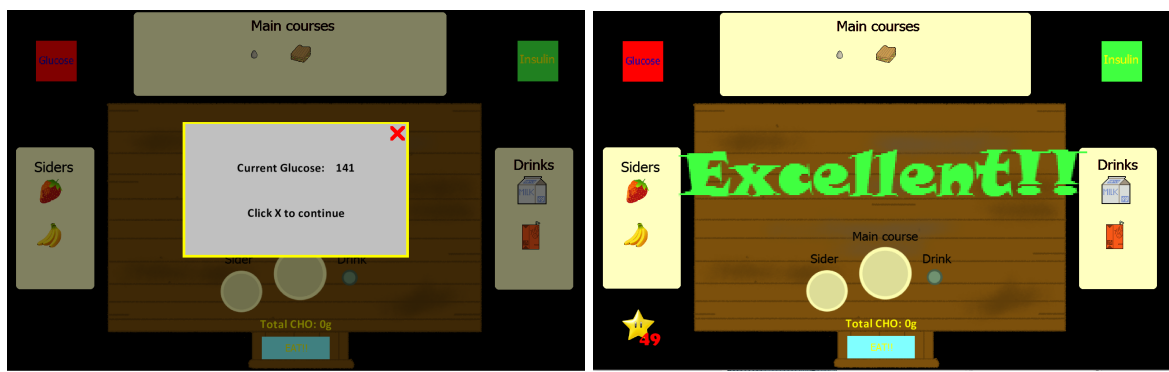


Σχήμα 4.1: Οδηγίες για την δοκιμασία της ημέρας



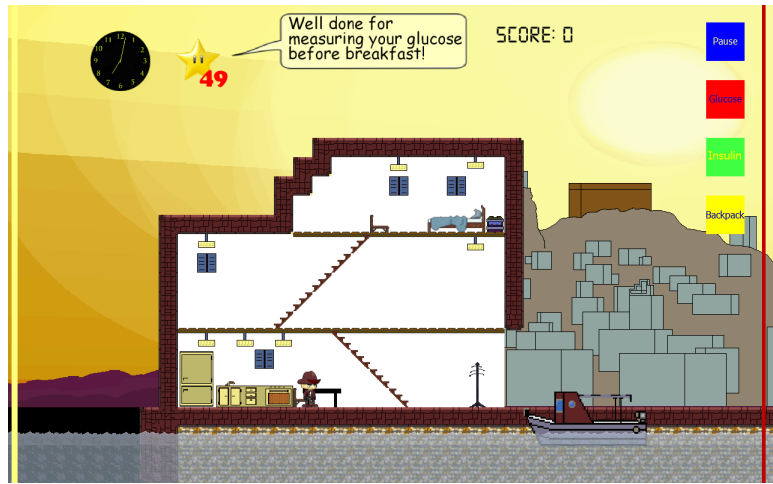
Σχήμα 4.2: Ο βοηθητικός χαρακτήρας για τη δοκιμασία της ημέρας

Ανάλογα με τη δοκιμασία της ημέρας, ο χρήστης επιβραβεύεται με πόντους και λαμβάνει επαίνους εάν λάβει τις σωστές αποφάσεις στα κρίσιμα σημεία. Στη δοκιμασία που παρουσιάζεται παρακάτω, στον χρήστη έχει ζητηθεί να λαμβάνει μετρήσεις πριν από κάθε γεύμα. Όταν η μέτρηση γίνει επιτυχημένα πριν από το γεύμα στην οθόνη λήψης γεύματος ο χρήστης επιβραβεύεται, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.3

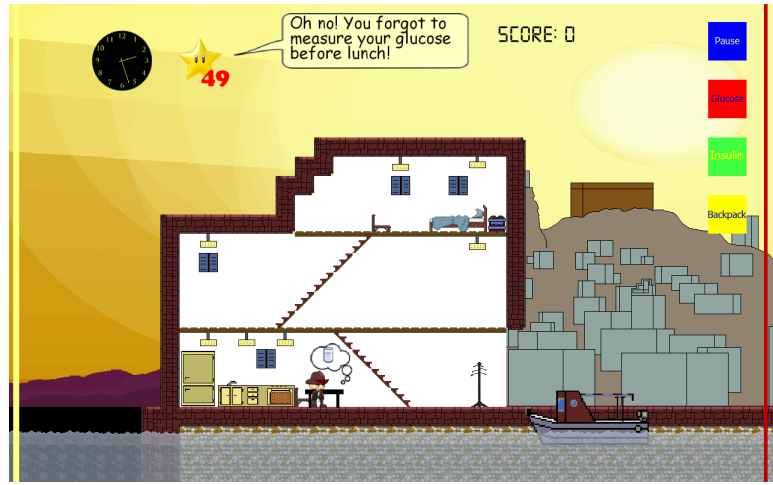


Σχήμα 4.3: Επιβράβευση του χρήστη για λήψη σωστών αποφάσεων στη δοκιμασία της ημέρας

Επίσης, ο βοηθητικός χαρακτήρας αντιδρά στις επιλογές του χρήστη, τον παροτρύνει να λάβει σωστές αποφάσεις κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και του υπενθυμίζει τη δοκιμασία της ημέρας (εικόνες 4.4, 4.5). Εάν ο χρήστης αμελήσει να λάβει κάποια απαιτούμενη δράση τότε εμφανίζεται μήνυμα που του υποδεικνύει το λάθος του, ώστε να γνωρίζει ακριβώς το σημείο στο οποίο δεν ανταποκρίθηκε στις απαιτήσεις της δοκιμασίας και να μπορεί να βελτιώσει την απόδοσή του την επόμενη φορά του παιχνιδιού.



Σχήμα 4.4: Αντίδραση του βοηθητικού χαρακτήρα σε σωστή απόφαση του χρήστη



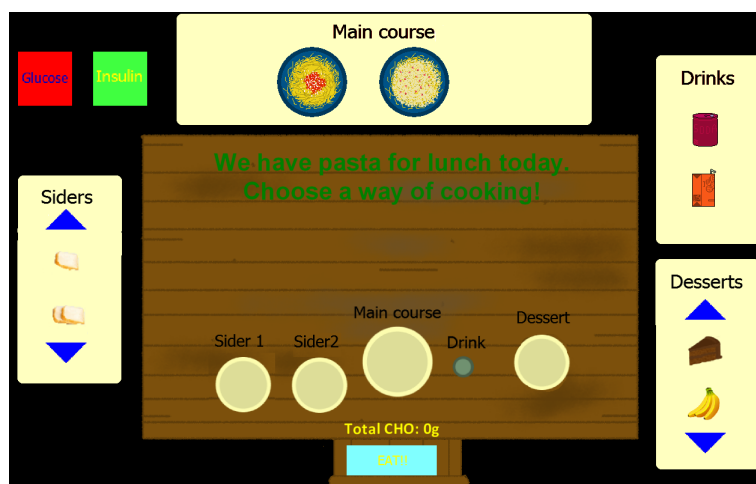
Σχήμα 4.5: Αντίδραση του βοηθητικού χαρακτήρα σε λανθασμένη απόφαση του χρήστη

Μια επιπρόσθετη αλλαγή που έγινε στο επίπεδο της ημέρας είναι η αλλαγή του μηχανισμού των γευ-

μάτων. Η μεθοδολογία πίσω από τον νέο μηχανισμό έχει περιγραφεί νωρίτερα. Παρακάτω παρουσιάζονται οι νέες οθόνες λήψης γεύματος στο πρωινό, το μεσημεριανό και το βραδινό, καθώς και οι καινούργιες διεπιφάνειες για την αγορά προϊόντων από το supermarket και το κυλικείο του σχολείου:



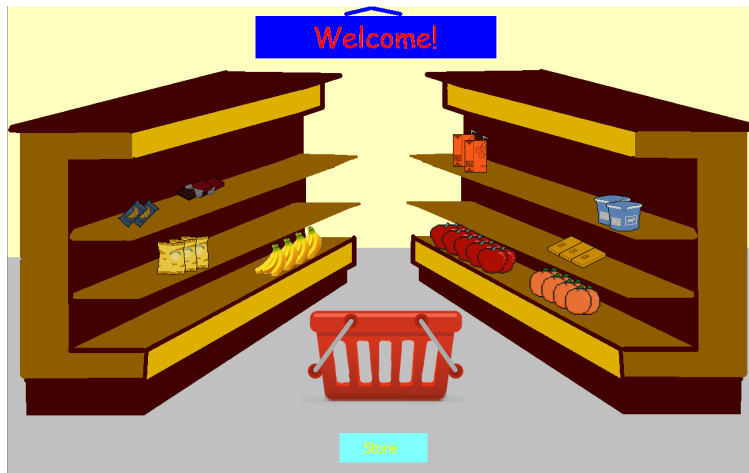
Σχήμα 4.6: Νέα οθόνη για τη λήψη πρωινού γεύματος



Σχήμα 4.7: Νέα οθόνη για τη λήψη μεσημεριανού γεύματος



Σχήμα 4.8: Νέα οθόνη για τη λήψη βραδινού γεύματος

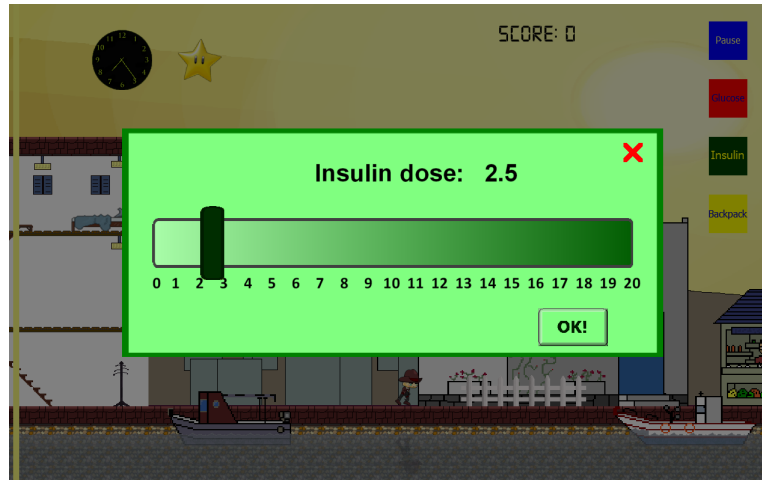


Σχήμα 4.9: Νέα οθόνη για την αγορά τροφίμων στο supermarket



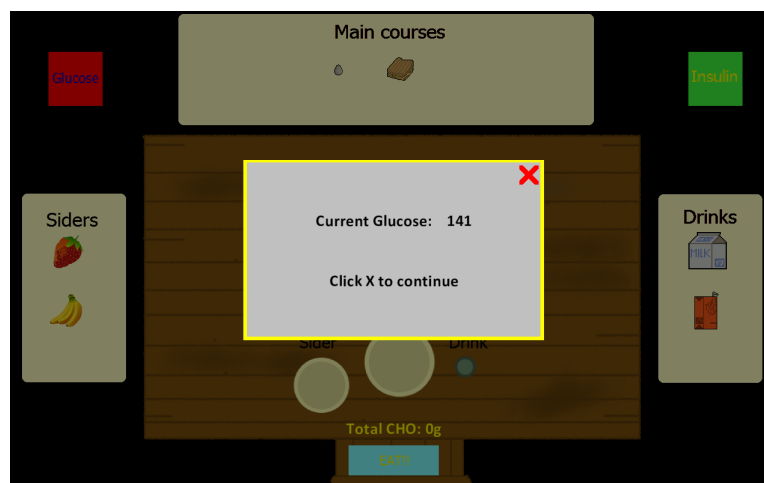
Σχήμα 4.10: Νέα οθόνη για την αγορά τροφίμων στο κυλικείο του σχολείου

Μια επιπλέον αλλαγή στο παιχνίδι στο επίπεδο της ημέρας είναι πως οι δόσεις ινσουλίνης που παρέχονται πλέον στο χρήστη είναι συνεχείς, σε αντίθεση με τις 3 συγκεκριμένες δόσεις που δίνονταν στην αρχική έκδοση του σοβαρού παιχνιδιού. Ο τρόπος απεικόνισης στο παιχνίδι φαίνεται στην εικόνα 4.11.

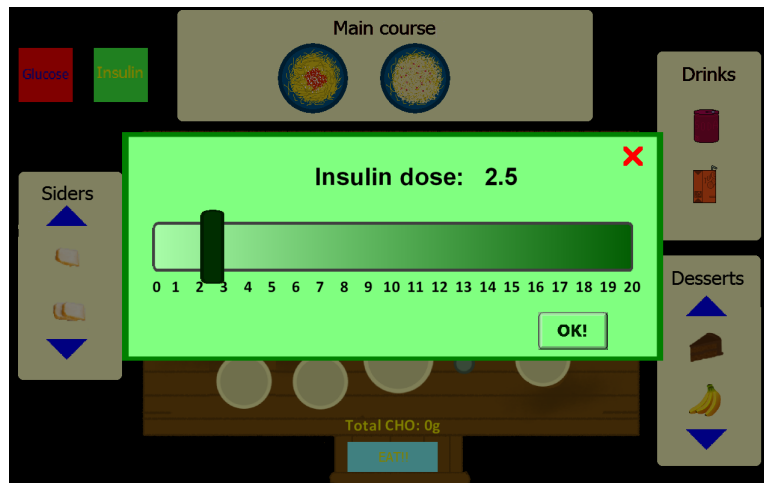


Σχήμα 4.11: Συνεχείς δόσεις ινσουλίνης

Επίσης, προστέθηκε η δυνατότητα χορήγησης προγευματικών δόσεων ινσουλίνης καθώς και προγευματικών μετρήσεων της γλυκόζης του χαρακτήρα στην οθόνη του γεύματος, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.13, 4.12. Έτσι, το παιχνίδι αποκτά πιο ρεαλιστικό χαρακτήρα αλλά και μεγαλύτερη εκπαιδευτική αξία, καθώς και στην πραγματικότητα θεωρείται απαραίτητη η επιλογή γεύματος ανάλογα με τα επίπεδα της γλυκόζης αλλά και η λήψη ινσουλίνης ανάλογα με την ποσότητα υδατανθράκων που πρόκειται να καταναλωθεί.

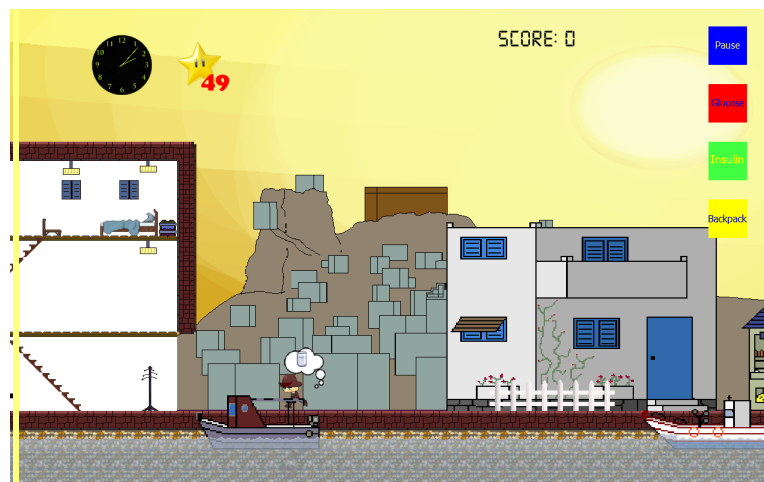


Σχήμα 4.12: Δυνατότητα λήψης προγευματικής μέτρησης γλυκόζης



Σχήμα 4.13: Δυνατότητα χορήγησης προγευματικής ινσουλίνης

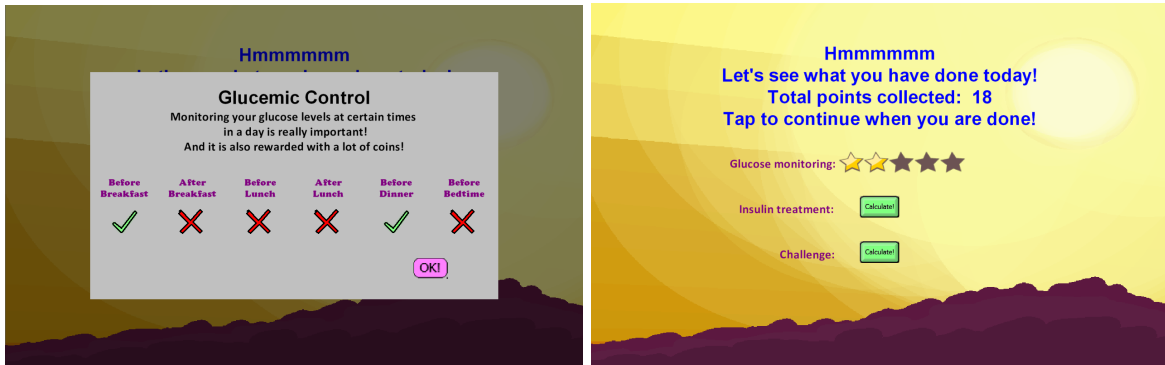
Τέλος, όσον αφορά το επίπεδο της προσομοίωσης (ημέρας) προστέθηκε ένας μηχανισμός απεικόνισης των συμπτωμάτων του χαρακτήρα σε περίπτωση που περιέλθει σε κατάσταση υπογλυκαιμίας ή υπεργλυκαιμίας, ώστε να προειδοποιείται ο χρήστης για να δράσει ανάλογα. Στην εικόνα 4.14 παρουσιάζεται μια σχετική διεπιφάνεια επαφής με τον χρήστη, όπου τα επίπεδα της γλυκόζης του χαρακτήρα είναι αρκετά ανεβασμένα και οπτικοποιείται σαν σκέψη του χαρακτήρα το σύμπτωμα της υπερβολικής δίψας.



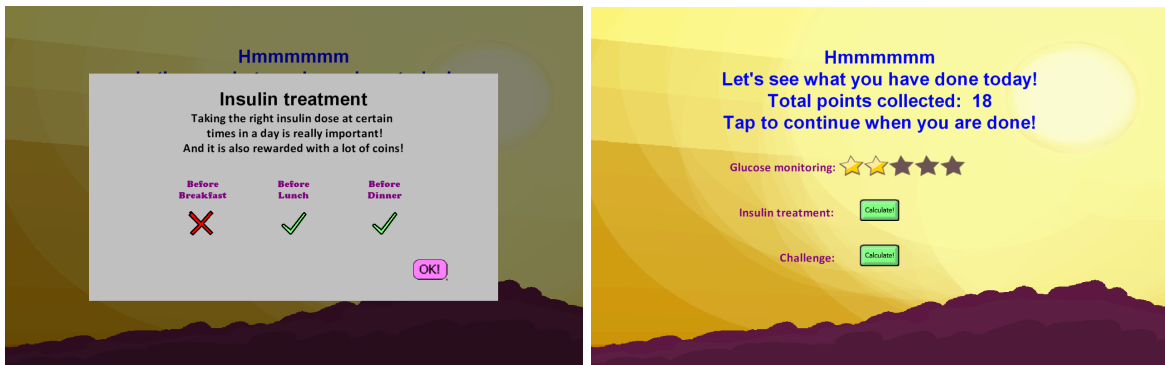
Σχήμα 4.14: Οπτικοποίηση συμπτωμάτων υπεργλυκαιμίας - υπογλυκαιμίας

Επίπεδο ανασκόπησης

Όσον αφορά το επίπεδο ανασκόπησης του σοβαρού παιχνιδιού, η πρώτη ανασκόπηση λαμβάνει χώρα αμέσως μετά τη λήξη του επιπέδου της ημέρας. Στην νέα οθόνη εμφανίζεται στον χρήστη η απόδοση του σύμφωνα με 2 δείκτες (μέτρηση γλυκόζης και λήψη ινσουλίνης τις σωστές χρονικές στιγμές) αλλά και σύμφωνα με τις επιδόσεις του στη δοκιμασία της ημέρας. Το γραφικό περιβάλλον παρουσιάζεται παρακάτω:

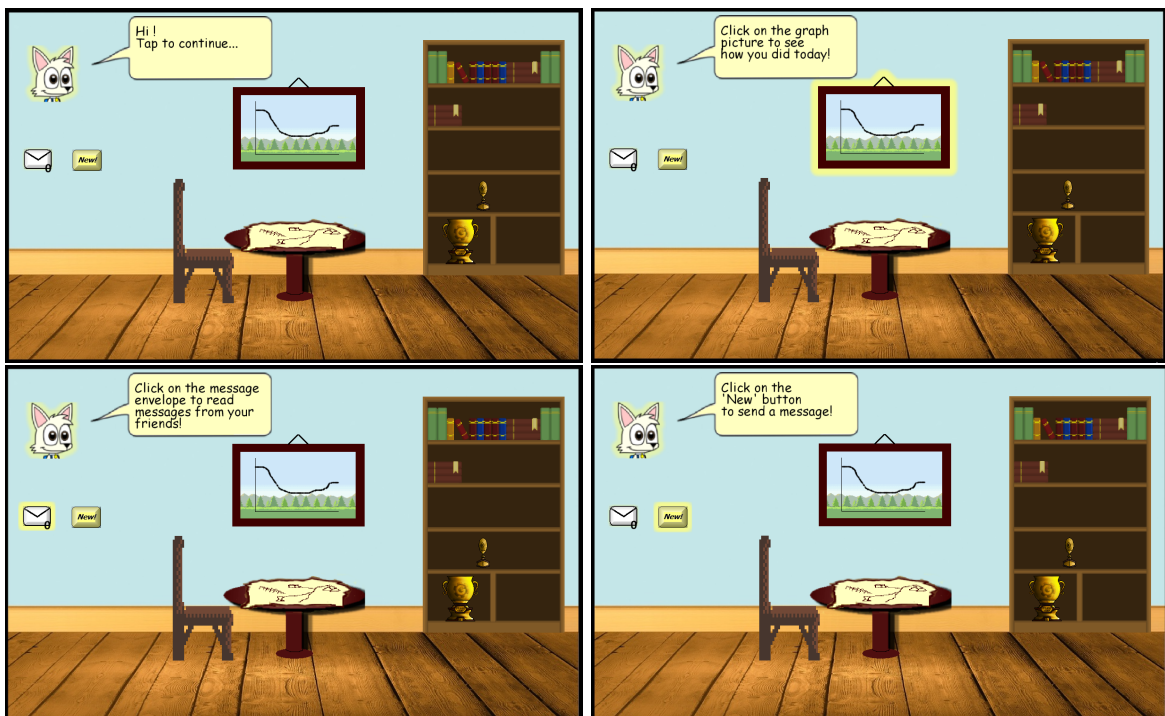


Σχήμα 4.15: Ανασκόπηση δείκτη μετρήσεων γλυκόζης



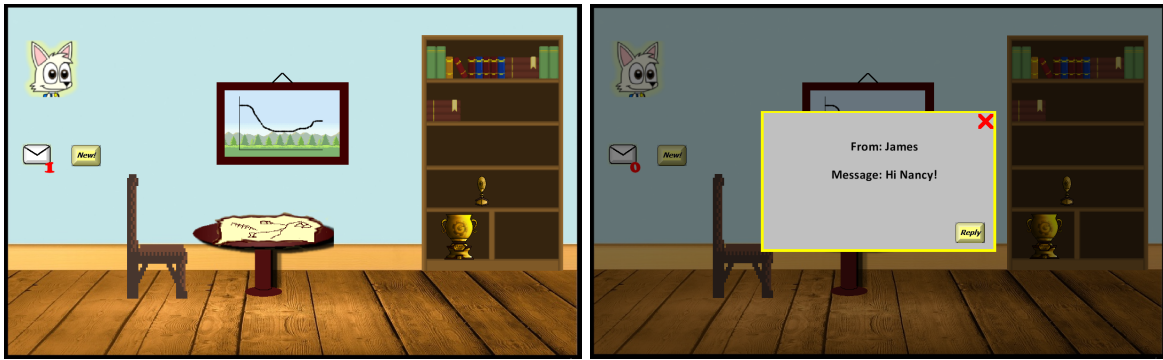
Σχήμα 4.16: Ανασκόπηση δείκτη χορήγησης ινσουλίνης

Στη συνέχεια ο χρήστης μεταβιβάζεται στο ενδιάμεσο δωμάτιο το οποίο έχει περιγραφεί διεξοδικά και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το γραφικό περιβάλλον του δωματίου καθώς και οι εισαγωγικές οδηγίες του βοηθητικού χαρακτήρα παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 4.17: Ενδιάμεσο δωμάτιο

Ο χρήστης μπορεί να διαβάσει τα εισερχόμενα μηνύματα του όπως φαίνεται στην εικόνα 4.18.



Σχήμα 4.18: Ανάγνωση εισερχόμενων μηνυμάτων

Επίσης μπορεί να αποστείλει μήνυμα σε οποιονδήποτε εγγεγραμμένο χρήστη στο παιχνίδι όπως φαίνεται στην εικόνα 4.19.



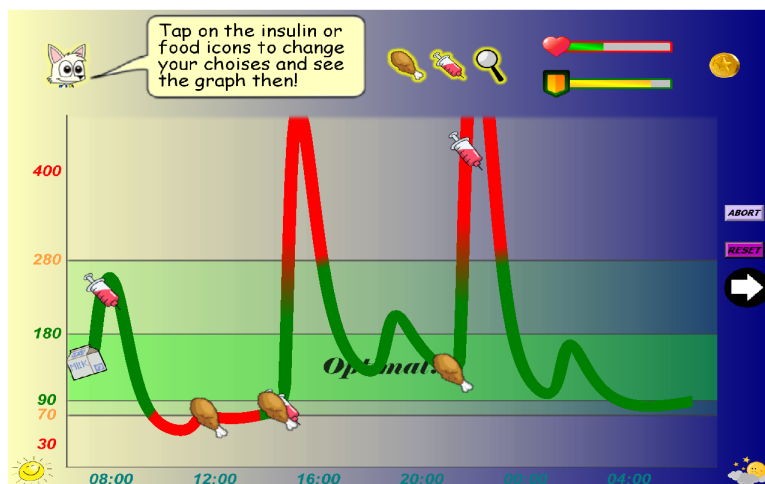
Σχήμα 4.19: Αποστολή μηνυμάτων σε χρήστη

Εάν ο χρήστης επιλέξει τον χάρτη στο ενδιαμέσο δωμάτιο, τότε μεταβαίνει σε μια καινούρια οθόνη όπου εμφανίζονται όλοι οι κόσμοι της νύχτας, καθώς και τα απαιτούμενα για να επισκεφτεί τον κάθε κόσμο. Το γραφικό περιβάλλον παρουσιάζεται στην εικόνα 4.20.



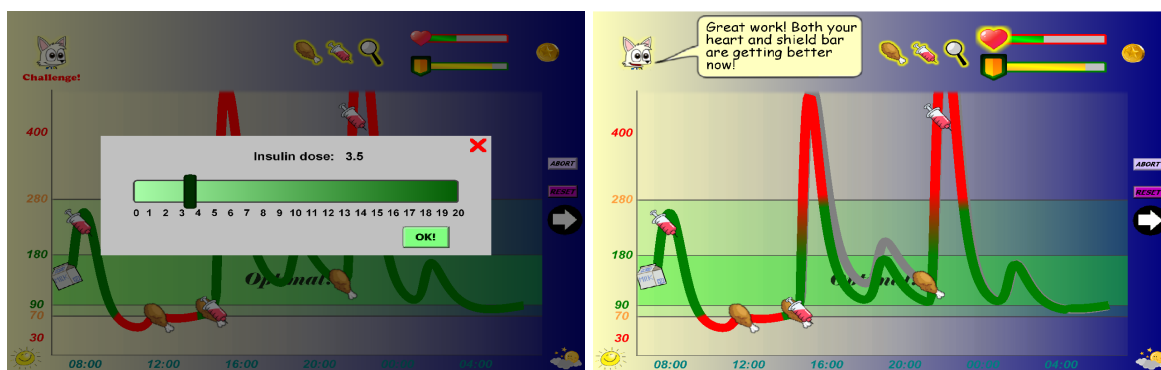
Σχήμα 4.20: Ο χάρτης των κόσμων της νύχτας

Εάν ο χρήστης επιλέξει τον πίνακα με το γράφημα τότε μεταβαίνει στο δωμάτιο απεικόνισης καμπύλης. Το γραφικό περιβάλλον του δωματίου καθώς και οι εισαγωγικές οδηγίες εμφανίζονται στην εικόνα 4.21.



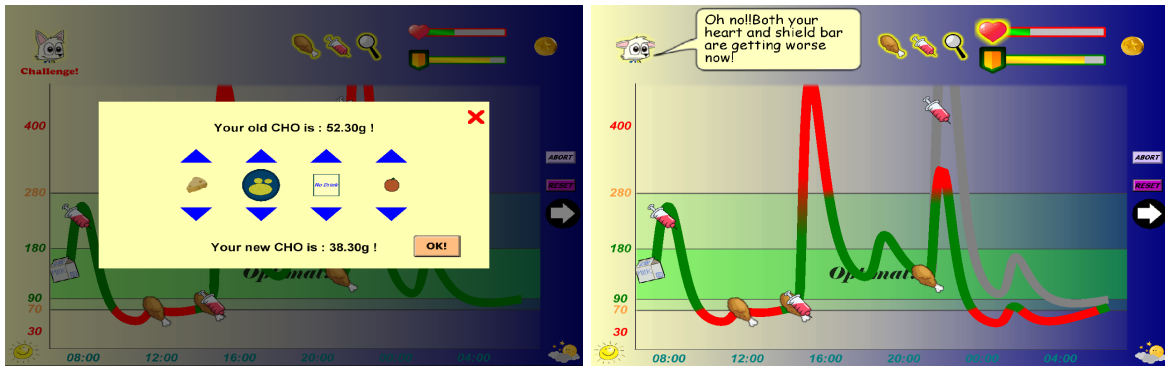
Σχήμα 4.21: Η απεικόνιση της καμπύλης γλυκόζης

Ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει τις επιλογές του ως προς τα γεύματα και τις δόσεις ινσουλίνης και να παρακολουθήσει την εναλλακτική καμπύλη γλυκόζης που εμφανίζεται. Η μεταβολή μιας δόσης ινσουλίνης γίνεται όπως φαίνεται στην εικόνα 4.22. Οι δύο δείκτες επαναυπολογίζονται και ο βοηθητικός χαρακτήρας επεξηγεί στον χρήστη πως μεταβλήθηκαν τα επίπεδα της γλυκόζης του με τη νέα επιλογή του.



Σχήμα 4.22: Ο χρήστης αλλάζει μια δόση ινσουλίνης και η εναλλακτική καμπύλη αξιολογείται ως καλύτερη από την αρχική

Επίσης, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις επιλογές του σε κάποιο γεύμα όπως φαίνεται στην εικόνα 4.23. Ξανά, η νέα καμπύλη αξιολογείται και ο χρήστης λαμβάνει την ανάλογη επιβράβευση ή υπόδειξη από τον βοηθητικό χαρακτήρα.



Σχήμα 4.23: Ο χρήστης αλλάζει τις επιλογές του στο βραδινό γεύμα και η εναλλακτική καμπύλη αξιολογείται ως χειρότερη από την αρχική

Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δοκιμαστεί σε μια σειρά προκλήσεων και να επιβραβευτεί με νομίσματα για την επιτυχημένη διεκπεραίωσή τους. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο σενάρια, στο πρώτο ο χρήστης επιτυγχάνει στη δοκιμασία (Εικόνα 4.24) και στο δεύτερο αποτυγχάνει και προτρέπει να δοκιμάσει ξανά (Εικόνα 4.25).



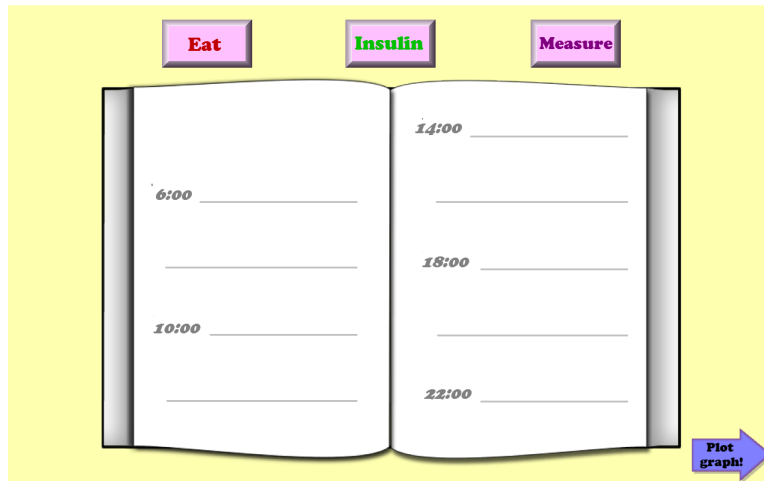
Σχήμα 4.24: Ο χρήστης επιτυγχάνει στη δοκιμασία και επιβραβεύεται με νομίσματα



Σχήμα 4.25: Ο χρήστης αποτυγχάνει στη δοκιμασία και προτρέπει να δοκιμάσει ξανά

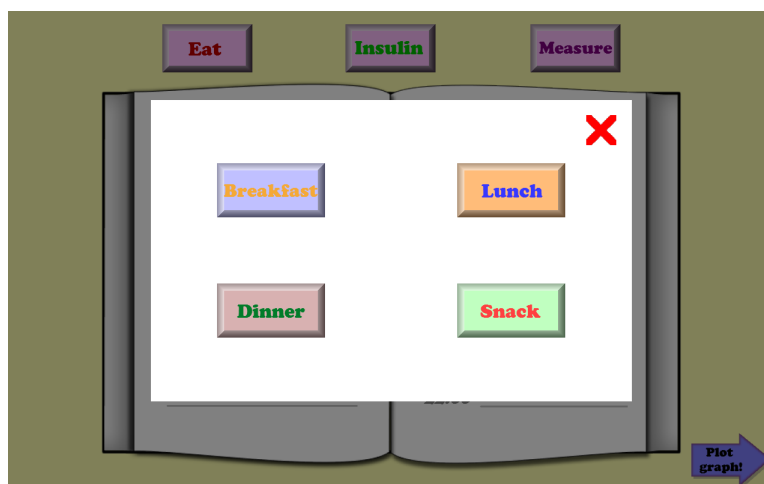
Προσωπικό ημερολόγιο

Όπως περιγράφηκε και στο κεφάλαιο 3, κρίθηκε σκόπιμο η καμπύλη γλυκόζης να αυτονομηθεί από το σοβαρό παιχνίδι και να συνδεθεί με ένα προσωπικό ημερολόγιο, στο οποίο ο χρήστης εισάγει τις δράσεις που έλαβε κατά τη διάρκεια της ημέρας του. Το γραφικό περιβάλλον του προσωπικού ημερολογίου φαίνεται στην εικόνα 4.26.



Σχήμα 4.26: Το γραφικό περιβάλλον του προσωπικού ημερολογίου

Ο χρήστης επιλέγοντας το κουμπί 'Eat' μεταφέρεται στην οθόνη που εμφανίζεται στην εικόνα 4.27. Εκεί μπορεί να επιλέξει αν επιθυμεί να εισάγει πρωινό, μεσημεριανό, βραδινό γεύμα ή σνακ.



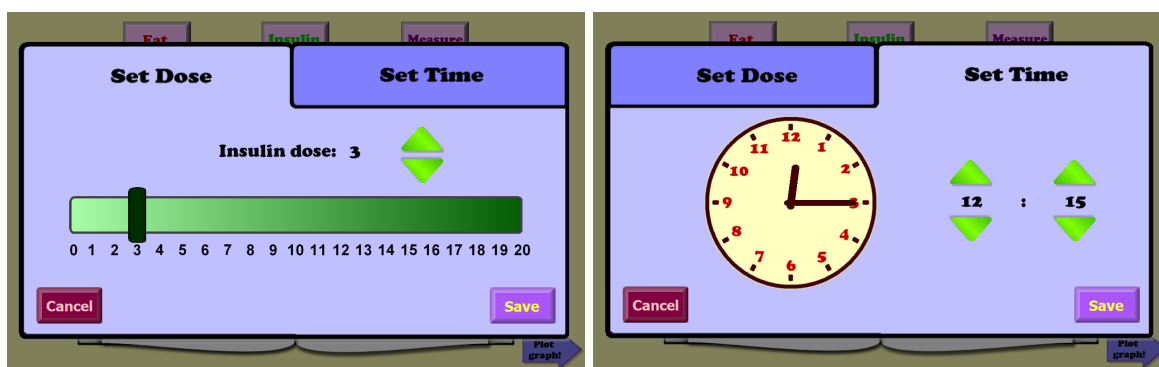
Σχήμα 4.27: Η λειτουργικότητα του κουμπιού 'Eat'

Αφού επιλεγεί το είδος του γεύματος, ο χρήστης μεταφέρεται σε μια καινούρια οθόνη όπου εναλλάσσοντας τις καρτέλες μπορεί να επιλέξει το περιεχόμενο ενός πλήρες γεύματος, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.28.



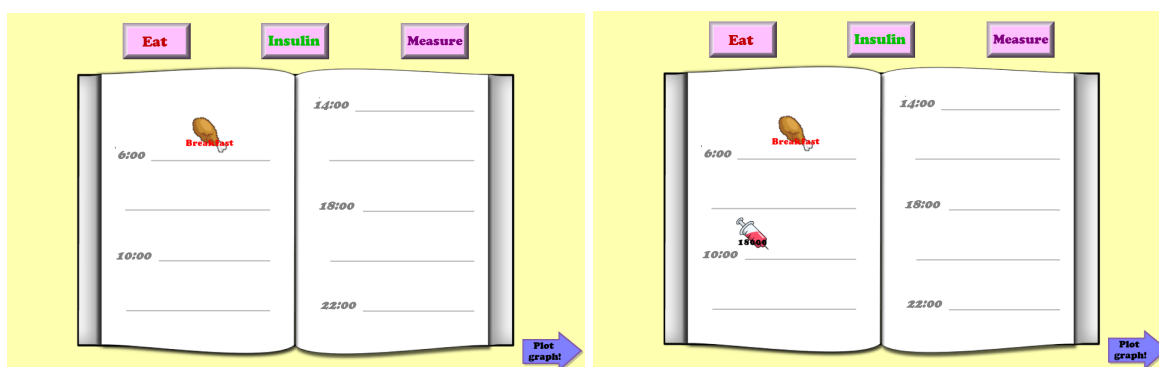
Σχήμα 4.28: Ο μηχανισμός εισαγωγής γευμάτων προσωπικό ημερολόγιο

Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει χορηγήσεις ινσουλίνης επιλέγοντας το κουμπί 'Insulin'. Η οθόνη που εμφανίζεται επιτρέπει εισαγωγή επιθυμητής δόσης και χρονικής στιγμής όπως φαίνεται στην εικόνα 4.29.



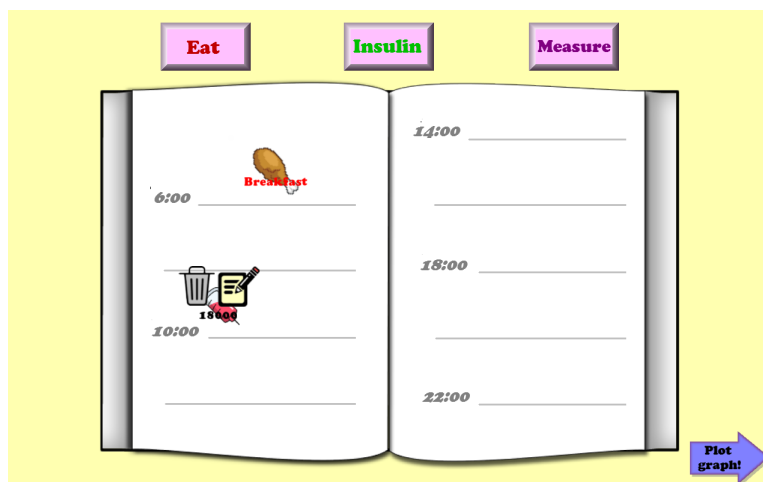
Σχήμα 4.29: Ο μηχανισμός χορήγησης ινσουλίνης στο προσωπικό ημερολόγιο

Όταν ο χρήστης επιλέξει να λάβει κάποια δράση και επιβεβαιώσει την επιλογή του ένα ανάλογο εικονίδιο εμφανίζεται δίπλα στην ώρα που αποφάσισε να λάβει τη συγκεκριμένη δράση. Στο σχήμα 4.30 φαίνονται τα εικονίδια που εμφανίζονται για τη λήψη ενός γεύματος και την χορήγηση δόσης ινσουλίνης.



Σχήμα 4.30: Ο μηχανισμός εμφάνισης των επιλογών του χρήστη στο προσωπικό ημερολόγιο

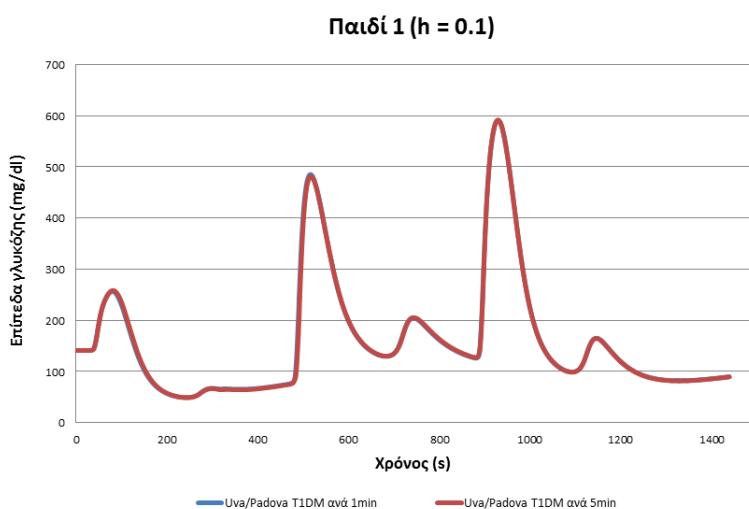
Στον χρήστη δίνεται επίσης η δυνατότητα να διαγράψει ή να μεταβάλλει μια υπάρχουσα ενέργεια του πατώντας στο σχετικό εικονίδιο, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.31. Εάν ο χρήστης είναι ικανοποιημένος με τις επιλογές του μπορεί να επιλέξει το κουμπί 'Plot graph!' και να μεταβεί στο δωμάτιο απεικόνισης της καμπύλης γλυκόζης που προέκυψε από τις επιλογές του.



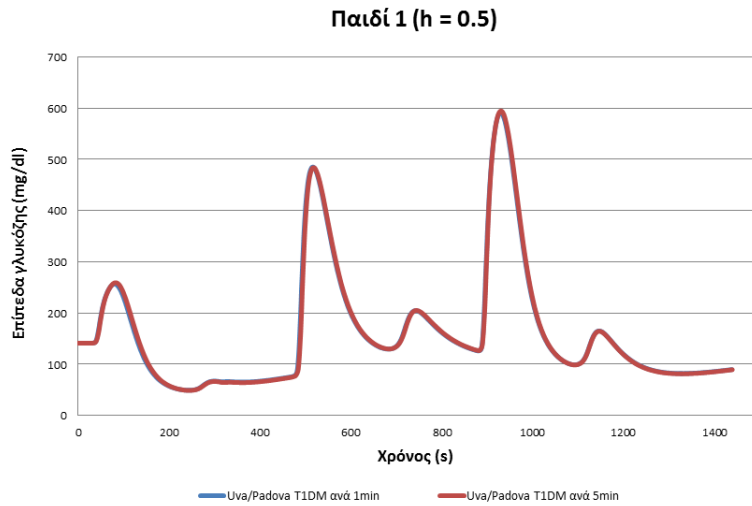
Σχήμα 4.31: Ο μηχανισμός διαγραφής ή αλλαγής επιλογών στο προσωπικό ημερολόγιο

4.2 Αξιολόγηση προσαρμοσμένου προσομοιωτή

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο προσομοιωτής που είχε υλοποιηθεί στο αρχικό σοβαρό παιχνίδι δεν ήταν αρκετά ταχύς για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιος στο επίπεδο της απεικόνισης καμπύλης γλυκόζης. Στο συγκεκριμένο επίπεδο ο υπολογισμός των τιμών της εναλλακτικής καμπύλης γλυκόζης πρέπει να γίνεται με μεγάλη ταχύτητα ώστε να πραγματοποιείται άμεσα η απεικόνιση και να μην χάνεται το ενδιαφέρον του χρήστη. Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκε μια νέα έκδοση του προσομοιωτή η οποία υπολογίζει κάθε καινούρια τιμή γλυκόζης ανά 5 λεπτά αντί ανά 1 λεπτό που συνέβαινε στην αρχική. Στο υποκεφάλαιο αυτό, θα αξιολογηθεί ο προσαρμοσμένος προσομοιωτής για 9 εικονικούς ασθενείς, 3 παιδιά, 3 έφηβους και 3 ενήλικες. Επειδή το παρόν σοβαρό παιχνίδι απευθύνεται σε παιδιά, οι εικονικοί ασθενείς παιδιά θα προσομοιωθούν με βήμα $h = 0.1$ και με βήμα $h = 0.5$ στην επαναληπτική διαδικασία, η σημασία του οποίου έχει οριστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι υπόλοιποι εικονικοί ασθενείς θα αξιολογηθούν μόνο με βήμα $h = 0.1$, καθώς όπως θα φανεί και στην συνέχεια το σφάλμα αυξάνεται αρκετά όσο μεγαλώνει το βήμα.

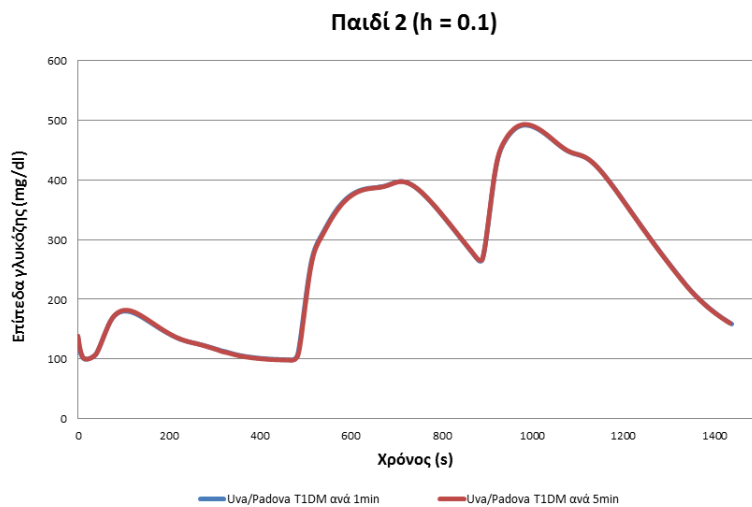


Σχήμα 4.32: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 1 ($h = 0.1$)

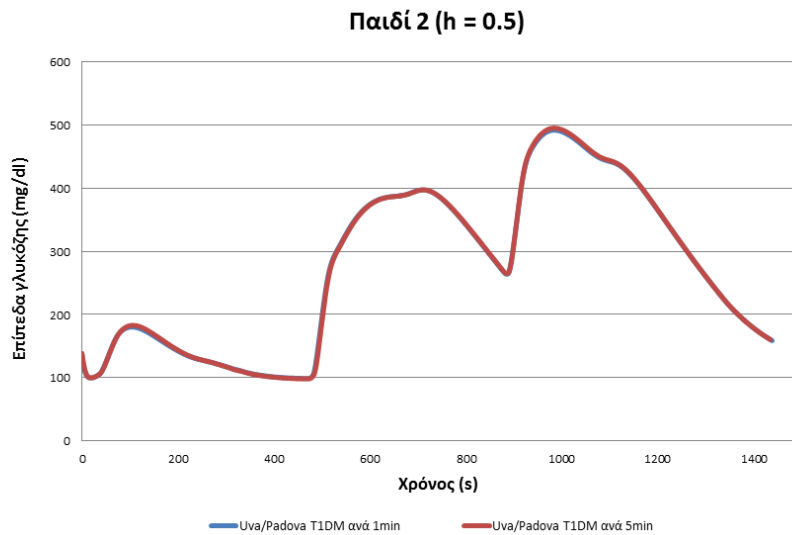


Σχήμα 4.33: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 1 ($h = 0.5$)

Όπως φαίνεται και παραπάνω, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο προσομοιωτών για τον εικονικό ασθενή Παιδί 1. Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα για $h = 0.1$ υπολογίζεται ίσο με 1.315 και για $h = 0.5$ ίσο με 2.715.

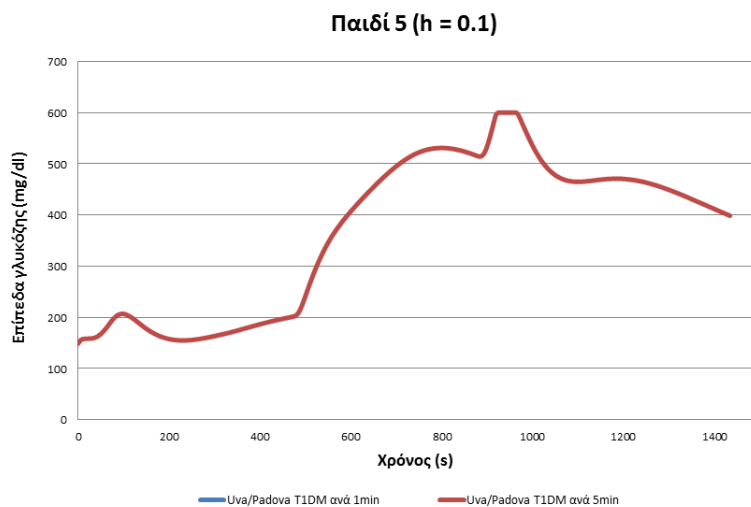


Σχήμα 4.34: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 2 ($h = 0.1$)

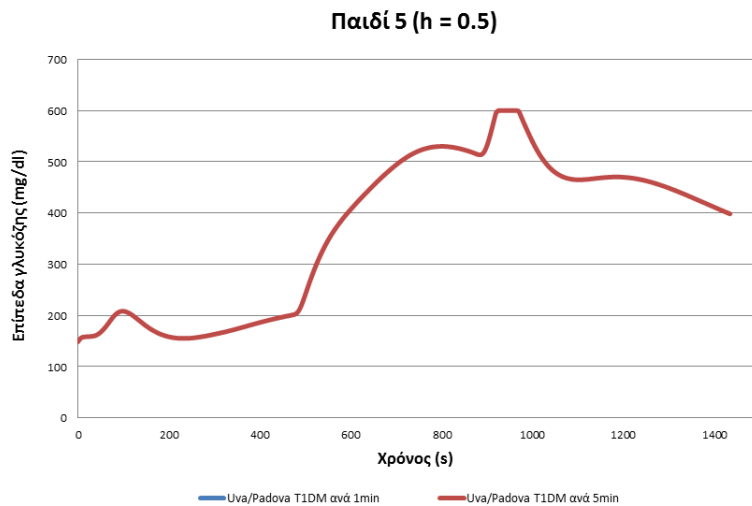


Σχήμα 4.35: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 2 ($h = 0.1$)

Για τον εικονικό ασθενή Παιδί 2, οι διαφορές μεταξύ των δύο προσομοιωτών φαίνονται ακόμη μικρότερες. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει και ο υπολογισμός των μέσων τετραγωνικών σφαλμάτων τα οποία προκύπτουν 0.162 για $h = 0.1$ και 0.29 για $h = 0.5$ αντιστοίχως.

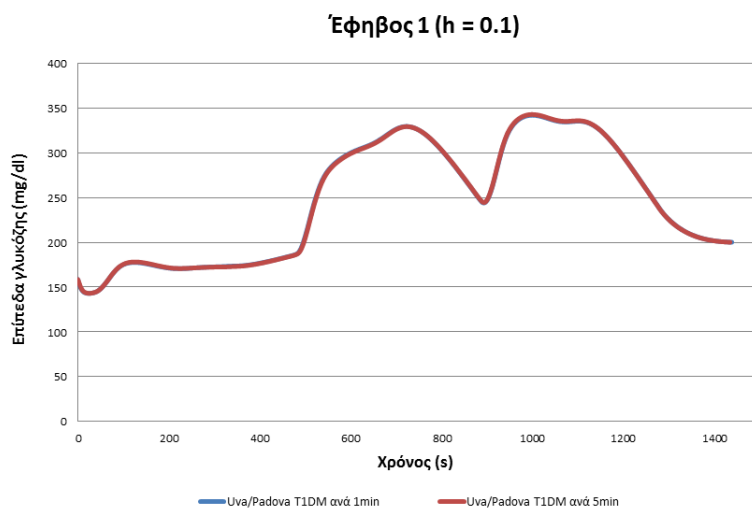


Σχήμα 4.36: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 5 ($h = 0.1$)

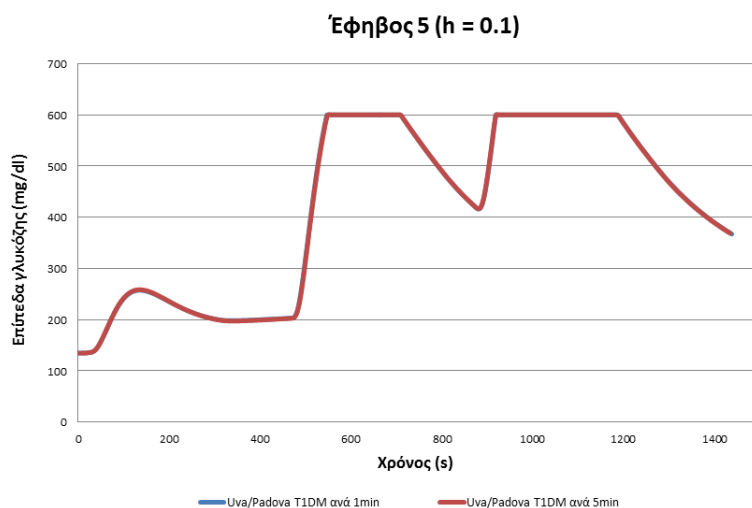


Σχήμα 4.37: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Παιδί 5 ($h = 0.5$)

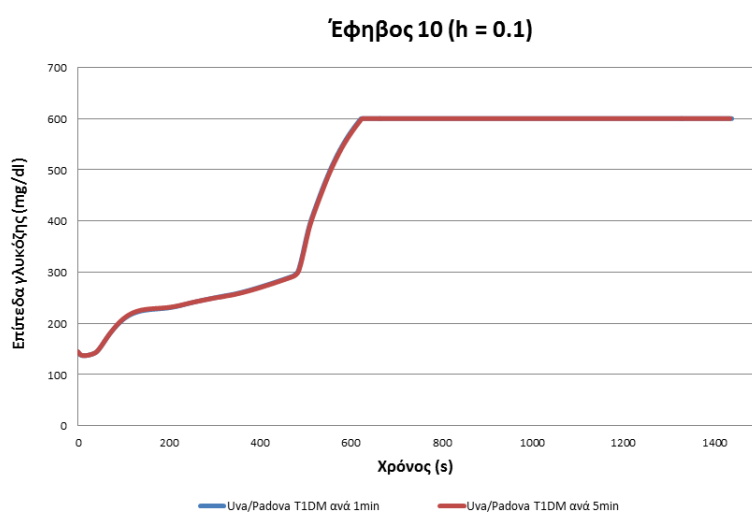
Ο εικονικός ασθενής Παιδί 5 δίνει εξίσου θετικά αποτελέσματα στην σύγκριση μεταξύ των προσομοιωτών. Για $h = 0.1$ το μέσο τετραγωνικό σφάλμα προκύπτει ίσο με 0.258 και για $h = 0.5$ ίσο με 0.44.



Σχήμα 4.38: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Έφηβος 1 ($h = 0.1$)

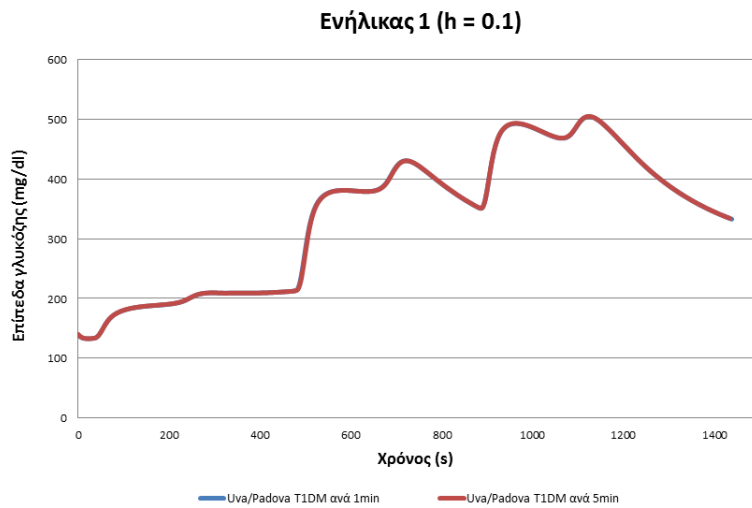


Σχήμα 4.39: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Έφηβος 5 ($h = 0.1$)

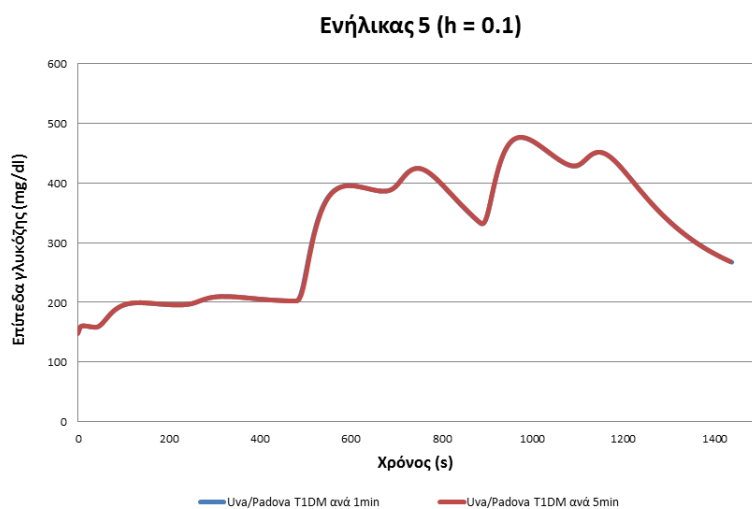


Σχήμα 4.40: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Έφηβος 10 ($h = 0.1$)

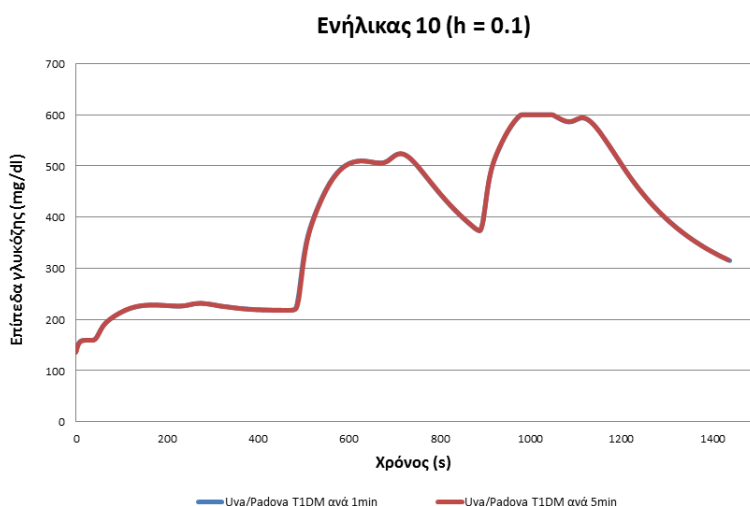
Όσον αφορά τους έφηβους εικονικούς ασθενείς, η σύγκριση πραγματοποιήθηκε όπως προειπώθηκε μόνο για $h = 0.1$ και τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά. Τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα προέκυψαν ως εξής: για τον Έφηβο 1 υπολογίστηκε 0.033, για τον Έφηβο 5 βρέθηκε ίσο με 0.126 και για τον Έφηβο 10 βρέθηκε ίσο με 0.118.



Σχήμα 4.41: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Ενήλικας 1 (h = 0.1)



Σχήμα 4.42: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Ενήλικας 5 (h = 0.1)



Σχήμα 4.43: Σύγκριση αρχικού και προσαρμοσμένου προσομοιωτή για εικονικό ασθενή Ενήλικας 10 ($h = 0.1$)

Τέλος, οι ενήλικες εικονικοί ασθενείς έδωσαν συνολικά τα καλύτερα αποτελέσματα, αφού το μέσο τετραγωνικό σφάλμα για τον Ενήλικα 1 υπολογίστηκε ίσο με 0.053, για τον Ενήλικα 2 βρέθηκε ίσο με 0.056 και για τον Ενήλικα 10 υπολογίστηκε ίσο με 0.125.

4.3 Αναμενόμενα οφέλη σοβαρού παιχνιδιού

Τα οφέλη από το σοβαρό παιχνίδι είναι πολλαπλά και πολυειδή και αφορούν όλους τους τομείς της ζωής του χρήστη. Λαμβάνοντας υπόψη την σωματική, πνευματική, ψυχική, κοινωνική υπόσταση κάθε ασθενή διαπιστώνουμε τα εξής: Πρώτον, με το παιχνίδι το παιδί εκπαιδεύεται σε θέματα πρακτικά της καθημερινής του ζωής, όπως η επιλογή των συμβατών με την ασθένειά του τροφών, η αναγκαιότητα πραγματοποίησης των μετρήσεων του σακχάρου του και η λήψη των απαιτούμενων δόσεων ινσουλίνης. Είναι ευνόητο ότι ο εκπαιδευτικός αυτός προσανατολισμός δεν αποτελεί αυτοσκοπό, αλλά στοχεύει ώστε ο ασθενής να κατανοήσει τις ορθές πρακτικές και να αντιληφθεί τις συνέπειες των πράξεων, των λαθών και των παραλείψεων του. Ο απώτερος σκοπός φυσικά είναι η διασφάλιση καλύτερης ποιότητας ζωής του ασθενούς.

Δεύτερον, από την πνευματική σκοπιά, ο χρήστης μέσα στο ασφαλές περιβάλλον του παιχνιδιού καλλιεργεί τη λογική, την κρίση, τη φαντασία, τη μνήμη και την αντίληψή του. Ακόμη, έχει τη δυνατότητα να πειραματιστεί και μέσα από την προσομοίωση να διδαχθεί από τα λάθη του, ώστε να μην τα επαναλάβει στην πραγματική ζωή.

Τρίτον, από την ηθική άποψη, το σοβαρό παιχνίδι συντελεί στην απόκτηση βασικών ηθικών αρχών που θα αποτελέσουν γνώμονα συμπεριφοράς του χρήστη όχι μόνο όσον αφορά τη διαχείριση της ασθένειάς του, αλλά και τη γενικότερη αντιμετώπιση άλλων προβλημάτων. Οι αρχές αυτές είναι η αυτογνωσία, η αυτοπειθαρχία, η υπομονή και η επιμονή. Πρέπει να τονιστεί ότι οι δοκιμασίες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού δίνουν κίνητρο για διαρκή βελτίωση και οδηγούν στην απόκτηση αυτοπεποίθησης, αισιοδοξίας και τελικά ψυχικής ισορροπίας του παιδιού χρήστη. Τα παραπάνω είναι καίριας σημασίας, αν ληφθεί υπόψη ότι ο ΣΔ Τύπου 1 είναι μία ασθένεια που διαγιγνώσκεται σε μικρή ηλικία και η σοβαρότητά της θα μπορούσε να κλονίσει όχι μόνο τη σωματική αλλά και την ψυχική υγεία του παιδιού.

Τελευταίο, αλλά όχι λιγότερο σημαντικό είναι το όφελος που αφορά την κοινωνική υπόσταση του χρήστη. Η δυνατότητα που έχει να επικοινωνεί με συνομήλικους του που πάσχουν και αυτοί από ΣΔ, καθώς και ο βοηθητικός χαρακτήρας που στα πλαίσια του παιχνιδιού δίνει συμβουλές καλλιεργούν τις διαπροσωπικές σχέσεις, την επικοινωνία, την αμοιβαιότητα και ενδεχομένως τη φιλία. Όλα τα παραπάνω όχι μόνο αποτελούν στηρίγματα για τον ασθενή, αλλά είναι και ουσιαστικοί παράγοντες κοινωνικοποίησης.

Συμπεράσματα - Μελλοντική έρευνα

5.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επεκτάθηκε ένα σοβαρό παιχνίδι και δημιουργήθηκε ένα νέο ανεξάρτητο σοβαρό παιχνίδι για παιδιά και έφηβους με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1. Και τα δύο παιχνίδια διαθέτουν πολλά καινοτόμα στοιχεία, τα οποία ως στόχο έχουν να βοηθήσουν τον χρήστη στην καλύτερη διαχείριση της ασθένειάς του.

Κύριος άξονας και ταυτόχρονα καινοτομία του παιχνιδιού είναι το επίπεδο ανασκόπησης, στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει τις δράσεις του συνολικά, καθώς και τα αποτελέσματα που είχαν αυτές στη γλυκόζη του. Η δυνατότητα όμως που έχει για την εμφάνιση και μελέτη των αποτελεσμάτων πιθανών εναλλακτικών επιλογών προς αυτές που είχε κάνει είναι που προσδίδει στο παιχνίδι ακόμη μεγαλύτερη παιδαγωγική αξία.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της τροποποιημένης εφαρμογής του **UVa/Padova T1DM Simulator**, που υπολογίζει τη γλυκόζη του ασθενούς ανά 5 εικονικά λεπτά, για την οποία έγινε εκτενής αναφορά στα κεφάλαια 3.4 και 4.2, αυτά παρουσιάζουν μικρή απόκλιση από τα αναμενόμενα αποτελέσματα που θα προέκυπταν από τη χρήση του αρχικού μοντέλου. Συγκεκριμένα, τις μεγαλύτερες αποκλίσεις εμφάνισε ο εικονικός ασθενής Παιδί 1, με μέσο τετραγωνικό σφάλμα 1.31 όταν το βήμα που χρησιμοποιείται στη μέθοδο **Runge-Kutta** είναι 0.1. Το σφάλμα αυτό θεωρήθηκε ελάχιστο, καθώς τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον συγκεκριμένο αλγόριθμο χρησιμοποιούνται μόνο για την απεικόνισή τους στο διάγραμμα. Έτσι, η διαφορά στα αποτελέσματα δεν είναι ορατή με το μάτι κατά την παρατήρηση του διαγράμματος. Ακόμη, η επιλογή για τη χρήση του αλγορίθμου αυτού βασίζεται στο γεγονός ότι η ταχύτητα κρίνεται πολύ σημαντικότερη από την ακρίβεια των αποτελεσμάτων στο επίπεδο αυτό προκειμένου ο χρήστης να μη χάσει το ενδιαφέρον του περιμένοντας για τον υπολογισμό των ακριβών αποτελεσμάτων. Τέλος, κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί βήμα 0.1 αντί 0.5 στη μέθοδο **Runge-Kutta**, καθώς η επιτάχυνση στους υπολογισμούς με βήμα 0.5 ήταν ελάχιστη, τόση ώστε να μη δικαιολογεί τις διαφορές στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων που προέκυπταν.

Ακόμη, στο παιχνίδι ενσωματώθηκαν πρωτότυποι μηχανισμοί με σκοπό να επιτευχθεί η εξατομίκευση. Οι μηχανισμοί αυτοί εμφανίζονται στις δοκιμασίες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού αλλά και στο επίπεδο απεικόνισης της καμπύλης, με την εφαρμογή εξειδικευμένων αλγορίθμων μάθησης. Η εξατομίκευση γίνεται φανερό και σε άλλα στοιχεία και επίπεδα του παιχνιδιού, όπως στον υπολογισμό της γλυκόζης ή στο προσωπικό σημειωματάριο του χρήστη.

Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός χαρακτήρας του παιχνιδιού είναι φανερός στο επίπεδο ανασκόπησης αλλά

και κατά τη διάρκεια προσομοίωσης της ημέρας, ενώ το ψυχαγωγικό στοιχείο υπάρχει σε όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού, και κυρίως στο επίπεδο της νύχτας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αναφερθέντα, και τα δύο σοβαρά παιχνίδια μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλα για άμεση και πραγματική χρήση από ενδιαφερόμενους νεαρούς ασθενείς. Δεν πρέπει βέβαια να παραβλεφθεί το γεγονός ότι ενυπάρχουν δυνατότητες επέκτασης και προσθήκης νέων στοιχείων σε αυτά.

5.2 Μελλοντική έρευνα

Τα σοβαρά παιχνίδια που αναπτύχθηκαν δίνουν το περιθώριο για μελλοντική ενσωμάτωση σε αυτά νέων στοιχείων και μηχανισμών, που θα αυξήσουν τη λειτουργικότητα και θα βελτιώσουν την αισθητική τους. Ακόμη, όμως, παρέχουν τη δυνατότητα για τη δημιουργία νέων εφαρμογών που θα έχουν ως βάση αυτά ή θα δρουν παράλληλα και συμπληρωματικά προς αυτά ώστε να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα για τα παιδιά ασθενείς και τις οικογένειες τους.

Πιο συγκεκριμένα, ιδιαίτερης σημασίας κρίνεται η περαιτέρω αξιοποίηση της υλοποιηθείσας βάσης δεδομένων. Είναι θεμιτή η προσθήκη νέων πινάκων σε αυτή, για καινούριες λειτουργίες, όπως η αποθήκευση υψηλότερων σκορ, τόσο του κάθε χρήστη ξεχωριστά όσο και μεταξύ όλων των χρηστών του σοβαρού παιχνιδιού. Το τελευταίο μπορεί να συμβάλει στην κατεύθυνση της δημιουργίας συναγωνισμού μεταξύ των παικτών, το οποίο θα αποτελέσει κίνητρο για συνεχή βελτίωσή τους στο παιχνίδι. Επίσης, τα δεδομένα που μέχρι στιγμής αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με επιπλέον τρόπους. Θα ήταν χρήσιμο για τον χρήστη να μπορεί να ανατρέξει σε παλαιότερες ημέρες, τα στοιχεία των οποίων αποθηκεύονται ούτως ή άλλως, ώστε να δει τα αποτελέσματά του τότε, να κάνει σύγκριση με το παρόν όσον αφορά την επίδοσή του και συνεπώς να παρατηρήσει την εξέλιξή του. Επιπλέον, θα ήταν σκόπιμο τα δεδομένα του κάθε χρήστη, κυρίως αυτά που αφορούν τους υπολογιζόμενους δείκτες για τη γλυκόζη του, να γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε να παρατηρηθούν οι αδυναμίες του και να εστιαστεί η προσοχή του στα στοιχεία αυτά που τον δυσκολεύουν. Ακόμα, τα αποτελέσματα που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για ιατρική χρήση και για ερευνητικούς σκοπούς.

Επιπλέον, όσον αφορά τις δοκιμασίες που τίθενται στον χρήστη στα πλαίσια του παιχνιδιού, αυτές αποτελούν σημαντικό κομμάτι του, καθώς εμφανίζονται τόσο κατά τη διάρκεια προσομοίωσης της ημέρας όσο και στο επίπεδο **Review**. Κρίνεται, λοιπόν, επιθυμητό οι δοκιμασίες αυτές να επεκταθούν, να προστεθούν σε αυτές καινούριες κατηγορίες, έτσι ώστε αυτές να μην εξαντλούνται γρήγορα ή να μην εμφανίζονται ίδιες δοκιμασίες σε έναν χρήστη εντός μικρού χρονικού διαστήματος.

Ακόμη, η δυνατότητα του χρήστη να έχει περισσότερη αλληλεπίδραση με άλλους χρήστες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, και κυρίως κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης της ημέρας, θα βοηθούσε ώστε αυτό να καταστεί πιο ενδιαφέρον για το παιδί, ενώ ταυτόχρονα θα ενίσχυε ακόμη περισσότερο τις κοινωνικές του δεξιότητες. Επίσης, η προσθήκη γραφικών καθ' όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού κρίνεται αναγκαία, ώστε αυτό να γίνει πιο θελκτικό και ενδιαφέρον για τον χρήστη.

Όσον αφορά το ανεξάρτητο σοβαρό παιχνίδι, σκόπιμο είναι να δημιουργηθεί μια πλοκή, που θα εμπλέκει την εισαγωγή δεδομένων και ακολούθως την απεικόνιση της καμπύλης. Με αυτό τον τρόπο, ο χρήστης θα αποκτήσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον και κίνητρο για να παίξει το παιχνίδι αυτό. Χρήσιμη θα ήταν, ακόμα, η δημιουργία ενός συστήματος που θα ανταμείβει τον χρήστη σε περίπτωση εισαγωγής των δικών του δεδομένων στο προσωπικό του ημερολόγιο.

Τέλος, δυνατές επεκτάσεις αφορούν τη δημιουργία νέων εφαρμογών που θα δρουν συμπληρωματικά προς το σοβαρό παιχνίδι. Τέτοιες μπορεί να είναι εφαρμογές για τους γονείς ή για τον ιατρό του ασθενούς,

οι οποίοι θα μπορούν μέσω των εφαρμογών αυτών να έχουν πρόσβαση σε στοιχεία του παιδιού στο παιχνίδι και να παρακολουθούν την εξέλιξή του. Έτσι, θα μπορούν να βλέπουν τους τομείς στους οποίους αυτό συναντά δυσκολία και να το συμβουλεύουν όπου θεωρούν ότι είναι αναγκαίο.

Βιβλιογραφία

- [1] Ananya Mandal. History of Diabetes. Available: <http://www.news-medical.net/health/History-of-Diabetes.aspx>. [Online].
- [2] WHO - World Health Organization. Diabetes Programme. Available: https://web.archive.org/web/20140331094533/http://www.who.int:80/diabetes/action_online/basics/en/. [Online].
- [3] Κ. Ζαρχογιάννη. Ευφυή Συστήματα Υποστήριξης Εξατομικευμένων Ιατρικών Αποφάσεων για τη Διαχείριση του Σακχαρώδους Διαβήτη . PhD Thesis. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.
- [4] Ευαγγελία Μαυρικάκη, Μαριάννα Γκρούβα, Αναστασία Καμπούρη. Βιολογία 3η Γυμνασίου. Available: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-C103/395/2617,10275/>. [E-book].
- [5] Rodgers JT, Lerin C, Haas W, Gygi SP, Spiegelman BM, Puigserver P. Nutrient control of glucose homeostasis through a complex of PGC-1alpha and SIRT1. *Nature*, 434(7029):113–118, 2005.
- [6] The National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. What is Diabetes? - Prediabetes & Insulin Resistance. Available: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/diabetes/overview/what-is-diabetes/prediabetes-insulin-resistance>. [Online].
- [7] Craig Freudenrich. How Diabetes works. Available: <http://health.howstuffworks.com/diseases-conditions/diabetes/diabetes.html>. [Online].
- [8] Diabetes.co.uk - The global diabetes community. Diabetes and the Body - Glucagon. Available: <http://www.diabetes.co.uk/body/glucagon.html>. [Online].
- [9] Ζ. Μούσλεχ. Ο ρόλος των ινκρετινών, των αναλόγων ινκρετινών και των αναστολέων της διπεπτιδωλυτικής 4 στην παθοφυσιολογία και τη θεραπευτική αντιμετώπιση του σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2. *Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά*, 22(1):25–38, 2009.
- [10] Ι. Παμπούκας, Ι. Τσαβαρίδης. Τι το νεότερο στη θεραπεία του Σακχαρώδη Διαβήτη;. *Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά*, 20(3):190–206, 2007.

- [11] Α. Κυβεντίδης, Γ. Τζημαγιώνης, Ε. Σπανουδάκης, Τ. Διδάγγελος. Οι επιδράσεις του GLP-1 και των αγωνιστών του υποδοχέα GLP-1 στα βήτα κύτταρα του παγκρέατος. *Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά*, 27(2):111–119, 2014.
- [12] Lahle Wolfe. Islets of hope - What is the pancreas? Available: http://www.isletsofhope.com/medical/pancreas_1.html. [Online].
- [13] Ν Κατσίκη, Φ Ηλιάδης, Α Ζαντίδης, Τ Διδάγγελος. Σακχαρώδης διαβήτης: Διάγνωση και ταξινόμηση. *Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά*, 23(1):78–86, 2010.
- [14] Α. Ζαντίδης, Ν. Κατσίκη, Φ. Ηλιάδης, Τ. Διδάγγελος. Οδηγίες αντιμετώπισης του σακχαρώδους διαβήτη - 2009. *Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά*, 23(1):17–77, 2010.
- [15] IDF Diabetes Atlas, Seventh edition, 2015.
- [16] Α. Dagliati, L. Sacchi, M. Bucalo, D. Segagni, K. Zarkogianni, A. Martinez Millana, J. Cancela, F. Sambo, G. Fico, M.T. Meneu Barreira, C. Cerra, K. Nikita, K. C. Cobelli, L. Chiovato, M.T. Arredondo, R. Bellazzi. A data gathering framework to collect Type 2 diabetes patients data. 2014 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI), παγες 244–247, 1-4 June 2014.
- [17] Diabetes Australia. Managing gestational diabetes. Available: <https://www.diabetesaustralia.com.au/managing-gestational-diabetes>. [Online].
- [18] K.G.M.M. Alberti, P.Z. Zimmet. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications Part 1: Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus Provisional Report of a WHO Consultation. *Diabetic Medicine*, 15(7):539–553, 1998.
- [19] Ε. Andreoulakis, Τ. Hyphantis, D. Kandyliis, Α. Iacovides. Depression in diabetes mellitus: a comprehensive review. *Hippokratia*, 16(3):205–214, 2012.
- [20] Η. Fishbein, P. Palumbo. Acute Metabolic Complications in Diabetes. *Diabetes in America*, 13:283–292, 1995.
- [21] Α. Νικοπολούλου. Διαβητική Κετοξέωση. *Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά*, 24(4):220–234, 2011.
- [22] Ν. Κατσίκη. Υπεροσμωτική Υπεργλυκαιμική Κατάσταση. *Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά*, 20(4):307–318, 2007.
- [23] Miriam F. Delaney, Ariel Zisman, William M. Kettyle. Diabetic Ketoacidosis and hyperglycemic hyperosmolar nonketotic syndrome. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 29(4):683–705, 2000.
- [24] Philip E. Cryer, Stephen N. Davis, Harry Shamoon. Hypoglycemia in Diabetes. *Diabetes Care*, 26(6):1902–1912, 2003.
- [25] Complications of diabetes mellitus. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Complications_of_diabetes_mellitus. [Online].
- [26] Κ. Dalakleidi, Κ. Zarkogianni, V. Karamanos, Α. Thanopoulou, Κ. Nikita. A hybrid genetic algorithm for the selection of the critical features for risk prediction of cardiovascular complications in Type 2 Diabetes patients. IEEE 13th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), παγες 1–4, November 2013.

- [27] Joseph M Pappachan, George I Varughese, Rajagopalan Sriraman, Ganesan Arunagirinathan. Diabetic cardiomyopathy: Pathophysiology, diagnostic evaluation and management. *World J Diabetes*, 4(5):177–189, 2013.
- [28] W. Todd Cade. Diabetes-Related Microvascular and Macrovascular Diseases in the Physical Therapy Setting. *American Physical Therapy Association*, 88(11):1322–1335, 2008.
- [29] Andrew JM Boulton, Loretta Vileikyte, Gunnel Ragnarson-Tennvall, Jan Apelqvist. The global burden of diabetic foot disease. *The Lancet*, 366(9498):1719–1724, 2005.
- [30] Victoria Candland. Diabetic Encephalopathy, Diabetic Connect. Available: <http://www.diabeticconnect.com/diabetes-information-articles/general/1173-diabetic-encephalopathy>. [Online].
- [31] Kalliopi V. Dalakleidi, Konstantia Zarkogianni, Vassilios G. Karamanos, Anastasia C. Thanopoulou, Konstantina S. Nikita . A Hybrid Genetic Algorithm for the Selection of the Critical Features for Risk Prediction of Cardiovascular Complications in Type 2 Diabetes Patients. 13th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE 2013), Chania, Greece, 2013.
- [32] K. Dalakleidi, K. Zarkogianni, A. Thanopoulou, and K. Nikita. Comparative Assessment of Statistical and Machine Learning Techniques Towards Estimating the Risk of Developing Type 2 Diabetes and Cardiovascular Complications. to appear in *Expert Systems*, 2017.
- [33] Margaret Grey, Robin Whittemore, William Tamborlane. Depression in Type 1 diabetes in children, Natural history and correlates. *Journal of Psychosomatic Research*, 53:907–911, 2002.
- [34] Mary De Groot, Ryan Anderson, Kenneth E. Freedland, Ray E. Clouse, Patrick J. Lustman. Association of Depression and Diabetes Complications: A Meta-Analysis", journal = "*Psychosom Med*. 63(4):619–630, 2001.
- [35] Donna Freeborn, Carol A. Loucks, Tina Dyches, Susanne Olsen Roper, Barbara Mandelco. Addressing School Challenges for Children and Adolescents With Type 1 Diabetes: The Nurse Practitioner’s Role. *The Journal for Nurse Practitioners*, 9(1):11–16, 2013.
- [36] HealthCentral Encyclopedia. Hypoglycemia (Diabetic) & Hyperglycemia. Available: <http://www.healthcentral.com/encyclopedia/hc/hypoglycemia---hyperglycemia-3168893/>. [Online].
- [37] American Diabetes Association. Screening for Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, 27(1):11–14, 2004.
- [38] National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. The A1C Test and Diabetes. Available: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/diabetes/overview/tests-diagnosis/a1c-test>. [Online].
- [39] J. Verdú, F. Sambo, B. Di Camillo, C. Cobelli, A. Facchinetti, G. Fico, R. Bellazzi, L. Sacchi, A. Dagliati, D. Segnani, V. Tibollo, M. Ottaviano, R. Gabriel, L. Groop, J. Postma, A. Martinez, L. Hakaste, T. Tuomi, and K. Zarkogianni. Predictive, preventive and personalized medicine in diabetes onset and complication (MOSAIC project). *The EPMA Journal*, 7(1):42–43, 2016.

- [40] Diabetes Australia. Managing type 1. Available: <https://www.diabetesaustralia.com.au/managing-type-1>. [Online].
- [41] Diabetes Australia. Managing type 2. Available: <https://www.diabetesaustralia.com.au/managing-type-2>. [Online].
- [42] Ελληνική Ενδοκρινολογική Εταιρεία. Σακχαρώδης Διαβήτης. Available: <http://www.endo.gr>. [Online].
- [43] Diabetes Australia. Blood glucose monitoring. Available: <https://www.diabetesaustralia.com.au/blood-glucose-monitoring>. [Online].
- [44] Γ. Κυριακίδης, Ε. Βέρρου, Ι. Καραφώλας. Σακχαρώδης Διαβήτης της κύησης. Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά, 18(1):17–21, 2005.
- [45] American Diabetes Association. Physical Activity is important. Available: <http://www.diabetes.org/food-and-fitness/fitness/physical-activity-is-important.html>. [Online].
- [46] Diabetes Australia. What should I eat? Available: <https://www.diabetesaustralia.com.au/what-should-i-eat>. [Online].
- [47] Κλεοπάτρα Ζουμπουρλή. Ο διαβήτης σε αριθμούς. Διαστάσεις επιδημίας λαμβάνει ο σακχαρώδης διαβήτης στην Ελλάδα. Available: <http://medlabgr.blogspot.com/2013/11/o.html>. [Online].
- [48] S.G. Mougiakakou, C. Bartsocas, E. Bozas, N. Chaniotakis, D. Iliopoulou, I. Kouris, S. Pavlopoulos, A. Prountzou, M. Skevofylakas, A. Tsoukalis, K. Varotsis, A. Vazeou, K. Zarkogianni and K. S. Nikita. SMARTDIAB: A Communication and Information Technology Approach for the Intelligent Monitoring, Management and Follow-up of Type 1 Diabetes Patients. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Special Issue: New and Emerging Trends in Bioinformatics and Bioengineering, 14(3):622–633, 2010.
- [49] K. Zarkogianni, E. Litsa, A. Vazeou, and K.S. Nikita. Personalized glucose-insulin metabolism model based on self-organizing maps for patients with type 1 diabetes mellitus. 13th IEEE International Conference on Bioinformatics and BioEngineering (BIBE 2013), November 10-13, παγες 1–4, 2013.
- [50] Konstantia Zarkogianni and Konstantina S. Nikita. Personal Health Systems for Diabetes Management, Early Diagnosis and Prevention. Handbook of Research on Trends in the Diagnosis and Treatment of Chronic Conditions, IGI Global Dessinator of Knowledge, ed. Dimitrios Fotiadis, παγες 465–494, 2015.
- [51] K. Zarkogianni and Konstantina S. Nikita. Personal Health Systems for Diabetes Management. In Festschrift for Professor Christos S. Bartsocas, ZHTA – Medical Publications, παγες 432–440, 2012.
- [52] Κ. Νικήτα Κ. Ζαρκογιάννη. Προσωπικά συστήματα υγείας για τη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη. Σακχαρώδης Διαβήτης Φροντίδα για όλους, ΕΛΟΔΙ, (25):28–30, 2012.

- [53] J. Tamada and M. Tierney. Keeping Watch On Glucose, IEEE SPECTRUM, 1 April 2002. Available: <http://spectrum.ieee.org/biomedical/devices/keeping-watchon-glucose>. [Online].
- [54] David C. Klonoff. Continuous Glucose Monitoring, American Diabetes Association. Available: <http://care.diabetesjournals.org/content/28/5/1231.full>. [Online].
- [55] K. Zarkogianni, K. Mitsis, E. Litsa, MT Arredondo, G. Fico, A. Fioravanti, K. S. Nikita. Comparative assessment of glucose prediction models for Patients with Type 1 Diabetes Mellitus applying sensors for glucose and physical activity monitoring. Medical & Biological Engineering & Computing, 53(12):1333–1343, 2015.
- [56] Κ. Μήτσης. Ανάπτυξη εξατομικευμένου μοντέλου προσομοίωσης του μεταβολισμού γλυκόζης-ινσουλίνης σε άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1 βασισμένο σε νευρο-ασαφή λογική. Master Thesis. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2014.
- [57] Μ. Αθανασίου. Ανάπτυξη Ελεγκτή Γλυκόζης για Άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 1: Χρήση Αναλογικού Διαφορικού Ελέγχου με Εξασθένηση Μνήμης. Master Thesis. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2015.
- [58] Diabetes UK. Insulin Types and Information. Available: <http://www.diabetes.co.uk/insulin/insulin-types.html>. [Online].
- [59] Diabetes UK. Animal Insulin. Available: <http://www.diabetes.co.uk/insulin/animal-insulin.html>. [Online].
- [60] Joslin Diabetes Center. Insulin A to Z: A Guide on Different Types of Insulin. Available: http://www.joslin.org/info/insulin_a_to_z_a_guide_on_different_types_of_insulin.html. [Online].
- [61] American Diabetes Association. Insulin Routines. Available: <http://www.diabetes.org/living-with-diabetes/treatment-and-care/medication/insulin/insulin-routines.html>. [Online].
- [62] Medtronic. Insulin Pump Therapy. Available: <https://www.medtronicdiabetes.com/treatments/insulin-pump-therapy>. [Online].
- [63] American Diabetes Association. Insulin Pumps. Available: <http://www.diabetes.org/living-with-diabetes/treatment-and-care/medication/insulin/insulin-pumps.html?referrer=https://www.google.gr/>. [Online].
- [64] S. Mougiakakou, A. Prountzou, K. Zarkogianni, C. Bartsocas, K. Nikita, A. Gerasimidi-Vazeou. Prediction of glucose profile in children with type 1 diabetes mellitus using continuous glucose monitors and insulin pumps. Hormone Research, 70(1):22–23, 2008.
- [65] K. Zarkogianni and K. Nikita. Special issue on emerging technologies for the management of diabetes mellitus. Medical & Biological Engineering & Computing, 53(12):1255–1258, 2015.

- [66] U.S. FDA. What is the pancreas? What is an artificial pancreas device system? Available: <https://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/HomeHealthandConsumer/ConsumerProducts/ArtificialPancreas/ucm259548.html>. [Online].
- [67] K. Zarkogianni, E. Litsa, K. Mitsis, P. Wu, C.D. Kaddi, C. Cheng, M. D. Wang, K. S. Nikita. A Review of Emerging Technologies for the Management of Diabetes Mellitus. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(12):2735–2749, 2015.
- [68] K. Zarkogianni, A. Vazeou, S.G. Mougiakakou, A. Prountzou, K.S. Nikita. An insulin infusion advisory system based on autotuning nonlinear model-predictive control. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 58(9):2467–2477, 2011.
- [69] K. Zarkogianni, K. Mitsis, M.-T. Arredondo, G. Fico, A. Fioravanti, and K. Nikita. Neuro-Fuzzy Based Glucose Prediction Model for Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *IEEE-EMBS International Conferences on Biomedical and Health Informatics*, June 2014.
- [70] DIABETES IN CONTROL. FDA Approves First Artificial Pancreas. Available: <http://www.diabetesincontrol.com/fda-approves-first-artificial-pancreas/>. [Online].
- [71] Kai Huotari, Juho Hamari. Defining gamification: a service marketing perspective. *MindTrek '12 Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference*, παγες 17–22, 2012.
- [72] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, Lennart Nacke. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. *MindTrek '11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, παγες 9–15, 2011.
- [73] Juho Hamari, Jonna Koivisto, Harri Sarsa. Does Gamification Work? — A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, At Hawaii, USA, 2014.
- [74] Jennifer Van Grove. Gamification: How Competition Is Reinventing Business, Marketing & Everyday Life. Available: <http://mashable.com/2011/07/28/gamification>. [Online].
- [75] Matt Dianels. Businesses need to get in the game. Available: <https://www.marketingweek.com/2010/09/23/businesses-need-to-get-in-the-game/>. [Online].
- [76] Alaa AlMarshedi, Gary Wills, Ashok Ranchhod. Gamifying Self-Management of Chronic Illnesses: A Mixed-Methods Study. *JMIR serious games*, 4(2), 2016.
- [77] Wendy Hsin-Yuan Huang, Dilip Soman. A Practitioner’s Guide To Gamification Of Education. *Rotman school of Management- Univeristy of Toronto*, 2013.
- [78] Tarja Susi, Mikael Johannesson, Per Backlund. Serious Games – An Overview. Technical Report, School of Humanities and Informatics University of Skövde, Sweden, 2007.
- [79] Simon McCallum. Gamification and Serious Games for Personalized Health. *pHealth 2012, Proceedings of the 9th International Conference on Wearable Micro and Nano Technologies for Personalized Health*, 2012.

- [80] Michael F. Young, Stephen Slota, Andrew B. Cutter et al. Our Princess Is in Another Castle: A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research*, 82(1):61–89, 2012.
- [81] Playing History Series. Available: <http://www.playinghistory.eu/>. [Online].
- [82] Virtual Iraq. Available: <http://www.virtuallybetter.com/virtual-iraq/>. [Online].
- [83] Hadi Kharrazi, Amy Shirong Lu, Fardad Gharghabi, Whitney Coleman. A Scoping Review of Health Game Research: Past, Present, and Future. *Games For Health*, 1(2):153–164, 2012.
- [84] Graafland M1, Schraagen JM, Schijven MP. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *The British journal of surgery*, 99(10):1322–1330, 2012.
- [85] Katryna Starks. Cognitive behavioral game design: a unified model for designing serious games. *Frontiers in Psychology*, 5(28), 2014.
- [86] Bruno Bouchard, Frédérick Imbeault, Abdenour Bouzouane, Bob-Antoine J. Menelas. Developing Serious Games Specifically Adapted to People Suffering from Alzheimer. *Serious Games Development and Applications*, 7528:243–254, 2012.
- [87] Lumocity. Available: <https://www.lumosity.com/>. [Online].
- [88] Theresa M. Fleming, Lynda Bavin, Karolina Stasiak, Eve Hermansson-Webb, Sally N. Merry, Colleen Cheek, Mathijs Lucassen, Ho Ming Lau, Britta Pollmuller, Sarah Hetrick. Serious Games and Gamification for Mental Health: Current Status and Promising Directions. *Frontiers in Psychiatry*, 7(215), 2016.
- [89] Elude. Available: <http://gambit.mit.edu/loadgame/elude.php>. [Online].
- [90] Muhammad S. AL-Qurishi, Mohamed A. Mostafa, Mabrook S. Alrakhami, Atif M. Alamri. StarsRace: A mobile collaborative serious game for obesity. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops*, 2014.
- [91] P. Rego, P. Moreira, L. Reis. Serious Games for Rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. *5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Santiago de Compostela, Spain, 2010.
- [92] L. Omelina, B. Jansen, B. Bonnechere, S. Van Sint Jan, J. Cornelis. Serious games for Physical rehabilitation: designing highly configurable and adaptable games. *9th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, Laval, France, 2012.
- [93] The Diabetic Dog. Available: <https://www.nobelprize.org/educational/medicine/insulin/game/insulin.html>. [Online].
- [94] Mihaela Alina Capruciu. Educational video games for improving diabetes self-care: Can this be a relevant tool for insulin dependent diabetic children?. Master Thesis. Aarhus University. BSS Department of Business Administration, 2012.
- [95] Carb Counting with Lenny. Available: <http://www.lenny-diabetes.com/carb-counting-with-lenny.html>. [Online].

- [96] Monster Manor. Available: <https://ayogo.com/blog/monster-manor/>. [Online].
- [97] Kamel Boulos MN, Gammon S, Dixon MC, MacRury SM, Fergusson MJ, Miranda Rodrigues F, Mourinho Baptista T, Yang SP. Digital Games for Type 1 and Type 2 Diabetes: Underpinning Theory With Three Illustrative Examples. *JMIR Serious Games*, 3(1), 2015.
- [98] mySugr App. Available: <https://mysugr.com/>. [Online].
- [99] mySugr: The BEST App for Diabetes! Available: <https://www.diabetesdaily.com/blog/2013/10/mysugr-the-best-app-for-diabetes/>. [Online].
- [100] MySugr Diabetes Companion App - Review. Available: <http://www.healthline.com/diabetesmine/mysugr-diabetes-companion-app-review>. [Online].
- [101] Archimage - Health Games. Available: <http://www.archimage.com/health-games.cfm>. [Online].
- [102] Debbe Thompson, Tom Baranowski, Richard Buday, Janice Baranowski, Victoria Thompson, Russell Jago, Melissa Juliano Griffith. Serious Video Games for Health: How Behavioral Science Guided the Development of a Serious Video Game. *Simul Gaming*, 41(4):587–606, 2010.
- [103] Tom Baranowski, Janice Baranowski, Debbe Thompson, Richard Buday, Russ Jago, Melissa Juliano Griffith, Noemi Islam, Nga Nguyen, Kathleen B. Watson. Video Game Play, Child Diet, and Physical Activity Behavior Change. *American Journal of Preventive Medicine*, 40(1):33–38, 2011.
- [104] Alice Chan, Lutz Heinemann, Stacey M. Anderson, Marc D. Breton, Boris P. Kovatchev. Nonlinear Metabolic Effect of Insulin across the Blood Glucose Range in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 4(4):873–881, 2010.
- [105] Δ. Τσεκουράς. Σχεδίαση και υλοποίηση σοβαρού παιχνιδιού για την εκπαίδευση παιδιών με Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 1 . Master Thesis. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2016.
- [106] Bruce Schneier. Description of a New Variable-Length Key, 64-Bit Block Cipher (Blowfish). *Fast Software Encryption, Cambridge Security Workshop Proceedings*. Springer-Verlag, 809:191–204, 1993.
- [107] William Clarke and Boris Kovatchev. Statistical Tools to Analyze Continuous Glucose Monitor Data. *DIABETES TECHNOLOGY & THERAPEUTICS*, 11(1), 2009.
- [108] Alan D. Baddeley. *Human Memory: Theory and Practice*. 1997.
- [109] Robert Harris. Learning Strategy 10: The Leitner Flash Card System . Available: <http://www.virtualsalt.com/learn10.html>. [Online].