



Σύγκριση πρωτοκόλλων διαλειμματικής προπόνησης σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας πλήρους εμπύθισης και σε τυπικής άσκησης ως προς τις τιμές γλυκόζης ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2

Κούρκουλου, Χ*, Γιαννούση, Μ., Λιάκος, Χ., Σπάσης, Α., Βερναδάκης, Ν.
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα αποσκοπούσε στη σύγκριση των αποτελεσμάτων διαφορετικών πρωτοκόλλων διαλειμματικής προπόνησης σε περιβάλλον πλήρους εικονικής πραγματικότητας και τυπικής άσκησης, αναφορικά με τις τιμές γλυκόζης στο αίμα των ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Ένα πρωτόκολλο υλοποιήθηκε σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, ενώ το άλλο σε τυπικό περιβάλλον άσκησης. Στην έρευνα συμμετείχαν δέκα διαβητικοί (n=10), ηλικίας 43-74 ετών (6 άνδρες, 4 γυναίκες), οι οποίοι ακολούθησαν τα δύο προγράμματα προπόνησης. Κάθε πρόγραμμα περιλάμβανε διαλειμματική προπόνηση μέτριας έντασης διάρκειας 31 λεπτών, με προθέρμανση 3 λεπτών, δύο κύκλους ασκήσεων 10 λεπτών με ενδιάμεσο διάλειμμα 5 λεπτών και αποθεραπεία 3 λεπτών. Στην αρχή και στο τέλος κάθε συνεδρίας, μετρήθηκε η γλυκόζη αίματος των συμμετεχόντων, μετά τη χορήγηση 13,3 γραμμαρίων υδατανθράκων μέσω σνακ, χρησιμοποιώντας το μηχάνημα ABBOTT Freestyle Precision Neo. Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Two-Way Repeated Measures ANOVA). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στα επίπεδα γλυκόζης μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων. Συμπερασματικά, η επιλογή περιβάλλοντος προπόνησης δεν επηρέασε σημαντικά τα επίπεδα γλυκόζης ατόμων με διαβήτη τύπου 2, υποδηλώνοντας ότι η επίδραση των διαφορετικών περιβαλλόντων προπόνησης ήταν παρόμοια.

Λέξεις κλειδιά: εικονική πραγματικότητα, πλήρης εμπύθιση, σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, διαλειμματική προπόνηση.

Εισαγωγή

Ο διαβήτης αναγνωρίζεται ως μία από τις πλέον διαδεδομένες χρόνιες παθήσεις παγκοσμίως, αποτελώντας ένα σημαντικό δημόσιο θέμα υγείας. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, περισσότεροι από 422 εκατομμύρια άνθρωποι πάσχουν από διαβήτη, με την ασθένεια να προκαλεί 1.5 εκατομμύρια θανάτους ετησίως (Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, 2016). Οι αριθμοί αυτοί αναμένονται να αυξηθούν δραματικά τα επόμενα χρόνια, με τις προβλέψεις να δείχνουν ότι ο αριθμός των ατόμων με διαβήτη θα μπορούσε να φτάσει τα 700 εκατομμύρια μέχρι το 2045 (Saeedi

Διεύθυνση αλληλογραφίας:

Χαριτίνη Αντωνία Κούρκουλου Κουσουήνη
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Πανεπιστημιούπολη, 69100 Κομοτηνή

E-mail:

charkour3@phyed.duth.gr

et al., 2019). Ο διαβήτης συχνά συνοδεύεται από σοβαρές υγειονομικές επιπλοκές όπως καρδιαγγειακές παθήσεις, νεφρική ανεπάρκεια, οφθαλμικά και νευρολογικά προβλήματα, αυξάνοντας τον κίνδυνο πρόωρου θανάτου (Canto et al., 2019). Επιπλέον, οι επιπλοκές αυτές συνδέονται με σημαντική επιβάρυνση των συστημάτων υγείας και της κοινωνίας, λόγω των αυξημένων ιατρικών εξόδων και της απώλειας παραγωγικότητας (Bommer et al., 2018). Παρά τις προόδους στη διαχείριση του διαβήτη, οι επιπλοκές αυτές συνεχίζουν να αποτελούν μία μεγάλη πρόκληση για τους επαγγελματίες υγείας και τους ασθενείς.

Οι αιτίες εμφάνισης του διαβήτη είναι πολυπαραγοντικές, περιλαμβάνοντας γενετικούς παράγοντες, υπερβολικό βάρος, καθιστικό τρόπο ζωής και ανθυγιεινή διατροφή (Zimmet, Alberti, & Shaw, 2001). Ειδικότερα, ο συνδυασμός γενετικής προδιάθεσης και περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως η αυξημένη κατανάλωση ζάχαρης και η έλλειψη φυσικής δραστηριότητας, έχει συμβάλει στην παγκόσμια επιδημία του διαβήτη (Hu, 2011). Η αύξηση της παγκόσμιας επιδημίας του διαβήτη υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για αποτελεσματικές παρεμβάσεις πρόληψης και θεραπείας, με στόχο τη μείωση της σοβαρότητας της νόσου (Colberg et al., 2010). Η πρόληψη και η διαχείριση του διαβήτη απαιτούν πολυδιάστατες προσεγγίσεις, που περιλαμβάνουν τη βελτίωση της διατροφής, την αύξηση της φυσικής δραστηριότητας, την εκπαίδευση των ασθενών και την εφαρμογή φαρμακευτικών θεραπειών. Νεότερες ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται επίσης στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών, όπως η χρήση τεχνητής νοημοσύνης για την εξατομίκευση της θεραπείας και η ανάπτυξη νέων φαρμακευτικών ουσιών που στοχεύουν σε συγκεκριμένους μοριακούς μηχανισμούς του διαβήτη (Sugandh et al., 2023).

Στο πλαίσιο αυτό, η άσκηση αποτελεί ένα θεραπευτικό μέσο με αδιαμφισβήτητα οφέλη για τη διαχείριση και την πρόληψη του διαβήτη. Τακτική φυσική δραστηριότητα μπορεί να βελτιώσει την ινσουλινοευαισθησία, να μειώσει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα και να μειώσει τον κίνδυνο επιπλοκών (Bird & Hawley, 2017). Επιπρόσθετα, η άσκηση βελτιώνει την καρδιαγγειακή υγεία και τη συνολική ποιότητα ζωής, ενισχύοντας τη σωματική κατάσταση και την ψυχική ευημερία (Cadmus-Bertram, 2016). Νεότερες μελέτες επιβεβαιώνουν ότι η τακτική άσκηση μπορεί να μειώσει τη θνησιμότητα από διαβήτη και να βελτιώσει τα μεταβολικά προφίλ των ασθενών (Schellenberg et al., 2021). Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις ότι η άσκηση μπορεί να μειώσει το οξειδωτικό στρες και τη φλεγμονή, παράγοντες που συνδέονται με την ανάπτυξη και τις επιπλοκές του διαβήτη (Yanai et al., 2018).

Παρά τα οφέλη, πολλοί ασθενείς βρίσκουν δυσκολία στην τακτική άσκηση λόγω ποικίλων πρακτικών και ψυχολογικών εμποδίων (Korkiakangas, Alahuhta & Laitinen, 2009). Οι κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες, όπως η έλλειψη χρόνου, οι επαγγελματικές υποχρεώσεις, και οι οικονομικές δυσκολίες, συχνά αποθαρρύνουν την τακτική φυσική δραστηριότητα. Εδώ αναδεικνύεται η ανάγκη για εναλλακτικές μορφές άσκησης, όπως η εικονική πραγματικότητα (ΕΠ). Η ΕΠ προσφέρει μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική, καθώς συνδυάζει την τεχνολογία με τη φυσική δραστηριότητα, δημιουργώντας ενθαρρυντικά και διαδραστικά περιβάλλοντα που μπορούν να αυξήσουν τα εσωτερικά κίνητρα και να κάνουν την άσκηση πιο διασκεδαστική και προσβάσιμη (Anderson-Hanley et al., 2018). Ακόμη, ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας μπορεί να ενισχύσει την αίσθηση της παρουσίας και να μειώσει την αντίληψη του χρόνου που περνάει, κάνοντας την άσκηση να φαίνεται λιγότερο κουραστική και πιο απολαυστική (Vogt et al., 2015). Η σύγκριση των διαφορετικών μορφών εικονικής πραγματικότητας υποδεικνύει ότι ενώ όλες οι μορφές μπορούν να ενισχύσουν τα εσωτερικά κίνητρα για άσκηση, οι πλήρως εμβυθιστικές εμπειρίες ενδέχεται να προσφέρουν τα μεγαλύτερα οφέλη (Mouatt et al., 2020). Πρόσφατες έρευνες



δείχνουν ότι η χρήση εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας σε άτομα με διαβήτη, προσφέροντας μία βιώσιμη και αποτελεσματική λύση (Gruber et al., 2023).

Ειδικότερα, η εικονική πραγματικότητα έχει χρησιμοποιηθεί για την πρόληψη επιπλοκών σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2, ενθαρρύνοντας και κινητοποιώντας την άσκηση, καταπολεμώντας την κατάθλιψη (Fu, Hu & Sundstedt, 2022; Neira-Tovar & Castilla Rodriguez, 2017; Neira-Tovar & Elizondo Elizondo, 2018) και βοηθώντας τους ασθενείς να κάνουν υγιεινές επιλογές ζωής (Vaughan, 2024).

Εκτός από τον διαβήτη, η ΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί για την πρόληψη και άλλων ασθενειών, όπως η προώθηση της άσκησης, η εκπαίδευση σε υγιεινές συμπεριφορές και η βελτίωση της ψυχικής υγείας, περιλαμβανομένων περιπτώσεων όπως το Αλτσχάιμερ και τα εγκεφαλικά επεισόδια (Fu et al., 2022). Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί θεραπείες ΕΠ σε διάφορους τομείς της υγείας, οι οποίες περιλαμβάνουν αποκατάσταση βάδισης, θεραπεία μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, φυσιοθεραπεία για τη σκλήρυνση κατά πλάκας και επικουρικές θεραπείες, όπως η απόσπαση της προσοχής από τον πόνο (Fu et al., 2022; Vaughan, 2024). Ορισμένα από αυτά τα χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να προσαρμοστούν και να εφαρμοστούν προς όφελος των ατόμων με διαβήτη, συμβάλλοντας στην πρόληψη και τη διαχείριση της ασθένειας.

Επιπλέον, όσον αφορά τη διαχείριση του διαβήτη, η ΕΠ έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει θετικά την αυτοδιαχείριση της ασθένειας (Kerr, Axelrod, Hoppe & Klonoff, 2018) και μπορεί να διευκολύνει την απώλεια βάρους (Coons, Roehrig & Spring, 2011). Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για άτομα που λαμβάνουν ινσουλίνη, βοηθώντας τους να αντιμετωπίσουν κοινές προκλήσεις, όπως η σωματική άσκηση, τα μακρινά αεροπορικά ταξίδια ή η προετοιμασία για χειρουργικές επεμβάσεις (Kerr et al., 2018).

Σύμφωνα με τους Kerr et al. (2018) και Vaughan (2024), μέχρι το 2030, η χρήση της ΕΠ για τη διαχείριση του διαβήτη αναμένεται να επεκταθεί, περιλαμβάνοντας τη βελτίωση των διατροφικών συνηθειών, τη διευκόλυνση της απώλειας βάρους, την αύξηση της φυσικής δραστηριότητας και άλλες αλλαγές στον τρόπο ζωής.

Συνεπώς, η χρήση της εικονικής πραγματικότητας για την πρόληψη και την υποστήριξη της αυτοδιαχείρισης του διαβήτη έχει δείξει δυνατότητες ως μια νέα ευκαιρία, μέσω της αυτοματοποίησης και της εμπύθισης, ωστόσο, οι ερευνητικές προσπάθειες βρίσκονται ακόμη στα πρώτα τους στάδια και τα άτομα πρέπει να εκπαιδευτούν κατάλληλα στη χρήση αυτών των τεχνολογιών (Rollo et al., 2016; Vaughan, 2024).

Γι' αυτό σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η σύγκριση των αποτελεσμάτων διαφορετικών πρωτοκόλλων διαλειμματικής προπόνησης που εφαρμόστηκαν σε περιβάλλον πλήρους εικονικής πραγματικότητας (ΠΕΕΠ) και τυπικής άσκησης (ΤΑ), όσον αφορά τις τιμές γλυκόζης στο αίμα. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν:

1. Θα υπάρχουν διαφορές στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ των ομάδων ΠΕΕΠ και ΤΑ;
2. Οι μέσοι όροι των επιπέδων γλυκόζης των ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 θα διαφέρουν μεταξύ της αρχικής και της τελικής μέτρησης;
3. Θα υπάρχουν διαφορές στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ των ομάδων ΠΕΕΠ και ΤΑ κατά την αρχική και την τελική μέτρηση;

Η έρευνα αυτή στοχεύει να παράσχει νέα δεδομένα και να προωθήσει τη χρήση τεχνολογικών καινοτομιών στον τομέα της υγείας, ενισχύοντας την ποιότητα ζωής και την υγεία των ασθενών.



Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Η έρευνα αυτή βασίστηκε σε ένα δείγμα 10 ατόμων ηλικίας 43-74 ετών, τα οποία είχαν διαγνωστεί με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Συγκεκριμένα, το δείγμα περιλάμβανε 6 άνδρες και 4 γυναίκες. Η μέση ηλικία των συμμετεχόντων ήταν περίπου 59,5 έτη ($\pm 11,5$ έτη). Το ύψος τους κυμαινόταν από 158 cm έως 182 cm, με μέσο όρο περίπου 169,2 cm. Οι τιμές του Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI) κυμαίνονταν από 27,3 έως 31,5, με μέσο όρο περίπου 32,4.

Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων περιλάμβαναν: μέση μυϊκή μάζα 54,7 kg, με κατανομή στα άνω άκρα (3,24 kg στο αριστερό και 3,32 kg στο δεξί) και στα κάτω άκρα (9,42 kg στο αριστερό και 9,66 kg στο δεξί). Το ποσοστό σωματικού λίπους ήταν 35,3%, ενώ η μέση σωματική υγρασία και η μέση Βασική Μεταβολική Ενέργεια (BMR) ήταν 41,8 kg και 1755,0 kcal αντίστοιχα. Βάσει των μέσων όρων, οι συμμετέχοντες παρουσίαζαν την εικόνα ενός παχύσαρκου ατόμου.

Η καθημερινή φυσική δραστηριότητα των συμμετεχόντων ποίκιλε, με ορισμένους να συμμετέχουν σε τακτικές μορφές άσκησης όπως περπάτημα, ψάρεμα, και συμμετοχή σε προγράμματα παραδοσιακών χορών, ενώ άλλοι είχαν πιο καθιστικό τρόπο ζωής. Αυτή η διαφορά μπορούσε να σχετίζεται με την ηλικία, τη φυσική κατάσταση και τις προτιμήσεις κάθε ατόμου.

Όργανα Μέτρησης

Η γλυκόζη των συμμετεχόντων μετρήθηκε με τη χρήση του μηχανήματος ανάλυσης ABBOTT Freestyle Precision Neo, με τους συμμετέχοντες να διατηρούν συγκεκριμένη σειρά κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το ABBOTT Freestyle Precision Neo αποτελεί ένα όργανο μέτρησης γλυκόζης στο αίμα υψηλής ακρίβειας, γνωστό για την αξιόπιστη απόδοσή του. Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμες συγκεκριμένες μελέτες για το συγκεκριμένο μοντέλο, άλλα προϊόντα της ABBOTT, όπως τα FreeStyle Flash, FreeStyle Libre και FreeStyle Navigator, έχουν δείξει υψηλές επιδόσεις ακρίβειας σε διάφορες κλινικές συνθήκες.

Για παράδειγμα, το FreeStyle Libre έχει δείξει υψηλή ακρίβεια με MARD (Mean Absolute Relative Difference) τιμές 9,4% σε κλινικές μελέτες (Bailey et al., 2015). Το FreeStyle Navigator έχει επίσης αναφερθεί με MARD τιμές που κυμαίνονται από 11,8% έως 12,8%, αναδεικνύοντας την ακρίβεια και την αξιοπιστία του σε πραγματικές συνθήκες χρήσης (Leelarathna et al., 2014).

Αυτές οι τιμές υποδηλώνουν ότι η ABBOTT διαθέτει σημαντική εμπειρία και τεχνογνωσία στην ανάπτυξη αξιόπιστων συστημάτων παρακολούθησης γλυκόζης. Η ακρίβεια και η εγκυρότητα αυτών των συσκευών παρέχουν μια κύρια βάση για την αξιοπιστία του Freestyle Precision Neo, αν και συγκεκριμένες μελέτες για το ίδιο το μοντέλο θα ενίσχυαν περαιτέρω αυτή την εμπιστοσύνη.

Η χρήση του ABBOTT Freestyle Precision Neo στη μέτρηση της γλυκόζης εξασφάλισε ότι οι μετρήσεις ήταν ακριβείς και αξιόπιστες, γεγονός που είναι κρίσιμο για τη διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων στη συγκεκριμένη έρευνα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η ABBOTT στις συσκευές της είναι αναγνωρισμένη για τη συμβολή της στην ακριβή παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης, προσφέροντας συνεχή και ακριβή δεδομένα που είναι απαραίτητα για τη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2.

Συνοψίζοντας, το ABBOTT Freestyle Precision Neo αποδείχθηκε ένα αξιόπιστο εργαλείο στη συγκεκριμένη έρευνα, συμβάλλοντας στη διατήρηση της ακρίβειας των μετρήσεων γλυκόζης. Η ευρύτερη εμπειρία της ABBOTT στην ανάπτυξη συσκευών παρακολούθησης γλυκόζης ενισχύει



την εμπιστοσύνη στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, επιτρέποντας μια αξιόπιστη και ακριβή αξιολόγηση της κατάστασης των συμμετεχόντων (Renaud, Hare, Wood, Steele & Cantor, 2022).

Διαδικασία

Η διαδικασία ξεκίνησε με την επαφή με το Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, όπου το πρόγραμμα γυμναστικής για άτομα με διαβήτη τύπου 2 υλοποιείται τα τελευταία τρία έτη. Ακολούθησε συνάντηση με τον υπεύθυνο καθηγητή και ενημέρωση των συμμετεχόντων για τη διαδικασία συλλογής δεδομένων. Το δείγμα συμμετείχε σε δύο προγράμματα διαλειμματικής προπόνησης: τυπικής άσκησης και πλήρους εικονικής πραγματικότητας.

Στις διαδικασίες μέτρησης συμμετείχαν δύο εθελοντές με εμπειρία στην καταγραφή μετρήσεων γλυκόζης. Από τους εθελοντές ζητήθηκε να καταγράφουν τις μετρήσεις γλυκόζης των συμμετεχόντων τόσο στην αρχή όσο και στο τέλος των προγραμμάτων παρέμβασης. Οι μετρήσεις αυτές ήταν κρίσιμες για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των προγραμμάτων άσκησης που εφαρμόστηκαν. Οι εθελοντές, λόγω της εμπειρίας τους, εξασφάλιζαν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεων, που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση γλυκομέτρων και ειδικών ταινιών μέτρησης.

Πριν την έναρξη των μετρήσεων, και στα δύο πρωτόκολλα, οι εθελοντές και οι ασκούμενοι συναντήθηκαν στον χώρο διεξαγωγής του πειράματος, όπου ενημερώθηκαν για τις προβλεπόμενες διαδικασίες και συμπλήρωσαν τις ατομικές τους καρτέλες με τα προσωπικά τους στοιχεία και πληροφορίες σχετικές με την καθημερινή τους φυσική δραστηριότητα. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε διαδικασία χορήγησης 13,3 γραμμαρίων υδατανθράκων μέσω ενός σνακ, ακολούθησε 10 λεπτά ακινησίας, προκειμένου να επιτευχθεί η επίδραση της γλυκόζης, και πραγματοποιήθηκε η αρχική μέτρηση γλυκόζης.

Το πρόγραμμα παρέμβασης διήρκεσε 31 λεπτά. Αρχικά, οι συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν σε απόσταση ο ένας από τον άλλον στον ανοιχτό χώρο. Εκεί, η γυμνάστρια παρουσίασε το ασκησιολόγιο και παρείχε αναλυτικές οδηγίες για τη διαδικασία. Στο τέλος της αποθεραπείας πραγματοποιήθηκε η τελική μέτρηση της γλυκόζης.

Για τις μετρήσεις της γλυκόζης αίματος, κάθε συμμετέχων χρησιμοποιούσε το προσωπικό του στυλό τρυπήματος για να πραγματοποιήσει μία μικρή τρύπα στην περιοχή του δακτύλου, επιτρέποντας την ανάληψη μιας μικρής ποσότητας αίματος. Η μέτρηση της γλυκόζης γινόταν με τη χρήση μιας ειδικής ταινίας τοποθετημένης σε γλυκομετρικό σύστημα, η οποία αντλούσε τη σταγόνα αίματος για ανάλυση. Η τιμή της γλυκόζης καταγραφόταν από τον εθελοντή στην ατομική καρτέλα κάθε συμμετέχοντα.

Πρόγραμμα Παρέμβασης

Η εν λόγω παρέμβαση, όπως παρουσιάζεται παραπάνω, πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη βελτίωση της σωματικής φυσικής κατάστασης, εστιάζοντας ιδιαίτερα στην ενίσχυση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής και της μυϊκής ενδυνάμωσης. Η παρέμβαση, διάρκειας 31 λεπτών, πραγματοποιήθηκε σε ανοιχτό χώρο του πανεπιστημίου, ένα περιβάλλον οικείο για τους ασκούμενους, διασφαλίζοντας έτσι μια άνετη και γνώριμη εμπειρία. Το πρόγραμμα προσέφερε μια μέτριας έντασης προπόνηση, σχεδιασμένη να είναι προσβάσιμη και εφικτή για άτομα διαφόρων επιπέδων φυσικής κατάστασης, εξασφαλίζοντας την ασφαλή και αποτελεσματική βελτίωση της



σωματικής φυσικής κατάστασης. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε ομάδες τυχαίων αριθμών ατόμων λόγω δυσκολίας εύρεσης κοινών ωρών.

Κατά την έναρξη των προγραμμάτων, οι ασκούμενοι βρίσκονταν σε απόσταση ο ένας από τον άλλον. Η προθέρμανση περιλάμβανε διατάσεις διάρκειας τριών λεπτών, εστιάζοντας στην προετοιμασία των συμμετεχόντων με ασκήσεις όπως περιφορές ώμων, ανοίγματα στήθους, στροφές κορμού και άρσεις λυγισμένων γονάτων. Οι ασκήσεις των πρώτου και δεύτερου κύκλου προπόνησης, διάρκειας δέκα λεπτών ο καθένας, ήταν σχεδιασμένες για την ενίσχυση της μυϊκής δύναμης και αντοχής, περιλαμβάνοντας διαδοχικές πιέσεις ώμων και εκτελέσεις σε θέση ημικαθίσματος. Τα διαλείμματα των δέκα δευτερολέπτων μεταξύ των ασκήσεων εξασφάλιζαν την απαραίτητη ανάκαμψη. Η αποθεραπεία, διάρκειας 3 λεπτών, επικεντρώθηκε στη σταδιακή μείωση της έντασης της προπόνησης με τη χρήση ασκήσεων διατάσεων για μυϊκή χαλάρωση, όπως στροφές κεφαλιού, πλάγιες κάμψεις κορμού και έκταση οπίσθιων μηριαίων.

Η παρέμβαση υλοποιήθηκε σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα: ένα τυπικό περιβάλλον άσκησης και ένα περιβάλλον πλήρους εμπύθισης με τη χρήση τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας. Στο πρώτο περιβάλλον, οι συμμετέχοντες οργανώθηκαν σε ομάδες των 1 έως 5 ατόμων, λαμβάνοντας υπόψη τις δυσκολίες συντονισμού των ωραρίων τους. Οι ασκούμενοι τοποθετήθηκαν σε ημικύκλιο με τη γυμνάστρια να βρίσκεται μπροστά τους, παρέχοντας τις αναγκαίες οδηγίες και επιδεικνύοντας τις ασκήσεις. Η εκτέλεση των ασκήσεων γινόταν βάσει των εντολών της γυμνάστριας.

Αντιθέτως, στο περιβάλλον πλήρους εμπύθισης, οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε μικρότερες ομάδες των δύο ατόμων για να εξασφαλιστεί η βέλτιστη επίβλεψη και η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. Εφοδιασμένοι με κάσκες εικονικής πραγματικότητας και χειριστήρια, οι συμμετέχοντες εισέρχονταν σε ένα οριοθετημένο ψηφιακό περιβάλλον, όπου η προθέρμανση και η αποθεραπεία διεξάγονταν με την καθοδήγηση ενός εικονικού γυμναστή. Κατά τη διάρκεια των κύκλων άσκησης, οι συμμετέχοντες καλούνταν να εκτελέσουν σειρά ασκήσεων, στοχεύοντας σε γυάλινες σφαίρες που εμφανίζονταν στον εικονικό χώρο, συνδυάζοντας έτσι τη φυσική άσκηση με στοιχεία παιχνιδιού.

Στατιστική Ανάλυση

Η παρουσίαση των δεδομένων έγινε μέσω περιγραφικής στατιστικής ανάλυσης, όπου υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και τα τυπικά σφάλματα για τα ποιοτικά και τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του δείγματος. Αυτή η ανάλυση παρείχε μια αρχική εικόνα των δεδομένων και επέτρεψε την περιγραφή της κατανομής των χαρακτηριστικών του δείγματος.

Επιπλέον, για τον έλεγχο των υποθέσεων της έρευνας, χρησιμοποιήθηκε επαγωγική στατιστική ανάλυση με παραμετρικές μεθόδους, καθώς το δείγμα πληρούσε την προϋπόθεση της κανονικότητας. Η κανονικότητα του δείγματος ελέγχθηκε με το Shapiro-Wilk test, το οποίο επιβεβαίωσε ότι τα δεδομένα ακολουθούσαν την κανονική κατανομή και συνεπώς επέτρεψαν τη χρήση των παραμετρικών τεχνικών.

Συγκεκριμένα, ανάλυση διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον τελευταίο παράγοντα (Two-Way Repeated Measures ANOVA) χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστεί η επίδραση των παρεμβατικών προγραμμάτων (ΠΕΕΠ, ΤΑ) όσον αφορά τα επίπεδα γλυκόζης ατόμων διαγνωσμένων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Η ομοιογένεια της διακύμανσης και της συνδιακύμανσης επαληθεύθηκε με το Levene's test και Box's M test αντίστοιχα, ενώ η σφαιρικότητα με το Mauchly's test of sphericity.



Η επεξεργασία και στατιστική ανάλυση όλων των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν έγιναν με το στατιστικό πακέτο Jamovi, έκδοση 2.6.44. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο .05 ($p < .05$).

Αποτελέσματα

Τα περιγραφικά στατιστικά της πειραματικής διαδικασίας εμφανίζονται στον Πίνακα 1. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται οι μεταβλητές της έρευνας και ακολουθούν οι μέσοι όροι και το τυπικό σφάλμα της αρχικής και της τελικής μέτρησης, για κάθε ομάδα (ΠΕΕΠ, ΤΑ) ξεχωριστά.

Πίνακας 1. Περιγραφικά στατιστικά για τις πειραματικές ομάδες (ΠΕΕΠ, ΤΑ) στην αρχική και την τελική μέτρηση των επιπέδων γλυκόζης.

Ομάδες	ΠΕΕΠ (N=10)		ΤΑ (N=10)	
	M	S.E.	M	S.E.
Αρχική μέτρηση	115	6.2	116	6.51
Τελική μέτρηση	115	8.79	112	6.21

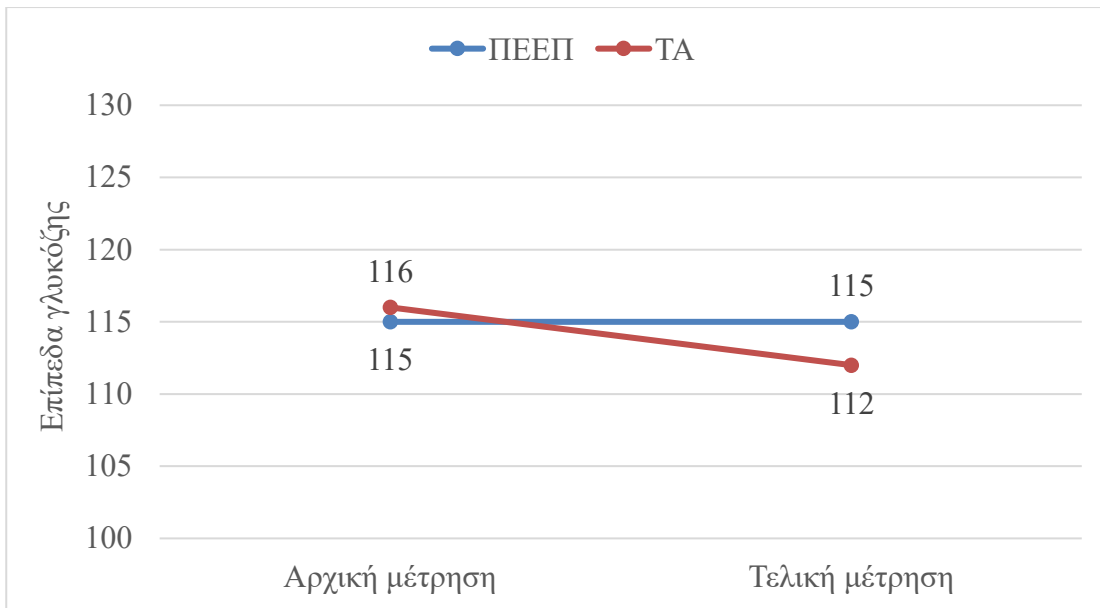
* $p < 0.05$

Επίδραση των παρεμβατικών προγραμμάτων (ΠΕΕΠ, ΤΑ) στα επίπεδα γλυκόζης ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2

Στην αρχή της παρούσας έρευνας είχε υποθεθεί πως: α) δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ των πειραματικών ομάδων ΠΕΕΠ και ΤΑ, β) δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης, και γ) δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ των πειραματικών ομάδων ΠΕΕΠ και ΤΑ στην αρχική και την τελική μέτρηση (1η, 2η, και 3η μηδενική υπόθεση). Για τον έλεγχο των συγκεκριμένων υποθέσεων, και για να διαπιστωθεί η επίδραση των παρεμβατικών προγραμμάτων (ΠΕΕΠ, ΤΑ) όσον αφορά τα επίπεδα γλυκόζης ατόμων διαγνωσμένων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα ως προς δύο παράγοντες, από τους οποίους ο ένας (χρόνος) ήταν επαναλαμβανόμενος (Two-Way Repeated Measures ANOVA). Η ομοιογένεια της διακύμανσης και της συνδιακύμανσης επαληθεύθηκε με το Levene's test και Box's M test αντίστοιχα, ενώ η σφαιρικότητα με το Mauchly's test of sphericity. Η ανάλυση δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις από μέτρηση σε μέτρηση ($F_{(1, 9)} = 0.161$, $p = 0.698$, $\text{partial } \eta^2 = 0.018$) ούτε και μεταξύ των ομάδων ($F_{(1, 9)} = 0.027$, $p = 0.873$, $\text{partial } \eta^2 = 0.003$). Παρόμοια, η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδας και μέτρησης ($F_{(1, 9)} = 0.24$, $p = 0.636$, $\text{partial } \eta^2 = 0.026$) δεν ήταν στατιστικά σημαντική, γεγονός που σημαίνει ότι, τα προγράμματα παρέμβασης δεν επηρέασαν τα επίπεδα γλυκόζης των ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, τα επίπεδα γλυκόζης των ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 δεν επηρεάστηκαν από τα προγράμματα παρέμβασης (ΠΕΕΠ, ΤΑ).





Σχήμα 1. Τα επίπεδα γλυκόζης για τις πειραματικές ομάδες (ΠΕΕΠ, ΤΑ) σε όλες τις μετρήσεις με την πάροδο του χρόνου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αξιολόγησης των επιπέδων γλυκόζης των ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 έγιναν αποδεκτές οι μηδενικές υποθέσεις (1η, 2η και 3η) που ανέφεραν ότι α) δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ των πειραματικών ομάδων ΠΕΕΠ και ΤΑ, β) δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης, και γ) δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των επιπέδων γλυκόζης μεταξύ των πειραματικών ομάδων ΠΕΕΠ και ΤΑ στην αρχική και την τελική μέτρηση.

Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη αποσκοπούσε στη σύγκριση της αποτελεσματικότητας δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (ΗΠΤ): το ένα διεξήχθη σε περιβάλλον πλήρους εικονικής πραγματικότητας (ΠΕΕΠ) και το άλλο σε τυπικό περιβάλλον άσκησης (ΤΑ). Στόχος ήταν να διερευνηθούν οι επιδράσεις τους στα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και τα δύο πρωτόκολλα ήταν εξίσου αποτελεσματικά, χωρίς να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ως προς τη μεταβολή της γλυκόζης.

Το εύρημα αυτό συνάδει με μελέτες που δείχνουν ότι βραχυπρόθεσμες παρεμβάσεις ΗΠΤ ενδέχεται να μην επαρκούν για την επίτευξη μετρήσιμων μεταβολικών αλλαγών (Francois & Little, 2015). Η απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μπορεί να σχετίζεται με διάφορους παράγοντες, όπως η σύντομη χρονική διάρκεια της παρέμβασης, το μικρό μέγεθος του δείγματος και η επίδραση εξωτερικών μεταβλητών, όπως η διατροφή και η φαρμακευτική αγωγή, οι οποίες δεν ελέγχθηκαν πλήρως στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης. Επιπλέον, η φυσική κατάσταση και το επίπεδο προσαρμογής στην άσκηση διέφεραν ανάμεσα στους συμμετέχοντες, γεγονός που πιθανώς επηρέασε τη μεταβολική τους ανταπόκριση.



Παρά το γεγονός ότι τα επίπεδα γλυκόζης μειώθηκαν ελαφρώς μετά την άσκηση και στα δύο πρωτόκολλα, η μεταβολή αυτή δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική. Η σχετική σταθερότητα των τιμών γλυκόζης ίσως υποδεικνύει ότι οι συμμετέχοντες είχαν σχετικά ρυθμισμένο διαβήτη ή ότι το συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο δεν ήταν αρκετό για την εμφάνιση ουσιαστικών αλλαγών. Είναι πιθανό, όπως υποστηρίζεται και στη βιβλιογραφία, ότι η επίδραση της ΗΠΤ στη γλυκαιμική ρύθμιση είναι πιο εμφανής έπειτα από συστηματική εφαρμογή εβδομάδων ή μηνών (Álvarez et al., 2016).

Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι η ισοδυναμία των δύο πρωτοκόλλων παρέχει ενδείξεις για την εφικτότητα και τη δυνητική αξία ενσωμάτωσης της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας στην άσκηση ατόμων με διαβήτη τύπου 2. Η χρήση της ΠΕΕΠ φάνηκε να υποστηρίζει την ενεργό συμμετοχή και την προσήλωση των συμμετεχόντων στο πρόγραμμα, γεγονός που ευθυγραμμίζεται με ευρήματα της μελέτης των Lee et al. (2023), όπου προγράμματα άσκησης με εικονική πραγματικότητα ενίσχυσαν τη δέσμευση, βελτιώνοντας παράλληλα τη γλυκαιμική ρύθμιση και τη σωματική σύσταση.

Παρόλο που η ΗΠΤ έχει αναδειχθεί ως αποτελεσματική μορφή άσκησης για τον γλυκαιμικό έλεγχο σε άτομα με διαβήτη τύπου 2 (Little et al., 2011· Mendes et al., 2019), τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης καταδεικνύουν ότι η ένταση, η διάρκεια ή η δομή της άσκησης ίσως δεν ήταν επαρκείς ώστε να επιφέρουν αξιοσημείωτη επίδραση εντός του συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου. Οι διαφορές στη διάρκεια κάθε συνεδρίας, η δυνατότητα αυτορρύθμισης της έντασης από τους συμμετέχοντες και η ενδεχόμενη μη συνεπής προσπάθεια κατά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, αποτελούν παράγοντες που μπορεί να μετρίασαν την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. Επιπλέον, η έλλειψη μακροχρόνιας παρακολούθησης καθιστά δύσκολη την εκτίμηση της διατήρησης οποιωνδήποτε πιθανών προσαρμογών.

Σε επίπεδο κινητοποίησης και εμπειρίας άσκησης, το ΠΕΕΠ παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Έρευνες έχουν δείξει ότι η εικονική πραγματικότητα μπορεί να ενισχύσει την ευχαρίστηση και τα εσωτερικά κίνητρα κατά την άσκηση (Ulas & Semin, 2020), γεγονός που δύναται να αυξήσει τη μακροχρόνια προσκόλληση σε προγράμματα άσκησης, ιδίως σε άτομα με χαμηλή φυσική δραστηριότητα. Έτσι, το ΠΕΕΠ δεν αποτελεί μόνο ένα ισοδύναμο μέσο παρέμβασης σε όρους φυσιολογικών αποτελεσμάτων, αλλά και μια πολλά υποσχόμενη στρατηγική προσέγγισης των ατόμων με χρόνιες παθήσεις, από ψυχολογική και συμπεριφορική σκοπιά.

Τέλος, η ενσωμάτωση τεχνολογικών καινοτομιών όπως η εικονική πραγματικότητα στην άσκηση μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά με τις παραδοσιακές μεθόδους, προσφέροντας μια πολυδιάστατη προσέγγιση για τη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Μελλοντικές έρευνες μεγαλύτερης διάρκειας, με αυστηρότερο έλεγχο παραγόντων όπως η διατροφή, η φαρμακευτική αγωγή και η ένταση της άσκησης, καθώς και με χρήση μεγαλύτερων και ομοιογενών δειγμάτων, θα μπορούσαν να επιβεβαιώσουν τα ευρήματα της παρούσας μελέτης και να αναδείξουν τα μακροπρόθεσμα οφέλη της εικονικής πραγματικότητας στην άσκηση και την υγεία.

Περιορισμοί

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Πρώτον, το μικρό μέγεθος του δείγματος μειώνει τη στατιστική ισχύ και περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των ευρημάτων στον ευρύτερο πληθυσμό ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Δεύτερον, η διάρκεια της παρέμβασης ήταν σύντομη, στοιχείο που



ενδέχεται να μην επέτρεψε την εκδήλωση ουσιαστικών μεταβολικών προσαρμογών, όπως έχει αναφερθεί και στη σχετική βιβλιογραφία.

Επιπλέον, δεν πραγματοποιήθηκε αυστηρός έλεγχος εξωτερικών παραγόντων, όπως η διατροφή, η φαρμακευτική αγωγή και η φυσική δραστηριότητα εκτός του πλαισίου του προγράμματος. Αυτοί οι παράγοντες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις τιμές της γλυκόζης ανεξάρτητα από την παρέμβαση. Σημειώνεται, επίσης, ότι η ένταση της άσκησης δεν καταγράφηκε αντικειμενικά με φυσιολογικούς δείκτες, αλλά βασίστηκε στις καθοδηγούμενες οδηγίες του πρωτοκόλλου, γεγονός που εισάγει ενδεχόμενη μεταβλητότητα στην προσπάθεια μεταξύ των συμμετεχόντων.

Τέλος, η επιλογή των συμμετεχόντων έγινε με κριτήριο τη δυνατότητα χρήσης εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας, κάτι που πιθανώς εισάγει μεροληψία ως προς την εξοικείωση με την τεχνολογία και επηρεάζει την υποκειμενική εμπειρία άσκησης.

Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε ότι τόσο η διαλειμματική άσκηση σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας πλήρους εμπύθισης όσο και η παραδοσιακή μορφή διαλειμματικής άσκησης μπορούν να συμβάλουν στη ρύθμιση της γλυκαιμίας σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Αν και τα επίπεδα γλυκόζης μειώθηκαν σημαντικά και στις δύο συνθήκες άσκησης, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Ωστόσο, η οριακή υπεροχή του πρωτοκόλλου εικονικής πραγματικότητας όσον αφορά τη μέση μείωση της γλυκόζης υποδηλώνει ότι η ενσωμάτωση τεχνολογιών πλήρους εμπύθισης θα μπορούσε να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα της άσκησης, ιδίως σε ό,τι αφορά την υποκειμενική εμπειρία και την πιθανή μακροχρόνια προσκόλληση στο πρόγραμμα.

Από πρακτικής άποψης, τα ευρήματα υποστηρίζουν τη δυνατότητα χρήσης πρωτοκόλλων άσκησης σε εικονικό περιβάλλον ως συμπληρωματικό εργαλείο για τη ρύθμιση της γλυκόζης σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Η αξιοποίηση της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να ενισχύσει τα κίνητρα συμμετοχής, να μειώσει τη μονοτονία και να προσφέρει ασφαλείς επιλογές φυσικής δραστηριότητας εντός ελεγχόμενου περιβάλλοντος. Αυτή η προσέγγιση αποκτά ιδιαίτερη σημασία για πληθυσμούς με περιορισμένη κινητικότητα, κοινωνικό περιορισμό ή χαμηλό κίνητρο άσκησης.

Για τη μελλοντική έρευνα, προτείνεται η εφαρμογή του ίδιου πειραματικού σχεδιασμού σε μεγαλύτερο και πιο ετερογενές δείγμα, καθώς και η επέκταση της διάρκειας της παρέμβασης ώστε να εξεταστούν μακροπρόθεσμα μεταβολικά και συμπεριφορικά οφέλη. Παράλληλα, θα ήταν χρήσιμη η ενσωμάτωση αντικειμενικών δεικτών έντασης (όπως καρδιακής συχνότητας ή κατανάλωσης οξυγόνου) για την ακριβέστερη παρακολούθηση της προσπάθειας. Τέλος, θα πρέπει να διερευνηθούν παράγοντες όπως η ευχρηστία του εξοπλισμού, η αποδοχή της τεχνολογίας από διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και η σχέση ανάμεσα στην εμπύθιση και την ψυχολογική ανταπόκριση στην άσκηση.

Βιβλιογραφία

Alvarez, C., Ramirez-Campillo, R., Martinez-Salazar, C., Mancilla, R., Flores-Opazo, M., Cano-Montoya, J., & Ciolac, E. G. (2016). Low-volume high-intensity interval training as a therapy for type 2 diabetes. *International journal of sports medicine*, 37(09), 723-729.



- Anderson-Hanley, C., Snyder, A. L., Nimon, J. P., & Arciero, P. J. (2018). Social facilitation in virtual reality-enhanced exercise: Competitiveness moderates exercise effort of older adults. *Clinical Interventions in Aging*, *13*, 1781–1790. <https://doi.org/10.2147/CIA.S180317>
- Bird, S., & Hawley, J. (2017). Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. *BMJ Open Sport — Exercise Medicine*, *2*. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000143>.
- Bommer, C., Heesemann, E., Sagalova, V., Manne-Goehler, J., Atun, R., Bärnighausen, T., & Vollmer, S. (2018). The global economic burden of diabetes in adults aged 20–79 years: A cost-of-illness study. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, *5*(6), 423-430. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30097-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30097-9)
- Cadmus-Bertram, L. A. (2016). Using fitness trackers in clinical research: What nurse practitioners need to know. *The Journal for Nurse Practitioners*, *12*(1), 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.nurpra.2015.09.014>
- Canto, E., Ceriello, A., Rydén, L., Ferrini, M., Hansen, T., Schnell, O., Standl, E., & Beulens, J. (2019). Diabetes as a cardiovascular risk factor: An overview of global trends of macro and micro vascular complications. *European Journal of Preventive Cardiology*, *26*, 25 - 32. <https://doi.org/10.1177/2047487319878371>.
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Fernhall, B., Regensteiner, J. G., Blissmer, B. J., Rubin, R. R., Chasan-Taber, L., Albright, A. L., Braun, B., American College of Sports Medicine, & American Diabetes Association (2010). Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes care*, *33*(12), e147–e167. <https://doi.org/10.2337/dc10-9990>
- Coons, M. J., Roehrig, M., & Spring, B. (2011). The potential of virtual reality technologies to improve adherence to weight loss behaviors. *Journal of diabetes science and technology*, *5*(2), 340–344. <https://doi.org/10.1177/193229681100500221>
- Francois, M., & Little, J. (2015). Effectiveness and Safety of High-Intensity Interval Training in Patients With Type 2 Diabetes. *Diabetes Spectrum: A Publication of the American Diabetes Association*, *28*, 39 - 44. <https://doi.org/10.2337/diaspect.28.1.39>
- Fu, Y., Hu, Y., & Sundstedt, V. (2022). A systematic literature review of virtual, augmented, and mixed reality game applications in healthcare. *ACM Transactions on Computing for Healthcare (HEALTH)*, *3*(2), 1-27.
- Gruber, N., Shemesh-Iron, M., Kraft, E., Mitelberg, K., Mauda, E., Ben-Ami, M., Mazor-Aronovitch, K., Levy-Shraga, Y., Levran, N., Levek, N., Zimlichman, E., & Pinhas-Hamiel, O. (2024). Virtual reality's impact on children with type 1 diabetes: a proof-of-concept randomized cross-over trial on anxiety, pain, adherence, and glycemic control. *Acta diabetologica*, *61*(2), 215–224. <https://doi.org/10.1007/s00592-023-02195-9>
- Hu, F. B. (2011). Globalization of diabetes: The role of diet, lifestyle, and genes. *Diabetes Care*, *34*(6), 1249-1257. <https://doi.org/10.2337/dc11-0442>
- Kerr, D., Axelrod, C., Hoppe, C., & Klonoff, D. C. (2018). Diabetes and technology in 2030: a utopian or dystopian future? *Diabetic medicine: a journal of the British Diabetic Association*, *35*(4), 498–503. <https://doi.org/10.1111/dme.13586>
- Korkiakangas, E., Alahuhta, M., & Laitinen, J. (2009). Barriers to regular exercise among adults at high risk or diagnosed with type 2 diabetes: a systematic review. *Health promotion international*, *24*(4), 416-27. <https://doi.org/10.1093/heapro/dap031>



- Lee, Y. J., Hong, J. H., Hur, M. H., & Seo, E. Y. (2023). Effects of Virtual Reality Exercise Program on Blood Glucose, Body Composition, and Exercise Immersion in Patients with Type 2 Diabetes. *International journal of environmental research and public health*, 20(5), 4178. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054178>
- Little, J., Gillen, J., Percival, M., Safdar, A., Tarnopolsky, M., Punthakee, Z., Jung, M., & Gibala, M. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of applied physiology*, 111(6), 1554-60. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
- Mendes, R., Sousa, N., Themudo-Barata, J., & Reis, V. (2019). High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Middle-Aged and Older Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Crossover Trial of the Acute Effects of Treadmill Walking on Glycemic Control. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214163>
- Rollo, M. E., Aguiar, E. J., Williams, R. L., Wynne, K., Kriss, M., Callister, R., & Collins, C. E. (2016). eHealth technologies to support nutrition and physical activity behaviors in diabetes self-management. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 9, 381–390. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S95247>
- Mouatt, B., Smith, A., Mellow, M., Parfitt, G., Smith, R., & Stanton, T. (2020). The Use of Virtual Reality to Influence Motivation, Affect, Enjoyment, and Engagement During Exercise: A Scoping Review. *Frontiers in Virtual Reality*. 1.10.3389/frvir.2020.564664.
- Neira-Tovar, L., & Castilla Rodriguez, I. (2017). A virtual reality tool applied to improve the effects on chronic diseases-case: Emotional effects on T2DM. In *Virtual, Augmented and Mixed Reality: 9th International Conference, VAMR 2017, Held as Part of HCI International 2017*, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings 9. (pp. 417-425). Springer International Publishing
- Neira-Tovar, L., & Elizondo Elizondo, M. E. (2018). A virtual reality serious game to prevent type 2 diabetes mellitus. In *Smart Technology: First International Conference, MTYMEX 2017*, Monterrey, Mexico, May 24-26, 2017, Proceedings (pp. 178-188). Springer International Publishing.
- Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., Malanda, B., Karuranga, S., Unwin, N., Colagiuri, S., Guariguata, L., Motala, A. A., Ogurtsova, K., Shaw, J. E., Bright, D., & Williams, R. (2019). Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 157, 107843. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>
- Schellenberg, E. S., Dryden, D. M., Vandermeer, B., Ha, C., & Korownyk, C. (2021). Lifestyle interventions for patients with and at risk for type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 159(8), 543-551. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-159-8-201310150-00007>
- Sugandh, F., Chandio, M., Raveena, F., Kumar, L., Karishma, F., Khuwaja, S., Memon, U. A., Bai, K., Kashif, M., Varrassi, G., Khatri, M., & Kumar, S. (2023). Advances in the Management of Diabetes Mellitus: A Focus on Personalized Medicine. *Cureus*, 15(8), e43697. <https://doi.org/10.7759/cureus.43697>
- Vaughan N. (2024). Virtual Reality Meets Diabetes. *Journal of diabetes science and technology*, 19322968231222022. *Advance online publication*. <https://doi.org/10.1177/19322968231222022>



- Vogt, T., Herpers, R., Askew, C., Scherfgen, D., Strüder, H., & Schneider, S. (2015). Effects of Exercise in Immersive Virtual Environments on Cortical Neural Oscillations and Mental State. *Neural Plasticity*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/523250>.
- Yanai, H., Adachi, H., Masui, Y., Katsuyama, H., Kawaguchi, A., Hakoshima, M., Waragai, Y., Harigae, T., Hamasaki, H., & Sako, A. (2018). Exercise Therapy for Patients With Type 2 Diabetes: A Narrative Review. *Journal of clinical medicine research*, 10(5), 365-369. <https://doi.org/10.14740/jocmr3382w>
- Zimmet, P., Alberti, K., & Shaw, J. (2001). Global and societal implications of the diabetes epidemic. *Nature*, 414, 782-787. <https://doi.org/10.1038/414782a>.





Comparison of interval training protocols in fully immersive virtual reality and traditional exercise on glucose levels in individuals with type 2 diabetes

Kourkoulou, H.^{*}, Giannousi, M., Liakos, Ch., Spassis, A., Vernadakis, N.
Democritus University of Thrace

ABSTRACT

The present study aimed to compare the effects of different interval training protocols conducted in a fully immersive virtual reality environment and in a traditional exercise setting, with regard to blood glucose levels in individuals with type 2 diabetes. One protocol was implemented in a virtual reality environment, while the other took place in a conventional exercise setting. Ten individuals with diabetes (n=10), aged 43–74 years (6 men, 4 women), participated in the study and completed both training programs. Each program included a 31-minute moderate-intensity interval training session consisting of a 3-minute warm-up, two 10-minute exercise cycles with a 5-minute break in between, and a 3-minute cool-down. Blood glucose was measured before and after each session following the intake of 13.3 grams of carbohydrates in the form of a snack, using the ABBOTT Freestyle Precision Neo device. For statistical analysis, a two-way repeated measures ANOVA was used. The results showed no significant difference in glucose levels between the two protocols. In conclusion, the choice of training environment did not significantly affect glucose levels in individuals with type 2 diabetes, suggesting that the impact of the different training settings was similar.

Keywords: virtual reality; full immersion; type 2 diabetes; interval training.

Corresponding address:

Haritini Antonia Kourkoulou Kousouni
Democritus University of Thrace
Department of Physical Education and Sport Sciences
University Campus, 69100 Komotini

E-mail:

charkour3@phyed.duth.gr