



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Διευθυντής ΠΜΣ: Καθηγητής ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

***Εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση
νευρογνωστικών διαταραχών:
το παρόν και το μέλλον***

Δήμητρα Καλέντζη

Λογοθεραπεύτρια

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση
του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
«ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

Λάρισα, Ιανουάριος 2024



**DEPARTMENT OF MEDICINE
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
UNIVERSITY OF THESSALY**



**POSTGRADUATE PROGRAM
NEUROREHABILITATION**

Director of the Postgraduate Program: Professor EFTHIMIOS G. DARDIOTIS

**Virtual reality technology in the assessment of neurocognitive disorders:
present and future**

Dimitra Kalentzi

Speech and Language Therapist

Submitted to fulfil part of the
requirements for obtaining the
Master of Science Degree on
“NEUROREHABILITATION”

Larisa, January 2024

«Βεβαιώνω ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα δικής μου δουλειάς και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής. Στις δημοσιευμένες ή μη δημοσιευμένες πηγές έχω χρησιμοποιήσει εισαγωγικά και όπου απαιτείται έχω παραθέσει της πηγές τους στο τμήμα της βιβλιογραφίας:

Υπογραφή: Δήμητρα Καλέντζη»

Δήμητρα Καλέντζη

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, 2024

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιβλέπων:

κος Νάσιος Γρηγόριος, αναπληρωτής καθηγητής, Τμήμα Λογοθεραπείας, Σχολή Επιστημών Υγείας,
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Νάσιος Γρηγόριος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Λογοθεραπείας, Σχολή Επιστημών Υγείας,
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
2. Δαρδιώτης Ευθύμιος, Καθηγητής Νευρολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
3. Μεσσήνης Λάμπρος, Κλινικός Νευροψυχολόγος, Αν. Καθηγητής Νευροψυχολογίας ΑΠΘ

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά: *Virtual reality technology in the assessment of neurocognitive disorders:
present and future*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ένας κύκλος σπουδών ολοκληρώνεται. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Νάσιο Γρηγόριο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τη στήριξη αλλά και την ενθάρρυνσή του καθόλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Η επιστημονική του καθοδήγηση ήταν καθοριστική σε αυτό το ταξίδι γνώσης.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στη φίλη και συνάδελφο Ελευθερία για την υποστήριξή της και την άψογη συνεργασία στο πρώτο μας εγχείρημα για τη δημιουργία ενός λογισμικού εικονικής πραγματικότητας.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Τίνα, στην Ευγενία, στην Εβελίνα και στην Παρασκευή που ήταν και είναι πάντα δίπλα μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένειά μου που με αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη με βοήθησαν να συνεχίσω την προσπάθειά μου.

Δήμητρα Καλέντζη

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, ο επιπολασμός των νευρογνωστικών διαταραχών έχει αυξηθεί ραγδαία σε παγκόσμιο επίπεδο (McDonald, 2017). Υπολογίζεται ότι 47 εκατομμύρια άτομα νοσούν από άνοια (Bayles, et al., 2020). Με την αύξηση του αριθμού των ατόμων που ζουν με άνοια, η επιστημονική κοινότητα έχει στραφεί στον πρώιμο εντοπισμό των ατόμων που βρίσκονται σε προκλινικό στάδιο ώστε να αλλάξει η τροχιά της νόσου.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των νέων ερευνητικών δεδομένων σχετικά με τη δυναμική της εικονικής πραγματικότητας ως εργαλείο στην νευροψυχολογική αξιολόγηση των ήπιων και μείζονων νευρογνωστικών διαταραχών. Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας έγινε σε βάσεις δεδομένων όπως το PubMed. Ο συνολικός πληθυσμός από τις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν ανέρχεται σε 2.111 άτομα. Η μελέτη της βιβλιογραφίας ανέδειξε τη δυνητική εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας κυρίως στον τομέα της μνήμης, της προσοχής, της πλοήγησης και των εκτελεστικών λειτουργιών.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται τα αίτια των νευρογνωστικών διαταραχών και οι τρέχουσες μέθοδοι αξιολόγησης αυτών. Στο δεύτερο κεφάλαιο επεξηγούνται βασικοί όροι που πρέπει να κατανοήσουμε για την εικονική πραγματικότητα. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενώς τα ευρήματα που προέκυψαν από τη μελέτη της βιβλιογραφίας. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ακολουθείται από τα συμπεράσματα και τις πιθανές μελλοντικές προκλήσεις. Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με το δεύτερο μέρος στο οποίο παρουσιάζεται το λογισμικό εικονικής πραγματικότητας VR-COGN (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020) και μελετώνται οι αναγκαίες αλλαγές που προέκυψαν βάσει της βιβλιογραφίας.

Λέξεις- Κλειδιά: Εικονική πραγματικότητα, νευρογνωστικές διαταραχές, αξιολόγηση, γνωστικοί μηχανισμοί

Abstract

In recent years, the prevalence of people with neurocognitive disorders has been increasing rapidly worldwide (McDonald, 2017). It is estimated that 47 million people worldwide suffer from dementia (Bayles, et al., 2020). With the number of people suffering from dementia increasing, the scientific community has turned to early detection of people in the preclinical stage to change the trajectory of the disease.

The purpose of this thesis is to present the new research data on the possibility of virtual reality being included as a tool in the neuropsychological evaluation of mild and major neurocognitive disorders. The literature search includes articles from databases such as PubMed. The total population from the studies retrieved amounts to 2.111 people. The literature review showed the potential application of virtual reality mainly in the field of memory, attention, navigation and executive functions.

The first and second chapter of the thesis presents the causes of neurocognitive disorders as well as the current methods of their assessment and explains basic terms that we need to understand about virtual reality. In the third chapter, the results from the study of the literature are presented in detail. The presentation of the results is followed by the conclusions and possible future challenges. This thesis concludes with the second part in which the virtual reality software VR-COGN (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020) is presented and the necessary changes resulting from the new literature data are studied.

Key words: Virtual Reality, neurocognitive disorders, assessment, cognitive functions

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
Περίληψη	6
Abstract.....	7
Γενικό Μέρος.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	10
1.1 Νευρογνωστικές Διαταραχές.....	10
1.2 Ο ρόλος του λογοθεραπευτή στις νευρογνωστικές διαταραχές	16
1.3 Αξιολόγηση των νευρογνωστικών διαταραχών	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	23
Εικονική Πραγματικότητα -Virtual Reality (VR).....	23
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	25
Μέθοδος	26
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	27
1. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση της μνήμης	27
2. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση της προσοχής.....	34
3. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση των εκτελεστικών λειτουργιών.....	37
4. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση της πλοήγησης	41
5. Αποτελεσματικότητα της αξιολόγησης με την χρήση της εικονικής πραγματικότητας.....	44
6. Πλεονεκτήματα από την ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας στην νευροψυχολογική αξιολόγηση.....	46
7. Περιορισμοί από την χρήση της εικονικής πραγματικότητας.....	47
ΜΕΡΟΣ Β'	49
Προτάσεις Αναβάθμισης Λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας VR-COGN	49
Εισαγωγή στο λογισμικό εικονικής πραγματικότητας VR-COGN.....	50
Συνοπτική περιγραφή δοκιμασιών.....	51
Αναβάθμιση λογισμικού VR-COGN	53
Μελλοντικοί Άξονες.....	60
Συζήτηση	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	64
Ερωτηματολόγιο προσυμπτωματικού ελέγχου της ασθένειας κίνησης VR Sickness	65
Ερωτηματολόγιο εκτίμησης συμπτωμάτων VR sickness	67
Ερωτηματολόγιο χρηστικότητας λογισμικού VR-COGN	68
Βιβλιογραφία	69

Γενικό Μέρος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

1.1 Νευρογνωστικές Διαταραχές

Σύμφωνα με το διαγνωστικό και στατιστικό εγχειρίδιο ψυχικών διαταραχών (DSM-5), οι νευρογνωστικές διαταραχές είναι μια ομάδα παθήσεων που επιφέρουν «γνωστική μείωση από προηγούμενο επίπεδο επίδοσης, σε έναν ή περισσότερους γνωστικούς τομείς (σύνθετη προσοχή, εκτελεστική λειτουργία, μάθηση και μνήμη, γλώσσα, αντιληπτοκινητική ή κοινωνική νόηση)» (American Psychiatric Association, 2015) (Καρατζόγλου, 2021). Η ήπια νευρογνωστική διαταραχή (MCI) χαρακτηρίζεται «από μέτρια μείωση της γνωστικής λειτουργίας από το προηγούμενο επίπεδο απόδοσης σε έναν ή περισσότερους γνωστικούς τομείς» (American Psychiatric Association, 2015) και το άτομο διατηρεί την ανεξαρτησία του καθώς τα ελλείμματά του δεν τον παρεμποδίζουν στην εκτέλεση των καθημερινών δραστηριοτήτων (π.χ. πληρωμή λογαριασμού, διαχείριση φαρμακευτικής αγωγής κτλ.) (American Psychiatric Association, 2015). Η μείζων νευρογνωστική διαταραχή ή άνοια χαρακτηρίζεται «από σημαντική μείωση της γνωστικής λειτουργίας από το προηγούμενο επίπεδο απόδοσης σε έναν ή περισσότερους γνωστικούς τομείς βάσει απόδοσης τεκμηριωμένης κατά προτίμηση από σταθμισμένες νευροψυχολογικές δοκιμασίες» (American Psychiatric Association, 2015).

Τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με την αύξηση του προσδόκιμου ζωής, ο επιπολασμός της μείζονος νευρογνωστικής διαταραχής έχει αυξηθεί ραγδαία σε παγκόσμιο επίπεδο (McDonald, 2017). Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας, υπολογίστηκε ότι 50 εκατομμύρια άνθρωποι σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν λάβει την διάγνωση άνοιας (Bayles, et al., 2020). Ο συγκεκριμένος αριθμός αναμένεται να τριπλασιαστεί μέχρι το 2050 ενώ από οικονομική σκοπιά το κόστος για την περίθαλψη αναμένεται να ανέλθει σε 6,46 δισεκατομμύρια δολάρια (Bayles, et al., 2020) (Lim, et al., 2021). Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι οι νευρογνωστικές διαταραχές συνιστούν ένα πρόβλημα υγείας με τεράστιες διαστάσεις τόσο σε ατομικό όσο και σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο (McDonald, 2017). Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής κάθε 6 δευτερόλεπτα κάποιος νοσεί από άνοια (Bayles, et al., 2020). Η συγκεκριμένη εκτίμηση είναι πραγματικά ανησυχητική, αν μάλιστα αναλογιστεί κανείς ότι το 60% των ατόμων που νοσούν από άνοια παραμένει αδιάγνωστο (Capeleto Francisco, et al., 2019).

Σύμφωνα με το DSM-5 (American Psychiatric Association, 2015), οι νευρογνωστικές διαταραχές μπορεί να οφείλονται σε:

- Νόσο του Alzheimer
- Μετωποκροταφική λοβώδη εκφύλιση
- Άνοια με σωματίδια Lewy

- Αγγειακή νόσο
- Τραυματική εγκεφαλική βλάβη
- Χρήση ουσίας/φαρμάκου
- Λοίμωξη HIV
- Νόσος Prion
- Νόσο του Parkinson
- Νόσο του Huntington

Η νόσος Alzheimer είναι μια εκφυλιστική διαταραχή που εκδηλώνεται με προοδευτική μείωση της γνωστικής λειτουργίας (American Psychiatric Association, 2015) και χαρακτηρίζεται κυρίως από ελλείμματα στη μνήμη αλλά και στην ικανότητα μάθησης (Bayles, et al., 2020). Έχει μια μακρά προκλινική φάση πριν την εκδήλωση των πρώτων συμπτωμάτων (Hassandra, et al., 2021) και συνήθως επηρεάζει ασθενείς με ηλικία άνω των 65 ετών. Πρόσφατα δεδομένα δείχνουν ότι η δομή που προσβάλλεται πρώτη στην νόσο Alzheimer είναι ο υπομέλανας τόπος (Bayles, et al., 2020). Στον ιστό τού εγκεφάλου ενός ασθενούς με νόσο Alzheimer παρατηρούνται αλλαγές με την μορφή νευριτικών πλακών ενώ η συρρίκνωση του φλοιού είναι χαρακτηριστική (Bayles, et al., 2020). Στους παράγοντες κινδύνου εμφάνισης νόσου Alzheimer συμπεριλαμβάνεται μεταξύ άλλων το φύλο, το οικογενειακό ιστορικό, η κοινωνική απομόνωση, η έλλειψη ύπνου, το επίπεδο εκπαίδευσης και η ηλικία (Bayles, et al., 2020). Μετά την ηλικία των 65 ετών, η πιθανότητα εκδήλωσης νόσου Alzheimer διπλασιάζεται ανά πέντε έτη (Bayles, et al., 2020). Η νόσος Alzheimer είναι η πιο συχνή νόσος που προκαλεί νευρογνωστική διαταραχή. Ωστόσο δεν είναι η μόνη αιτία.

Η μετωποκροταφική λοβώδης εκφύλιση εντάσσεται στις αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν νευρογνωστική διαταραχή σε ποσοστό 20% των περιπτώσεων (Bayles, et al., 2020). Η μέση ηλικία εκδήλωσης έχει υπολογιστεί ότι είναι τα 58 έτη (Bayles, et al., 2020). Ωστόσο, έχουν καταγραφεί και περιπτώσεις με έναρξη την 2η δεκαετία έως και την 8η δεκαετία ζωής (Bayles, et al., 2020). Η εκφύλιση των μετωπιαίων και των κροταφικών λοβών μπορεί να εκδηλωθεί με τρεις παραλλαγές: την συμπεριφορική παραλλαγή, την γλωσσική παραλλαγή με πρωτοπαθή προϊούσα αφασία και την κινητική παραλλαγή (McDonald, 2017) (Bayles, et al., 2020). Ενώ ο πληθυσμός έχει την πεποίθηση ότι η άνοια εκδηλώνεται πάντα με απώλεια μνήμης, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η άνοια αποτελείται από ετερογενή συμπτώματα. Παραδείγματος χάριν, η συμπεριφορική παραλλαγή της μετωποκροταφικής άνοιας έχει ως κύριο χαρακτηριστικό αλλαγές στη συμπεριφορά (μεταβολές στην προσωπικότητα, απάθεια κ.α), η γλωσσική παραλλαγή ελλείμματα στη γλώσσα ενώ η κινητική παραλλαγή εμφανίζεται με διαταραχή στην κίνηση (Bayles, et al., 2020).

Άνοια με σωματίδια Lewy: Τα σωματίδια Lewy είναι κυκλικά εξογκώματα της πρωτεΐνης α-συνουκλεΐνης τα οποία εναποθέτονται στον εγκέφαλο και επηρεάζουν κυρίως τις περιοχές, όπως οι πρόσθιοι μετωπιαίοι και κροταφικοί φλοιοί, η νήσος, η μέλαινα ουσία, η έλικα του προσαγωγίου και ο υπομέλανας τόπος (Bayles, et al., 2020). Τα συγκεκριμένα σωματίδια αποτελούν επίσης ευρήματα στον εγκέφαλο ασθενών με νόσο Parkinson, με νόσο Alzheimer (Alzheimer's Association, 2017) αλλά και ατόμων χωρίς γνωστικά ελλείμματα (Bayles, et al., 2020). Η διάκριση της άνοιας με σωματίδια Lewy από την νόσο Alzheimer μπορεί να είναι δύσκολη καθώς τα συμπτώματά τους ομοιάζουν αρκετά (Alzheimer's Association, 2017). Στην άνοια με σωματίδια Lewy, οι ασθενείς παρουσιάζουν οπτικοχωρικά ελλείμματα τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στη διαφοροδιάγνωση (Bayles, et al., 2020). Καθώς τα ίδια σωματίδια υπάρχουν και στη νόσο Parkinson, είναι αναγκαία η διαφορική διάγνωση της νόσου Parkinson από την άνοια με σωματίδια Lewy.

Η νόσος Parkinson χαρακτηρίζεται από γνωστική εξασθένηση, ενώ σε ένα ποσοστό ατόμων η γνωστική εξασθένηση θα οδηγήσει σε μείζονα νευρογνωστική διαταραχή (Bayles, et al., 2020). Οι ασθενείς με Parkinson έχουν ελλείμματα στην προσοχή, στις εκτελεστικές λειτουργίες και στη μνήμη. Σύμφωνα με την μετανάλυση των Siddharth Ramanan και Devnarta Kumar, τα ελλείμματα στην προοπτική μνήμη που βασίζεται στον χρόνο είναι συχνή συνθήκη (Ramanan & Kumar, 2013). Τα περισσότερα ελλείμματα εντοπίζονται στις οπτικοχωρικές ικανότητες εξαιτίας της έλλειψης της ντοπαμίνης (Bayles, et al., 2020). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κλινικά χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη για τη διαφοροδιάγνωση της νόσου Parkinson από την άνοια με σωματίδια Lewy (Bayles, et al., 2020)

Κλινικά Χαρακτηριστικά	Νόσος Parkinson	Άνοια με σωματίδια Lewy
Ψυχοκινητική εξασθένηση	Ήπια	Πιο έντονη
Οπτικοχωρική εξασθένηση	Σπάνια	Συχνή
Οπτικές ψευδαισθήσεις	Όχι	Συχνές
Άλλες ψευδαισθήσεις	Όχι	Μερικές φορές
Εξωπυραμιδικά συμπτώματα	Πάντα	Συχνά
Διακυμάνσεις συμπτωμάτων	Όχι έντονες	Έντονες
Παραληρητικές ιδέες	Όχι	Συχνές
Συγκοπτικά επεισόδια	Όχι	Μερικές φορές
Επεισόδια μη ανταπόκρισης	Όχι	Μερικές φορές

Πίνακας 1: Πίνακας κλινικών χαρακτηριστικών για τη διαφοροδιάγνωση της νόσου Parkinson από την άνοια με σωματίδια Lewy. Από το βιβλίο «Γνωστικές διαταραχές επικοινωνίας στην Ήπια Γνωστική Εξασθένηση και Άνοια -Ορισμός, Διάγνωση και Κλινική Διαχείριση» (Bayles, et al., 2020)

Η αγγειακή νόσος αποτελεί τη δεύτερη συχνότερη αιτία για την εκδήλωση άνοιας (McDonald, 2017). Η παρουσία των γνωστικών ελλειμμάτων έπεται συνήθως ενός εγκεφαλικού επεισοδίου. Οι ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο παρουσιάζουν 9 φορές υψηλότερη πιθανότητα εμφάνισης αγγειακής άνοιας (Kannayiram Alagiakrishnan, 2018). Τον πρώτο χρόνο από το εγκεφαλικό επεισόδιο, το 25% των ασθενών θα διαγνωστεί με άνοια (Kannayiram Alagiakrishnan, 2018). Η υπέρταση αποτελεί την αιτία για το 50% των περιπτώσεων. Ωστόσο, και άλλοι παράγοντες όπως το κάπνισμα, ο σακχαρώδης διαβήτης και η υπερχοληστερολαιμία έχουν περιγραφεί ως παράγοντες κινδύνου (Kannayiram Alagiakrishnan, 2018). Οι ασθενείς με αγγειακή άνοια μπορεί να εκδηλώσουν κατάθλιψη, αυτοκτονικούς ιδεασμούς, παραληρητικές ιδέες ενώ οι εκτελεστικές δυσλειτουργίες προηγούνται των ελλειμμάτων στη μνήμη. Συγκριτικά με την νόσο Alzheimer, οι ασθενείς με αγγειακή άνοια έχουν φτωχότερη λεκτική ευχέρεια ενώ τα ελλείμματα στη μακροπρόθεσμη μνήμη είναι πιο σοβαρά στη νόσο Alzheimer (Kannayiram Alagiakrishnan, 2018).

Μια από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι κλινικοί είναι ο εντοπισμός της ήπιας γνωστικής διαταραχής που μπορεί να εξελιχθεί σε μείζονα γνωστική διαταραχή. Σε έναν ηλικιωμένο ασθενή, ο κλινικός θα πρέπει να λάβει υπόψη τη φυσιολογική γνωστική εξασθένηση λόγω της γήρανσης αλλά και να αξιολογήσει την προνοσηρή κατάσταση. Για παράδειγμα, ένας εξεταζόμενος που παρουσιάζει δυσκολία στη γλώσσα δεν υποδηλώνει απαραίτητα γνωστική εξασθένηση καθώς η απόδοσή του στον συγκεκριμένο τομέα μπορεί να ήταν χαμηλή εξ αρχής. Ο παρακάτω πίνακας απεικονίζει τις γνωστικές λειτουργίες που μεταβάλλονται με τη φυσιολογική γήρανση (Hategan, et al., 2018)

Γνωστικός Τομέας	Ορισμός	Παράδειγμα	Αλλαγή
Νοημοσύνη			
Αποκρυσταλλωμένη Νοημοσύνη	Δεξιότητες, γνώση, ικανότητες καλλιεργημένες μέσα από την εμπειρία	Λεξιλόγιο, γενικές γνώσεις	Σταθερή ή ελαφρά ανάπτυξη μέχρι τα 70 έτη
Ρέουσα Νοημοσύνη	Επίλυση προβλημάτων και συλλογισμός για νέες καταστάσεις	Επιτελικές λειτουργίες, κρίση	Αργή μείωση από τα 30 έτη
Ταχύτητα επεξεργασίας	Ταχύτητα με την οποία εκτελούνται γνωστικές δραστηριότητες	Αργή απόδοση στη δοκιμασία Trail test	Μείωση από τα 30 έτη
Προσοχή			

Επιλεκτική προσοχή	Ικανότητα εστίασης μόνο σε σχετική δραστηριότητα	οδήγηση	Ελαφρά μείωση στα τέλη ζωής
Διαιρεμένη προσοχή	Εκτέλεση πολλαπλών εργασιών ταυτόχρονα	Οδήγηση και διεξαγωγή μιας συζήτησης	Ελαφρά μείωση στα τέλη ζωής
Μνήμη			
Σημασιολογική μνήμη	Πηγή της γνώσης	Ανάκληση του προέδρου των ΗΠΑ μετά τον Β παγκόσμιο πόλεμο	Παρακμή στα τέλη της ζωής
Επεισοδιακή μνήμη	Η μνήμη των προσωπικών εμπειριών και γεγονότων	Ανάκληση των τελευταίων καλοκαιρινών διακοπών	Αργή μείωση καθόλη τη διάρκεια της ζωής
Άρρητη μνήμη	Διαδικαστική μνήμη (κινητική μνήμη)	πώς να παίζεις πιάνο, πως να κάνεις ποδήλατο	Σταθερή σε όλη τη διάρκεια της ζωής
Γλώσσα			
Λεκτική ευχέρεια και λεξιλόγιο	Σύνθεση λέξεων (φωνημική και σημασιολογική ευχέρεια)	Συζήτηση	Σταθερή. Ενδέχεται το λεξιλόγιο να βελτιωθεί
Κατονομασία	Σωστή ονομασία ενός γνωστού αντικειμένου	Το να βλέπεις το στυλό και να το ονοματίζεις ως στυλό	Σταθερή πορεία έως την ηλικία των 70. Μετά παρατηρείται σταδιακή μείωση.
Λεκτική ευχέρεια	Αυθόρμητη ανάκληση λέξεων μιας συγκεκριμένης κατηγορίας	Ονομασία όσο περισσότερων λέξεων που ξεκινάνε από ένα φώνημα	Μειώνεται
Οπτικοχωρικές Ικανότητες			
	Κατανόηση του χώρου σε 2 και 3 διαστάσεις	Η συναρμολόγηση ενός επίπλου, ο σχεδιασμός ενός περίπλοκου σχεδίου	Μειώνεται
	Αντίληψη αντικειμένων	Χωρική αντίληψη κατά την οδήγηση	Σταθερή
Εκτελεστικές λειτουργίες			

Σχεδιασμός, οργάνωση, επίλυση προβλήματος, γνωστική ευελιξία	Σχεδιασμός και προετοιμασία ενός γεύματος	Μείωση μετά την ηλικία των 70 ετών
Συλλογισμός	Επίλυση μαθηματικών προβλημάτων	Μειώνεται
Αναστολή αποκρίσεων	Αποφυγή ακατάλληλων απαντήσεων	Μειώνεται
Αφαιρετική σκέψη	Κατανόηση γνωμικών, εύρεση ομοιοτήτων (πχ το τρένο και το ποδήλατο είναι μέσα μεταφοράς)	Παραμένει σταθερή

Πίνακας 2: Περιγράφονται οι μεταβολές στους γνωστικούς μηχανισμούς στην κανονική γήρανση. Πηγή: *Geriatric Psychiatry A case-Based Textbook* (Hategan, et al., 2018)

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι η διάγνωση της ήπιας γνωστικής εξασθένησης δεν συνεπάγεται την εξέλιξή της σε νόσο Alzheimer. Ο αμνησιακός τύπος της ήπιας γνωστικής εξασθένησης (McDonald, 2017), ο μικρότερος όγκος του ιπποκάμπου (McDonald, 2017) και η παρουσία 2 αντιγράφων αλληλόμορφου της απολιποπρωτεΐνης E τύπου 4 αποτελούν παράγοντες κινδύνου που μπορεί να οδηγήσουν σε άνοια (Bayles, et al., 2020). Ωστόσο, σύμφωνα με το άρθρο του William McDonald, μετά από 10 χρόνια παρακολούθησης, οι περισσότεροι ασθενείς με ήπια γνωστική εξασθένηση δεν εξελίχθηκαν σε άνοια (McDonald, 2017).

1.2 Ο ρόλος του λογοθεραπευτή στις νευρογνωστικές διαταραχές

Ο λογοθεραπευτής στοχεύει στη βελτιστοποίηση της αποτελεσματικής επικοινωνίας των ασθενών με το περιβάλλον τους αναβαθμίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο την ποιότητα ζωής τους (Debra, 2016) και επομένως αποτελεί σημαντικό μέλος της διεπιστημονικής ομάδας αναφορικά με την αξιολόγηση των γνωστικών δεξιοτήτων αλλά και τον σχεδιασμό ενός εξατομικευμένου πλάνου που καλύπτει τις ανάγκες κάθε ασθενή (Ηλίας, 2020) (Bayles, et al., 2020).

Με τον όρο «παραγωγή ομιλίας» αναφερόμαστε σε μια πολυσύνθετη διεργασία που περιέχει τόσο την ομιλία - κινητικό μηχανισμό όσο και τις γνωστικές διαδικασίες, όπως τη σημασιολογία, τη μνήμη, την εργαζόμενη μνήμη, την προσοχή και τις εκτελεστικές λειτουργίες (λήψη απόφασης, οργάνωση, προγραμματισμός) (Deldar, et al., 2021)

Στις νευρογνωστικές διαταραχές, τα ελλείμματα στη γλώσσα εμφανίζονται στα πρώτα στάδια και επιδεινώνονται με την εξέλιξη της νόσου (Bayles, et al., 2020). Καθώς η επικοινωνία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις γνωστικές λειτουργίες και μοιράζεται κοινές παθοφυσιολογικές διαδικασίες που στην άνοια διαταράσσουν την επεξεργασία πληροφοριών, η γλωσσική και η μη γλωσσική επικοινωνία επηρεάζονται. (Bayles, et al., 2020) Σε κάθε στάδιο, από την επιλογή του νοήματος έως και την κινητική κωδικοποίηση, είναι απαραίτητη η εργαζόμενη μνήμη. (Deldar, et al., 2021) Επίσης, η λεκτική ευχέρεια εξαρτάται άμεσα από την ικανοποιητική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης. Επομένως, η παραγωγή και η κατανόηση της γλώσσας δεν είναι αυτόνομες διεργασίες από τις γνωστικές λειτουργίες, αφού προηγείται η γνωστική επεξεργασία, και επομένως δεν μπορούν να διαχωριστούν από τις γνωστικές διεργασίες (Bayles, et al., 2020) (Deldar, et al., 2021). Καθώς οι γλωσσικές αλλαγές αποτελούν ένα από τα πρώιμα σημάδια στην ήπια γνωστική έκπτωση, ο λογοθεραπευτής είναι ο πλέον κατάλληλος να τις αξιολογήσει. (Bayles, et al., 2020)

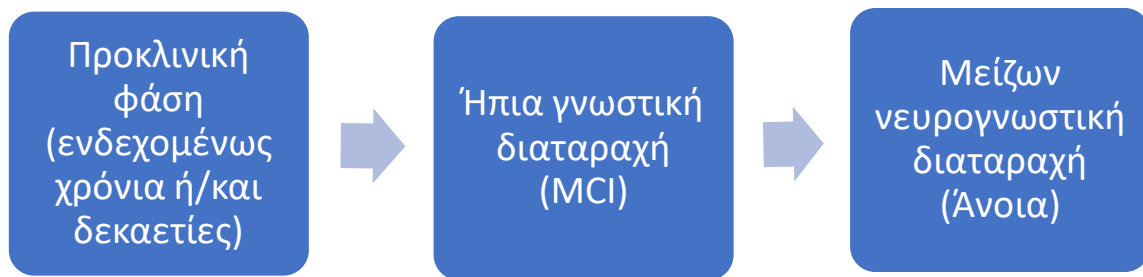
Μια πλήρης λογοθεραπευτική αξιολόγηση, όταν υπάρχει υποψία είτε ήπιας νευρογνωστικής διαταραχής είτε μείζονος νευρογνωστικής διαταραχής, αποτελείται από αδρή εξέταση του νοητικού επιπέδου, την εκτενή αξιολόγηση των γνωστικών και επικοινωνιακών ικανοτήτων όπως και την αξιολόγηση του καταποτικού μηχανισμού (Ηλίας, 2020). Μολονότι κι άλλοι θεραπευτές αξιολογούν επίσης κάποιους από τους προαναφερθέντες τομείς, ο λογοθεραπευτής έχει υποχρέωση να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένος για την αξιολόγηση όλων των εκφάνσεων που αφορούν τις νευρογνωστικές διαταραχές (Ηλίας, 2020).

1.3 Αξιολόγηση των νευρογνωστικών διαταραχών

Η φυσιολογική σχετιζόμενη με την ηλικία φθίνουσα γνωστική πορεία και η γνωστική εξασθένηση που οφείλεται σε κάποια νευρογνωστική διαταραχή καθιστούν τα όρια μεταξύ αυτών των δύο ασαφή και τη διαδικασία της διάγνωσης δύσκολη (Jin, et al., 2020). Δεδομένου ότι τα συμπτώματα των νευρογνωστικών διαταραχών εκδηλώνονται ανομοιογενώς, η διαδικασία της αξιολόγησης αποτελεί πρόκληση για τον κλινικό καθώς μπορεί να επηρεαστεί από αρκετούς συγχυτικούς παράγοντες και απαιτείται η ενδελεχής εκτίμηση αυτών.

Η αξιολόγηση βασίζεται σε δύο πυλώνες: το κλινικό ιστορικό και την χρήση εργαλείων γνωστικής εκτίμησης είτε άτυπων είτε σταθμισμένων (Capeleto Francisco, et al., 2019). Αναλυτικότερα, η αξιολόγηση του ασθενή ξεκινά με την εκτίμηση του νοητικού επιπέδου του. Ο κλινικός δύναται να συνεχίσει την αξιολόγηση είτε άτυπα με μορφή συζήτησης είτε με τη χορήγηση σταθμισμένων εργαλείων όπως είναι το Montreal Cognitive Assessment (MoCA) ή το Mini-Mental State Examination (M.M.S.E.) που εκτιμούν αδρά τις γνωστικές δεξιότητες (Ηλίας, 2020). Εν συνεχεία, ο κλινικός αξιολογεί τις επικοινωνιακές δεξιότητες ώστε να εκτιμήσει τυχόν δυσκολίες που επηρεάζουν τη λειτουργική επικοινωνία. Συγκεκριμένα, εκτιμώνται η ικανότητα γλωσσικής κατανόησης και έκφρασης σε όλες τις πτυχές της επικοινωνίας. Κατά αυτόν τον τρόπο ελέγχονται και οι ικανότητες άρθρωσης και φωνολογίας, περιγραφής, αφήγησης, τα μορφοσυντακτικά στοιχεία των προτάσεων και οι πραγματολογικές ικανότητες (Ηλίας, 2020). Διακρίνονται τυχόν ελλείμματα ή δυνατότητες σε τομείς, όπως η κατανόηση της πληροφορίας, η λογική σύνδεση των νοημάτων αλλά και η σωστή χρήση της γλώσσας στο εκάστοτε επικοινωνιακό πλαίσιο, η διατήρηση ενός θέματος στη συζήτηση και οι σωστές δεξιότητες συνομιλίας. Μέσω της εκτίμησης των επικοινωνιακών ικανοτήτων μπορεί επίσης να ελεγχθεί το σημασιολογικό και μνημονικό σύστημα, η κατονομασία ακόμα και ο μεταφορικός και παροιμιώδης λόγος. (Ηλίας, 2020)

Τα τελευταία χρόνια ως πρωταρχικό μέλημα του κλινικού που αξιολογεί έναν ασθενή με νευρογνωστική διαταραχή έχει τεθεί ο εντοπισμός των καλά διατηρημένων ικανοτήτων και δευτερευόντως ο προσδιορισμός των γνωστικών ελλειμμάτων. Με την αύξηση του αριθμού των ατόμων που νοσούν από άνοια, η επιστημονική κοινότητα έχει στραφεί στον πρώιμο εντοπισμό των ατόμων που βρίσκονται σε προκλινικό στάδιο ώστε να αλλάξει η τροχιά ή /και ο αντίκτυπος της νόσου δυνητικά (Bayles, et al., 2020). Παραδείγματος χάριν, η νόσος Alzheimer έχει μια μακρά προκλινική φάση, ενδεχομένως χρόνια ή και δεκαετίες, παρέχοντας ένα δυνητικό «παράθυρο» για παρέμβαση (Yuan, et al., 2023).



Εικόνα 1: Σχεδιάγραμμα πορείας της νόσου Alzheimer (Bayles, et al., 2020)

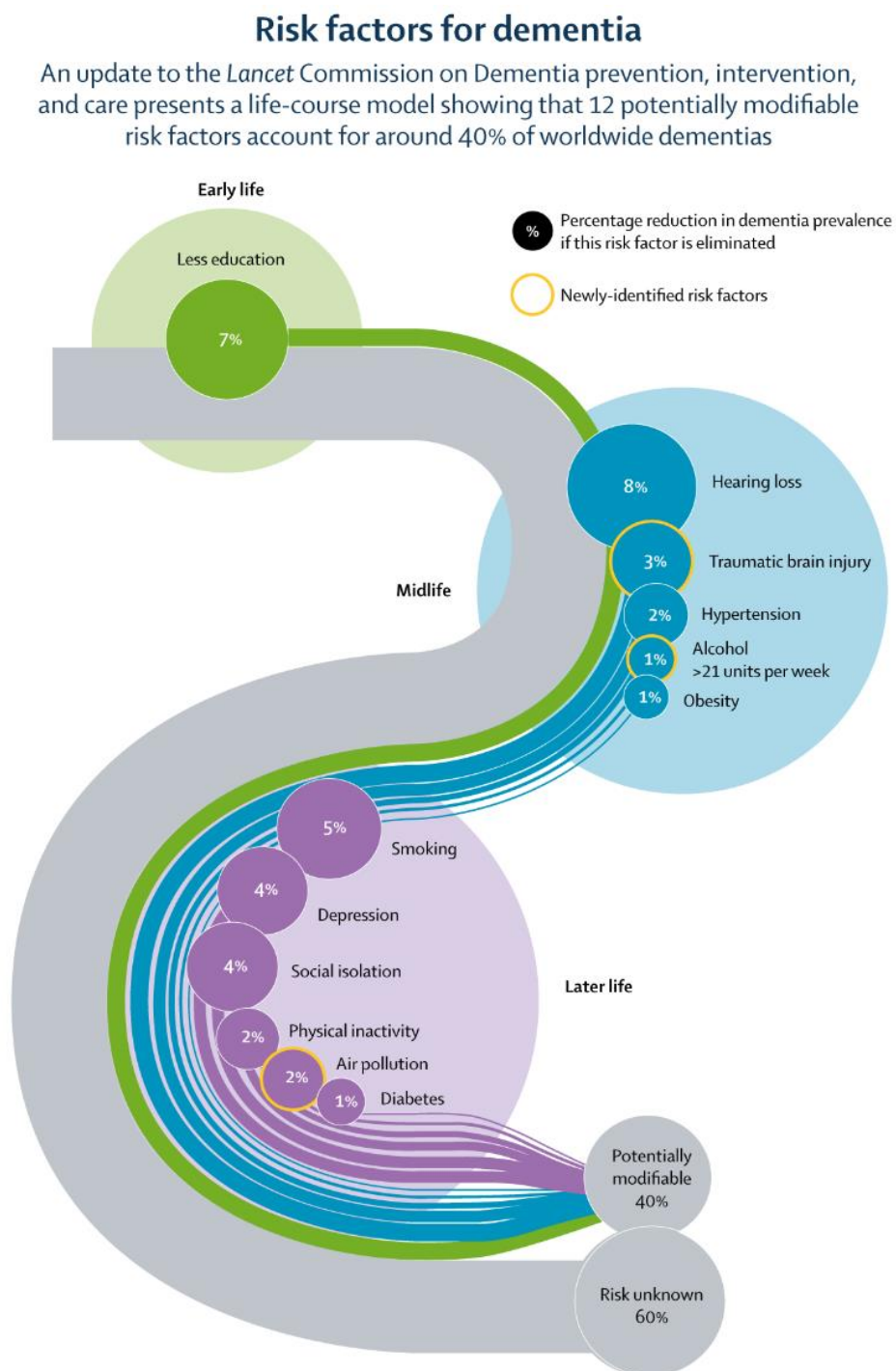
Η μαγνητική τομογραφία είναι αρωγός στο απαιτητικό εγχείρημα της διάγνωσης των νευρογνωστικών διαταραχών εντοπίζοντας τις δομικές βλάβες του εγκεφάλου αλλά δεν δύναται να αντικαταστήσει τα δεδομένα που συλλέγει ο κλινικός μέσω της γνωστικής αξιολόγησης (Jin, et al., 2020).

Ο κλινικός μπορεί να χορηγήσει ειδικά ερωτηματολόγια αυτοαναφοράς σχετικά με τη γνωστική έκπτωση στον ίδιο τον ασθενή αλλά και στον φροντιστή του. Μέσω των ερωτηματολογίων αντικατοπτρίζονται οι προσδοκίες και οι προβληματισμοί του ασθενούς αλλά και των οικείων του βοηθώντας στην παροχή πιο στοχευμένων υπηρεσιών, όπως η συμβουλευτική (Ηλίας, 2020). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ασθενείς με λανθασμένη γνώση των γνωστικών ελλειμμάτων τους δεν θα είναι σε θέση να παρέχουν έγκυρες και αξιόπιστες πληροφορίες. (Capeleto Francisco, et al., 2019). Ομοίως, οι φροντιστές λόγω του συναισθηματικού τους φόρτου αλλά και της υποκειμενικής τους άποψης ενδέχεται να παρέχουν μη αντιπροσωπευτικές και λιγότερο ακριβείς πληροφορίες.

Σκοπός της αξιολόγησης είναι η έγκαιρη ανίχνευση. Η έγκαιρη ανίχνευση θα συμβάλει στην σωστή φροντίδα του ασθενή, στην πρόγνωση της έκβασης, στη διαχείριση της φαρμακολογικής ή μη θεραπείας και την παραπομπή σε πρόγραμμα γνωστικής ενδυνάμωσης (Bayles, et al., 2020). Τα συστήματα που εξυπηρετούν τη μάθηση και την αναπαράσταση των πληροφοριών δεν είναι το ίδιο ευάλωτα σε κάθε παθολογία (Bayles, et al., 2020). Με την έγκαιρη διάγνωση είναι εφικτή η διαμόρφωση ενός ιδανικότερου και αποτελεσματικότερου θεραπευτικού πλάνου αναλογικά με την εξέλιξη της νόσου ώστε να ενδυναμωθούν και να αντισταθμιστούν ελλείμματα και δυσκολίες (Bayles, et al., 2020).

Στην παρακάτω εικόνα, όπου παρουσιάζονται οι παράγοντες που αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης της άνοιας, μπορεί να γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα της έγκαιρης διάγνωσης και άρα της άμεσης παρέμβασης. Πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένοι παράγοντες, όπως για παράδειγμα η υπέρταση και τα προβλήματα ακοής είναι δυνητικά τροποποιήσιμοι, το οποίο σημαίνει ότι μπορούν να αποτελέσουν το κλειδί για τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης γνωστικών ελλειμμάτων (Alzheimer Society of Canada, 2023). Έχει υπολογιστεί ότι το 40% των ατόμων που πάσχουν από

νευρογνωστικές διαταραχές είναι αποτέλεσμα των συγκεκριμένων δυνητικά τροποποιήσιμων παραγόντων (Alzheimer Society of Canada, 2023).



Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, et al. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet* 2020.

THE LANCET

The best science for better lives

Εικόνα 2: Παράγοντες κινδύνου εκδήλωσης άνοιας- Τροποποιήσιμοι Παράγοντες

Πηγή: <https://www.thelancet.com/infographics-do/dementia-risk>

Τρέχουσες μέθοδοι αξιολόγησης

Στη συγκεκριμένη υποενότητα περιγράφονται ενδεικτικά ορισμένες δοκιμασίες που χρησιμοποιούνται για τον προσυμπτωματικό έλεγχο των ήπιων και μείζονων νευρογνωστικών διαταραχών. Η γνωστική αξιολόγηση στοχεύει στον προσδιορισμό του βαθμού λειτουργικότητας του ατόμου και του αντίκτυπου τυχόν γνωστικών ελλειμμάτων στις καθημερινές του δραστηριότητες. Προκειμένου να εκτιμηθούν άμεσα κι έγκυρα πρωταρχικοί γνωστικοί τομείς όπως η μνήμη, η προσοχή, η γλώσσα, οι εκτελεστικές λειτουργίες και οι οπτικοχωρικές δεξιότητες, έχουν δημιουργηθεί διάφορες δοκιμασίες που βασίζονται σε χαρτί και μολύβι και παραμένουν μέχρι και σήμερα το «χρυσό» πρότυπο για την κλινική αξιολόγηση (Jin, et al., 2020).

Mini Mental State Examination (MMSE)

Η δοκιμασία MMSE αποτελεί την πιο δημοφιλή ανιχνευτική δοκιμασία καθώς αξιολογεί τις γνωστικές πτυχές του προσανατολισμού, της εγγάραξης, της προσοχής και ικανότητας υπολογισμών, της ανάκλησης και της γλώσσας. Χρησιμοποιείται ως ένα γρήγορο εργαλείο 11 ερωτήσεων με συνολική βαθμολογία 30 μονάδων το οποίο προσδιορίζει τον βαθμό της γνωστικής έκπτωσης του ατόμου από την πλήρη γνωστική λειτουργικότητα έως και τη σοβαρή εξασθένηση. Καθώς η εκπαίδευση ενδυναμώνει το γνωστικό απόθεμα δύναται να επηρεάσει τα αποτελέσματα της δοκιμασίας. Για τον λόγο αυτό το εύρος βαθμολογίας της γνωστικής κανονικότητας μεταξύ των ατόμων με χαμηλή και υψηλή εκπαίδευση μεταβάλλεται ώστε να επιτυγχάνονται παρόμοια ευαισθησία και ειδικότητα (Jin, et al., 2020) (Capeleto Francisco, et al., 2019).

Πλεονεκτήματα:

Είναι ένα συνοπτικό και εύχρηστο εργαλείο το οποίο ολοκληρώνεται εντός 10 λεπτών και δεν απαιτεί ειδική εκπαίδευση ή εξοπλισμό και επομένως μπορεί να χορηγηθεί από όλους τους επαγγελματίες υγείας (Jin, et al., 2020). Έχει υψηλή ακρίβεια και ειδικότητα αναφορικά με τον εντοπισμό ατόμων με μείζονα νευρογνωστική διαταραχή. Συγκεκριμένα, ο O'Bryant και η ομάδα του συμπέραναν ότι το MMSE είχε ακρίβεια 89%, ευαισθησία 66% και ειδικότητα 99% για τον διαχωρισμό ατόμων με υψηλό μορφωτικό επίπεδο που είτε είχαν ακέραιη γνωστική λειτουργία είτε έπασχαν από άνοια (O'Bryant, et al., 2008) (Jin, et al., 2020).

Επιπλέον, λόγω της ευρείας χρήσης του, έχουν συλλεχθεί δεδομένα από έναν μεγάλο αριθμό ασθενών επιτρέποντας την ανάλυση των μοτίβων βαθμολογίας αλλά και τη σύγκριση των ασθενών. Οι πληροφορίες που αντλεί ο κλινικός από τη χορήγηση του MMSE είναι παρεμφερείς με αυτές της μαγνητικής τομογραφίας όσον αφορά τη μορφολογία του ιππόκαμπου, της αμυγδαλής και της παραϊπποκάμπιας έλικας (Jin, et al., 2020).

Περιορισμοί:

Ενώ η δοκιμασία MMSE εκτιμά τη λειτουργία αρκετών γνωστικών τομέων, η οπτικοχωρική ικανότητα δεν αξιολογείται επαρκώς (Jin, et al., 2020). Αυτό αποτελεί έναν σοβαρό περιορισμό καθώς δυσκολίες στον συγκεκριμένο τομέα αποτελούν ένα κύριο πρότιμο σύμπτωμα της νόσου Alzheimer (Jin, et al., 2020). Επίσης, η δοκιμασία περιλαμβάνει αρκετές ερωτήσεις επικεντρωμένες στη γλώσσα γεγονός που μπορεί να αποτελέσει συγχυτικό παράγοντα για τον κλινικό, αν η γλωσσική ικανότητα του ασθενή δεν είναι επαρκώς ικανοποιητική (Jin, et al., 2020). Ακόμα, η σχετικά χαμηλή ευαισθησία καθιστά μια δεύτερη και εκτενή αξιολόγηση επιτακτική σε ασθενείς οι οποίοι, αν και επιτυγχάνουν υψηλή βαθμολογία, παρουσιάζουν χαρακτηριστικά νευρογνωστικής διαταραχής (Jin, et al., 2020).

Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

Η δοκιμασία Montreal Cognitive Assessment (MoCA) αποτελεί ένα εναλλακτικό εργαλείο προσυμπτωματικού ελέγχου για τη διάγνωση των ήπιων νευρογνωστικών διαταραχών όσο και της νόσου Alzheimer (Jin, et al., 2020). Συνηθίζεται ένας ασθενής ο οποίος είναι εντός του φυσιολογικού εύρους βαθμολογιών στο MMSE τεστ αλλά παρουσιάζει δυσκολία στη διεκπεραίωση δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής να αξιολογείται και με το MoCA (Jin, et al., 2020). Άλλωστε, το MoCA σχεδιάστηκε ώστε να συμπληρώσει το MMSE (Jin, et al., 2020). Η συγκεκριμένη δοκιμασία περιλαμβάνει δραστηριότητες σχετικά με την αξιολόγηση των οπτικοχωρικών δεξιοτήτων και της εκτελεστικής λειτουργίας, της κατονομασίας, της μνήμης, της προσοχής, της γλώσσας, της αφαιρετικής σκέψης, της καθυστερημένης ανάκλησης και του προσανατολισμού. Περιλαμβάνει και τη δοκιμασία σχεδιασμού ρολογιού.

Πλεονεκτήματα

Όλοι οι κλινικοί μπορούν να έχουν πρόσβαση στη συγκεκριμένη δοκιμασία καθώς διανέμεται δωρεάν. Επίσης, είναι αρκετά εύκολη στη χρήση, διαθέτει οδηγίες προς τον κλινικό ώστε να επεξηγήσει απλά και κατανοητά τον στόχο κάθε δραστηριότητας στον εξεταζόμενο. Η διάρκεια χορήγησης είναι σύντομη καθώς διαρκεί περίπου 10 λεπτά. (Jin, et al., 2020)

Περιορισμοί:

Αν και το MoCA αναπτύχθηκε για να συμπληρώσει το MMSE (Jin, et al., 2020), η αξιολόγηση της επεισοδιακής μνήμης παρουσιάζει χαμηλή ευαισθησία με αποτέλεσμα η διάκριση της ήπιας γνωστικής διαταραχής να δυσκολεύει τους κλινικούς που χορηγούν τη συγκεκριμένη δοκιμασία (Park, 2022). Επίσης, καθώς η εκπαίδευση συσχετίζεται με το γνωστικό απόθεμα, η απόδοση μπορεί να επηρεαστεί από το επίπεδο εκπαίδευσης αλλά και από την ηλικία (Park, 2022).

Σε μια μελέτη η οποία συνέκρινε τις επιδόσεις 301 ηλικιωμένων στο MoCA, οι ηλικιωμένοι οι οποίοι είχαν αισθητηριακή βλάβη είτε στην όραση (5%) είτε στην ακοή (38%) είτε και στα δύο (7%) βρέθηκε ότι η επίδοσή τους ήταν πιο πιθανό να επηρεαστεί συγκριτικά με τους ηλικιωμένους οι οποίοι δεν είχαν αισθητηριακές δυσκολίες (Dupuis, et al., 2015). Επίσης, η Limoncu και οι συνεργάτες της στη μελέτη που δημοσίευσαν το 2021 ανέφεραν ότι η ευαισθησία και η ειδικότητα για τη διάκριση ασθενών με γνωστική έκπτωση αγγειακής αιτιολογίας από ασθενείς με υποφλοιώδη ισχαιμική αγγειακή νόσο χωρίς γνωστική έκπτωση είναι 76,7% και 81,4% αντίστοιχα (Limoncu, et al., 2021).

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται άλλες δοκιμασίες που χρησιμοποιούνται για την νευροψυχολογική αξιολόγηση.

Δοκιμασίες	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
Δοκιμασία Ρολογιού	Εύκολη και σύντομη δοκιμασία. Αξιολογεί τον οπτικοχωρικό συλλογισμό.	Δεν αξιολογεί τη γλώσσα. Το αποτέλεσμα επηρεάζεται από το επίπεδο εκπαίδευσης.
Κλίμακα Γνωστικής εξέτασης του Addenbrooke	Εύκολο στη χρήση. Εκτιμά την οπτικοχωρική ικανότητα. Είναι πιο ευαίσθητο από τη δοκιμασία Mini-Mental. Είναι αποτελεσματική σε όποια γλώσσα κι αν μεταφραστεί.	Κάποιες από τις ερωτήσεις προϋποθέτουν από τον ασθενή τη γνώση ορισμένων θεμάτων.
Αξιολόγηση της γνωστικής ικανότητας από τον γενικό ιατρό (GPCOG)	Σύντομη δοκιμασία. Αξιολογεί αρκετούς γνωστικούς τομείς. Μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε ηλεκτρονική μορφή.	Απαιτεί την καταγραφή των πληροφοριών από οικείο πρόσωπο.

Πίνακας 3: Περιγραφή δοκιμασιών αξιολόγησης της γνωστικής λειτουργίας (Jin, et al., 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εικονική Πραγματικότητα -Virtual Reality (VR)

Όπως αναφέρει και ο Jason Lanier, ο πρώτος ιδρυτής εταιρείας σχετική με την εικονική πραγματικότητα, η επαναστατική αυτή τεχνολογία αποτελεί ένα παράθυρο στο μέλλον (Lanier, et al., 1989). Για να γίνει κατανοητό τι ακριβώς είναι η εικονική πραγματικότητα παρατίθενται ένας από τους πρώτους ορισμούς που διατυπώθηκαν για να την περιγράψουν: *Η εικονική πραγματικότητα είναι ένας τρισδιάστατος κόσμος, ο οποίος παράγεται από έναν υπολογιστή μέσω μιας μηχανής/λογισμικού (πχ unity) και στον οποίο μπορεί κανείς να εμβυθιστεί και να αλληλεπιδράσει μαζί του.* (Μουστάκας, et al., 2015).

Από τον ορισμό γίνεται κατανοητή η σημαντικότητα της εμβύθισης, δηλαδή της απομόνωσης από τον πραγματικό κόσμο που έχει ο χρήστης μέσα στο εικονικό περιβάλλον (Μουστάκας, et al., 2015). Για να γίνει εφικτή η πλήρης εμβύθιση χρησιμοποιείται εξοπλισμός ο οποίος μπορεί να περιλαμβάνει γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, γάντια και στολή (Μουστάκας, et al., 2015). Από τον εξοπλισμό που θα επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί θα εξαρτηθεί ο βαθμός στον οποίο ο χρήστης θα απομονωθεί από το πραγματικό περιβάλλον μέσα στον εικονικό κόσμο (Μουστάκας, et al., 2015). Συνήθως, η χρήση των γυαλιών εικονικής πραγματικότητας είναι από μόνη της ικανή να προσφέρει έναν μεγάλο βαθμό εμβύθισης.

Σχετικά με τον εξοπλισμό, τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας διαθέτουν 2 οθόνες LCD υψηλής ανάλυσης και γυροσκοπικό μηχανισμό ώστε ο εικονικός κόσμος να συγχρονίζεται με την κίνηση του κεφαλιού. Διαθέτουν επίσης μικρόφωνο αλλά και ηχεία ώστε να επιτυγχάνεται η πλήρης εμβύθιση (Μουστάκας, et al., 2015).



Εικόνα 3- Εξοπλισμός. Πηγή εικόνας:
https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality

Τα γάντια εικονικής πραγματικότητας δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη μέσω αισθητήρων που περιλαμβάνουν να μπορεί να χειρίζεται τα εικονικά αντικείμενα. Το κουστούμι είναι μια ολόσωμη φόρμα, η οποία διαθέτει αισθητήρες ώστε να αναγνωρίζουν την κίνηση και τη θέση του

σώματος (Μουστάκας, et al., 2015). Η αλληλεπίδραση με τα αντικείμενα και η πλοήγηση στον εικονικό κόσμο συνήθως γίνεται με ειδικά χειριστήρια, με ανίχνευση των χειρονομιών και με ανίχνευση της κίνησης των ματιών.

Η εικονική πραγματικότητα αποτελεί μια καινοτόμο τεχνολογία που πρόσφατα έχει εισαχθεί ενεργά στο πεδίο της νευροψυχολογίας. Η πρώτη προσπάθεια ανάδειξης των δυνατοτήτων της στη νευροψυχολογική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε το 2002 (Pieri, et al., 2022). Ο Rizzo και ο συνεργάτης του άνοιξαν τον δρόμο στην εικονική πραγματικότητα απαριθμώντας τα προτερήματά της και προτρέποντας να πραγματοποιηθεί μια συλλογική προσπάθεια διερεύνησης των δυνατοτήτων της εικονικής πραγματικότητας στη μελέτη των γνωστικών μηχανισμών (Pieri, et al., 2022). Αρκετοί επιστήμονες ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμά του σχεδιάζοντας νέες νευροψυχολογικές δοκιμασίες που περιλάμβαναν τη χρήση VR (Pieri, et al., 2022).

Από το 2011, και ύστερα από την πρόταση του ερευνητή Bilder, οι δοκιμασίες εικονικής πραγματικότητας που προορίζονταν για αξιολόγηση των γνωστικών λειτουργιών σχεδιάστηκαν σύμφωνα με δύο κριτήρια (Pieri, et al., 2022):

A) Δημιουργία λογισμικών εικονικής πραγματικότητας βασισμένα σε ήδη υπάρχουσα νευροψυχολογική δοκιμασία (προσαρμογή σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας). Σύμφωνα με τον Parsons, η προσαρμογή των δοκιμασιών σε VR μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του γνωστικού φορτίου μέσω της υπερέκθεσης σε ερεθίσματα χωρίς να παρέχεται κάποια ουσιαστική επιπλέον πληροφορία (Parsons, 2015).

B) Σχεδιασμός σεναρίων πραγματικής ζωής σε εικονικό περιβάλλον (π.χ. εικονικό σουπερμάρκετ) (Parsons, 2015). Οι δοκιμασίες εικονικής πραγματικότητας που αξιολογούν την απόδοση σε σενάρια πραγματικής ζωής δίνουν τη δυνατότητα να παρατηρηθούν οι συμπεριφορές, όπως θα εκτελούνταν και σε πραγματική συνθήκη. Κατά αυτόν τον τρόπο μπορούν να συλλεχθούν πιο αξιόπιστα δεδομένα μέσα από οικολογικά έγκυρες δοκιμασίες (Parsons, 2015).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Μέθοδος

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των νέων ερευνητικών δεδομένων σχετικά με την εικονική πραγματικότητα και τη νευροψυχολογική αξιολόγηση των ήπιων και μείζονων νευρογνωστικών διαταραχών.

Τα ερωτήματα που έχουν τεθεί είναι τα ακόλουθα:

1. Με τις υπάρχουσες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας μπορεί να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν με ακρίβεια γνωστικά ελλείμματα;
2. Αποτελεί η εικονική πραγματικότητα μια αποδεκτή μέθοδο νευροψυχολογικής αξιολόγησης;
3. Υπάρχουν πλεονεκτήματα σχετικά με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας ως εργαλείο αξιολόγησης;
4. Υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας ως εργαλείο αξιολόγησης;

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στην υπάρχουσα βιβλιογραφία για εύρεση άρθρων που δημοσιεύτηκαν εντός της τελευταίας πενταετίας (2018 - 2023). Η αναζήτηση έγινε στη βάση δεδομένων PubMed και Google Scholar. Οι όροι που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση των άρθρων ήταν η ακόλουθη:

(“Neuropsychological assessment” OR “cognitive function” OR “neuropsychological test” OR “cognitive assessment” OR “cognitive screening”) AND (“Virtual reality” OR “VR” OR “VE’s” OR “Virtual Environment”). Εφόσον ο τίτλος και η περίληψη κάθε άρθρου σχετίζονταν με τα ερωτήματα που εξετάζονται, ακολουθούσε η ανάγνωση ολόκληρου του κειμένου.

Συμπεριλήφθηκαν μελέτες οι οποίες ήταν στην Αγγλική γλώσσα, το κείμενο ήταν πλήρως διαθέσιμο, ήταν σχετικές με τα ερωτήματα που έχουν τεθεί και αφορούσαν την εικονική πραγματικότητα ως εργαλείο αξιολόγησης σε ενήλικο πληθυσμό. Για την οργάνωση των άρθρων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Mendeley με το οποίο εντοπίστηκαν διπλότυπα άρθρα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας αλλά και την ανάγκη για νέες οικολογικά έγκυρες δοκιμασίες με υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα, η επιστημονική κοινότητα αναζητά νέους τρόπους εκτίμησης των γνωστικών ελλειμμάτων. Τα τελευταία χρόνια, όπως αποτυπώνεται και από την έκρηξη του αριθμού των ερευνών που αφορούν την νευροψυχολογική αξιολόγηση μέσω της εικονικής πραγματικότητας, αποδεικνύεται ότι το ενδιαφέρον των ερευνητών έχει στραφεί προς αυτή την κατεύθυνση. Παρακάτω παρατίθενται έρευνες και μελέτες που αφορούν εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην εκτίμηση των γνωστικών μηχανισμών καθώς και οι περιορισμοί που υπάρχουν σχετικά με αυτή την αναδυόμενη τεχνολογία.

1. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση της μνήμης

Σε μια πρόσφατη μελέτη του 2022, ο Luca Pieri με τους συνεργάτες του μελέτησαν τη δημιουργία ενός Virtual Reality λογισμικού ως μέθοδο αξιολόγησης της μνήμης και συγκεκριμένα της ελεύθερης ανάκλησης και της μνήμης αναγνώρισης (Pieri, et al., 2022). Σχεδιάστηκε ένα λογισμικό με την ονομασία ObReco 360° με κοινά στοιχεία με το Picture Recognition sub-test (συμπεριλαμβάνεται στο RBMT-III -Rivermead Behavioural Memory Test-III). Ο πληθυσμός στη συγκεκριμένη έρευνα αφορούσε 24 συμμετέχοντες και συγκεκριμένα 9 γυναίκες και 15 άνδρες, με 9 έτη εκπαίδευσης κατά μέσο όρο, και βαθμολογία στο MMSE μεγαλύτερη από 18 μονάδες. Η χρονική διάρκεια αξιολόγησης στο εικονικό περιβάλλον ήταν 10 λεπτά και ο εξοπλισμός που επιλέχθηκε ήταν τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας Oculus Go. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε 2 στάδια και συγκεκριμένα 2 φορές σε 1 εβδομάδα. (Pieri, et al., 2022).

Την πρώτη ημέρα αξιολόγησης χορηγήθηκε η δοκιμασία Mini-Mental State Examination (MMSE), η Συστοιχία Μετωπιαίας Εκτίμησης (Frontal Assessment Battery – FAB) για την εκτίμηση της εκτελεστικής λειτουργίας, η δοκιμασία Babcock story recall για την αξιολόγηση της βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης μνήμης και το Picture recognition sub-test (Pieri, et al., 2022). Στη συγκεκριμένη δοκιμασία παρουσιάζονται στη φάση κωδικοποίησης 15 εικόνες ζώων και αντικειμένων ενώ στη φάση αναγνώρισης 30 εικόνες. Οι εξεταζόμενοι έπρεπε να αναγνωρίσουν μόνο αυτές που τους παρουσιάστηκαν στη φάση κωδικοποίησης. Τη δεύτερη ημέρα χορηγήθηκε και το Virtual Reality λογισμικό. Η εφαρμογή του ξεκινούσε με σκοπό την εξοικείωση των χρηστών και συγκεκριμένα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης με το λογισμικό. Μετά την εξοικείωση ακολουθούσε το στάδιο της κωδικοποίησης. Αναλυτικότερα, ένας εικονικός κλινικός παρουσίαζε στον συμμετέχοντα τα 10 από τα 27 αντικείμενα. Σε επόμενο στάδιο, στο

στάδιο της ελεύθερης ανάκλησης, χρειαζόταν να ανακαλέσει, χωρίς να ήταν εμβυθισμένος στο εικονικό περιβάλλον και χωρίς να δίνεται κάποιο ερέθισμα, τα αντικείμενα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη φάση. Στο τέταρτο στάδιο, με τη χρήση των γυαλιών εικονικής πραγματικότητας, ο εξεταζόμενος κλήθηκε να περιηγηθεί σε έναν εικονικό χώρο και να εντοπίσει τα 10 αντικείμενα. Το πέμπτο και τελευταίο στάδιο της αξιολόγησης περιλάμβανε τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων αναφορικά με την αίσθηση παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον και τη χρησιμότητα του λογισμικού.

Στο ερωτηματολόγιο σχετικά με την αίσθηση παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον, αποδείχτηκε ότι στο ObReco-360° οι εξεταζόμενοι δεν εμφάνισαν αρνητικές επιδράσεις μετά τη χρήση του λογισμικού. Οι ερευνητές με τη σταθερή θέση των χρηστών στο εικονικό περιβάλλον αλλά και με την περιορισμένη χρονική διάρκεια έκθεσης στο VR περιόρισαν την πιθανότητα να αναπτύξουν οι συμμετέχοντες συμπτώματα VR Sickness τα οποία μπορεί να επιδρούσαν στην αίσθηση παρουσίας τους. Αναφορικά με το ερωτηματολόγιο χρησιμότητας (SUS) του λογισμικού ObReco-360°, η μέση βαθμολογία 73,5/100 κατατάσσει τη χρηστικότητά του πιο πάνω από το τρίτο τεταρτημόριο, χαρακτηρίζοντας το ως "Αποδεκτό" και με "Καλό" επίπεδο χρηστικότητας. (Pieri, et al., 2022).

Από τη συγκεκριμένη έρευνα φάνηκε ότι αναφορικά με την ελεύθερη ανάκληση ήταν καλύτερη η απόδοση στο εικονικό περιβάλλον, ενώ αναφορικά με τη μνημονική αναγνώριση η απόδοση στις δοκιμασίες αλλά και στο VR λογισμικό ήταν υψηλή. Ωστόσο, η απόδοση ήταν καλύτερη στη συνθήκη της δοκιμασίας με "χαρτί και μολύβι". (Pieri, et al., 2022).

Τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να εξηγηθούν ως εξής:

Αρχικά οι εξεταζόμενοι είχαν καλύτερη απόδοση στην ελεύθερη ανάκληση στο λογισμικό VR καθώς η οπτική κωδικοποίηση είναι καλύτερη στο εικονικό περιβάλλον. Επίσης, στο VR λογισμικό ζητήθηκε από τους εξεταζόμενους να ανακαλέσουν 10 αντικείμενα ενώ στη δοκιμασία Rivermead Behavioural Memory Test 15 αντικείμενα γεγονός που προκαλεί αριθμητική ανισορροπία. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι συμμετέχοντες στη δοκιμασία αναγνώρισης έπρεπε να εξερευνήσουν το εικονικό περιβάλλον ώστε να εντοπίσουν τα αντικείμενα-στόχους κάτι που προσδίδει μεγαλύτερη δυσκολία (Pieri, et al., 2022). Γενικά, το ObReco 360° είναι πιο απαιτητικό από τις δοκιμασίες με χαρτί και μολύβι γιατί δεν αξιολογεί τις πτυχές της μνήμης δομημένα αλλά πιο λειτουργικά προσομοιάζοντας έτσι καθημερινές δραστηριότητες (Pieri, et al., 2022). Τα παραπάνω δεδομένα ενθαρρύνουν την ένταξη μιας 360° τεχνολογίας στην εκτίμηση της μνήμης. (Pieri, et al., 2022).

Παρόμοια ενθαρρυντικά στοιχεία για την αξιολόγηση του μνημονικού συστήματος και συγκεκριμένα της χωρικής μνήμης υποστηρίζονται από τον Jin-Hyuck Park σε μια μελέτη που διεξήχθη το 2022 (Park, 2022). Συγκεκριμένα, μελετήθηκε αν είναι δυνατό αξιολογώντας τη χωρική μνήμη σε ένα εικονικό περιβάλλον να εντοπιστούν οι ασθενείς με ήπια νευρογνωστική διαταραχή, καθώς και αν η ακρίβεια ενός τέτοιου εργαλείου είναι καλύτερη από τις υπάρχουσες νευροψυχολογικές δοκιμασίες.

Στην έρευνα συμπεριλήφθηκαν ενήλικες άνω των 65 ετών οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. Η πρώτη ομάδα αποτελούνταν από 56 υγιείς ενήλικες και η δεύτερη από 36 άτομα με ήπια γνωστική διαταραχή αμνησιακού τύπου, σύμφωνα με τα κριτήρια των Petersen (Park, 2022). Όλοι οι συμμετέχοντες αρχικά αξιολογήθηκαν με τη δοκιμασία Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised Block Design test (WAIS-BDT) καθώς και με το MoCA-Korean. Πριν γίνει η αξιολόγηση με το VR λογισμικό «SCT-VR», προηγήθηκαν 2 συνεδρίες με σκοπό οι συμμετέχοντες να εξοικειωθούν με το περιβάλλον και τα χειριστήρια. Η εμβύθιση ήταν σε ανοιχτό τοπίο και καλούνταν από ένα σημείο, τυχαία επιλεγμένο στο εικονικό περιβάλλον, να παρατηρήσουν το τοπίο γύρω τους και να ακολουθήσουν μια πορεία η οποία ήταν επισημασμένη με «διαμαντάκια». Στη συνέχεια καλούνταν να επιστρέψουν στην αρχική τους τοποθεσία. Όλοι οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν συνολικά 10 συνεδρίες. Για να διαπιστωθεί η αξιοπιστία της εφαρμογής συλλέχθηκαν δεδομένα από 30 συμμετέχοντες σε χρονικό διάστημα δύο εβδομάδων (Park, 2022).

Το στατιστικό λογισμικό SPSS στο οποίο έγινε η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η αξιοπιστία της δοκιμής-επανάληψης ήταν υψηλή. Αξίζει να αναφερθούν τα συγκριτικά αποτελέσματα του λογισμικού εικονικής πραγματικότητας SCT-VR και της δοκιμασίας Montreal Cognitive Assessment Korean σχετικά με την θετική (PPV) και την αρνητική (NPV) προγνωστική αξία. Συγκεκριμένα, αναφορικά με το SCT-VR, το PPV και το NPV ήταν 94,44% και 96,42% αντίστοιχα, ενώ για το MoCA-K, το PPV και το NPV ήταν 78,94% και 92,30% αντίστοιχα. (Park, 2022).

Από τη μελέτη της έρευνας εγείρονται κάποιοι προβληματισμοί οι οποίοι πρέπει να αναφερθούν. Ενώ η πραγματική κίνηση θα μπορούσε να επηρεάσει την εκτίμηση της χωρικής μνήμης (Park, 2022), στο συγκεκριμένο λογισμικό δεν υπήρχε δυνατότητα μετακίνησης του χρήστη στον χώρο όπως θα γινόταν σε ένα πραγματικό περιβάλλον, καθώς ο εξεταζόμενος αλληλεπιδρούσε μέσω χειριστηρίων (Park, 2022). Επιπλέον, δεν είναι γνωστό αν η απόδοση στο SCT-VR βασίστηκε στον ιπόκαμπο ή αν οι συμμετέχοντες επιστράτευαν άλλους μηχανισμούς. Υποστηρίζεται βέβαια ότι ο ιπόκαμπος ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων χωρικής μνήμης κάνοντας χρήση μιας αλλοκεντρικής στρατηγικής (Silva, et al., 2023). Συνεπώς,

από αυτό διαφαίνεται ότι το SCT-VR πιθανώς εξαρτάται από τη λειτουργία του ιππόκαμπου (Park, 2022).

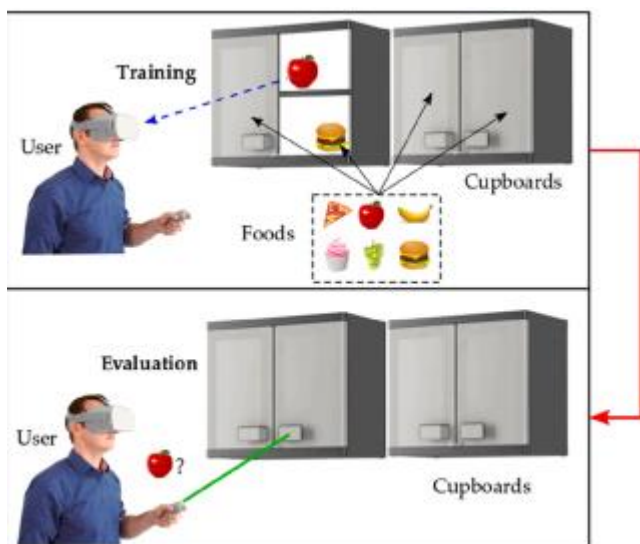
Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η αξιολόγηση της χωρικής μνήμης θα μπορούσε να συμβάλλει στη διάκριση των ατόμων με συμπτώματα ήπιας γνωστικής διαταραχής από τη φυσιολογική γήρανση ενώ το εικονικό περιβάλλον φάνηκε να παρουσιάζει υψηλότερη ευαισθησία και ειδικότητα από ότι η δοκιμασία MOCA-Korean. (Park, 2022).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σκοπός της γνωστικής αξιολόγησης είναι ο εντοπισμός των διατηρημένων γνωστικών ικανοτήτων αλλά και των δυσκολιών που μπορεί ο ασθενής να αντιμετωπίζει στην καθημερινή του ζωή. Η ικανότητα του ατόμου να ολοκληρώνει με ευκολία και ακρίβεια εργασίες που αποτελούν μέρος της καθημερινής ζωής επηρεάζεται στις μείζονες νευρογνωστικές διαταραχές (Pieri, et al., 2022). Ο ασθενής χάνει σταδιακά τη λειτουργικότητά του και στο τέλος την ανεξαρτησία του. Για αυτό τον λόγο είναι επιτακτική ανάγκη η αξιολόγηση να εκτιμά με ακρίβεια και οικολογική εγκυρότητα τη λειτουργικότητα του εξεταζόμενου σε δραστηριότητες τις οποίες εκτελεί στην καθημερινότητά του (Pieri, et al., 2022). Έχουν δημιουργηθεί αρκετά ερωτηματολόγια που καλείται ο ασθενής ή και ο φροντιστής να απαντήσει τα οποία δυστυχώς μπορεί να είναι υποκειμενικά και να μην αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές δυσκολίες. Η εικονική πραγματικότητα έρχεται να συνδράμει στη συγκεκριμένη πρόκληση που αντιμετωπίζουν καθημερινά οι κλινικοί καθώς επιτρέπει τον σχεδιασμό ελεγχόμενων περιβαλλόντων και δραστηριοτήτων. Τέτοιες δοκιμές δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής είναι πολύτιμες για τη διάγνωση ήπιων νευρογνωστικών διαταραχών και την εκτίμηση του κατά πόσο μπορούν να οδηγήσουν σε νόσο Alzheimer (Pieri, et al., 2022).

Με αφορμή την ανάγκη για νέα ψηφιακά εργαλεία ανίχνευσης των γνωστικών ελλειμμάτων και το γεγονός ότι η εικονική πραγματικότητα αποτελεί έναν προσιτό τρόπο αξιολόγησης που κινητοποιεί το ενδιαφέρον των εξεταζόμενων, μια ομάδα ερευνητών έθεσε ως ερώτημα εάν μέσω της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να αξιολογηθεί η απόδοση σε δραστηριότητες καθημερινής ζωής ανιχνεύοντας με μεγαλύτερη ακρίβεια την ήπια γνωστική διαταραχή (Varela-Aldas, et al., 2022). Ο πληθυσμός της έρευνας αφορούσε 22 υγιείς ενήλικες, ηλικίας 18-65 οι οποίοι στη δοκιμασία MMSE συγκέντρωσαν 26 μονάδες και άνω. Το 68,18% δεν είχε προηγούμενη εμπειρία με εικονικό περιβάλλον. Για τον σκοπό της έρευνας δημιουργήθηκε μια εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας που εκτιμά την εικονική αισθητηριακή μνήμη, την εργαζόμενη μνήμη, τον χωρικό προσανατολισμό και τις εκτελεστικές ικανότητες. (Varela-Aldas, et al., 2022)

Στο πρώτο στάδιο ο εξεταζόμενος καλείται να απομνημονεύσει αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε ντουλάπια σε χρονικό διάστημα 10 δευτερολέπτων. Σε δεύτερο στάδιο – φάση ανάκλησης-

πρέπει να εντοπίσει τα αντικείμενα που ζητούνται κάθε φορά επιλέγοντας το σωστό ντουλάπι και το σωστό αντικείμενο. Υπήρχαν 2 επίπεδα δυσκολίας με 7 και 9 αντικείμενα (Varela-Aldas, et al., 2022).



Εικόνα 4- Δραστηριότητες που περιέχονται στο λογισμικό. Πηγή:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581922001100?via%3Dihub>

Οι ερευνητές εστίασαν στον χρόνο που χρειάστηκε για να επιλεγεί το ντουλάπι από κάθε εξεταζόμενο, τον χρόνο επιλογής του αντικειμένου αλλά και τον συνολικό χρόνο. Τα στοιχεία φανερώνουν για τον πληθυσμό της μελέτης ότι όσο μεγαλύτερος ήταν ο συνολικός χρόνος τόσο χειρότερη απόδοση σημειώθηκε και συσχετίστηκε η ηλικία με τον χρόνο επιλογής του ντουλαπιού. (Varela-Aldas, et al., 2022). Επίσης, φάνηκε ότι στο πιο εύκολο επίπεδο με τα 7 αντικείμενα, το εικονικό περιβάλλον υπερεκτιμά τα αποτελέσματα κατά 3,32 μονάδες ενώ στο δυσκολότερο με τα 9 αντικείμενα το VR λογισμικό υποεκτιμά κατά 3,2 μονάδες. Η απόκλιση είναι μόλις ± 3 που υποδηλώνει μια καλή προσέγγιση της μεθόδου (Varela-Aldas, et al., 2022). Στο τέλος της αξιολόγησης δόθηκαν ερωτηματολόγια για την εμπειρία στο εικονικό περιβάλλον. Το 86,36% των συμμετεχόντων έδειξε προτίμηση στο Cupboard test (VR) (Varela-Aldas, et al., 2022).

Από τα παραπάνω δεδομένα φαίνεται ότι το λογισμικό θα μπορούσε να αποτελέσει ένα χρήσιμο διαγνωστικό εργαλείο. Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι η συγκριμένη έρευνα συναντά κάποιους περιορισμούς. Ο πληθυσμός της έρευνας ήταν μόλις 22 άτομα, συνεπώς η αξιοπιστία της εφαρμογής χρήζει περαιτέρω διερεύνηση (Varela-Aldas, et al., 2022). Επίσης, στην έρευνα συμπεριλήφθηκαν μόνο υγιείς συμμετέχοντες οι οποίοι δεν παρουσίαζαν συμπτώματα νευρογνωστικής διαταραχής.

Σε μια άλλη δημοσίευση, ο Christy Hogan με τους συνεργάτες του μελέτησε τη σχέση της εικονικής πραγματικότητας με την προοπτική μνήμη, δηλαδή την ικανότητα να θυμόμαστε τις μελλοντικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ή μετά από κάποιο συμβάν (Hogan, et al., 2023). Η προοπτική μνήμη αποτελεί μια από τις

σημαντικότερες εκφάνσεις του μνημονικού συστήματος και η εξασθένησή της είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την απώλεια της αυτονομίας του ατόμου. Παρότι και τα δύο είδη της προοπτικής μνήμης χρήζουν εκτίμησης με εγκυρότητα, υπάρχει περιορισμένος αριθμός νευροψυχολογικών δοκιμασιών (Hogan, et al., 2023). Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα λογισμικό εικονικής πραγματικότητας για την εκτίμηση της προοπτικής μνήμης που βασίζεται τόσο σε γεγονότα όσο και στο χρόνο. Ο πληθυσμός της έρευνας αποτελούνταν από 12 ασθενείς με διάγνωση εγκεφαλικού επεισοδίου ηλικίας από 18-85 ετών και από 12 υγιείς ενήλικες που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου. Σε όλους τους εξεταζόμενους χορηγήθηκε το ψυχομετρικό εργαλείο για την αξιολόγηση της προοπτικής μνήμης CAMPROMPT και το LDPMΤ. Αξιολογήθηκαν επίσης με τα παρακάτω νευροψυχολογικά τεστ: Trail Making Task, Hopkins Verbal Learning Test - Revised HVLT-R (για τη λεκτική μάθηση και μνήμη) και με το MoCA. (Hogan, et al., 2023)

Πριν από την αξιολόγηση στο εικονικό περιβάλλον, οι εξεταζόμενοι εξοικειώνονταν για χρονικό διάστημα 5 λεπτών με το λογισμικό VRPMST. Για την αξιολόγηση της προοπτικής μνήμης που βασίζεται στον χρόνο έπρεπε κάθε 3 λεπτά να θυμούνται να δίνουν εντολή για μέτρηση καρδιακού ρυθμού. Για την προοπτική μνήμη που βασίζεται σε γεγονότα είχαν δημιουργηθεί δύο δραστηριότητες. Η πρώτη αφορούσε την καταγραφή εξόδων για κάθε αγορά τροφίμων. Συγκεκριμένα, κάθε φορά που αγόραζε ένα τρόφιμο (4 φορές συνολικά), ο συμμετέχων καλούνταν να συλλέξει απόδειξη. Στην δεύτερη δραστηριότητα ο εξεταζόμενος, αφού πρώτα είχε πληροφορηθεί για την απώλεια των γυαλιών του, κάθε φορά που συναντούσε έναν φύλακα ασφαλείας σε εμπορικό κέντρο έπρεπε να θυμάται να ρωτάει σχετικά με αυτά (4 φορές συνολικά). Οι συμμετέχοντες έπρεπε να συμπληρώσουν στο τέλος και ερωτηματολόγια για το λογισμικό. (Hogan, et al., 2023)

Από τα δεδομένα της συγκεκριμένης έρευνας φαίνεται πως οι συμμετέχοντες με εγκεφαλικό επεισόδιο σημείωσαν χαμηλότερη απόδοση από την ομάδα ελέγχου κυρίως στις δοκιμασίες προοπτικής μνήμης που βασίζονταν στον χρόνο. Σχετικά με την εκτίμηση της προοπτικής μνήμης που βασίζεται σε γεγονότα σημειώθηκε παρόμοια βαθμολογία με την ομάδα ελέγχου. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψη ότι η προοπτική μνήμη που βασίζεται σε γεγονότα απαιτεί λιγότερους γνωστικούς πόρους ή ότι ενδεχομένως το επίπεδο δυσκολίας ήταν απλό. Εν κατακλείδι, το VRPMST ήταν ευαίσθητο στην αξιολόγηση της προοπτικής μνήμης που βασίζεται στον χρόνο καθώς βρέθηκαν παρόμοια αποτελέσματα και στη δοκιμασία CAMPTOMT όπως και στη LDPMΤ (Hogan, et al., 2023).

Μια άλλη έρευνα του 2023 στοχεύει να αναδείξει την εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας σε ασθενείς οι οποίοι νόσησαν από καρκίνο όχι μόνο ως προς την αξιολόγηση της μνήμης, αλλά και της προσοχής, της ταχύτητας επεξεργασίας, της εκτελεστικής λειτουργίας

και της λεκτικής ευχέρειας (Zeng, et al., 2023). Όπως είναι επακόλουθο, οι ασθενείς που επιβίωσαν από καρκίνο εκτιμάται ότι εμφανίζουν σε ποσοστό 75% γνωστική εξασθένηση (Zeng, et al., 2023). Για τον σκοπό αυτό 165 πρώην καρκινοπαθείς με ηλικία από 18 έως και 65 ετών (Μέσος όρος ηλικίας: 47 έτη) και χωρίς κάποια διαταραχή στην όρασή τους αξιολογήθηκαν με επιλεγμένες νευροψυχολογικές δοκιμασίες, όπως συστήνεται από την Διεθνή ομάδα Δράσης για τη γνωστική λειτουργία και με τις παρακάτω νευροψυχολογικές δοκιμασίες: AVLT (Auditory Verbal Learning Test), COWA (Controlled Oral Word Association Test), TMT-A, TMT-B (Trail Making Test) και την κινεζική εκδοχή του RAVLT (Rey Auditory Verbal Learning Test). Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας Pico neo-3. Δραστηριοποιήθηκαν σε ένα εικονικό περιβάλλον πλήρους εμβύθισης που αφορούσε ένα εμπορικό κέντρο για την αξιολόγηση της μνήμης και της μάθησης, ένα σουπερμάρκετ για την αξιολόγηση της λεκτικής ευχέρειας και ένα ανοιχτό τοπίο (εξωτερικό περιβάλλον) για την εκτίμηση της ταχύτητας επεξεργασίας και της εκτελεστικής ικανότητας. Αποτελεί την πρώτη απόπειρα για αυτοχορηγούμενο εργαλείο πλήρους εμβύθισης. (Zeng, et al., 2023). Στο τέλος της αξιολόγησης συμπληρώθηκαν ερωτηματολόγια για την ευχρηστία και την αποδοχή της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Σχετικά με την αίσθηση παρουσίας, η συγκεντρωτική βαθμολογία ήταν υψηλή, γεγονός που αποδεικνύει την ευχρηστία της εφαρμογής ενώ η μέση βαθμολογία για την εκτίμηση συμπτωμάτων VR Sickness ήταν 0,35 υποδεικνύοντας ότι οι ασθενείς εμφάνισαν συμπτώματα δυσφορίας σε πολύ μικρό ποσοστό (Zeng, et al., 2023). Παρόλο που τα ευρήματα από τη συγκεκριμένη έρευνα είναι αρκετά υποσχόμενα, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν καθώς η έρευνα έλαβε χώρα μόνο σε ένα προάστιο της Κίνας (Zeng, et al., 2023). Αν και χρήζει περαιτέρω εφαρμογής, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα χρήσιμο διαγνωστικό εργαλείο, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη ομάδα (Zeng, et al., 2023).

Σε μελέτη των Wiederhold και Riva, όπως δημοσιεύθηκε το 2021, εξετάζεται η δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος με την ονομασία «VEGs» για την αξιολόγηση της επεισοδιακής και προοπτικής μνήμης (Wiederhold & Riva, 2021). Στην μελέτη συμπεριλήφθηκαν 19 ηλικιωμένα άτομα (Μ.Ο ηλικίας=77 έτη) και 25 νεαρά άτομα (Μ.Ο. ηλικίας=21 έτη). Το λογισμικό αφορούσε ένα σενάριο καθημερινής ζωής, και συγκεκριμένα την επίσκεψη σε ένα φαρμακείο και ένα σουπερμάρκετ (Wiederhold & Riva, 2021). Τα αποτελέσματα έδειξαν συσχέτιση της απόδοσης της επεισοδιακής μνήμης στο VEGs με την νευροψυχολογική αξιολόγηση. Η ομάδα των ηλικιωμένων απόδωσε χειρότερα από τα νεαρά άτομα. Παρατηρήθηκε ότι αφιέρωσαν παραπάνω χρόνο κοιτάζοντας τη λίστα αγορών και τη λίστα με τα προϊόντα που είχαν ήδη συλλεχθεί. Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, το VEGs θα μπορούσε να

αποτελέσει μια καλή λύση για την αξιολόγηση της επεισοδιακής και της προοπτικής μνήμης. Ωστόσο, τα αποτελέσματα πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή καθώς στη μελέτη δεν αναγράφονται οι δοκιμασίες που χορήγησαν για τον έλεγχο της γνωστικής λειτουργίας (Wiederhold & Riva, 2021).

2. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση της προσοχής

Όπως είναι αναμενόμενο, οι ασθενείς που πάσχουν από νευρογνωστική διαταραχή παρουσιάζουν ελλείμματα στον τομέα της προσοχής, γεγονός που επηρεάζει και την ικανότητά τους για μάθηση και απομνημόνευση νέων πληροφοριών (Hategan, et al., 2018). Σε μια δοκιμασία αξιολόγησης της προσοχής που απευθύνεται σε ενήλικες είναι απαραίτητο το περιβάλλον του λογισμικού και το επίπεδο δυσκολίας να ταιριάζουν με το πληθυσμό στον οποίο απευθύνεται. Οι περισσότερες ψηφιακές δοκιμασίες έχουν σχεδιαστεί βάσει της δοκιμασίας go/no-go, η οποία αξιολογεί την ικανότητα αναστολής και σχετίζεται με την εστιασμένη προσοχή (Καπούλας, 2022). Ωστόσο, τόσο η προσοχή όσο και η παρορμητικότητα συχνά αξιολογούνται μέσω κλιμάκων αυτοαναφοράς από τα οποία ενδεχομένως να προκύψουν και παραπλανητικά αποτελέσματα. Η εικονική πραγματικότητα έχει δώσει την ευκαιρία η αξιολόγηση να μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ειδικά σχεδιασμένα εικονικά περιβάλλοντα τα οποία μιμούνται την καθημερινότητα του εξεταζόμενου (Pieri, et al., 2022).

Με αφορμή τα παραπάνω, το 2023 ο David Mendez-Encinas και η ομάδα του θέλησαν να μελετήσουν την ικανότητα προσοχής και τον βαθμό παρορμητικότητας σε ένα εικονικό περιβάλλον (Mendez-Encinas, et al., 2023). Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε ένα λογισμικό εικονικής πραγματικότητας με την ονομασία “The treasure hunt VR application”. Το λογισμικό απαιτεί από τον χρήστη να διατηρήσει την προσοχή του σε ένα συγκεκριμένο ερέθισμα το οποίο μεταβάλλεται και να αγνοήσει τους διασπαστές που εμφανίζονται. Τα ερεθίσματα παρουσιάζονται στους συμμετέχοντες με την ίδια χρονική ακολουθία είτε είναι ακουστικά είτε οπτικά ώστε όλοι οι συμμετέχοντες να αξιολογούνται με τις ίδιες παραμέτρους.

Αναλυτικότερα, το εικονικό περιβάλλον στο οποίο αξιολογούνται οι χρήστες είναι ένα νησί. Μπροστά από κάθε χρήστη βρίσκονται 3 ανοιχτά σεντούκια θησαυρών εκ των οποίων τα 2 είναι άδεια. Τα σεντούκια αφού κλείσουν εναλλάσσονται. Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το σωστό σεντούκι με το θησαυρό. Η επιλογή πρέπει να γίνει μέσα σε 10 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια διαπιστώνει αν έκανε τη σωστή επιλογή. Μετά από λίγο χρόνο τα σεντούκια κλείνουν πάλι και ξεκινάει ένας νέος γύρος. Ενώ τα σεντούκια παραμένουν σταθερά εμφανίζονται διασπαστές όπως

ένας γλάρος, ένα πλοίο και καβούρια. Ο χρήστης θα πρέπει να διατηρήσει την προσοχή του μόνο στο ερέθισμα-στόχο. (Mendez-Encinas, et al., 2023)

Η διάρκεια της δοκιμασίας δεν ξεπερνά τα 10 λεπτά ενώ και η συνολική διάρκεια με την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων και την εξοικείωση δεν ξεπερνά τα 20 λεπτά. Οι ερευνητές για τη διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποίησαν τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας: HP Reverb G2 Omnicert. Με τον συγκεκριμένο εξοπλισμό κατέγραψαν την κατεύθυνση του βλέμματος, τη διαστολή της κόρης, τη σύγκλιση των ματιών, την κίνηση των χεριών, τον χρόνο που αφιερώθηκε για την επιλογή του σωστού σεντουκιού και τον αριθμό σφαλμάτων. (Mendez-Encinas, et al., 2023)

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 34 άτομα τα οποία δεν αντιμετώπιζαν δυσκολίες όρασης ούτε εμφάνιζαν επιληπτικές κρίσεις. Όλοι οι συμμετέχοντες πριν από τη δοκιμασία εκπαιδεύτηκαν για τον τρόπο χειρισμού του εξοπλισμού και εξοικειώθηκαν ώστε να μην αντιμετωπίσουν δυσκολία στο εικονικό περιβάλλον. Επίσης, συμπλήρωσαν την κλίμακα ATTC όπως και την κλίμακα BIS-11 αναφορικά με την προσοχή και την παρορμητικότητα τους. (Mendez-Encinas, et al., 2023)

Τα αποτελέσματα για τον συγκεκριμένο πληθυσμό δείχνουν συσχέτιση μεταξύ της βαθμολογίας που σημειώθηκε στο ερωτηματολόγιο ATTC με τον χρόνο που αφιερώθηκε στην παρατήρηση των διασπαστών. Οι εξεταζόμενοι που συγκέντρωσαν πιο υψηλή βαθμολογία στο ATTC αφιέρωσαν περισσότερο χρόνο κοιτάζοντας τους διασπαστές ή παρατηρώντας λάθος σεντούκι. Η απόσπαση της προσοχής τους επηρεάστηκε από το μέγεθος των διασπαστών (Mendez-Encinas, et al., 2023). Επίσης, σχετικά με τις κινήσεις των ματιών βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ της σύγκλισης των ματιών, της διαστολής της κόρης αλλά και το ανοιγοκλείσιμο των ματιών με τον βαθμό παρορμητικότητας (Mendez-Encinas, et al., 2023).

Η συγκεκριμένη έρευνα συναντά κάποιους περιορισμούς. Αρχικά, ο πληθυσμός ήταν αριθμητικά μικρός. Επίσης, η μελέτη βασίστηκε στις μεταβλητές που καταγράφηκαν από τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας. Επιπλέον, ορισμένα άτομα ανέφεραν ότι μετά την έκθεσή τους στο εικονικό περιβάλλον (10 λεπτά) αισθάνονταν κουρασμένοι. Σύμφωνα μάλιστα με έρευνα (Mimnaugh, et al., 2023), η εμφάνιση συμπτωμάτων δυσφορίας κατά την διάρκεια παραμονής στο εικονικό περιβάλλον μπορεί να μειώσει την προσοχή των χρηστών και κατ' επέκταση την απόδοσή τους. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν αρκετά κοστοβόρος ενώ τα συγκεκριμένα γυαλιά ήταν σχετικά βαριά και κουραστικά για τον χρήστη (Mendez-Encinas, et al., 2023).

Από τη μελέτη της έρευνας φαίνεται ότι η καταγραφή και άλλων μεταβλητών, όπως είναι εφικτό μέσα από την εικονική πραγματικότητα, είναι αρκετά βοηθητική για τη μελέτη της

συμπεριφοράς των χρηστών. Η εφαρμογή σε μεγαλύτερο δείγμα πληθυσμού κρίνεται απαραίτητη ώστε να προσδιοριστεί η ακρίβεια ενός τέτοιου εργαλείου. (Mendez-Encinas, et al., 2023).

Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, η προσοχή αποτελεί μια από τις πιο καίριες γνωστικές λειτουργίες εάν αναλογιστεί κανείς ότι η αντίληψη και η μνήμη απαιτούν τη σωστή λειτουργία της (Climent, et al., 2021). Άλλωστε η εργαζόμενη μνήμη συνδέεται άμεσα με τον έλεγχο της προσοχής ο οποίος επηρεάζεται με την πάροδο της ηλικίας και μπορεί να οδηγήσει σε ακατάλληλες αποκρίσεις σε ορισμένες δραστηριότητες (Climent, et al., 2021).

Λόγω της πολυπλοκότητας αυτού του γνωστικού μηχανισμού, της σημαντικότητάς του και του γεγονότος ότι επί του παρόντος δεν υπάρχουν πολλές δοκιμασίες βασισμένες στην εικονική πραγματικότητα για την αξιολόγηση της προσοχής, μια επιστημονική ομάδα στην Ισπανία θέλησε να μελετήσει τα δεδομένα που θα προκύψουν από το VR λογισμικό «Nesplora Aquarium VR» (Climent, et al., 2021). Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 1.469 άτομα ηλικίας από 16 έως 90 ετών. Η συνολική διάρκεια της δοκιμασίας ήταν 18 λεπτά. Οι εξεταζόμενοι μεταφέρθηκαν σε ένα εικονικό περιβάλλον με τη μορφή ενός ενυδρείου. Οι δραστηριότητες ήταν εμπνευσμένες από τις δοκιμασίες συνεχούς επίδοσης και κάθε φορά που έβλεπαν ή άκουγαν ορισμένες λέξεις ή ψάρια έπρεπε να πατάνε ένα συγκεκριμένο κουμπί. Κατά την αξιολόγηση οι επισκέπτες που περπατούν και οι ανακοινώσεις που ακούγονται από τα μεγάφωνα αποτελούν διασπαστές για τον εξεταζόμενο. (Climent, et al., 2021)

Για την ανάλυση των δεδομένων λήφθηκαν υπόψη μεταξύ άλλων:

- παραλείψεις του συμμετέχοντος (omission errors) όταν δεν αντέδρασε με την εμφάνιση του στόχου
- τα σφάλματα (commission errors) που προέκυψαν όταν ο συμμετέχων επέλεξε ένα ερέθισμα που δεν αποτελούσε στόχο
- σημάδια υπερκινητικότητας του συμμετέχοντος
- ο χρόνος αντίδρασης δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται ώσπου να επιλεγεί το ερέθισμα-στόχος
- ο χρόνος αντίδρασης που απαιτείται αν επιλεγεί ένα ερέθισμα μη στόχος (Climent, et al., 2021). Ο συγκεκριμένος χρόνος αντίδρασης είναι αρκετά σημαντικό να διερευνηθεί καθώς μια υψηλή βαθμολογία μπορεί να είναι δείγμα παρορμητικότητας.

Επίσης, μελετήθηκε η γνωστική ευελιξία δηλαδή εάν οι συμμετέχοντες εκτελούν μια νέα δραστηριότητα χωρίς να ακολουθούν τις οδηγίες της προηγούμενης, καθώς και η ικανότητα εναλλαγής της προσοχής δηλαδή εάν με την εμφάνιση των διασπαστών επηρεάστηκε η απόδοση (Climent, et al., 2021).

Από τα πρώτα αποτελέσματα προκύπτουν ότι το επίπεδο δυσκολίας φάνηκε να είναι αποδεκτό ενώ το εργαλείο επέδειξε καλές ψυχομετρικές ιδιότητες. Οι άνδρες, αν και είχαν συμπτώματα παρορμητικότητας, επέδειξαν καλύτερη επίδοση από το γυναικείο φύλο το οποίο εμφάνισε περισσότερα σφάλματα απροσεξίας. Επίσης, ο πληθυσμός, ηλικίας 16 έως 40 ετών, επέδειξε καλύτερα αποτελέσματα σχεδόν σε όλες τις μεταβλητές που συζητήθηκαν νωρίτερα (Climent, et al., 2021).

Συμπερασματικά, με την ερμηνεία των παραπάνω αποτελεσμάτων φαίνεται πως το Nesplora Aquarium θα μπορούσε να αποτελέσει μέρος της αξιολόγησης της λειτουργίας της προσοχής και της εργαζόμενης μνήμης σε ενήλικες (Climent, et al., 2021).

Μια ενδιαφέρουσα μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2023 θέλησε να διερευνήσει την εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση της γνωστικής λειτουργίας ασθενών με πολλαπλή σκλήρυνση (Hsu, et al., 2023). Υπολογίζεται ότι πάνω από το 66% των ασθενών θα εμφανίσουν γνωστική εξασθένηση (Hsu, et al., 2023). Για τον σκοπό αυτό 10 υγιείς ενήλικες και 10 ασθενείς με πολλαπλή σκλήρυνση, με παρόμοια δημογραφικά χαρακτηριστικά, εντάχθηκαν στη μελέτη. Το εικονικό περιβάλλον που σχεδιάστηκε μιμούνταν μια σχολική αίθουσα. Δημιουργήθηκαν 2 παραλλαγές του ίδιου λογισμικού: η μία με διασπαστές και η άλλη χωρίς. Όλοι αξιολογήθηκαν με τις νευροψυχολογικές δοκιμασίες [Symbol Digit Modalities Test (SDMT), California Verbal Learning Test-II (CVLT-II)] (Hsu, et al., 2023). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή στον συγκεκριμένο πληθυσμό δείχνουν ότι οι ασθενείς με πολλαπλή σκλήρυνση σημείωσαν μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης και στις 2 παραλλαγές του λογισμικού (με και χωρίς διασπαστές) αλλά και συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (Hsu, et al., 2023). Επίσης, προέκυψε θετική συσχέτιση του χρόνου αντίδρασης των ασθενών με τη βαθμολογία τους στη δοκιμασία SDMT (Hsu, et al., 2023). Δεν αναφέρθηκαν συμπτώματα δυσφορίας από την έκθεση στο εικονικό περιβάλλον και το 70% των ατόμων πίστευε ότι θα μπορούσε να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση της γνωστικής τους ικανότητας (Hsu, et al., 2023). Ωστόσο, η ερμηνεία των αποτελεσμάτων θα πρέπει να γίνεται με προσοχή καθώς το δείγμα των ατόμων ήταν αρκετά μικρό (Hsu, et al., 2023).

3. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση των εκτελεστικών λειτουργιών

Οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι ένα σύνολο ανώτερων γνωστικών λειτουργιών απαραίτητες για τη σωστή και στοχευμένη συμπεριφορά μας στις καθημερινές δραστηριότητες. Είναι υπεύθυνες για την οργάνωση, τον σχεδιασμό, την επίλυση προβλημάτων, τον αυτοέλεγχο αλλά τη γνωστική ευελιξία (Hategan, et al., 2018). Παραδείγματος χάριν ο σχεδιασμός και η προετοιμασία ενός

γεύματος απαιτούν την άθικτη λειτουργία των εκτελεστικών λειτουργιών. Στη φυσιολογική γήρανση, μετά την ηλικία των 70 ετών, σημειώνεται φθίνουσα πορεία των εκτελεστικών λειτουργιών (Hategan, et al., 2018). Επίσης, οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι υπεύθυνες και για την αφαιρετική σκέψη δηλαδή την ικανότητά μας για κατανόηση των γνωμικών αλλά και την εκτίμηση των ομοιοτήτων (το λεωφορείο και το τρένο είναι μέσα μεταφοράς) (Hategan, et al., 2018). Η αφαιρετική σκέψη παραμένει σταθερή στην φυσιολογική γήρανση (Hategan, et al., 2018).

Αρκετές νευροψυχολογικές δοκιμασίες όπως το Mini-mental, το trail making test, η δοκιμασία stroop (που αφορά την εκτίμηση της ικανότητας αναστολής) έχουν επιχειρήσει να αξιολογήσουν τις εκτελεστικές λειτουργίες. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχει τεθεί το ζήτημα της οικολογικής εγκυρότητας των δοκιμασιών καθώς δεν είναι αξιόπιστη η πρόβλεψη της απόδοσης σε πραγματικές συνθήκες εκτός του κλινικού πλαισίου (Chicchi Giglioli, et al., 2021).

Όπως αναφέρθηκε ήδη, ο σχεδιασμός και η προετοιμασία γεύματος αποτελεί μια δραστηριότητα καθημερινής ζωής που απαιτεί ικανότητα σχεδιασμού, προσοχή και γνωστική ευελιξία. Η επιστημονική ομάδα της Chicchi Giglioli με σκοπό να μελετήσει εάν η δοκιμασία μαγειρέματος μπορεί να εντοπίσει τη γνωστική εξασθένηση σε άτομα με διαταραχή χρήσης αλκοόλ συγκριτικά με υγιείς ενήλικες δημιούργησε την εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας “The Virtual Cooking Task (VCT)” (Chicchi Giglioli, et al., 2021). Το δείγμα αποτελούνταν από 18 άτομα με διαταραχή χρήσης αλκοόλ και από μια ομάδα ελέγχου 23 υγιών ατόμων. Ο συνολικός χρόνος διάρκειας για κάθε συμμετέχοντα ήταν περίπου 20 λεπτά. Όλοι αξιολογήθηκαν με τη δοκιμασία Mini Mental και το ερωτηματολόγιο AUDIT που αφορά τη χρήση αλκοόλ (Chicchi Giglioli, et al., 2021).

Το λογισμικό “the Virtual Cooking Task” μιμείται το περιβάλλον μιας κουζίνας και περιλαμβάνει 4 δραστηριότητες διαβαθμισμένης δυσκολίας. Οι μεταβλητές που μελετήθηκαν ήταν μεταξύ άλλων (α) ο συνολικός χρόνος μαγειρικής και (β) η σειρά με την οποία επέλεξαν τα υλικά για την προετοιμασία του γεύματος. Πριν από την αξιολόγηση κάθε, συμμετέχων έχει τον χρόνο να εξοικειωθεί με το περιβάλλον και να μάθει τον τρόπο αλληλεπίδρασης (Chicchi Giglioli, et al., 2021).

Από την εφαρμογή στον παραπάνω πληθυσμό προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: Τόσο η ομάδα ελέγχου όσο και η ομάδα ασθενών με διαταραχή χρήσης αλκοόλ παρουσίασαν συνολική βαθμολογία εντός των φυσιολογικών ορίων αλλά η δεύτερη ομάδα κυμαινόταν σε χαμηλότερες βαθμολογίες. Σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια, οι ασθενείς σημείωσαν χαμηλότερη βαθμολογία στη γνωστική ευελιξία και την προσοχή. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και από την

εφαρμογή του λογισμικού. Αναφορικά με τον χρόνο ολοκλήρωσης βρέθηκε ότι η ομάδα ελέγχου ολοκλήρωσε πιο γρήγορα τις δοκιμασίες. Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση που προέκυψε είναι ότι οι ασθενείς που κάνουν κατάχρηση αλκοόλ φάνηκε ότι δεν έτειναν να σχεδιάζουν τη βέλτιστη σειρά με την οποία θα μαγειρέψουν τα υλικά αλλά επέλεξαν τα υλικά με τη σειρά που εμφανίζονταν στο τραπέζι (Chicchi Giglioli, et al., 2021). Επίσης, αυτή η απόκλιση μεταξύ των ομάδων σχετιζόμενη με τη γνωστική ευελιξία και τον προγραμματισμό φάνηκε στην τέταρτη δραστηριότητα. Η ομάδα ελέγχου εκμεταλλεύτηκε τον χρόνο αναμονής για την ετοιμασία του φαγητού στρώνοντας το τραπέζι ενώ το φαγητό ετοιμαζόταν. Οι ασθενείς όμως με διαταραχή χρήσης αλκοόλ επέλεξαν να ετοιμάσουν το τραπέζι στην αρχή ή στο τέλος της μαγειρικής, αυξάνοντας έτσι τον συνολικό χρόνο (Chicchi Giglioli, et al., 2021).

Το VCT περιλάμβανε κανόνες και διαδοχικά βήματα που αναπαράγουν αυτά που απαιτούνται στις παρασκευές γευμάτων της πραγματικής ζωής, παρέχοντας οικολογική εγκυρότητα και τη δυνατότητα εφαρμογής σε ένα ευρύ φάσμα πληθυσμών και ευαίσθητων σε διάφορες νευροψυχολογικές βλάβες (Chicchi Giglioli, et al., 2021). Αν και τα ευρήματα αυτής της μελέτης είναι ενδιαφέροντα και πολύτιμα απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση καθώς ο αριθμός δείγματος ήταν μικρός.

Μια παρόμοια μελέτη περίπτωσης έρχεται να συμφωνήσει με τα ευρήματα της προηγούμενης έρευνας. Συγκεκριμένα, ο Chirico και οι συνεργάτες του χορήγησαν μια δοκιμασία εικονικής πραγματικότητας σε μια γυναίκα 91 ετών (Chirico, et al., 2020). Σκοπός της μελέτης ήταν να συγκριθεί αν η ετοιμασία πρωινού σε ένα εικονικό περιβάλλον θα συσχετιζόταν με την ίδια δραστηριότητα υπό πραγματικές συνθήκες. Η ανάλυση της απόδοσης της και στις δύο συνθήκες φανέρωσε ότι η βαθμολογία υπό πραγματικές συνθήκες ήταν παρόμοια με εκείνη του λογισμικού εικονικής πραγματικότητας (Chirico, et al., 2020). Να σημειωθεί ότι στην πραγματική συνθήκη ο χρόνος ολοκλήρωσης ήταν πιο σύντομος γεγονός που οι ερευνητές το απέδωσαν στο ότι η συνθήκη στο εικονικό λογισμικό ήταν πιο απαιτητική. Επίσης συγκρίθηκε η απόδοση βάσει 2 διαφορετικών τρόπων αλληλεπίδρασης (Chirico, et al., 2020). Ο πρώτος τρόπος αφορούσε χειριστήρια ενώ ο δεύτερος ανίχνευε τη φυσική κίνηση των χεριών. Φάνηκε ότι με τα χειριστήρια διέφερε το μοτίβο των κινήσεων συγκριτικά με τις κινήσεις που έκανε στην πραγματική συνθήκη και ότι η συμμετέχουσα έκανε κάποια λάθη, αν και υπήρχε από μεριά της προτίμηση σε αυτόν τον τρόπο αλληλεπίδρασης (Chirico, et al., 2020). Σχετικά με τον δεύτερο τρόπο αλληλεπίδρασης φάνηκε ότι οι κινήσεις της προσομοίαζαν τις φυσικές κινήσεις παρόλο που η ίδια ανέφερε ότι ένιωθε πιο άβολα (Chirico, et al., 2020). Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την έρευνα του Guiseppe και των συνεργατών του (Guiseppe, et al., 2018) οι οποίοι παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα των χειριστηρίων συγκριτικά με την αναγνώριση κινήσεων χεριών καθώς και με την πρόσφατη μελέτη

(2023) του Varela-Aldas και της ομάδας του οι οποίοι βρήκαν ότι ο συγκεκριμένος τρόπος αλληλεπίδρασης μειώνει την αίσθηση παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον κατά 1,3 % (Varela-Aldas, et al., 2023).

Η μελέτη που ακολουθεί αποτελεί μια προσπάθεια να εντοπιστούν μέσω της εικονικής πραγματικότητας οι γνωστικές δυσλειτουργίες που προκαλούνται από την εγκεφαλική μικροαγγειοπάθεια. Οι εγκεφαλικές μικροαγγειοπάθειες είναι μεταξύ άλλων ένας προδιαθεσικός παράγοντας για την εμφάνιση ήπιας γνωστικής διαταραχής και την ανάπτυξη άνοιας καθώς τα φλοιώδη και υποφλοιώδη δίκτυα επηρεάζονται (Limoncu, et al., 2021). Η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί την πρώτη προσπάθεια εκτίμησης μέσω εικονικής πραγματικότητας της γνωστικής εξασθένησης που προκαλούν οι μικροαγγειοπάθειες. Ο πληθυσμός της έρευνας αποτελούνταν από 69 ασθενείς με διάγνωση μικροαγγειοπάθειας και από 30 υγιείς. Όλοι εξετάστηκαν με μαγνητική τομογραφία, τη δοκιμασία MMSE, το MOCA, και την κλίμακα Vascular Assessment Scale. Με το πέρας των αξιολογήσεων, οι 69 ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: η 1^η ομάδα περιλάμβανε ασθενείς με γνωστική έκπτωση βάσει των νευροψυχολογικών εκτιμήσεων ενώ η 2^η ομάδα περιλάμβανε ασθενείς με μικροαγγειοπάθεια βάσει μαγνητικής τομογραφίας και οι οποίοι είχαν παρόμοια βαθμολογία με την ομάδα ελέγχου (Limoncu, et al., 2021)

Ειδικότερα, ο Limoncu και η ομάδα του σχεδίασαν ένα εικονικό σουπερμάρκετ ως εργαλείο για την αξιολόγηση των εκτελεστικών λειτουργιών, την χωρική πλοήγηση, τη λεκτική μνήμη και την προσοχή. Οι μεταβλητές που αναλύθηκαν ήταν η επιλογή των σωστών προϊόντων, η αγορά προϊόντων που δεν περιλαμβάνονται στη λίστα, ο τρόπος διαχείρισης χρημάτων και η συνολική διάρκεια. Έχει 4 επίπεδα δυσκολίας και έχει εφαρμοστεί στον ελληνικό και στον τουρκικό λαό. Σύμφωνα με μελέτη (Borgnis, et al., 2022), το εικονικό σουπερμάρκετ αποτελεί ένα εικονικό περιβάλλον που προτιμάται από τους ερευνητές για την εκτίμηση των εκτελεστικών λειτουργιών.

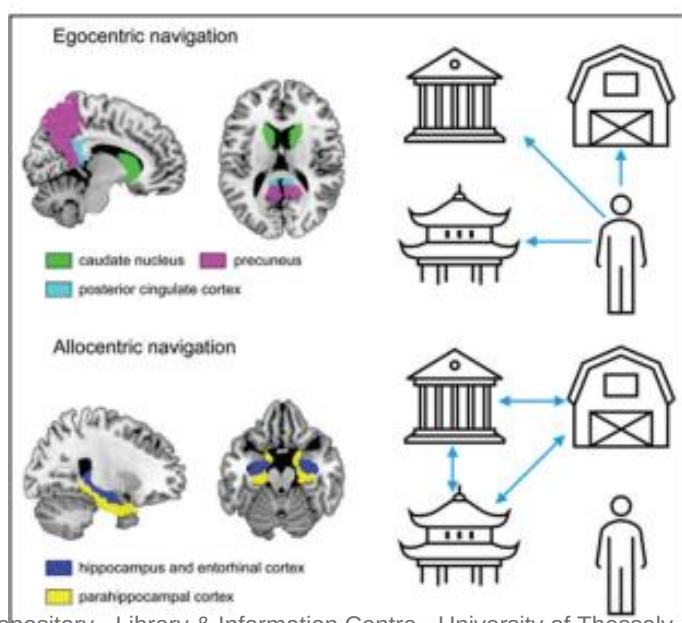
Τα ευρήματα από τη συγκεκριμένη έρευνα φανερώνουν ότι οι ασθενείς με γνωστική έκπτωση σημείωσαν χαμηλότερη βαθμολογία στις δοκιμασίες της μνήμης, της γλώσσας αλλά και στις οπτικοχωρικές σε σύγκριση τόσο με την ομάδα ελέγχου όσο και με τους ασθενείς χωρίς συμπτώματα γνωστικής εξασθένησης (Limoncu, et al., 2021). Οι τελευταίοι συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου διέφεραν μόνο στον χρόνο ολοκλήρωσης. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα το εικονικό σουπερμάρκετ μπορεί να διακρίνει τους ασθενείς από την ομάδα ελέγχου καθώς προέκυψε ότι η ευαισθησία του ήταν 83% ενώ η ειδικότητα 73% συγκριτικά με το MMSE στο οποίο η ευαισθησία και η ειδικότητα ήταν 74% και 82% αντίστοιχα (Limoncu, et al., 2021).

Μεταβλητές	Ευαισθησία λογισμικού VR	Ειδικότητα λογισμικού VR	Ευαισθησία MMSE	Ειδικότητα MMSE
Ασθενείς με μικροαγγειοπάθεια και γνωστική εξασθένηση <u>συγκριτικά</u> με ομάδα ελέγχου	78%	83%	74%	82%
Ασθενείς με μικροαγγειοπάθεια και γνωστική εξασθένηση <u>συγκριτικά</u> με ασθενείς με μικροαγγειοπάθεια χωρίς γνωστική εξασθένηση	83%	73%	74%	76%
Ασθενείς με μικροαγγειοπάθεια χωρίς γνωστική εξασθένηση <u>συγκριτικά</u> με ομάδα ελέγχου	65%	64%	56%	46%

Πίνακας 4: Συγκριτικός πίνακας λογισμικού VR και MMSE

4. Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αξιολόγηση της πλοήγησης

Η πλοήγηση είναι μια σύνθετη γνωστική ικανότητα που απαιτεί τη χρήση πολλών γνωστικών πόρων και φθίνει με τη φυσιολογική γήρανση (Chen, et al., 2022). Η προσοχή, η μνήμη, η επεξεργασία αισθητηριακών δεδομένων και η λήψη αποφάσεων διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην ικανότητα για πλοήγηση (Silva, et al., 2023). Οι 2 κατηγορίες στρατηγικών πλοήγησης είναι η εγωκεντρική και η αλλοκεντρική (Silva, et al., 2023) (Chen, et al., 2022). Στην εγωκεντρική το άτομο πλοηγείται λαμβάνοντας ως σημείο αναφοράς τη θέση του στον χώρο (Silva, et al., 2023) (Chen, et al., 2022). Ο βρεγματικός φλοιός και οι υποφλοιώδεις περιοχές εμπλέκονται στην εγωκεντρική πλοήγηση καθώς αυτές οι περιοχές είναι υπεύθυνες για τον προσδιορισμό του εαυτού στο περιβάλλον (Silva, et al., 2023). Στην αλλοκεντρική πλοήγηση λαμβάνονται υπόψη η θέση των αντικειμένων και η μεταξύ τους απόσταση (Chen, et al., 2022) (Silva, et al., 2023). Υπεύθυνη δομή για τη συγκεκριμένη στρατηγική πλοήγησης είναι ο υπόκαμπος (Silva, et al., 2023).



Εικόνα 5: Αναπαράσταση της εγωκεντρικής και αλλοκεντρικής κωδικοποίησης.
Πηγή: <https://api-journal.accscience.com/journal/article/preview?doi=10.36922/an.v1i2.145>

Ο χωρικός αποπροσανατολισμός αποτελεί ένα πρώιμο σύμπτωμα της νόσου Alzheimer που επηρεάζει την ανεξαρτησία του ατόμου καθώς η εκμάθηση νέων διαδρομών και η ανάκληση των ήδη γνώριμων αποτελούν πρόκληση (Silva, et al., 2023). Η εγωκεντρική πλοήγηση επίσης επηρεάζεται στη νόσο Alzheimer. Η νόσος Alzheimer επηρεάζει τις περιοχές του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην χωρική πλοήγηση με αποτέλεσμα να παρατηρούνται δυσκολίες στο σύστημα πλοήγησης και στη δημιουργία γνωστικών χαρτών (Silva, et al., 2023).

Μέχρι σήμερα, καμία νευροψυχολογική δοκιμασία δεν είναι σε θέση να εκτιμήσει τη χωρική πλοήγηση με ευαισθησία και οικολογική εγκυρότητα (Costa, et al., 2018). Η εικονική πραγματικότητα με τη δυνατότητα εμπύθισης που παρέχει μπορεί να ενεργοποιήσει με παρόμοιο τρόπο τις περιοχές του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην πλοήγηση όπως θα συνέβαινε και σε πραγματικές συνθήκες (Mikropoulos, 2001).

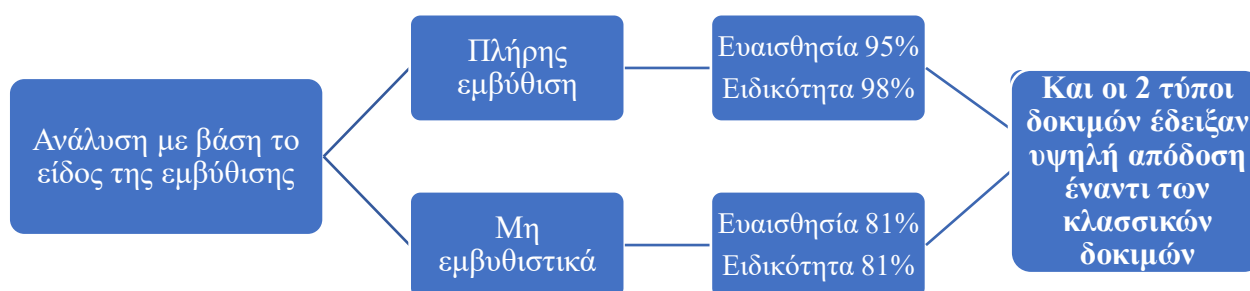
Μια ομάδα ερευνητών εκμεταλλευόμενη αυτή τη δυνατότητα της εικονικής πραγματικότητας θέλησε να αναπτύξει μια εφαρμογή δοκιμασίας χωρικής πλοήγησης (Costa, et al., 2018). Σχεδίασε 2 εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας με την ονομασία SOIVET-MAZE και SOIVET-ROUTE. Η πρώτη αφορούσε την εγωκεντρική και αλλοκεντρική στρατηγική (Costa, et al., 2018). Συγκεκριμένα, στην πρώτη εφαρμογή, ο χρήστης πρέπει να περιηγηθεί σε έναν λαβύρινθο και να βρει την έξοδο κάνοντας χρήση ενός χάρτη. Η δεύτερη εφαρμογή στοχεύει στην εκτίμηση των οπτικοχωρικών ικανοτήτων και κυρίως της οπτικοχωρικής μνήμης. Το 2018 και τα δύο λογισμικά χορηγήθηκαν σε 31 συμμετέχοντες ηλικίας από 18 έως 59 ετών (Costa, et al., 2018). Από την εφαρμογή στον συγκεκριμένο πληθυσμό φάνηκε ότι μεταξύ των δύο λογισμικών δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά. Βάσει ερωτηματολογίων, η αίσθηση παρουσίας ήταν υψηλή και όλοι οι συμμετέχοντες μπορούσαν να χειριστούν και να αλληλεπιδράσουν με το εικονικό περιβάλλον (Costa, et al., 2018).

Το 2022, η ομάδα ερευνητών εφάρμοσε το λογισμικό εικονικής πραγματικότητας SOIVET-Route για να μελετήσει την εφαρμογή της σε άτομα με ήπια γνωστική εξασθένηση (Santos, et al., 2022). Ειδικότερα, συμπεριλήφθηκαν 45 άτομα με ηλικία 60 ετών και άνω και συγκεκριμένα 22 υγιείς ενήλικες και 23 ενήλικες με ήπια γνωστική εξασθένηση. Οι συμμετέχοντες εμβυθίστηκαν σε ένα εικονικό νοσοκομείο. Καλούνταν να περιηγηθούν στον εσωτερικό χώρο ακολουθώντας ένα εικονικό άβαταρ το οποίο θα σταματούσε σε πέντε σημεία. Οι εξεταζόμενοι έπρεπε να επαναλάβουν την ίδια διαδρομή σταματώντας στα πέντε ίδια σημεία. Η ίδια επανάληψη πραγματοποιήθηκε και μετά από 20 λεπτά. Από την πρακτική εφαρμογή του λογισμικού προέκυψε ότι η αίσθηση παρουσίας ήταν υψηλή και για τις δύο ομάδες ενώ ένας μικρός αριθμός ατόμων ανέφερε συμπτώματα VR Sickness. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένα 17% των ατόμων δεν συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη καθώς είχαν ναυτία και ζαλάδα μετά την έκθεση στο εικονικό

περιβάλλον. Σχετικά με τον έλεγχο της σταθερότητας των αποτελεσμάτων αποδείχτηκε μια καλή συσχέτιση για τη βραχυπρόθεσμη σταθερότητα κατά 80% αλλά ο έλεγχος που πραγματοποιήθηκε σε 7-14 ημέρες σχετικά με τη μακροπρόθεσμη σταθερότητα απέδειξε φτωχά αποτελέσματα. (Santos, et al., 2022)

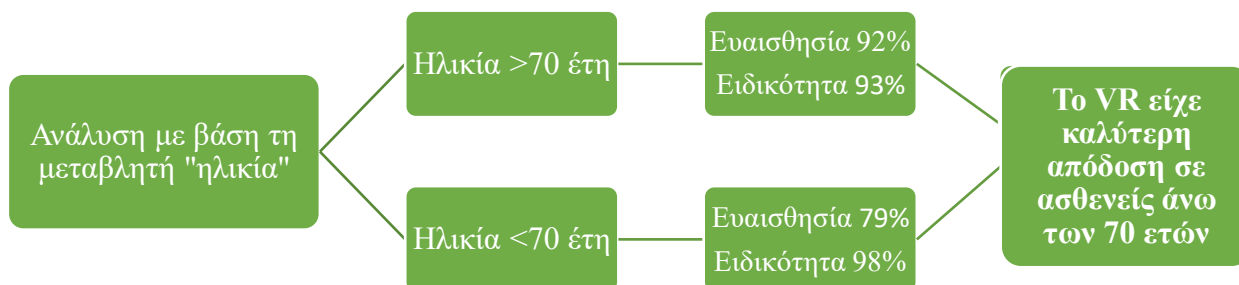
5. Αποτελεσματικότητα της αξιολόγησης με την χρήση της εικονικής πραγματικότητας

Η εικονική πραγματικότητα καθώς αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο ακόμα ωριμάζει στο πεδίο της νευροψυχολογίας είναι αναγκαίο να αποσαφηνιστεί βάσει των βιβλιογραφικών δεδομένων εάν η μέχρι τώρα εφαρμογή της είναι αποτελεσματική. Στο παρακάτω διάγραμμα βάσει μελέτης των Qian Liu και της ομάδας του αποτυπώνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας στη διαδικασία εκτίμησης των γνωστικών μηχανισμών (Liu, et al., 2023).



Εικόνα 6- Σχεδιάγραμμα αποτελεσμάτων με βάση το είδος της εμβύθισης

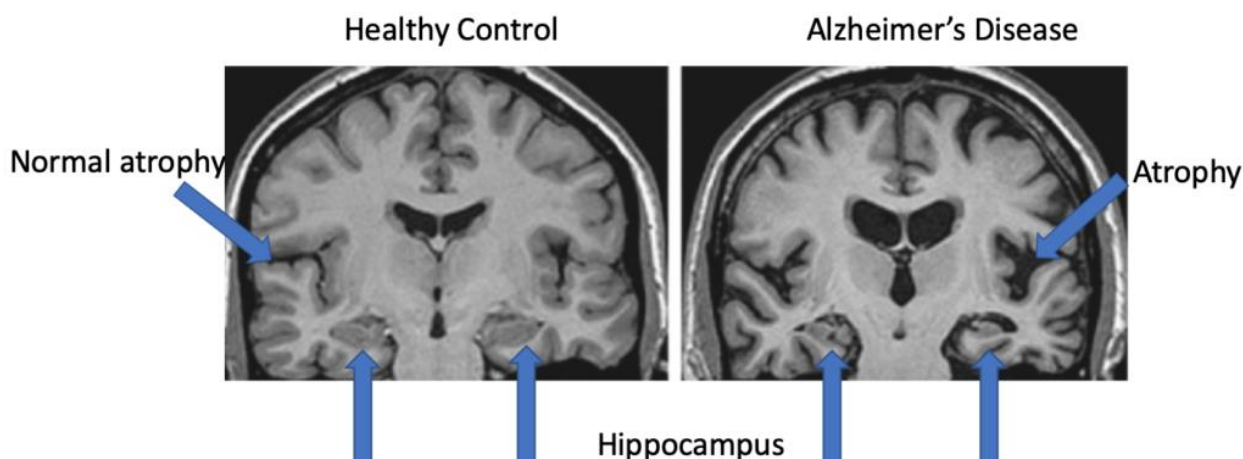
Για τη διεξαγωγή των παραπάνω αποτελεσμάτων συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση 8 μελέτες οι οποίες χρησιμοποίησαν μη εμβυθιστικές δοκιμασίες και 6 μελέτες με πλήρη εμβύθιση χρησιμοποιώντας τα ειδικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (Liu, et al., 2023). Σχετικά με την μεταβλητή «ηλικία» όπως περιγράφεται και στο παρακάτω σχεδιάγραμμα παρατηρήθηκε ότι η εικονική πραγματικότητα είχε καλύτερη ευαισθησία και ειδικότητα σε εξεταζόμενους ηλικίας 70 ετών και άνω (Liu, et al., 2023).



Εικόνα 7- Σχεδιάγραμμα αποτελεσμάτων με βάση την ηλικία

Από την ανασκόπηση η χρήση της εικονικής πραγματικότητας φάνηκε να έχει καλύτερα επίπεδα αξιολόγησης της ήπιας νευρογνωστικής διαταραχής συγκριτικά με τις υπάρχουσες δοκιμασίες με ποσοστό ευαισθησίας αλλά και ειδικότητας άνω του 85% (Liu, et al., 2023). Οι πιο πολλές μελέτες επικεντρώνονταν στη χρήση της εικονικής πραγματικότητας για την εκτίμηση

κυρίως της μνήμης, της εκτελεστικής λειτουργίας και του προσανατολισμού. Η χωρική μνήμη ήταν ο πιο συχνός τομέας αξιολόγησης καθώς συνδέεται με το γεγονός ότι οι μείζονες νευρογνωστικές διαταραχές επιφέρουν νευροπαθολογικές αλλαγές στον ιππόκαμπο του εγκεφάλου (Liu, et al., 2023).



Εικόνα 8- Αλλαγές στον εγκέφαλο που προκύπτουν από την νόσο Alzheimer.
Πηγή: <https://dementia.ie/lessons/mri-scan-of-brain-alzheimers-disease/>

Επίσης, οι έρευνες που χρησιμοποίησαν την εικονική πραγματικότητα για την εκτίμηση των καθημερινών δραστηριοτήτων έχουν αναδείξει ότι για την αξιολόγηση της ήπιας γνωστικής διαταραχής η ακρίβεια είναι άνω του 70%. Όσον αφορά τη διάρκεια αξιολόγησης μέσω VR λογισμικού ήταν μικρότερη των 20 λεπτών αποτελώντας έτσι κατάλληλη λύση για τους συμμετέχοντες οι οποίοι επέδειξαν μεγάλη προθυμία και κινητοποίηση (Liu, et al., 2023). Ο Wei Teen Wong και οι συνεργάτες του σύγκριναν τον χρόνο που απαιτείται για την αξιολόγηση μέσω του λογισμικού εικονικής πραγματικότητας και μέσω της δοκιμασίας MOCA. Από τα αποτελέσματα του πληθυσμού της μελέτης φάνηκε ότι όλοι οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν το λογισμικό εικονικής πραγματικότητας «CAVIRE» πιο σύντομα συγκριτικά με το MOCA ενώ όπως θα ήταν αναμενόμενο η ηλικιακά μικρότερη ομάδα ολοκλήρωσε και το CAVIRE και το MOCA πιο γρήγορα από τις υπόλοιπες ομάδες (Wong, et al., 2021). Μάλιστα, υπήρχε μεγάλη αποδοχή για αυτή την καινούργια τεχνολογία (Liu, et al., 2023).

Αναφορικά με την εκδήλωση συμπτωμάτων δυσφορίας που μπορεί να προκύψει μετά από την έκθεση σε ένα εικονικό περιβάλλον στις μελέτες δεν αναφέρθηκαν τέτοια περιστατικά (Liu, et al., 2023). Τα αποτελέσματα της ανασκόπησης θα πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή λαμβάνοντας υπόψη ότι οι συμμετέχοντες δεν προέρχονταν από το ίδιο κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο και είχαν διαφορετικά έτη εκπαίδευσης (Liu, et al., 2023).

6. Πλεονεκτήματα από την ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας στην νευροψυχολογική αξιολόγηση

Τα τελευταία χρόνια, όπως αποδεικνύεται από τον αριθμό των ερευνών που πολλαπλασιάζονται ραγδαία (Pieri, et al., 2022), η εικονική πραγματικότητα έχει τραβήξει το ενδιαφέρον των κλινικών για τις δυνατότητες που έχει να προσφέρει στην νευροψυχολογική αξιολόγηση. Η εικονική πραγματικότητα υπερπηδά τους περιορισμούς των υπάρχοντων δοκιμασιών. Παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων καθημερινής ζωής μέσω των οποίων η αξιολόγηση των γνωστικών μηχανισμών γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια και οικολογική εγκυρότητα (Chicchi Giglioli, et al., 2021). Τα εικονικά περιβάλλοντα που δημιουργούνται συνήθως μέσω της μηχανής Unity επιτρέπουν στον χρήστη τον πλήρη έλεγχο σε ένα όμως ελεγχόμενο και ρεαλιστικό περιβάλλον χωρίς τους αστάθμιστους παράγοντες που θα υπήρχαν σε πραγματικές συνθήκες (Jin, et al., 2020).

Οι μέχρι τώρα νευροψυχολογικές δοκιμασίες παρέχουν ένα μέτριο επίπεδο οικολογικής εγκυρότητας (Pieri, et al., 2022). Σύμφωνα με έρευνα του 2022 (Pieri, et al., 2022), οι δοκιμασίες εικονικής πραγματικότητας ταιριάζουν με την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζουν τις εκτελεστικές λειτουργίες γεγονός που καθιστά την εικονική πραγματικότητα ιδανικό εργαλείο για την εκτίμηση της εκτελεστικής λειτουργίας. Η εικονική πραγματικότητα θα μπορούσε να συνδράμει και στο έργο του θεραπευτή. Ο κλινικός είναι σε θέση να παρατηρήσει με μεγαλύτερη ακρίβεια τον τρόπο με τον οποίο ο ασθενής ενεργεί, τόσο κατά την διάρκεια της αξιολόγησης όσο και σε δεύτερο χρόνο (Jin, et al., 2020). Μέσω του εξοπλισμού μπορούν να καταγραφούν κι άλλες μεταβλητές όπως είναι η διαστολή της κόρης των ματιών, η κατεύθυνση του βλέμματος και ο καρδιακός παλμός, δεδομένα τα οποία δεν θα ήταν εφικτό να αναλυθούν μέσω των δοκιμών που βασίζονται σε «χαρτί και μολύβι» (Mendez-Encinas, et al., 2023).

Επίσης, η εφαρμογή VR δίνει τη δυνατότητα να καταγράφεται αυτόματα η απόδοση του ασθενούς και να φυλάσσεται για μελλοντική σύγκριση. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι η δοκιμασία μπορεί να χορηγηθεί από το ίδιο το άτομο χωρίς την παρουσία του κλινικού. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτό να δημιουργηθεί μια παγκόσμια βάση δεδομένων η οποία θα βελτιώσει περισσότερο την ακρίβεια της αξιολόγησης. Αυτή η δυνατότητα θα μπορούσε να ανοίξει ένα νέο παράθυρο στην έγκαιρη διάγνωση και άρα στην έγκαιρη παρέμβαση. Η απόδοση στις τυπικές δοκιμασίες μπορεί να επηρεαστεί από την υποκειμενική άποψη του ειδικού. Στην εικονική πραγματικότητα οι εξεταζόμενοι εκτιμώνται κάτω από τις ίδιες συνθήκες και τα ίδια ερεθίσματα χωρίς να επηρεάζεται κατά αυτόν τον τρόπο η αντικειμενική ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Chicchi Giglioli, et al., 2021).

Σύμφωνα με τον Dozio και τους συνεργάτες του (Dozio, et al., 2021), η εικονική πραγματικότητα θα μπορούσε να αναβαθμίσει την αξιολόγηση σε μια πολυαισθητηριακή εμπειρία. Συγκεκριμένα, ενσωμάτωσαν την αίσθηση της όσφρησης στην αξιολόγηση. Στη μελέτη φάνηκε ότι το οσφρητικό ερέθισμα αύξησε την ικανότητα προσοχής στο δεξί ημιχώρο (Dozio, et al., 2021). Τέλος, η σύντομη διάρκεια αξιολόγησης, το κίνητρο και η ενίσχυση των εξεταζόμενων από τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας καθορίζει επίσης την απόδοσή τους εφόσον οι εξεταζόμενοι αναφέρουν λιγότερο άγχος συγκριτικά με τις τυπικές δοκιμασίες (Jin, et al., 2020).

7. Περιορισμοί από την χρήση της εικονικής πραγματικότητας

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας οδηγεί τους κλινικούς να αναζητήσουν νέα προηγμένα πρωτόκολλα αξιολόγησης μέσω της εικονικής πραγματικότητας η οποία προσφέρει αρκετά οφέλη στην νευροψυχολογική αξιολόγηση (Pieri, et al., 2022). Παρόλα αυτά υπάρχουν ακόμα ορισμένα ζητήματα σχετικά με τη φύση αυτής της προηγμένης τεχνολογίας που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν (Pieri, et al., 2022).

Αρχικά, η έκθεση σε ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας μπορεί να δημιουργήσει στον χρήστη μια μορφή ασθένειας της κίνησης (VR Sickness). Φαίνεται πως ο εγκέφαλος δυσκολεύεται να ερμηνεύσει τα αντικρουόμενα σήματα που λαμβάνει από το αιθουσαίο και το οπτικό σύστημα καθώς *«το εισερχόμενο ερέθισμα δεν ταυτίζεται με προσδοκίες που έχουν ήδη δημιουργηθεί από προηγούμενη εμπειρία»* (Mimnaugh, et al., 2023). Παραδείγματος χάριν, ο εξεταζόμενος ενώ βρίσκεται σε καθιστή θέση στον πραγματικό κόσμο, στον εικονικό κόσμο μπορεί να μετακινείται. Ουσιαστικά, όταν συμβαίνει αυτό, συγκρούεται ο πραγματικός κόσμος με τον εικονικό. Τα κύρια συμπτώματα που συνήθως εμφανίζονται είναι ζάλη, ναυτία, ερυγές, εμετός, εφίδρωση, πονοκέφαλος και καταπόνηση οφθαλμών (Pieri, et al., 2022). Ο κίνδυνος εμφάνισης των παραπάνω συμπτωμάτων δεν πρέπει να αγνοείται στη νευροψυχολογική αξιολόγηση. Η εμφάνιση συμπτωμάτων δυσφορίας μπορεί να επηρεάσει την απόδοση στο εικονικό περιβάλλον καθώς η προσοχή του εξεταζόμενου εστιάζει προς τις εσωτερικές αισθήσεις και δεν είναι αρκετή για την επιτυχή ολοκλήρωση της δραστηριότητας (Mimnaugh, et al., 2023). Η επιστημονική ομάδα ανακάλυψε ότι το αίσθημα δυσφορίας έχει αντίκτυπο στην απόδοση των ατόμων που ήταν επιρρεπή για την εκδήλωση ασθένειας κίνησης. Επίσης, ο βαθμός της αίσθησης δυσφορίας που ένιωσαν οι συμμετέχοντες συσχετίστηκε με αύξηση του αριθμού των σφαλμάτων (Mimnaugh, et al., 2023). Για να προσδιοριστεί ο βαθμός δυσφορίας και κατά πόσο επηρεάστηκε η απόδοση στην αξιολόγηση, στο τέλος της δοκιμασίας συστήνεται ο εξεταζόμενος να συμπληρώνει το σχετικό ερωτηματολόγιο (Mimnaugh, et al., 2023).

Η πιθανότητα εμφάνισης δυσφορίας μπορεί να μειωθεί ακολουθώντας κάποια απλά βήματα όπως αναλύονται στο μέρος Β της παρούσας εργασίας, καθώς και με τη βελτίωση ποιότητας του

λογισμικού και του εξοπλισμού. Επίσης, η λανθασμένη προσαρμογή της διακορικής απόστασης έχει αποδειχθεί ότι οφείλεται για το 40% των περιπτώσεων που εμφάνισαν δυσφορία μετά την εμπύθισή τους (Varjo, 2023). Ωστόσο, υπάρχουν και ορισμένα ατομικά στοιχεία τα οποία δεν μπορούν να ελεγχθούν πλήρως. Ένας χρήστης ο οποίος εμφανίζει συμπτώματα ασθένειας της κίνησης όταν επιβαίνει σε αυτοκίνητο είναι πιθανό με την εμπύθιση στο εικονικό περιβάλλον να εμφανίσει παρόμοια συμπτώματα. Οπότε η καταγραφή ενός αναλυτικού ιστορικού είναι επιτακτική ανάγκη καθώς η χρήση της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να μην ενδείκνυται για κάθε εξεταζόμενο (Pieri, et al., 2022).

Ακόμα, ο τρόπος αλληλεπίδρασης με το εικονικό περιβάλλον γίνεται μέσω χειριστηρίων. Αυτό αποτελεί τροχοπέδη για ασθενείς με κινητικά ελλείμματα ή για ασθενείς με προχωρημένη νευρογνωστική διαταραχή καθώς δεν θα είναι σε θέση να κατανοήσουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης (Pieri, et al., 2022).

Ένα από τα πλεονεκτήματα της εικονικής πραγματικότητας είναι ότι μπορεί να μιμηθεί σενάρια καθημερινής ζωής με μεγάλη ακρίβεια. Για αυτό το σκοπό το επίπεδο του ρεαλισμού θα πρέπει να είναι υψηλό, κάτι που αποτελεί μεγάλο εγχείρημα. Ο βαθμός ρεαλισμού όπως είναι αναμενόμενο, εφόσον απαιτεί από μια μεγάλη ομάδα ανθρώπων να αφιερώσουν χρόνο, επηρεάζει και το κόστος. Το κόστος ανάπτυξης του λογισμικού συνδυαστικά με εκείνο των γυαλιών εικονικής πραγματικότητας επηρεάζουν την τελική τιμή του κάτι που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη. Τα τελευταία χρόνια τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας έχουν γίνει ευρέως γνωστά λόγω των βιντεοπαιχνιδιών. Λόγω αυτού η τιμή τους είναι πιο προσιτή με εύρος τιμής από 300€ έως και 4000€ (Pieri, et al., 2022)

ΜΕΡΟΣ Β΄
Προτάσεις Αναβάθμισης Λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας
VR-COGN

Εισαγωγή στο λογισμικό εικονικής πραγματικότητας VR-COGN

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία στοχεύει επίσης στην αναβάθμιση του ήδη υπάρχοντος λογισμικού εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality) «VR-COGN» (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020) βάσει των ευρημάτων της βιβλιογραφικής ανασκόπησης με σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση ασθενών που εμφανίζουν συμπτώματα ήπιας νευρογνωστικής διαταραχής ή νοσούν από Alzheimer.

Το συγκεκριμένο εγχείρημα ξεκίνησε το 2020 με τη συνεργασία του τμήματος Λογοθεραπείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και την εταιρεία πληροφορικής Tenebra Studios (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Στόχος αποτελούσε η ανάδειξη δυνατοτήτων της νέας αυτής τεχνολογίας στο πεδίο της νευροψυχολογίας καθώς και ο εντοπισμός νέων ευκαιριών που δύναται να προσφέρει με την ανάπτυξη σεναρίων που θα ήταν σχεδόν αδύνατον να εκτιμηθούν μέσα σε ένα κλινικό πλαίσιο. Καθώς όλο και περισσότεροι επαγγελματίες υγείας αναζητούν ένα νέο και έγκυρο εργαλείο να εντάξουν στην κλινική τους καθημερινότητα, οι νευρογνωστικές διαταραχές αυξάνονται εκθετικά θέτοντας τη συγκεκριμένη ανάγκη ως πρωταρχικό μέλημα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη διαχείριση νόσων όπως η νόσος του Alzheimer, είναι πως, αν και παγκοσμίως ένας άνθρωπος προστίθεται στους πάσχοντες από άνοια κάθε 3 δευτερόλεπτα, παραπάνω από τα τρία τέταρτα αυτών δεν θα λάβουν διάγνωση (Gauthier, et al., 2021)

Στην πιλοτική εφαρμογή συμμετείχαν 70 άτομα ηλικίας από 19 έως και 88 ετών. Για τις ανάγκες διαμόρφωσης του λογισμικού συμμετείχαν στην πρώτη φάση 29 άτομα ενώ στην τελική φάση συμμετείχαν 41 άτομα χωρισμένα σε τρεις ηλικιακές ομάδες (19-40, 41-70, 71-88) (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Τα πρώτα αποτελέσματα του συγκεκριμένου πληθυσμού έδειξαν ότι η απόδοση των συμμετεχόντων στο VR-COGN συσχετιζόταν με την απόδοση στη δοκιμασία Qmcí-Gr (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Επίσης, η ηλικία των εξεταζόμενων επηρέασε την απόδοσή τους καθώς τα μεγαλύτερα ηλικιακά άτομα σημείωσαν χειρότερη απόδοση συγκριτικά με τα νεότερα (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Όπως προέκυψε από την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, οι συμμετέχοντες όλων των ηλικιών ήταν θετικοί ως προς αυτόν τον νέο τρόπο αξιολόγησης .

Κατά την πιλοτική εφαρμογή του λογισμικού ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020):

α. Καταγραφή ιστορικού

β. Εξοικείωση των συμμετεχόντων μέσω της εφαρμογής VR-EDU

γ. Αξιολόγηση της γνωστικής λειτουργίας μέσω της δοκιμασίας Qmci (Quick Mild Cognitive Impairment Screen)

δ. Εφαρμογή του λογισμικού εικονικής πραγματικότητας VR-COGN

ε. Ερωτήσεις σχετικές με την καθυστερημένη ανάκληση και την οπτικοχωρική μνήμη

στ. Συμπλήρωση ερωτηματολογίου για τις εντυπώσεις.

Συνοπτική περιγραφή δοκιμασιών

Η αξιολόγηση λαμβάνει μέρος σε ένα εικονικό ταχυδρομείο και μια εξωτική παραλία. Ο εξεταζόμενος καλείται να φέρει εις πέρας μια αποστολή που αποτελείται από τα εξής στάδια (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020):

1. την είσοδό του στο ταχυδρομείο όπου του δίνονται οδηγίες (οπτικά και ακουστικά) ώστε να ακολουθήσει μια αλληλουχία δραστηριοτήτων.
2. την απομνημόνευση στοιχείων ενός γράμματος και την ανάκλησή τους κατά τη μετάβασή του στο σημείο εξυπηρέτησης πελατών
3. τη μετάβαση στο γραφείο του διευθυντή όπου επιτυγχάνεται η αξιολόγηση της λεκτικής ευχέρειας (verbal fluency) μέσω ανάκλησης επαγγελμάτων (στο πλαίσιο διαγωνισμού που διεξάγει το ταχυδρομείο)
4. την εικονική μετάβασή του σε έναν εξωτικό προορισμό (ως νικητής στο διαγωνισμό) όπου ύστερα από παρατήρηση του περιβάλλοντος χώρου επιτυγχάνεται η αξιολόγηση της οπτικοχωρικής μνήμης με ερωτήσεις που ακολουθούν.



Εικόνα 9 - Από το λογισμικό VR-COGN.

Με την σάρωση του QR Code μπορείτε να παρακολουθήσετε σε μορφή βίντεο το λογισμικό

https://drive.google.com/file/d/1TONFRkobbKM4Wj0E7e7AtTYeiyB8kG3-/view?usp=drive_link

Στο Μέρος Β΄ της παρούσας εργασίας θα αναλυθούν οι συγκεκριμένες παράμετροι:

- Η αναβάθμιση της εφαρμογής αναφορικά με τον εξοπλισμό
- Τροποποιήσεις στο περιεχόμενο του λογισμικού σύμφωνα με τις ανάγκες που έχουν προκύψει από την εφαρμογή του και την τρέχουσα βιβλιογραφία

Υποθέσεις που θέτει το πρόγραμμα: Η βασική υπόθεση που θέτει το πρόγραμμα είναι η συμβολή και η εγκυρότητα της εικονικής πραγματικότητας στην ανίχνευση γνωστικών ελλειμμάτων και στη διάγνωση νευρογνωστικών διαταραχών μέσω της εφαρμογής και ο θετικός αντίκτυπος για την έγκαιρη διάγνωση νοητικών ελλειμμάτων μέσω της αναβάθμισης του λογισμικού VR-COGN. Ο θετικός αυτός αντίκτυπος μεταφράζεται σε:

Έγκαιρη διάγνωση: η έγκαιρη διάγνωση συνεπάγεται και έγκαιρη παρέμβαση. Ο εγκέφαλος διαθέτει μηχανισμούς οι οποίοι μπορούν με το κατάλληλο θεραπευτικό πλάνο να αντισταθμίσουν ελλείμματα και να επιβραδύνουν τη γνωστική έκπτωση (Bayles, et al., 2020). Επίσης, λόγω της αργής εμφάνισης συμπτωμάτων στη νόσο Alzheimer παρέχεται στον κλινικό μια δυνητική ευκαιρία για παρέμβαση εφόσον έχει γίνει έγκαιρα η διάγνωση (Bayles, et al., 2020). Πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένοι παράγοντες όπως για παράδειγμα το κάπνισμα και η κοινωνική απομόνωση αποτελούν συμπεριφορές οι οποίες μπορούν να τροποποιηθούν και να μειώσουν την πιθανότητα εμφάνισης άνοιας κατά 9%. Έχει υπολογιστεί ότι το 40% των ατόμων που πάσχουν από νευρογνωστικές διαταραχές είναι αποτέλεσμα δυνητικά τροποποιήσιμων παραγόντων (Alzheimer Society of Canada, 2023). Από τα παραπάνω δεδομένα γίνεται κατανοητή ότι η έγκαιρη διάγνωση συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενή, σε μειωμένο ρυθμό νοητικής αποδυνάμωσης και επομένως στη μείωση του συναισθηματικού φόρτου τόσο των ίδιων των ασθενών όσο και των οικείων του (Bayles, et al., 2020).

Αναβάθμιση λογισμικού VR-COGN

Παρακάτω παρατίθενται οι αρχές που θα ληφθούν υπόψη για τη βελτίωση του λογισμικού VR-COGN (Jin, et al., 2020):

1. Πρακτικές Ανάγκες

- ✚ Η δοκιμή πρέπει να ολοκληρώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα καθώς οι ασθενείς με μείζονα νευρογνωστική διαταραχή παρουσιάζουν δυσκολία στην προσοχή. Επίσης, μια σύντομη αξιολόγηση προτιμάται από τον κλινικό αλλά και αποτελεί μια βιώσιμη λύση για το σύστημα της υγειονομικής περίθαλψης.
- ✚ Ο εξεταζόμενος κατά την διάρκεια της αξιολόγησης δεν θα πρέπει να οδηγείται σε συναισθηματική δυσφορία.
- ✚ Η εκτίμηση των γνωστικών μηχανισμών του εξεταζόμενου είναι ιδανικό να πραγματοποιείται χωρίς την παροχή πληροφοριών από τον ίδιο τον ασθενή ή τον φροντιστή του ώστε να μην βασίζεται στην υποκειμενική άποψη των οικείων του και δημιουργήσει επιπρόσθετο συναισθηματικό φόρτο στον εξεταζόμενο.
- ✚ Η δοκιμασία θα πρέπει να είναι εύκολη στην χρήση από όλους τους επαγγελματίες υγείας και να απαιτεί την ελάχιστη εκπαίδευση για τον τρόπο χορήγησης και βαθμολόγησης
- ✚ Η δοκιμασία θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο οικονομική αναφορικά με την υλοποίησή της αλλά και με τον απαιτούμενο εξοπλισμό

2. Διαγνωστικές Ανάγκες

- ✚ Η δοκιμασία θα πρέπει να διακρίνει την ήπια νευρογνωστική διαταραχή από τη φυσιολογική γήρανση καθώς και την εξέλιξη της ήπιας νευρογνωστικής διαταραχής με την πάροδο του χρόνου. Θα πρέπει να έχει υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα
- ✚ Θα πρέπει να είναι επαναλαμβανόμενη χωρίς να δύναται ο εξεταζόμενος να απομνημονεύσει τις σωστές απαντήσεις
- ✚ Το τεστ για να αποτελέσει ένα αξιόπιστο εργαλείο θα πρέπει να καλύπτει την εκτίμηση αρκετών γνωστικών μηχανισμών.
- ✚ Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας θα πρέπει να είναι ανεξάρτητα από την ικανότητα κάθε κλινικού
- ✚ Η δοκιμασία θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να περιλαμβάνει δραστηριότητες αρκετών επιπέδων δυσκολίας.
- ✚ Η δοκιμασία θα πρέπει να είναι προσιτή και φιλική προς τον εξεταζόμενο ώστε να μην υπάρχει ο συγχυτικός παράγοντας της εξοικείωσης.

Αν και η εικονική πραγματικότητα φαίνεται να προσφέρει πολλές ευκαιρίες στην νευροψυχολογική αξιολόγηση, οι κλινικοί ενδέχεται να κληθούν να αντιμετωπίσουν προκλήσεις κατά την διάρκεια της αξιολόγησης των ασθενών. Η έκθεση στον κόσμο της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να προκαλέσει στον ασθενή συμπτώματα όπως κούραση των οφθαλμών, εφίδρωση, πονοκέφαλος, ζάλη, ερυγές, ναυτία, εμετός (Pieri, et al., 2022).

Για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα να εκδηλωθούν τέτοια συμπτώματα κατά την εφαρμογή του VR-COGN θα ακολουθηθούν οι παρακάτω οδηγίες:

1. Αρχικά, να γίνει καταγραφή ενός ατομικού ιστορικού (βλ. παράρτημα) ώστε να προσδιοριστεί η πιθανότητα να αναπτύξει κάποιος ασθενής VR Sickness.
2. Όλοι οι εξεταζόμενοι να είναι καθιστοί σε μια αναπαυτική καρέκλα, η οποία μπορεί να περιστρέφεται ελαφρά (Costa, et al., 2018).
3. Οι ασθενείς πρέπει να αποφύγουν μεγάλα και λιπαρά γεύματα πριν από την συνεδρία αξιολόγησης ενώ πρέπει να είναι και επαρκώς ενυδατωμένοι (Kerner & Brush, 2023).
4. Για να προσδιοριστεί η βαρύτητα των συμπτωμάτων δυσφορίας από την χρήση VR μετά το πέρας της αξιολόγησης να χορηγηθεί το ερωτηματολόγιο Simulator Sickness Questionnaire που χρησιμοποιείται ευρέως για την μέτρηση 16 συμπτωμάτων που μπορεί να εκδηλωθούν μετά από την εμβύθιση σε εικονικό περιβάλλον (βλ. Παράρτημα) (Costa, et al., 2018).

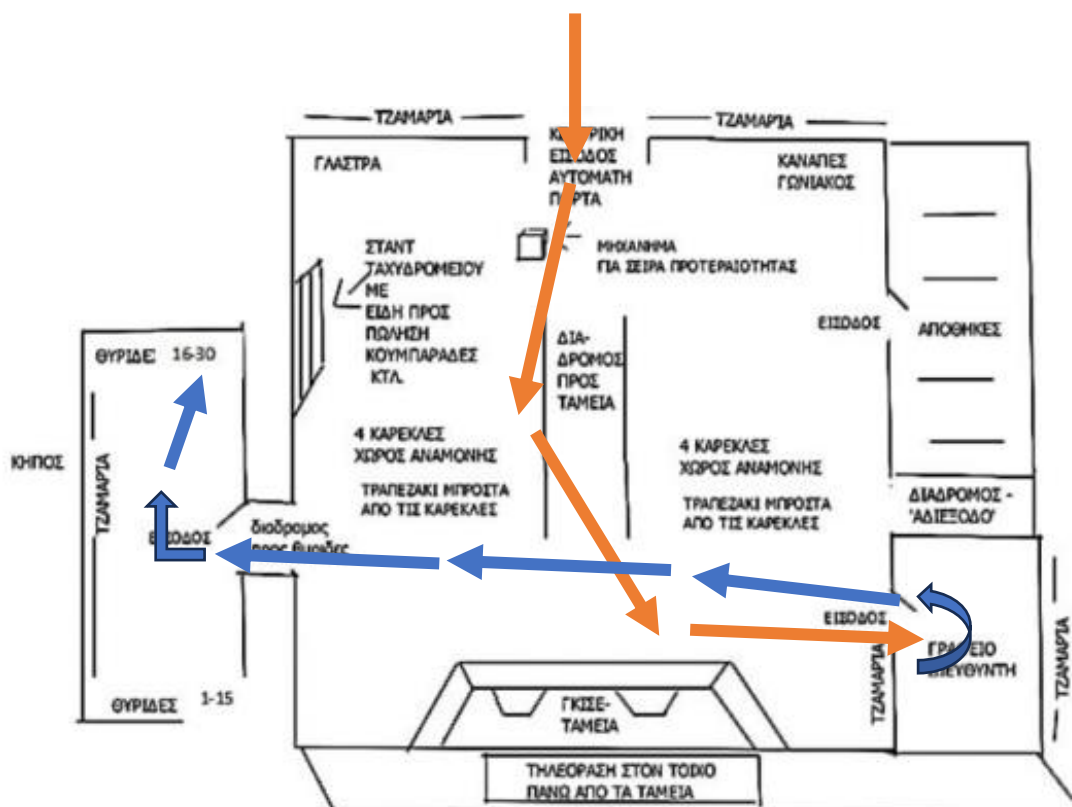
Προτεινόμενες βελτιώσεις/ διορθώσεις VR-COGN

Από (α) τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αναλύθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία και (β) από την εφαρμογή που έχει πραγματοποιηθεί συνολικά σε 70 άτομα προτείνονται οι παρακάτω διορθώσεις:

1. Αλλαγή της διαρρύθμισης του περιβάλλοντα χώρου του εικονικού ταχυδρομείου.

Όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω σχέδιο, με την τρέχουσα μορφή του χώρου απαιτούνται αρκετές περιστροφές από τον εξεταζόμενο. Ο χρήστης καλείται να κατευθυνθεί από το γραφείο του διευθυντή προς τις θυρίδες πραγματοποιώντας μια περιστροφή 180 μοιρών (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Αυτό, συνδυαστικά με την μεγάλη απόσταση που πρέπει να διανύσουν, προξένησε κούραση στους συμμετέχοντες κυρίως στους ηλικιωμένους. Επιπλέον, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι περιστροφές στο εικονικό περιβάλλον και γενικά η κίνηση του κεφαλιού αυξάνει την πιθανότητα να αναπτυχθεί αίσθηση δυσφορίας στον χρήστη (Saredakis, et al., 2020) με αποτέλεσμα να εγκαταλείψει την προσπάθεια.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, καθώς το συγκεκριμένο λογισμικό επιχειρεί να εκτιμήσει τους γνωστικούς μηχανισμούς, πρέπει ο σχεδιασμός του να είναι αρκετά προσεκτικός. Η εμφάνιση συμπτωμάτων δυσφορίας μπορεί να επηρεάσει την απόδοση στο εικονικό περιβάλλον καθώς η προσοχή του εξεταζόμενου εστιάζει προς τις εσωτερικές αισθήσεις και δεν είναι αρκετή για την επιτυχή ολοκλήρωση της δραστηριότητας και έχει αντίκτυπο στην απόδοση των ατόμων που είναι επιρρεπή για την εκδήλωση ασθένειας κίνησης (Mimnaugh, et al., 2023).

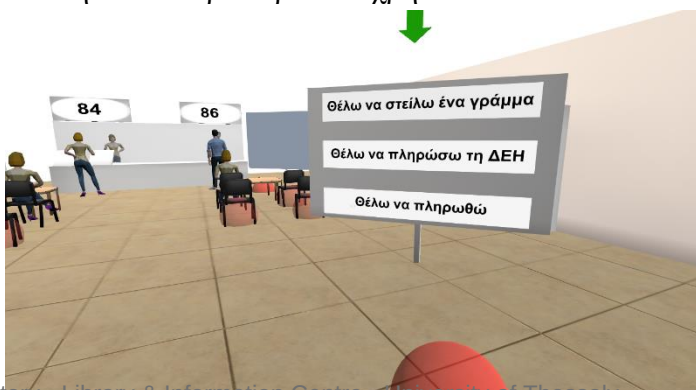


Εικόνα 10- Πορεία χρήστη στο VR-COGN

2. Η αλληλεπίδραση με ένα εικονικό περιβάλλον μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Αναλυτικότερα, ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει μέσω χειριστηρίων, με αλγοριθμική αναγνώριση χειρονομιών, με ανίχνευση κίνησης του ματιού, με τηλεμεταφορά και με πραγματική κίνηση (Μουστάκας, et al., 2015). Στο VR-COGN, ο χρήστης έχει την δυνατότητα τηλεμεταφοράς. Με την εμπύθισή του στο εικονικό περιβάλλον εμφανίζεται μια «κουκίδα». Ο χρήστης επιλέγει το σημείο στο οποίο επιθυμεί να τηλεμεταφερθεί και με την κίνηση του κεφαλιού πρέπει να τοποθετήσει την κουκίδα πάνω στο σημείο επιλογής του. Κατά την εφαρμογή του παρατηρήθηκε ότι ο συγκεκριμένος τρόπος αλληλεπίδρασης δυσκόλεψε κάποια ηλικιωμένα άτομα τα οποία δεν μπορούσαν να σταθεροποιήσουν την «κουκίδα» στο σημείο τηλεμεταφοράς (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να την αδυναμία ολοκλήρωσης της διαδικασίας αξιολόγησης ή την αύξηση του συνολικού χρόνου ολοκλήρωσής της. Επίσης, λόγω του συγκεκριμένου τρόπου αλληλεπίδρασης, στο σημείο εξυπηρέτησης πελατών ορισμένα άτομα επέλεξαν τον λάθος φάκελο με κίνδυνο να ερμηνευτεί ως γνωστικό σφάλμα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, συστήνεται η δυνατότητα χρήσης χειριστηρίων ώστε ο εξεταζόμενος να μπορεί να επιβεβαιώνει την επιλογή του ώστε ο κλινικός να λαμβάνει πιο αξιόπιστα δεδομένα. Σύμφωνα με μελέτη (Chirico, et al., 2020), υπάρχει προτίμηση σε αυτόν τον τρόπο αλληλεπίδρασης. Ωστόσο, προτείνεται ο ήδη υπάρχων τρόπος αλληλεπίδρασης να διατηρηθεί ως εναλλακτικός για τα άτομα με κινητικά προβλήματα τα οποία δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν τα χειριστήρια

3. Ο χρήστης με την είσοδό του στο εικονικό ταχυδρομείο καλείται να απομνημονεύσει τα στοιχεία του παραλήπτη που θα αποστείλει ένα γράμμα. Όπως φαίνεται και στην εικόνα η οθόνη βρίσκεται στα δεξιά του χρήστη. Η επιστημονική ομάδα του Dozio που ερεύννησε την πολυαισθητηριακή διέγερση σε εικονικό περιβάλλον και την εστίαση της προσοχής κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει προτίμηση στην εξερεύνηση του αριστερού ημιπεδίου (Dozio, et al., 2021). Αυτό μπορεί ενδεχομένως να εξηγηθεί αν ληφθούν υπόψη πολιτιστικές πτυχές που έχουν αναπτυχθεί από την παιδική ηλικία (Dozio, et al., 2021). Σύμφωνα με τον πληθυσμό της έρευνας, όλοι οι εξεταζόμενοι είχαν εκπαιδευτεί να γράφουν και να διαβάζουν με κατεύθυνση από αριστερά προς τα δεξιά (Dozio, et al., 2021). Για τον λόγο αυτό, ενδείκνυται η οθόνη να τοποθετηθεί στα αριστερά των χρηστών.



4. Ο χρήστης καλείται να μπει στο ταχυδρομείο ώστε να αποστείλει ένα γράμμα και να απομνημονεύσει τα παρακάτω στοιχεία εντός 20 δευτερολέπτων: Ιωάννης Ιακωβίδης, Σολωμού 2, Ρέθυμνο, ΤΚ. 14100. Ωστόσο, άτομα που εμφανίζουν συμπτώματα νευρογνωστικής διαταραχής αλλά και υγιείς ηλικιωμένοι θεώρησαν ότι ο χρόνος που τους δόθηκε για να απομνημονεύσουν τα στοιχεία δεν ήταν επαρκής (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Θα ήταν πιο λειτουργικό οι χρήστες μόλις νιώσουν σίγουροι ότι έχουν απομνημονεύσει τα στοιχεία να συνεχίζουν την δοκιμασία χωρίς να έχουν κάποιο χρονικό περιορισμό. Ο χρόνος που θα αφιερωθεί από κάθε εξεταζόμενο για την απομνημόνευση των στοιχείων θα αποτελέσει μεταβλητή προς ανάλυση.
5. Επίσης, μια απαραίτητη βελτίωση που πρέπει να γίνει στο VR-COGN είναι η προσθήκη περισσότερων επεξηγήσεων. Κατά την πιλοτική εφαρμογή τον ρόλο του βοηθού τον είχε ο κλινικός ο οποίος καθοδηγούσε τον εξεταζόμενο στο εικονικό περιβάλλον. Για να είναι μια εφαρμογή αξιόπιστη θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη η παρέμβαση του κλινικού (Youngblut, 2003). Αρχικά με την εμπύθιση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον θα πρέπει είναι να ξεκάθαρος ο σκοπός της δοκιμασίας. Με την εμφάνιση αναδυόμενων παραθύρων θα ενημερώνεται για όλη την διαδικασία που θα ακολουθήσει. Για τον σκοπό αυτό, στα δεξιά του θα εμφανίζεται ένας εικονικός χαρακτήρας – avatar ο οποίος θα είναι μόνιμα εκεί και θα έχει τον ρόλο βοηθού. Όλες τις φορές που ο χρήστης θα χρειαστεί βοήθεια αλλά και οι πληροφορίες που θα δοθούν ως βοήθεια θα καταγράφονται ώστε να αναλυθούν περαιτέρω και να συσχετιστούν με τα αποτελέσματα της απόδοσης. Σκοπός είναι η αναβαθμισμένη έκδοση να είναι αυτοδιαχειριζόμενη χωρίς να απαιτείται η συνεχής παρουσία του κλινικού (Limoncu, et al., 2021).
6. Κατά τον σχεδιασμό του εικονικού σεναρίου είχε τοποθετηθεί μια μεγάλη οθόνη πλησίον του σημείου εξυπηρέτησης από την οποία προβαλλόταν ένα βίντεο που λειτουργούσε ως διασπαστής. Ο σκοπός ήταν να εξεταστεί αν ο εξεταζόμενος καθώς περίμενε για να εξυπηρετηθεί θα εστίαζε την προσοχή του μόνο στο βίντεο. Όμως παρατηρήθηκε ότι η συγκεκριμένη οθόνη δεν λειτούργησε ως διασπαστής καθώς αρκετά ήταν τα άτομα που δεν παρατήρησαν την ύπαρξη της καθόλου. Για να εξετάσουμε αν η προσοχή των εξεταζόμενων μπορεί να διασπαστεί και λαμβάνοντας υπόψη την έρευνα των Climent, et al., 2021 στον χώρο αναμονής θα υπάρχουν ως παράγοντες/διασπαστές τα παρακάτω: ένα παιδί το οποίο θα περάσει μπροστά από τον εξεταζόμενο συνολικά 2 φορές και μια ανακοίνωση που θα ακουστεί από το μεγάφωνο (Climent, et al., 2021).
7. Όπως είναι ήδη γνωστό, η έκθεση στην εικονική πραγματικότητα μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση συμπτωμάτων όπως ζάλη, ναυτία, ερυγές, εμετός, εφίδρωση, πονοκέφαλος και

καταπόνηση οφθαλμών (Pieri, et al., 2022) (Saredakis, et al., 2020). Αν και η συγκεκριμένη μορφή ασθένειας της κίνησης οφείλεται και σε ορισμένους ατομικούς παράγοντες, η σύντομη χρονική διάρκεια παραμονής στο VR έχει συσχετιστεί με μείωση της πιθανότητας εμφάνισης αυτών των συμπτωμάτων (Pieri, et al., 2022). Ειδικότερα, στο VR-COGN ο εξεταζόμενος πρέπει να μείνει για 1 λεπτό στον χώρο αναμονής μέχρι να εξυπηρετηθεί (Γκιούμε & Καλέντζη, 2020). Το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είχε οριστεί προκειμένου να παρακολουθήσει όλο το βίντεο (διασπαστής). Εφόσον οι διασπαστές θα τροποποιηθούν το χρονικό διάστημα αναμονής θα είναι στα 30 δευτερόλεπτα. Η ελαχιστοποίηση του χρόνου αναμονής συνδυαστικά με την απλούστευση του χώρου του εικονικού περιβάλλοντος (μείωση αποστάσεων) θα μειώσει τον συνολικό χρόνο παραμονής και άρα θα μειώσει την πιθανότητα εμφάνισης δυσφορίας (Oh & Son, 2022).

8. Η αξιολόγηση θα πρέπει να γίνεται σε ένα ήσυχο δωμάτιο. Ο εξεταζόμενος να κάθεται σε μια αναπαυτική καρέκλα που να περιστρέφεται ελαφρώς (Costa, et al., 2018). Ο κλινικός με την βοήθεια της μετάδοσης οθόνης θα μπορεί να παρακολουθήσει σε πραγματικό χρόνο ό,τι ακριβώς εκτελεί ο εξεταζόμενος στο εικονικό περιβάλλον, να καταγράψει και να αποθηκεύσει σε μορφή βίντεο την απόδοσή του (Climent, et al., 2021)
9. Στην πιλοτική εφαρμογή που θα ακολουθήσει για να αξιολογηθούν πλήρως οι δυνατότητες της εφαρμογής μετά των τροποποιήσεων θα πρέπει ο εξοπλισμός να παρέχει όσα περισσότερα δεδομένα γίνεται ώστε να αναλυθούν ως μεταβλητές. Για τον λόγο αυτό τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας που θα χρησιμοποιηθούν, σύμφωνα και με μελέτη του 2023 (Mendez-Encinas, et al., 2023) είναι τα HP Reverb G2 Omnicept. Τα συγκεκριμένα γυαλιά διαθέτουν χειριστήρια και η οθόνη τους είναι υψηλής ποιότητας. Ο βασικός λόγος επιλογής των συγκεκριμένων γυαλιών είναι επειδή διαθέτουν δυνατότητα παρακολούθησης και καταγραφής των κινήσεων των ματιών, της διαστολής της κόρης αλλά και του καρδιακού παλμού (Mendez-Encinas, et al., 2023). Συνδυάζοντας τα παραπάνω δεδομένα είναι εφικτό να προσδιοριστεί και ο βαθμός του γνωστικού φορτίου κατά την εμπύθιση. Τα παραπάνω δεδομένα συνδυαστικά με το λογισμικό μπορούν να δημιουργήσουν ακριβέστερη αξιολόγηση των νευρογνωστικών διαταραχών. Ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί προσοχή είναι η ρύθμιση της διακορικής απόστασης. Τα αυτόνομα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας απαιτούν την χειροκίνητη ρύθμιση της διακορικής απόστασης. Έχει αποδειχτεί ότι εξαιτίας της λανθασμένης προσαρμογής της διακορικής απόστασης, το 40% των περιπτώσεων εμφάνισαν δυσφορία μετά την εμπύθισή τους (Varjo, 2023). Για τον υπολογισμό της διακορικής απόστασης οι συμμετέχοντες θα εστιάζουν σε ένα σημείο μπροστά τους και με την βοήθεια μιας μεζούρας θα υπολογίζεται η απόσταση του κέντρου των κορών σύμφωνα και με τη μελέτη του Mimnaugh και των συνεργατών του (Mimnaugh, et al., 2023).

10. Ύστερα από την ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας δημιουργήθηκε ένα νέο ερωτηματολόγιο προσυμπτωματικού ελέγχου της ασθένειας κίνησης (Costa, et al., 2018) καθώς και ένα ερωτηματολόγιο που θα αξιολογεί τη βαρύτητα συμπτωμάτων ασθένειας κίνησης (Costa, et al., 2018) το οποίο βασίζεται στην κλίμακα Simulator Sickness Questionnaire (Mimnaugh, et al., 2023). Επίσης, σχεδιάστηκε κι ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με την χρηστικότητα του VR-COGN βασισμένο στην Κλίμακα «System Usability Scale» (Brooke, 1995).

Τα ερωτηματολόγια παρατίθενται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας

Μελλοντικοί Άξονες

Όπως έχει ήδη γίνει αντιληπτό, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να συνδράμει στη διαδικασία της νευροψυχολογικής αξιολόγησης. Λόγω της τρισδιάστατης φύσης της, προτείνεται μελλοντικά να σχεδιαστούν και εφαρμοστούν δοκιμασίες που εκτιμούν την ικανότητα πλοήγησης ενός ασθενή με γνωστικά ελλείμματα (Jin, et al., 2020), (Park, 2022). Όπως αποδείχτηκε και από τις εφαρμογές SOIVET-Maze και SOIVET-Route, η δημιουργία ενός εικονικού λαβύρινθου είναι εφικτή. Προτείνεται η πρακτική εφαρμογή των συγκεκριμένων λογισμικών σε ένα μεγάλο αριθμητικά δείγμα ώστε να φανεί και η αποτελεσματικότητα της διάκρισης ατόμων με ήπια γνωστική διαταραχή από υγιείς ενήλικες.

Από τα μελλοντικά σχέδια δεν θα πρέπει να λείπει και η δημιουργία ενός αυτοδιαχειριζόμενου λογισμικού (Zeng, et al., 2023). Ο εξεταζόμενος θα πρέπει να είναι σε θέση, με τον κατάλληλο εξοπλισμό, ανεξαρτήτου χρόνου και τόπου να εκτιμά τυχόν γνωστικά ελλείμματα χωρίς την ανάγκη μετακίνησής του σε διαγνωστικά ιατρεία και την παρουσία κλινικού.

Επιπλέον, επιστημονική ομάδα σχεδίασε ένα αξιολογικό λογισμικό εικονικής πραγματικότητας με την ονομασία CAVIRE (Lim, et al., 2021). Σχεδιάστηκαν 13 καθημερινές δραστηριότητες με σκοπό την αξιολόγηση των γνωστικών μηχανισμών. Πρόκειται για μια επαναστατική εφαρμογή αφού διαθέτει και δυνατότητα αναγνώρισης ομιλίας προσδίδοντας έτσι ακόμα περισσότερη ευκαιρία για αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον (Lim, et al., 2021). Από τα πρώτα αποτελέσματα φάνηκε ότι αποτελεί μια πιο σύντομη χρονικά δοκιμασία συγκριτικά με το MoCA (Lim, et al., 2021). Αναμένεται μελλοντικά να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής ως εργαλείο νευροψυχολογικής αξιολόγησης.

Επίσης, η εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας Nesplora Ice cream παρέχει κανονιστικά δεδομένα για την εκτίμηση των εκτελεστικών λειτουργιών σε πληθυσμό παιδιών και εφήβων (n= 821 άτομα) (Fernandez, et al., 2023). Προτείνεται η εφαρμογή της σε ενήλικες ώστε να διερευνηθούν τα οφέλη που μπορεί να προκύψουν για τη συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα.

Στους μελλοντικούς άξονες θα πρέπει να περιλαμβάνεται:

1. η εφαρμογή λογισμικών εικονικής πραγματικότητας σε μεγαλύτερο δείγμα και κυρίως σε μεγαλύτερο αριθμό ατόμων τρίτης ηλικίας για να καθοριστεί η ακρίβεια και η ευαισθησία αυτού του είδους εργαλείου.
2. Ο σχεδιασμός συντομότερων εναλλακτικών σεναρίων αξιολόγησης σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας
3. ο καθορισμός της δεκτικότητας των συμμετεχόντων στον καινοτόμο τρόπο αξιολόγησης
4. η διάχυση της εικονικής πραγματικότητας στην κοινότητα ως τρόπος αξιολόγησης

5. μια συλλογική προσπάθεια συγκεκριμενοποίησης των δεδομένων που λαμβάνουμε από την εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας αναφορικά με την νευροψυχολογική αξιολόγηση.

Συζήτηση

Στο πλαίσιο διερεύνησης της πρακτικής εφαρμογής της εικονικής πραγματικότητας σχετικά με την νευροψυχολογική αξιολόγηση τέθηκε ως ερευνητικό ερώτημα εάν με τις υπάρχουσες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας μπορεί να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν με ακρίβεια γνωστικά ελλείμματα. Κατά την ανασκόπηση παρατηρήθηκε ότι τα τελευταία χρόνια σημειώνεται ραγδαία αύξηση του αριθμού των μελετών που εξετάζουν το παραπάνω ερώτημα. Τα ερευνητικά αποτελέσματα φανέρωσαν ότι η εικονική πραγματικότητα θα μπορούσε να συμβάλει στην διάκριση της ήπιας γνωστικής εξασθένησης από την φυσιολογική γήρανση. Με σκοπό την αποσαφήνιση της αποτελεσματικότητά της, αρκετοί ερευνητές χορήγησαν σταθμισμένες νευροψυχολογικές δοκιμασίες, όπως το MMSE, από τις οποίες παρατηρήθηκε μια θετική συσχέτιση με την απόδοση στα εικονικά περιβάλλοντα.

Οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην εκτίμηση της χωρικής μνήμης καθώς συνδέεται με το γεγονός ότι οι νευρογνωστικές διαταραχές επιφέρουν αλλαγές στον ιππόκαμπο. Αρκετές είναι και οι μελέτες που αφορούν την αξιολόγηση της προοπτικής μνήμης, της προσοχής, των εκτελεστικών ικανοτήτων και της πλοήγησης μέσω της δημιουργίας εικονικών σεναρίων βασισμένων σε καθημερινές δραστηριότητες. Στις περισσότερες έρευνες το εικονικό περιβάλλον προσομοίαζε σουπερμάρκετ κάτι που έρχεται σε συμφωνία και με την μελέτη του Borgnis και των συνεργατών του (Borgnis, et al., 2022). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι μηδαμινές ήταν οι έρευνες που αφορούσαν τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας για την εκτίμηση των γλωσσικών ικανοτήτων. Η δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος με τη συνδρομή και λογοθεραπευτών με σκοπό την αξιολόγηση των γλωσσικών ικανοτήτων μέσω της εικονικής πραγματικότητας θα μπορούσε να ενταχθεί στα μελλοντικά σχέδια.

Καθώς η κλινική εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας βρίσκεται σε ένα πρώιμο στάδιο, ως εκ τούτου η αποτελεσματικότητά της δεν έχει ακόμα προσδιοριστεί πλήρως. Ελάχιστες ήταν οι μελέτες που περιλάμβαναν κανονιστικά δεδομένα. Ωστόσο, σύμφωνα με τα ερευνητικά ευρήματα προέκυψε ότι η ευαισθησία και η ειδικότητα ενός τέτοιου εργαλείου θα μπορούσαν να είναι υψηλότερες και από τις τυπικές δοκιμασίες. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η εικονική πραγματικότητα μιμείται σενάρια καθημερινής ζωής με αποτέλεσμα τα δεδομένα εκτίμησης των γνωστικών μηχανισμών να έχουν προκύψει από ένα φυσικό και ρεαλιστικό τρόπο αξιολόγησης. Λόγω της ρεαλιστικής της φύσης, η εικονική πραγματικότητα, με τη δυνατότητα εμπύθισης που παρέχει, μπορεί να ενεργοποιήσει με παρόμοιο τρόπο τις περιοχές του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην πλοήγηση όπως θα συνέβαινε και σε πραγματικές συνθήκες. Επίσης, ο σύντομος χρόνος εφαρμογής της και η προτίμηση των ατόμων σε αυτού του είδους την αξιολόγηση σίγουρα αποτελούν θετικά στοιχεία. Από την μελέτη των ερευνών προέκυψαν

ορισμένες συνιστώσες σχετικά με τη φύση αυτής της καινοτόμου τεχνολογίας οι οποίες χρειάζεται να επιλυθούν. Τον πιο σοβαρό περιορισμό αποτελεί η εκδήλωση αισθήματος δυσφορίας που μπορεί να προκληθεί από την έκθεση σε ένα εικονικό περιβάλλον. Επίσης, το κόστος του λογισμικού αλλά και του εξοπλισμού μπορεί να είναι αρκετά υψηλό. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι μέσω της εμβύθισης του χρήστη στον εικονικό κόσμο, ο εξεταζόμενος απομονώνεται από το πραγματικό περιβάλλον κάτι που μπορεί να επιφέρει την απώλεια της επαφής του εξεταζόμενου με τον κλινικό.

Εν κατακλείδι, οι απόπειρες των κλινικών να συλλέξουν νέα δεδομένα και να διαμορφώσουν κατευθυντήριες γραμμές πρέπει να επικροτούνται. Ο ορθός σχεδιασμός κλινικών πρωτοκόλλων βεβαιώνει την αξιοπιστία των δοκιμασιών και αντισταθμίζει τους περιορισμούς.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερωτηματολόγιο προσυμπτωματικού ελέγχου της ασθένειας κίνησης VR Sickness

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ __/__/20

Ονοματεπώνυμο: _____ Ημ. Γέννησης __/__/__ (Ηλικία: __)

Φύλο : Άνδρας - Γυναίκα ` Διακορική απόσταση: _____

Μητρική γλώσσα : Ελληνική - Άλλη: _____

1. Πρόβλημα όρασης: ☐ Όχι ☐ Πρεσβυωπία ☐ Μυωπία ☐ Άλλο _____
2. Πρόβλημα ακοής: ☐ Ναι ☐ Όχι ☐ Άλλο _____
3. Έχετε περάσει πρόσφατα κάποια λοίμωξη στο αυτί; ☐ Ναι ☐ Όχι
4. Συχνές ωτίτιδες: ☐ Ναι ☐ Όχι
5. Έχετε λιποθυμήσει στο παρελθόν; ☐ Ναι ☐ Όχι
6. Έχετε κλειστοφοβία; ☐ Ναι ☐ Όχι
7. **Παθήσεις:** ☐ επιληψία ☐ καρδιακές παθήσεις ☐ βηματοδότης ☐ ΔΕΠΥ
☐ Δυσαριθμησία ☐ Ίλιγγος (νυσταγμός) ☐ ημικρανίες ☐ αυχενικό σύνδρομο ☐
Άλλο: _____
8. Παίρνετε **φάρμακα** για κάποιον λόγο : ☐ Ναι ☐ Όχι
9. Έχετε νιώσει **ναυτία** όταν επιβαίνετε σε αυτοκίνητο, πλοίο, αεροπλάνο ή τρένο; ☐ Ναι ☐ Όχι
9α. Εάν ναι, πόσο συχνά νιώθετε ναυτία όταν μετακινήστε με έναν από τους παραπάνω τρόπους; Αναφέρετε τότε ήταν η τελευταία φορά: _____
9β. Εάν ναι όταν ταξιδεύετε με αυτοκίνητο, πλοίο ή αεροπλάνο, ποια από τα παρακάτω παρουσιάζετε: ☐ Αίσθημα ζάλης ☐ Ναυτία ☐ Αυξημένη εφίδρωση ☐ Ερυγές ☐ Σιελόρροια
☐ Γενικό αίσθημα κακουχίας ☐ τίποτε από τα παραπάνω ☐ Άλλο: _____
10. Νιώθετε κάποια **ενόχληση** αυτή την στιγμή; ☐ Ναι ☐ Όχι
Εάν ναι, περιγράψτε: _____
11. Τις τελευταίες 48 ώρες είχατε κάποιο **επεισόδιο εμετού ή ναυτίας**; ☐ Ναι ☐ Όχι
12. Νιώθετε ναυτία εάν διαβάζετε στο αυτοκίνητο ή στο λεωφορείο; ☐ Ναι ☐ Όχι
13. Έχετε νιώσει ναυτία ή ζάλη ενώ παρακολουθούσατε ταινία στον κινηματογράφο; ☐ Ναι ☐ Όχι

14. Προτιμάτε να είστε ο οδηγός στο αυτοκίνητο επειδή αν είστε ο συνοδηγός ζαλίζεστε ή νιώθετε ναυτία; ☐ Ναι ☐ Όχι
15. Επίπεδο εξοικείωσης με την **τεχνολογία**: ☐ Καθόλου ☐ Μέτριο ☐ Καλό ☐ Πολύ Καλό
16. Έχετε φορέσει γυαλιά VR στο παρελθόν; ☐ Ναι ☐ Όχι
17. Ο εξεταζόμενος εμφανίζει: ☐ Συμπτώματα κατάθλιψης ☐ Παρορμητικότητα ☐ Άγχος
18. Σχόλια- Παρατηρήσεις:

Ερωτηματολόγιο εκτίμησης συμπτωμάτων VR sickness

Πόσο έντονα νιώσατε κάποιο από τα παρακάτω συμπτώματα;				
ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ	ΚΑΘΟΛΟΥ	ΕΛΑΧΙΣΤΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ
Γενική δυσφορία	☐	☐	☐	☐
Κούραση	☐	☐	☐	☐
Πονοκέφαλος	☐	☐	☐	☐
Καταπόνηση ματιών	☐	☐	☐	☐
Σιελόρροια	☐	☐	☐	☐
Ιδρώτας	☐	☐	☐	☐
Ναυτία	☐	☐	☐	☐
Δυσκολία Συγκέντρωσης	☐	☐	☐	☐
Ταχυκαρδία	☐	☐	☐	☐
Θολή όραση	☐	☐	☐	☐
Ζάλη (με τα μάτια ανοιχτά)	☐	☐	☐	☐
Ζάλη (με τα μάτια κλειστά)	☐	☐	☐	☐
Ίλιγγος	☐	☐	☐	☐
Ψυχική σύγχυση	☐	☐	☐	☐
Δυσφορία στο στομάχι	☐	☐	☐	☐
Ρέψιμο	☐	☐	☐	☐
Παλινδρόμηση	☐	☐	☐	☐
Όσο ήσασταν στο εικονικό περιβάλλον, κλείσατε καθόλου τα μάτια σας επειδή δυσφορήσατε ;			☐ Ναι ☐ Όχι	

Ερωτηματολόγιο χρηστικότητας λογισμικού VR-COGN

Ερωτήσεις σχετικά με τη χρησιμότητα του συστήματος	Διαφωνώ απόλυτα 1	2	3	4	Συμφωνώ απόλυτα 5
1. Πιστεύω ότι θα ήθελα να χρησιμοποιώ το VR-COGN συχνά	☐	☐	☐	☐	☐
2. Βρήκα το VR-COGN αχρείαστα περίπλοκο	☐	☐	☐	☐	☐
3. Θεώρησα ότι το VR-COGN ήταν εύκολο στην χρήση	☐	☐	☐	☐	☐
4. Θεωρώ ότι θα χρειαζόμουν την τεχνική βοήθεια ενός ειδικού για να το χρησιμοποιήσω	☐	☐	☐	☐	☐
5. Βρήκα ότι αρκετές από τις λειτουργίες είχαν ενσωματωθεί καλά	☐	☐	☐	☐	☐
6. Πιστεύω ότι αρκετοί άνθρωποι θα μάθουν να το χρησιμοποιούν πολύ γρήγορα	☐	☐	☐	☐	☐
7. Βρήκα το VR-COGN δύσκολο στην χρήση	☐	☐	☐	☐	☐
8. Ένιωσα πολύ σίγουρος χρησιμοποιώντας το VR-COGN	☐	☐	☐	☐	☐
9. Έπρεπε να μάθω πολλές πληροφορίες πριν συνεχίσω με το VR-COGN	☐	☐	☐	☐	☐

Βασισμένο στο «System Usability Scale» (Brooke, 1995)

Βιβλιογραφία

- ❖ Alzheimer Society of Canada, 2023. *Risk factors for dementia*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://alzheimer.ca/en/about-dementia/how-can-i-reduce-risk-dementia/risk-factors-dementia>
[Πρόσβαση 2023].
- ❖ Alzheimer's Association, 2017. *ALZHEIMER'S DISEASE FACTS AND FIGURES*.
[Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.alz.org/media/images/2017-facts-and-figures.pdf>
[Πρόσβαση 2023].
- ❖ American Psychiatric Association, 2015. *Διαγνωστικά κριτήρια από DSM-5*. ΑΘΗΝΑ: ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΛΙΤΣΑΣ.
- ❖ Bayles, K., McCullough, K. & Tomoeda, C., 2020. Η Άνοια του Alzheimer. Στο: Λ. Μεσσήνης, Α. Καστελλάκης & Γ. Νάσιος, επιμ. *Γνωστικές Διαταραχές Επικοινωνίας στην Ηπια Γνωστική Εξασθένηση και Άνοια*. Κύπρος: Broken Hill.
- ❖ Borgnis, F. και συν., 2022. *Available Virtual Reality-Based Tools for Executive Functions: A Systematic Review*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9036486/>
[Πρόσβαση Ιούνιος 2023].
- ❖ Brooke, J., 1995. *SUS: A quick and dirty usability scale*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/228593520_SUS_A_quick_and_dirty_usability_scale
- ❖ Capeleto Francisco, H. και συν., 2019. *National Library of Medicine*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6753899/>
[Πρόσβαση Αύγουστος 2023].
- ❖ Chen, Q. και συν., 2022. *Neuroimaging associations with spatial navigation impairment in Alzheimer's disease continuum: A narrative review*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://accscience.com/journal/AN/1/2/10.36922/an.v1i2.145>
[Πρόσβαση Απρίλιος 2023].
- ❖ Chicchi Giglioli, I. A., Perez Galvez, B., Granados, A. G. & Alcañiz Raya, . M., 2021. *The Virtual Cooking Task: A Preliminary Comparison Between Neuropsychological and*

Ecological Virtual Reality Tests to Assess Executive Functions Alterations in Patients Affected by Alcohol Use Disorder. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33761276/>

[Πρόσβαση 2023].

- ❖ Chirico, A. και συν., 2020. *Virtual Reality for the Assessment of Everyday Cognitive Functions in Older Adults: An Evaluation of the Virtual Reality Action Test and Two Interaction Devices in a 91-Year-Old Woman.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7029745/>
- ❖ Climent, G. και συν., 2021. *New virtual reality tool (Nesplora Aquarium) for assessing attention and working memory in adults: A normative study.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23279095.2019.1646745>
[Πρόσβαση Μάιος 2023].
- ❖ Costa, R. Q. M. d. και συν., 2022. *Two Immersive Virtual Reality Tasks for the Assessment of Spatial Orientation in Older Adults with and Without Cognitive Impairment: Concurrent Validity, Group Comparison, and Accuracy Results*, s.l.: Journal of the International Neuropsychological Society.
- ❖ Costa, R. Q. M. και συν., 2018. *Two new virtual reality tasks for the assessment of spatial orientation Preliminary results of tolerability, sense of presence and usability.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6022991/>
[Πρόσβαση Ιούνιος 2023].
- ❖ Debra, D. M., 2016. *Βασικές δεξιότητες Λογοθεραπευτικής Παρέμβασης.* Πάτρα: Gotsis.
- ❖ Deldar, Z., Gevers-Montoro, C., Khatibi, A. & Ghazi-Saidi, L., 2021. *The interaction between language and working memory: a systematic review of fMRI studies in the past two decades.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7815476/>
- ❖ Dozio, N. και συν., 2021. *May I Smell Your Attention: Exploration of Smell and Sound for Visuospatial Attention in Virtual Reality.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.671470/full>
[Πρόσβαση Μάιος 2023].

- ❖ Dulau, E. και συν., 2021. *A virtual reality game for cognitive impairment screening in elderly: a user perspective*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8075552/>
- ❖ Dupuis, K. και συν., 2015. *Effects of hearing and vision impairments on the Montreal Cognitive Assessment*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
<https://www.tandfonline.com/doi/ref/10.1080/13825585.2014.968084?scroll=top>
- ❖ Fernandez, M. A. και συν., 2023. *Ice Cream: new virtual reality tool for the assessment of executive functions in children and adolescents: a normative study*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10556863/>
[Πρόσβαση Νοέμβριος 2023].
- ❖ Gauthier, S., Rosa-Neto, P., Morais, J. A. & Webster, C., 2021. *World Alzheimer Report 2021 Journey through the diagnosis of dementia*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://mcsa.ca/wp-content/uploads/2022/03/World-Alzheimer-Report-2021-Recommendations.pdf>
- ❖ Guiseppe, C., Gallo, L. & Neroni, P., 2018. *The Vive Controllers vs. Leap Motion for Interactions in Virtual Environments: A Comparative Evaluation*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-92231-7_3
- ❖ Hassandra, M. και συν., 2021. *A Virtual Reality App for Physical and Cognitive Training of Older People With Mild Cognitive Impairment: Mixed Methods Feasibility Study*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8294639/>
- ❖ Hategan, . A., Bourgeois, J. A., Hirsch, C. H. & Giroux, . C., 2018. *Geriatric Psychiatry A Case-Based Textbook*. Νέα Υόρκη: Springer Cham.
- ❖ Hogan, C. και συν., 2023. *Assessment of prospective memory after stroke utilizing virtual reality*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-021-00576-5>
[Πρόσβαση 2023].
- ❖ Hsu, W.-Y. και συν., 2023. *A virtual reality program to assess cognitive function in multiple sclerosis: A pilot study*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2023.1139316/full>
[Πρόσβαση Μάιος 2023].

- ❖ Jin, R., Pillozzi, A. & Huang, X., 2020. *Current Cognition Tests, Potential Virtual Reality Applications, and Serious Games in Cognitive Assessment and Non-Pharmacological Therapy for Neurocognitive Disorders*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33066242/>
[Πρόσβαση Ιούνιος 2023].
- ❖ Kannayiram Alagiakrishnan, 2018. *Vascular Dementia Clinical Presentation*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/292105-clinical?form=fpf>
- ❖ Kerner, S. M. & Brush, K., 2023. *Virtual reality sickness (VR motion sickness)*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/virtual-reality-sickness-VR-motion-sickness>
[Πρόσβαση Νοέμβριος 2023].
- ❖ Lanier, J., Minsky, M., Fisher, S. & Druin, A., 1989. *Virtual Environments and Interactivity : Windows to the Future*. s.l.:s.n.
- ❖ Lim, J. E. και συν., 2021. *Frontiers*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2020.604670/full>
[Πρόσβαση Ιούλιος 2023].
- ❖ Lim, J. E. και συν., 2021. *A Fully-Immersive and Automated Virtual Reality System to Assess the Six Domains of Cognition: Protocol for a Feasibility Study*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33488382/>
[Πρόσβαση Απρίλιος 2023].
- ❖ Limoncu, H. και συν., 2021. *A Virtual Reality-Based Screening Test for Cognitive Impairment in Small Vessel Disease*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8075552/>
[Πρόσβαση Οκτώβριος 2023].
- ❖ Liu, Q. και συν., 2023. *Virtual reality technology in the detection of mild cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S156816372300048X>
- ❖ McDonald, W. M., 2017. *National Library Of Medicine*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6519631/>
[Πρόσβαση Αύγουστος 2023].

- ❖ Mendez-Encinas, D., Suja, A., Bayona, S. & Delgado-Gomez, D., 2023. *Attention and impulsivity assessment using virtual reality games*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-40455-4>
- ❖ Mikropoulos, T., 2001. *Brain Activity on Navigation in Virtual Environments*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/250144778_Brain_Activity_on_Navigation_in_Virtual_Environments
- ❖ Mimnaugh, K. J. και συν., 2023. *Virtual Reality Sickness Reduces Attention During Immersive Experiences*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://arxiv.org/abs/2306.13505>
[Πρόσβαση 2023].
- ❖ O'Bryant, S. E. και συν., 2008. *Detecting Dementia with the Mini-Mental State Examination (MMSE) in Highly Educated Individuals*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2587038/>
[Πρόσβαση Οκτώβριος 2023].
- ❖ Oh, H. & Son, W., 2022. *Cybersickness and Its Severity Arising from Virtual Reality Content: A Comprehensive Study*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8963115/pdf/sensors-22-01314.pdf>
[Πρόσβαση Δεκέμβριος 2023].
- ❖ Park, J.-H., 2022. *Can the Virtual Reality-Based Spatial Memory Test Better Discriminate Mild Cognitive Impairment than Neuropsychological Assessment?*. [Ηλεκτρονικό].
- ❖ Parsons, T. D., 2015. *Virtual Reality for Enhanced Ecological Validity and Experimental Control in the Clinical, Affective and Social Neurosciences*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2015.00660/full>
[Πρόσβαση Απρίλιος 2023].
- ❖ Pieri, L. και συν., 2022. *The ObReco-360°: a new ecological tool to memory assessment using 360° immersive technology*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-021-00526-1>
- ❖ Pieri, L., Tosi, G. & Romano, D., 2022. *Virtual reality technology in neuropsychological testing: A systematic review*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36624041/>

[Πρόσβαση Σεπτέμβριος 2023].

- ❖ Ramanan, S. & Kumar, D., 2013. *Prospective Memory in Parkinson's Disease: A Meta-analysis*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
https://www.academia.edu/11812228/Prospective_Memory_in_Parkinsons_Disease_A_Meta_analysis
- ❖ Santos, M. D. d. και συν., 2022. *Applicability of an immersive virtual reality system for assessing route learning in older adults*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/360266528_Applicability_of_an_immersive_virtual_reality_system_for_assessing_route_learning_in_older_adults
- ❖ Saredakis, D. και συν., 2020. *Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2020.00096/full>
[Πρόσβαση Δεκέμβριος 2023].
- ❖ Silva, J. M. d. και συν., 2023. *Applicability of an immersive virtual reality system to assess egocentric orientation of older adults*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10014199/>
[Πρόσβαση 2023].
- ❖ Varela-Aldas, J. και συν., 2022. *The cupboard task: An immersive virtual reality-based system for everyday*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581922001100?via%3Dihub>
[Πρόσβαση Ιούλιος 2023].
- ❖ Varela-Aldas, J., Buele, J., Lopez, I. & Palacios-Navarro, G., 2023. *Influence of Hand Tracking in Immersive Virtual Reality for Memory Assessment*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36901618/>
- ❖ Varjo, 2023. *Motion sickness in VR*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://varjo.com/learning-hub/motion-sickness/>
- ❖ Wiederhold, B. K. & Riva, G., 2021. *ANNUAL REVIEW OF CYBERTHERAPY AND TELEMEDICINE 2020*. s.l.:s.n.

- ❖ Wong, W. T. και συν., 2021. *Comparison of Time Taken to Assess Cognitive Function Using a Fully Immersive and Automated Virtual Reality System vs. the Montreal Cognitive Assessment*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2021.756891/full>
[Πρόσβαση 2023].
- ❖ Youngblut, C., 2003. *Experience of Presence in Virtual Environments*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA427495.pdf>
[Πρόσβαση 2023].
- ❖ Yuan, T., Kuruvilla, M. V. & Park, . M., 2023. *National Library of Medicine*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36848392/>
[Πρόσβαση Μάιος 2023].
- ❖ Zeng, Y. και συν., 2023. *A self-administered immersive virtual reality tool for assessing cognitive impairment in patients with cancer*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10066517/>
[Πρόσβαση Νοέμβριος 2023].
- ❖ Γκιούμε, Ε. & Καλέντζη, Δ., 2020. *Σχεδιασμός και εφαρμογή λογισμικού εικονικής πραγματικότητας (Virtual reality) για τη μελέτη των γνωστικών μηχανισμών*. [Ηλεκτρονικό].
- ❖ Ηλίας, Π., 2020. *Ο ρόλος του λογοθεραπευτή στη διαχείριση ασθενών με άνοια: Ο βαθμός ευαισθητοποίησης, εμπειρίας και κατάρτισης των Ελλήνων Λογοθεραπευτών*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
<http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/9880/%CE%A0%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%20%28%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%20%CE%A0%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%93%CE%99%CE%A9%CE%A4%CE%97>
- ❖ Καπούλας, Α., 2022. *Δοκιμασία Αναστολής «Go/No-Go» Σε Ψυχιατρικούς Ασθενείς Σε Βάθος Χρόνου*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/3223058/file.pdf>
[Πρόσβαση 2023].

- ❖ Καρατζόγλου, Σ., 2021. *Εισαγωγή στις Νευρογνωστικές Διαταραχές*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://psychoedu.gr/eisagogi-stis0neurognostikes-diataraxes/>
[Πρόσβαση Σεπτέμβριος 2023].
- ❖ Μουστάκας, Κ., Παλιόκας, Ι., Τσακίρης, Α. & Τζοβάρας, Δ., 2015. *Γραφικά και εικονική πραγματικότητα*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: http://repfiles.kallipos.gr/html_books/50/Chapter_9/index.html

Πηγές Εικόνων:

Εικόνα 2: Πηγή: https://www.thelancet.com/infographics-do/dementia risk	19
Εικόνα 3- Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality	23
Εικόνα 4- Πηγή: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581922001100?via%3Dihub	31
Εικόνα 8- Πηγή: https://dementia.ie/lessons/mri-scan-of-brain-alzheimers-disease/	45
Εικόνα 9, 10 & 11- Πτυχιακή εργασία Γκιούμε, Ε. & Καλέντζη, Δ., 2020. <i>Σχεδιασμός και εφαρμογή λογισμικού εικονικής πραγματικότητας (Virtual reality) για τη μελέτη των γνωστικών μηχανισμών</i>	55 & 57