



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ**  
**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ**  
**ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ**  
**ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»**

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**Φυσιολογικές μέθοδοι καταγραφής των γνωστικών**  
**διεργασιών κατά την αλληλεπίδραση με Ψηφιακά**  
**Εκπαιδευτικά Παιχνίδια. Μια συστηματική**  
**βιβλιογραφική ανασκόπηση.**

Κολάση Κωνσταντίνα – Ελένη ΑΜ:19

Επιβλέπων Καθηγητής: Μικρόπουλος Αναστάσιος

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2022

## Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την βοήθεια και συμπαράσταση κάποιων ανθρώπων τους οποίους αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Πρώτα θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Αναστάσιο Μικρόπουλο, επιβλέποντα της μελέτης μου για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστούμε όπως και για την πολύτιμη βοήθεια, τις υποδείξεις και τις συμβουλές που μου παρείχε κατά την διάρκεια της εκπόνησής της.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους Καθηγητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Κωνσταντίνο Κώτση και κ. Δημήτριο Μαυρίδη που δέχτηκαν να συμμετέχουν στην εξεταστική επιτροπή όπως και για τον χρόνο που θα διαθέσουν για την ανάγνωση της εργασίας μου.

Ακόμη, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Διδάκτορα Αγγελική Τσιάρα για την προθυμία που έδειξε να συζητήσει μαζί μου τους προβληματισμούς μου σχετικά με την επιλογή του θέματος της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους και τις φίλες, αλλά και την οικογένεια μου για την υπομονή και την στήριξη που μου παρείχαν όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	2
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>3</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>7</b>
<b>ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....</b>	<b>8</b>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	10
1.1 Ψηφιακά Εκπαιδευτικά Παιχνίδια (ΨΕΠ).....	10
1.2 Γνωστικό φορτίο και φυσιολογικές μέθοδοι καταγραφής.....	11
1.3 Εγκεφαλικές μετρήσεις .....	12
1.3.1 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG).....	13
1.3.2 Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (MRI) - Λειτουργική απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού. (fMRI).....	15
1.3.3 Λειτουργική Φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (fNIRS).....	17
1.4 Καρδιαγγειακές μετρήσεις.....	17
1.4.1 Καρδιακός Ρυθμός (HR) – Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (HRV).....	18
1.4.2 Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG).....	18
1.5 Μετρήσεις της δραστηριότητας των ματιών .....	19

1.5.1	Διαστολή κόρης ματιού.....	21
1.5.2	Καταγραφή του ρυθμού «ανοιγοκλεισίματος» των ματιών .....	22
1.5.3	Καταγραφή της σταθεροποίησης του ματιού.....	22
1.5.4	Άλλες μετρήσεις των κινήσεων των ματιών .....	23
1.6	Μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος .....	23
1.6.1	Ηλεκτροδερματική δραστηριότητα (EDA) .....	23
1.6.2	Γαλβανική απόκριση του δέρματος (GSR) .....	24
1.7	Ηλεκτρομυογράφημα (EMG).....	24
2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	25
2.1	Σκοπός εργασίας .....	25
2.2	Ερευνητικά ερωτήματα .....	25
2.3	Πρωτόκολλο PRISMA .....	26
2.4	Στρατηγική αναζήτησης μελετών .....	27
2.5	Κριτήρια επιλογής μελετών.....	31
2.6	Εξαγωγή δεδομένων.....	34
3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	34
3.1	Καρδιαγγειακές μετρήσεις.....	35
3.2	Εγκεφαλικές μετρήσεις .....	37
3.3	Μετρήσεις ματιών.....	45
3.4	Μετρήσεις σχετιζόμενες με την αναπνοή.....	52
3.5	Συνδυασμός μεθόδων.....	54
3.5.1	Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και μετρητές σιέλου.....	54
3.5.2	Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και καταγραφή της κίνησης των ματιών	55
3.5.3	Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, Καρδιακός ρυθμός και ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος .....	55
3.5.4	Μέτρηση Καρδιακού ρυθμού και οφθαλμικής κίνησης.....	56
3.5.5	Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, Ηλεκτροκαρδιογράφημα και μέτρηση της Μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού. ....	57
3.6	Ηλεκτροεγκεφαλικές μελέτες, εργαλεία μέτρησης και σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων. ....	57

4	ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
4.1	Ποιες είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην βιβλιογραφία για την καταγραφή και αξιολόγηση των γνωστικών λειτουργιών χρηστών ΨΕΠ; .....	65
4.2	Ποια τα πλεονεκτήματα και ποιοι οι περιορισμοί των μεθόδων αυτών; Πώς αντιμετωπίζονται οι περιορισμοί από τους ερευνητές;.....	68
4.3	Ως προς τις έρευνες που χρησιμοποίησαν το ΗΕΓ, σε ποιες θέσεις του τριχωτού της κεφαλής έγινε η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων για την συλλογή των δεδομένων που αφορούν τις διάφορες γνωστικές λειτουργίες; Και ποιες είναι οι συσκευές μέτρησης που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη έρευνα;.....	71
4.4	Συμπέρασμα.....	73
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	74
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	84

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπό της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης αποτελεί η διερεύνηση φυσιολογικών μεθόδων μέτρησης γνωστικών λειτουργιών κατά την χρήση Ψηφιακών Εκπαιδευτικών Παιχνιδιών (ΨΕΠ). Στόχος είναι η καταγραφή αυτών των

μεθόδων και η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών τους. Επιπρόσθετα, γίνεται μια ενδελεχής τεχνική περιγραφή ως προς τα σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων για την συλλογή των ηλεκτροεγκεφαλικών δεδομένων που αφορούν τις διάφορες γνωστικές λειτουργίες. Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση διενεργήθηκε σύμφωνα με τις αρχές της μεθοδολογίας PRISMA. Αναλυτικότερα, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων Scopus, PubMed, IEEEExplore και Science Direct. Τα κριτήρια καταλληλότητας των ερευνών που επιλέχθηκαν βασίστηκαν στον συνδυασμό χρήσης ΨΕΠ και μίας τουλάχιστον φυσιολογικής μεθόδου μέτρησης κάποιας συγκεκριμένης γνωστικής λειτουργίας. Κατάλληλες κρίθηκαν συνολικά 58 μελέτες. Από αυτές οι τρεις (3) αφορούσαν σε καρδιαγγειακές μετρήσεις, οι είκοσι τέσσερις (24) σε εγκεφαλικές, σε είκοσι δύο (22) μελέτες χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι καταγραφής που σχετίζονται με τις αντιδράσεις των ματιών, δύο (2) έρευνες εντοπίστηκαν όπου τα δεδομένα τους βασίστηκαν σε μετρήσεις της αναπνοής και επτά (7) έρευνες συνδύαζαν περισσότερες από μία φυσιολογικές μεθόδους. Η πλέον δημοφιλής μέθοδος καταγραφής γνωστικών διεργασιών κατά την αλληλεπίδραση με ΨΕΠ είναι το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ). Οι καρδιακές μετρήσεις χρησιμοποιούνται περιορισμένα, καθώς τα δεδομένα που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη μέθοδο μέτρησης επηρεάζονται από τη φυσική δραστηριότητα και τα συναισθήματα. Οι οφθαλμικές μετρήσεις κατέχουν σημαντική θέση στην έρευνα, καθώς χρησιμοποιούνται ευρέως ενώ μετρήσεις που σχετίζονται με το δέρμα και την αναπνοή χρησιμοποιούνται περιορισμένα. Η δημοτικότητα των εγκεφαλικών μετρήσεων οφείλεται στο ότι ο εγκέφαλος είναι το όργανο όπου συμβαίνουν πρωτογενώς οι αντιδράσεις που σχετίζονται με τα ερεθίσματα και οι συσκευές ηλεκτροεγκεφαλογραφίας είναι πλέον οικονομικές, μεταφέρονται εύκολα και έχει χαρτογραφηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό η τοποθέτηση ηλεκτροδίων στα κατάλληλα σημεία, ώστε να προκύψουν τα πλέον κατάλληλα δεδομένα.

## ABSTRACT

The purpose of this systematic review is to investigate physiological methods of measuring cognitive functions when using Digital Educational Games (DEG). The aim is to record these methods and highlight their advantages and limitations. In addition, a thorough technical description is made regarding the placement positions of the electrodes for the collection of electroencephalographic data concerning the various cognitive functions. This systematic review was conducted according to the principles of the PRISMA methodology. More specifically, Scopus, PubMed, IEEEExplore and Science Direct databases were searched. The eligibility criteria of the studies selected were based on the combination of the use of DEG and at least one physiological method of measuring a specific cognitive function. A total of 58 studies were considered eligible. Of these, three (3) concerned cardiovascular measurements, twenty-two (22) cerebral, twenty-four (24) studies used recording methods related to eye reactions, two (2) studies identified where its data based in respiration measurements and seven (7) studies combined more than one physiological method. The most popular method of recording cognitive processes during interaction with DEG is the Electroencephalogram (EEG). Cardiac measurements are of limited use, as the data obtained from this method of measurement are affected by physical activity and emotions. Ocular measurements have an important place in research, as they are widely used while measurements related to skin and breathing are used in a limited way. The popularity of brain measurements is due to the fact that the brain is the organ where stimulus-related responses primarily occur, and EEG devices are now affordable, easily portable, and well mapped to electrode placement to elicit the more appropriate data.

**Keywords:** “physiological measures”, “neurophysiological measures”, “eeg”, “digital educational games”, “serious games”, “cognitive functions”, “mental states”

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Το διεθνές σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων 10-20 ..... 15

Εικόνα 2 Διάγραμμα ροής που απεικονίζει την επιλογή των μελετών για τη συστηματική ανασκόπηση. ....	33
Πίνακας 1 Αριθμός μελετών για το κάθε είδος μετρήσεων .....	35
Πίνακας 3 Συσκευή Εγκεφαλογράφου και σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων .	58
Πίνακας 4 PRISMA 2020 Checklist .....	84
Πίνακας 5 Αποτελέσματα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης.....	86

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΨΠ Ψηφιακό Παιχνίδι

ΨΕΠ Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Παιχνίδι

ΗΕΓ Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

MRI Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού

fMRI Λειτουργική Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού

ΔΕΠΥ Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φυσιολογικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται ευρέως στη μελέτη των γνωστικών διεργασιών. Με τον όρο φυσιολογικές μετρήσεις νοούνται εκείνες οι πρακτικές οι οποίες εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια που οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με ένα ή περισσότερα ερεθίσματα, προκειμένου να διαπιστωθούν πιθανές φυσιολογικές και νευροφυσιολογικές αλλαγές (Iyer & Orji, 2020; Seeber, 2013; Zhu & Aryadoust, 2022). Ανάμεσα στις συγκεκριμένες μεθόδους μέτρησης συγκαταλέγονται το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (electroencephalogram - EEG), το ηλεκτροκαρδιογράφημα (electrocardiogram – ECG), η καταγραφή οφθαλμικών



κινήσεων (eye-tracking), και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος (electrodermal activity - EDA)

Στη σύγχρονη έρευνα οι φυσιολογικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται ευρέως σε συνδυασμό με τη χρήση ψηφιακών εκπαιδευτικών παιχνιδιών (ΨΕΠ), προκειμένου να συλλεχθούν δεδομένα που αφορούν στις γνωστικές διεργασίες, όπως είναι για παράδειγμα η προσοχή και η μνήμη. Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της, ωστόσο στο σύνολό τους τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται από αυτές τις μεθόδους έχουν βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα να έχουν γίνει περισσότερο εύχρηστα και από άποψη κόστους αλλά και διότι δεν προκαλούν δυσφορία στους συμμετέχοντες στις μελέτες (Iyer & Orji, 2020). Ταυτόχρονα, χάρη στην πολυετή παρατήρηση των αποτελεσμάτων που προέρχονται από τέτοιες μεθόδους μέτρησης τα αποτελέσματα έχουν γίνει πολύ πιο ακριβή, καθώς στην ανάλυσή τους πλέον ενσωματώνονται φίλτρα που αποτρέπουν την αλλοίωση των αποτελεσμάτων (Iyer & Orji, 2020).

Σκοπό της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης αποτελεί η διερεύνηση φυσιολογικών μεθόδων μέτρησης γνωστικών λειτουργιών κατά την χρήση Ψηφιακών Εκπαιδευτικών Παιχνιδιών (ΨΕΠ). Στόχος είναι η καταγραφή αυτών των μεθόδων και η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών τους. Επιπρόσθετα, γίνεται μια ενδελεχής τεχνική περιγραφή ως προς τα σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων για την συλλογή των ηλεκτροεγκεφαλικών δεδομένων που αφορούν τις διάφορες γνωστικές λειτουργίες. Προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση με τη μέθοδο PRISMA. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου βασίστηκε στο ότι η συγκεκριμένη μέθοδος περιλαμβάνει αναλυτικά βήματα καταγραφής, επεξεργασίας και εξαγωγής δεδομένων, διαδικασία η οποία ενδείκνυται για μια αποτελεσματική συστηματική ανασκόπηση (Liberati et al., 2009).

Στο θεωρητικό μέρος της εργασίας γίνεται μια περιγραφή των διάφορων φυσιολογικών μεθόδων καταγραφής των γνωστικών διεργασιών που βρέθηκαν στην βιβλιογραφία. Το ερευνητικό κομμάτι ξεκινά με τη διατύπωση του σκοπού και

των ερευνητικών ερωτημάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μέθοδος PRISMA και ακολουθεί η περιγραφή της στρατηγικής που ακολουθήθηκε για την αναζήτηση των μελετών. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανασκόπησης, οργανωμένα βάσει των ερευνητικών ερωτημάτων και διατυπώνονται τα τελικά συμπεράσματα.

## **1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

### **1.1 Ψηφιακά Εκπαιδευτικά Παιχνίδια (ΨΕΠ)**

Η ενεργητική συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία αποτελεί έναν αποτελεσματικότερο τρόπο μάθησης (Mercier et al., 2020). Ο Prensky (2001) προκειμένου να προωθήσει τα κίνητρα για μάθηση παρουσίασε μια νέα προσέγγιση μάθησης με βάση το παιχνίδι, που ονομάζεται μάθηση βασισμένη στο ψηφιακό παιχνίδι (Digital Game-based Learning), στην οποία ενσωμάτωσε ψηφιακά παιχνίδια σε συνδυασμό με εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Σύμφωνα με τον Prensky, η μάθηση που βασίζεται στο ψηφιακό παιχνίδι αναφέρεται σε οποιοδήποτε μαθησιακό περιβάλλον συνδυάζει εκπαιδευτικό περιεχόμενο με ψηφιακά παιχνίδια για να υποστηρίξει εκπαιδευτικούς σκοπούς. Με αυτό το δεδομένο η σύγχρονη παιδαγωγική έχει επιστρατεύσει στην έρευνα σχετικά με τους τρόπους μάθησης ένα σύγχρονο εργαλείο, τα ψηφιακά εκπαιδευτικά παιχνίδια (ΨΕΠ) (digital educational games). Τα ΨΕΠ ορίζονται ως εφαρμογές που χρησιμοποιούν τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρονικών παιχνιδιών για τη δημιουργία συναρπαστικών μαθησιακών εμπειριών αλλά και την επίτευξη συγκεκριμένων μαθησιακών στόχων, αποτελεσμάτων και εμπειριών (de Freitas, 2006). Τα ΨΕΠ αποτελούν ένα εκπαιδευτικό μέσο το οποίο αναπαριστά καταστάσεις της πραγματικής ζωής σε ένα ψηφιακό διαδραστικό περιβάλλον (Lamb et al., 2018). Αναλυτικότερα, μέσω της χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή παρέχεται η δυνατότητα να εμπλακούν οι συμμετέχοντες σε εκπαιδευτικές διαδικασίες που σχετίζονται για παράδειγμα με τη λήψη αποφάσεων, με την προσοχή και τη μνήμη. Μέσα από την χρήση των ΨΕΠ, οι συμμετέχοντες μαθαίνουν σε ένα ασφαλές περιβάλλον, χωρίς το ρίσκο που εμπεριέχεται στις πραγματικές συνθήκες, ενώ ταυτόχρονα έχουν τη δυνατότητα πολλαπλής επανάληψης έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Με άλλα

λόγια, τα ΨΕΠ έχουν σχεδιαστεί έτσι, ώστε να ενσωματώνουν εκ των προτέρων συγκεκριμένες παιδαγωγικές προσεγγίσεις με στόχο αφενός μεν να αναπτύξουν οι εκπαιδευόμενοι συγκεκριμένες δεξιότητες και αφετέρου να αποκτήσουν στοχευμένες γνώσεις (Lamb et al., 2018).

Επιπλέον σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί και η ασφάλεια που δημιουργεί ένα εικονικό περιβάλλον, στην περίπτωση που τα ψηφιακά παιχνίδια είναι παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας, κυρίως όταν πρόκειται για προσομοίωση κρίσιμων καταστάσεων (De Gloria et al., 2014; Zhonggen, 2019). Από την άλλη πλευρά βέβαια, τα ΨΕΠ και η χρήση τους σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα έχουν προκαλέσει και αρνητική κριτική στο επίκεντρο της οποίας βρίσκεται το επιχείρημα ότι η αναστολή της επιφυλακτικότητας απέναντι σε κινδύνους που δημιουργούνται μέσα από τα ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες αποφάσεις για τη ζωή ενός ατόμου σε πραγματικές συνθήκες (De Gloria et al., 2014). Για τον σχεδιασμό επιτυχημένων ΨΕΠ είναι σημαντικό να κατανοήσουν οι ερευνητές με ποιόν τρόπο επηρεάζονται οι γνωστικές λειτουργίες κατά την αλληλεπίδραση με αυτά. Αυτό επιτυγχάνεται και μέσω διάφορων φυσιολογικών μετρήσεων που μπορούν να διενεργηθούν κατά τη διάρκεια ενασχόλησης με ένα ΨΕΠ. Χάρη σε αυτές τις μετρήσεις πολύτιμα ερευνητικά δεδομένα μπορούν να εξαχθούν και τελικά να φωτιστεί λίγο περισσότερο το διεπιστημονικό πεδίο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης.

## **1.2 Γνωστικό φορτίο και φυσιολογικές μέθοδοι καταγραφής**

Με τον όρο γνωστικό φορτίο νοείται η πνευματική προσπάθεια που απαιτείται ή που επενδύεται, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί για την εκτέλεση ενός συγκεκριμένου έργου (Iyer & Orji, 2020). Η διερεύνηση των επιπέδων του γνωστικού φορτίου και γενικά του τρόπου με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι έχει πρακτική χρησιμότητα, καθώς το αυξημένο γνωστικό φορτίο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των επιπέδων άγχους και συνακόλουθα σε πτώση της εργασιακής απόδοσης, σε μείωση της προσοχής και σε έλλειψη συγκέντρωσης. Στο πλαίσιο του εργασιακού περιβάλλοντος τα πράγματα είναι ακόμη πιο σοβαρά,

καθώς η μειωμένη συγκέντρωση και η έλλειψη προσοχής μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε απώλεια της ζωής (Iyer & Orji, 2020).

Η καταγραφή και η μέτρηση του γνωστικού φορτίου είναι μια σύνθετη διαδικασία, καθώς δεν υπάρχει κάποια πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος καταγραφής του τρόπου με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι (Iyer & Orji, 2020). Λίγο πιο κοντά στην γνώση αυτή μας φέρνουν οι φυσιολογικές μέθοδοι καταγραφής, που αφορούν στην καταγραφή και τη μέτρηση μέσω ειδικά σχεδιασμένων συσκευών, ακούσιων σωματικών δραστηριοτήτων όπως ο καρδιακός ρυθμός, η γαλβανική απόκριση του δέρματος και οι εγκεφαλικές ή οι οφθαλμικές δραστηριότητες (Iyer & Orji, 2020; Seeber, 2013; Zhu & Argyadoust, 2022). Τα δεδομένα αυτών των μετρήσεων συλλέγονται και αναλύονται σε πραγματικό χρόνο, ενόσω δηλαδή οι συμμετέχοντες σε μία πειραματική μελέτη εκτελούν τα προκαθορισμένα καθήκοντα που τους έχουν ανατεθεί. Καθώς η χρήση ψηφιακών παιχνιδιών είναι ιδιαίτερα δημοφιλής τα τελευταία χρόνια, η χρήση τους για πειραματικές έρευνες στο πεδίο της μελέτης των γνωστικών λειτουργιών θεωρείται ένα αρκετά ενδεδειγμένο μέσο, καθώς παρέχει ένα διαδραστικό περιβάλλον μέσα στο οποίο μπορούν να ενταχθούν διάφορες μεταβλητές, για την καταγραφή γνωστικών διεργασιών όπως είναι η προσοχή, η μνήμη, η συγκέντρωση και η λήψη αποφάσεων (Iyer & Orji, 2020).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα εργαλεία με τα οποία μπορούν να γίνουν οι φυσιολογικές μετρήσεις για τις διάφορες γνωστικές λειτουργίες και περιγράφεται ο τρόπος καταγραφής που χρησιμοποιεί το κάθε εργαλείο.

### **1.3 Εγκεφαλικές μετρήσεις**

Οι εγκεφαλικές μετρήσεις θεωρούνται από κάποιους ερευνητές ως η πιο αξιόπιστη πηγή πληροφοριών αναφορικά με τις γνωστικές διεργασίες, καθώς ο εγκέφαλος είναι το όργανο στο οποίο συμβαίνουν πρωτογενώς οι αντιδράσεις απέναντι σε συγκεκριμένα ερεθίσματα (Mikropoulos et al., 2004). Σε σχέση με την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου και τη χρήση εγκεφαλικών μετρήσεων, έχουν εντοπιστεί τέσσερις κυρίως περιοχές του εγκεφάλου από όπου εξάγονται δεδομένα: ο βρεγματικός, ο ινιακός, ο μετωπικός και ο κροταφικός λοβός (Cabañero et al.,

2020). Οι εγκεφαλικές μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με διάφορα μέσα, όπως περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

### **1.3.1 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG)**

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) είναι μια από τις μεθόδους καταγραφής των εγκεφαλικών λειτουργιών η οποία βασίζεται στη μέτρηση των διαφορών δυναμικού που συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Η μέτρηση γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στην εξωτερική επιφάνεια του κρανίου (Τσιπούρας et al., 2016 , Cabañero et al., 2020). Οι τιμές των μετρούμενων σημάτων κυμαίνονται από 1μV έως 100 μV. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι η διαμεσολάβηση του κρανίου εξασθενεί κατά πολύ τα σήματα που φτάνουν τελικά στον εγκεφαλογράφο καθιστούν απαραίτητη την κατά το δυνατόν πυκνότερη κάλυψη του κεφαλιού με ηλεκτρόδια έτσι, ώστε η μέτρηση να είναι ακριβής και αξιόπιστη (Κουτσούρης et al., 2003).

Η λογική της συγκεκριμένης μεθόδου καταγραφής βασίζεται στη μέτρηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου η οποία μπορεί να αναλυθεί στο πεδίο των συχνοτήτων που αναφέρονται και ως εγκεφαλικά κύματα και υποδιαιρούνται σε περιοχές συχνοτήτων ή ρυθμούς. Ο πρώτος εγκεφαλικός ρυθμός που μετρήθηκε ονομάστηκε Άλφα και η συχνότητά του κυμαίνεται μεταξύ 8 και 12 Hz. Ο ρυθμός Βήτα κυμαίνεται μεταξύ 12 και 30 Hz και σχετίζεται με την ηθελημένη συγκέντρωση στην εκτέλεση ενός συγκεκριμένου έργου (Baumeister et al., 2008). Ο ρυθμός που σχετίζεται κατά κύριο λόγο με τις διαδικασίες αντίληψης είναι ο Γάμα, ο οποίος κυμαίνεται από 30 έως 100 Hz. Ο ρυθμός Δέλτα είναι ο πιο χαμηλός, μιας και σχετίζεται με το στάδιο του ύπνου, και δίνει τιμές από 0 έως 3 Hz ενώ ο ρυθμός Θήτα κινείται σε εύρος από 4 έως 8 Hz (Cabañero et al., 2020).

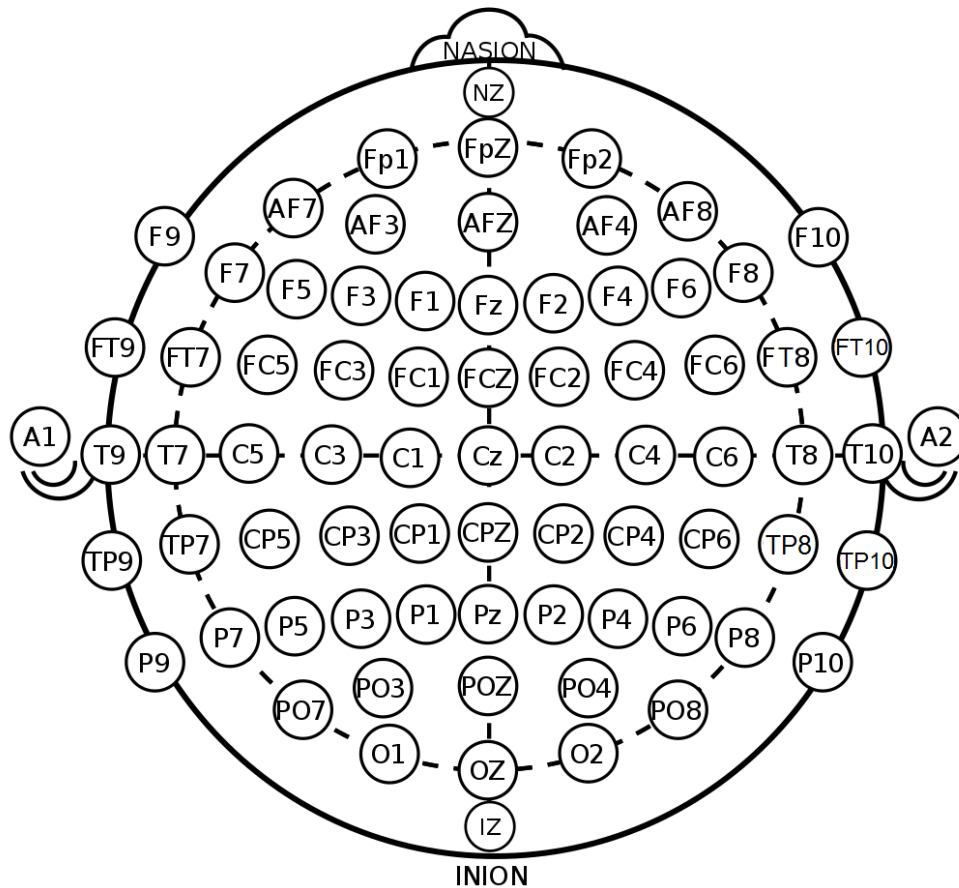
Σε αντίθεση με το παρελθόν, κατά το οποίο τα μηχανήματα εγκεφαλικών μετρήσεων ήταν ιδιαίτερα δύσχρηστα, καθώς η μεταφορά τους αποτελούσε ζήτημα λόγω του όγκου τους αλλά και η επεξεργασία και καταγραφή των μετρήσεων ήταν μια πολύ χρονοβόρα διαδικασία (Cabañero et al., 2020), οι σύγχρονες συσκευές ΗΕΓ είναι φορητές και μετατρέπουν τις μετρήσεις τους αυτόματα σε ψηφιακή μορφή που αποθηκεύεται σε έναν υπολογιστή (Haaralainen et al., 2010). Επομένως, η

επεξεργασία τους γίνεται πολύ πιο εύκολα και πολύ πιο γρήγορα. Κατά κανόνα αποτελούνται από κάποιους αισθητήρες ηλεκτροδίων, τους ανάλογους ενισχυτές, έναν για κάθε κανάλι μέτρησης, και έναν μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC). Η συνήθης μορφή ηλεκτροδίων που χρησιμοποιείται στα συστήματα καταγραφής του ΗΕΓ είναι ο σκούφος ηλεκτροδίων (Tian et al., 2019).

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την εγκυρότητα της μέτρησης ενός ΗΕΓ, παράγοντες που είτε σχετίζονται αμιγώς με τον συμμετέχοντα στη μέτρηση είτε με το ίδιο το σύστημα καταγραφής. Στην πρώτη κατηγορία εμπίπτουν, για παράδειγμα οι κινήσεις του εξεταζόμενου ή η ποσότητα του ιδρώτα. Η δεύτερη σχετίζεται με την υπερβολική παροχή ρεύματος, τη διακύμανση της αντίσταση των ηλεκτροδίων και, γενικά, με θέματα ατελειών στη συνδεσιμότητα. Προκειμένου, λοιπόν, να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή εγκυρότητα στη μέτρηση χρησιμοποιούνται φίλτρα ή/ και ενισχυτές σήματος.

Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι η ύπαρξη θορύβου εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την καταγραφή των σημάτων. (Κουτσούρης, 2000). Επιπλέον, η εξοικείωση του εξεταζόμενου με συγκεκριμένες διαδικασίες μπορεί να οδηγήσει σε ανακριβή αποτελέσματα, καθώς τα ερεθίσματα δε θα αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα, ακριβώς λόγω της εξοικείωσης. Στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης των παραπάνω μειονεκτημάτων, συνήθως χρησιμοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων ο μέσος όρος των τιμών καταγραφής, ο οποίος προκύπτει από την υποβολή των συμμετεχόντων σε πολλαπλές επαναλήψεις του πειράματος.

Σημαντικό σημείο επιτυχίας της συγκεκριμένης μεθόδου καταγραφής αποτελεί η κατάλληλη τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, μέσω των οποίων συλλέγονται τα δεδομένα. Οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποιούν το διεθνές σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων 10-20. (Cheng et al., 2022). Το συγκεκριμένο σύστημα προτάθηκε για πρώτη φορά από τη Διεθνή Ομοσπονδία στην Ηλεκτροεγκεφαλογραφία και την Κλινική Νευροφυσιολογία το 1958 (Jasper, H. H., 1958). και ορίζει 75 τυπικές θέσεις ηλεκτροδίων EEG στο τριχωτό της κεφαλής όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 1 Το διεθνές σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων 10-20

Βάσει αυτού του συστήματος, ο εγκέφαλος χωρίζεται σε τέσσερα τεταρτημόρια, το εμπρόσθιο, το οπίσθιο, το δεξί και το αριστερό. Η κάθε θέση ηλεκτροδίου παίρνει ένα γράμμα ανάλογα με το τεταρτημόριο στο οποίο τοποθετείται (F, T, P, O από τους αντίστοιχους αγγλικούς όρους Frontal, Temporal, Parietal και Occipital) και έναν αριθμό, περιττό αν τοποθετείται στην αριστερή πλευρά και άρτιο αν τοποθετείται στη δεξιά πλευρά αντίστοιχα. Για όσα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στη μέση του κρανίου, αντί για αριθμό δίνεται το γράμμα Z (Cheng et al., 2022). Σε αυτό το σύστημα βασίστηκαν και τα επόμενα συστήματα τοποθέτησης ηλεκτροδίων (10-10, 10-5) που χρησιμοποιούν περισσότερα και μεγαλύτερης πυκνότητας ηλεκτρόδια για τις μετρήσεις (Jurcak, Tsuzuki & Dan, 2007).

### 1.3.2 Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (MRI) - Λειτουργική απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού. (fMRI)

Η τεχνική της απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (MRI) του εγκεφάλου βασίζεται στη δημιουργία ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου το οποίο περιβάλλει το κεφάλι του συμμετέχοντα. Μέσω αυτής της τεχνικής δημιουργούνται εγκεφαλικές απεικονίσεις στις οποίες δεν μπορεί να αποδοθεί η χρονική εξέλιξη (Fietz et al., 2022). Παρότι υπάρχουν πρόσφατες μελέτες που χρησιμοποιούν την απεικόνιση του μαγνητικού συντονισμού (MRI) για την καταγραφή γνωστικών διεργασιών (Fietz et al., 2022) αποτελεί μια μέθοδο που δεν χρησιμοποιείται τόσο στην εκπαιδευτική έρευνα σε σχέση με την χρήση της σε ιατρικές πειραματικές έρευνες που αφορούν τον εγκέφαλο (Wu et al., 2021).

Σε αντίθεση με την MRI που δημιουργεί στατικές εγκεφαλικές απεικονίσεις για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, η λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI) δημιουργεί μη στατικές εικόνες καθορισμένης χρονικής διάρκειας που επιτρέπουν την ανάδειξη διαφορών στην εγκεφαλική δραστηριότητα ως απάντηση σε κάποια ερεθίσματα. Η fMRI σχετίζεται με το ποσοστό συγκέντρωσης του οξυγόνου στο αίμα το οποίο επηρεάζει τις μαγνητικές ιδιότητες της αιμοσφαιρίνης από την οποία, καθώς είναι ανιχνεύσιμη, προκύπτουν τα δεδομένα της μέτρησης (Elliott et al., 2020). Πιο συγκεκριμένα η fMRI μετρά την εγκεφαλική δραστηριότητα ανιχνεύοντας αλλαγές που σχετίζονται με την εγκεφαλική ροή του αίματος, η οποία συνδέεται άμεσα με τη νευρωνική ενεργοποίηση. Το επίπεδο ενεργοποίησης σε ολόκληρο τον εγκέφαλο ή σε συγκεκριμένες περιοχές του μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά με χρωματική κωδικοποίηση της έντασης του σήματος (π.χ. εμφανίζοντας αύξηση με κόκκινο και μείωση με μπλε χρώμα) (Ayres et al., 2021). Ως προς την χρήση της fMRI για την ανίχνευση γνωστικών λειτουργιών έχει βρεθεί ότι το γνωστικό φορτίο συσχετίζεται με αυξημένη ενεργοποίηση νευρικών περιοχών που σχετίζονται με τη μνήμη εργασίας, όπως η μετωπική βρεγματική περιοχή (Tan et al., 2016; Mäki-Marttunen et al., 2019). Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται το γεγονός ότι προκαλεί μεγάλο στρες στους συμμετέχοντες, οι οποίοι, κατά τη διάρκεια της καταγραφής, είναι υποχρεωμένοι σε ακινησία και μάλιστα το κεφάλι τους είναι τοποθετημένο μέσα σε ένα μηχάνημα που παράγει πολύ θόρυβο (Elliott et al., 2020).



### **1.3.3 Λειτουργική Φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (fNIRS)**

Ακόμα μια μη επεμβατική τεχνική οπτικής νευροαπεικόνισης, όπως η fMRI είναι η λειτουργική φασματοσκοπία (fNIRS). Η fNIRS εκμεταλλεύεται τα διαφορετικά φάσματα απορρόφησης στο εγγύς υπέρυθρο φως της οξυγονωμένης και της αποοξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης και επιτρέπει τη μέτρηση των σχετικών αλλαγών στη συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης. (Villringer & Chance, 1997). Η fNIRS βασίζεται στην αρχή της νευροαγγειακής σύζευξης, δηλαδή η τοπική νευρική δραστηριότητα οδηγεί σε αγγειακή απόκριση στην ενεργό περιοχή του εγκεφάλου που προκαλεί εισροή οξυγονωμένου αίματος. Ως αποτέλεσμα, η αποοξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη μειώνεται, ενώ η οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη αυξάνεται στην ενεργό περιοχή του εγκεφάλου. (Huettel, Song, & McCarthy, 2009; Telkemeyer et al., 2011). Η fNIRS επιτρέπει την καταγραφή αλλαγών στην αναλογία της οξυγονωμένης με την αποοξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη στο αίμα. Αλλά με πολύ υψηλότερη χρονική ανάλυση από την fMRI και με κόστος χαμηλότερης χωρικής ανάλυσης χωρίς όμως ευαισθησία στην αιμοδυναμική δραστηριότητα στις βαθύτερες περιοχές του εγκεφάλου.

Ως προς την καταγραφή γνωστικών λειτουργιών με την μέθοδο της fNIRS, έρευνες που την χρησιμοποίησαν κατά την χρήση ΨΕΠ έδειξαν ότι τα αυξημένα επίπεδα προσοχής και φόρτου εργασίας οδηγούν σε μείωση της οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης η οποία ανακάμπτει γρήγορα μετά το τέλος του παιχνιδιού. (Izzetoglu et al., 2004; Matsuda and Hiraki, 2006; Nagamitsu et al., 2006;) Ωστόσο μέσω αυτής της τεχνικής η παρατήρηση γίνεται στην επιφάνεια του εγκεφαλικού φλοιού και, γι' αυτόν τον λόγο, τα αποτελέσματά της δεν θεωρούνται αρκετά πλούσια, ώστε να δώσουν υλικό στην έρευνα (Villringer & Chance, 1997).

## **1.4 Καρδιαγγειακές μετρήσεις**

Οι καρδιαγγειακές μετρήσεις έχουν αξιοποιηθεί ως μέσο μέτρησης τους γνωστικού φόρτου από αρκετά παλιά (Paas et al., 2003). Οι συγκεκριμένες μετρήσεις, ωστόσο, παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω αυτών των μετρήσεων επηρεάζονται από παραμέτρους όπως τα συναισθήματα και η φυσική δραστηριότητα και, επομένως, η

ανάλυση των μετρήσεων πρέπει να εμπεριέχει τεχνικές ελαχιστοποίησης αυτών των παραμέτρων και ταυτόχρονα οι συνθήκες κατά τις οποίες γίνεται η μέτρηση πρέπει να είναι ανάλογες, ώστε να προβλεφθεί η κατά το δυνατόν αποφυγή αυτών των παραμέτρων (Ayres et al., 2021).

#### **1.4.1 Καρδιακός Ρυθμός (HR) – Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (HRV)**

Ο καρδιακός ρυθμός αναφέρεται στον αριθμό των παλμών που κάνει η καρδιά ανά λεπτό (σφυγμός) και μπορεί να ανιχνευθεί είτε μέσω της μέτρησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς είτε μέσω της μέτρησης της μεταβολής του όγκου αίματος στους μικροαγγειακούς ιστούς (Ayres et al., 2021). Η μέτρηση του καρδιακού ρυθμού χρησιμοποιείται κυρίως για να δώσει αποτελέσματα αναφορικά με τη συνολική γνωστική λειτουργία ενός ατόμου, καθώς έχει αποδειχτεί εμπειρικά ότι η αύξηση του στρες που ανιχνεύεται μέσω της αύξησης του καρδιακού ρυθμού έχει αρνητική επίδραση στις γνωστικές λειτουργίες (Solhjo et al., 2019). Μια ακόμη μέθοδος που μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με τις γνωστικές λειτουργίες ενός ατόμου που εκτελεί κάποια εργασία είναι η μέτρηση της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού (HRV) που αφορά την ελαφρά μεταβολή του χρόνου μεταξύ διαδοχικών καρδιακών παλμών. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Καρδιολογίας και την North American Society of Pacing Electrophysiology (1996), η HRV μπορεί να περιγραφεί ως η ταλάντωση που συμβαίνει στο διάστημα μεταξύ διαδοχικών καρδιακών παλμών η οποία μπορεί να ανιχνευθεί μέσω της μέτρησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς. Η HRV μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαφοροποίηση μεταξύ διαφορετικών επιπέδων γνωστικού φορτίου, καθώς έχει φανεί ότι υψηλά επίπεδα νοητικού φόρτου εργασίας αντανακλούν σε μειωμένη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (Cowley et al., 2013).

#### **1.4.2 Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG)**

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα είναι μία φυσιολογική μέθοδος καταγραφής της ηλεκτρικής διέγερσης που παράγεται ακούσια κατά την καρδιακή δραστηριότητα. Μέσω του ηλεκτροκαρδιογραφήματος μπορεί να μετρηθεί ο καρδιακός ρυθμός και η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού. Η καταγραφή γίνεται με τη χρήση ηλεκτροδίων και μεταλλικών πλακών που τοποθετούνται στα χέρια, στα πόδια και στον θώρακα του συμμετέχοντα (Belle et al., 2012). Η καταγραφή και απεικόνιση

των δεδομένων που συλλέγονται με τη συγκεκριμένη μέθοδο μέτρησης γίνεται σε μόνιτορ και η απόδοσή τους σε μορφή γραφήματος αποτελεί το ηλεκτροκαρδιογράφημα. Ο ηλεκτροκαρδιογράφος αποτελείται από μία κεντρική μονάδα και κάποια ηλεκτρόδια, συνήθως 10, τα οποία τοποθετούνται με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω (Belle, Hargraves & Najarian, 2012; Stenfors, Hanson, Theorell & Osika, 2016).

Για κάποιους ερευνητές, το ηλεκτροκαρδιογράφημα θεωρείται ως μία ιδιαίτερα ακριβής μέθοδος καταγραφής, καθώς η μετα-ανάλυση στο συγκεκριμένο πεδίο έδειξε ότι η ακρίβεια του συγκεκριμένου εργαλείου ανέρχεται σε 80%, σε ό, τι αφορά τις μετρήσεις που σχετίζονται με την προσοχή (Haaralainen, Kim, Forlizzi & Dey, 2010).

### **1.5 Μετρήσεις της δραστηριότητας των ματιών**

Για αρκετά χρόνια οι μετρήσεις της δραστηριότητας των ματιών (eye-tracking) χρησιμοποιούνταν κυρίως στην ιατρική. Από τη δεκαετία του 1970 και έπειτα, όμως, οι συσκευές μέτρησης της δραστηριότητας των ματιών εξελίχθηκαν πολύ και πλέον χρησιμοποιούνται ευρέως και σε άλλους επιστημονικούς κλάδους (Mele & Federici, 2012). Παλαιότερα, άλλωστε, τα εργαλεία μέτρησης των οφθαλμικών δραστηριοτήτων δημιουργούσαν αρκετή δυσφορία, καθώς οι συμμετέχοντες ήταν υποχρεωμένοι σε πλήρη ακινησία του κεφαλιού, προκειμένου να επιτευχθεί σταθερή απόσταση μεταξύ των ματιών και της συσκευής καταγραφής (Seeber, 2013).

Την αντίληψη του χώρου την αποκτά κανείς μέσω της οπτικής επαφής με αυτόν, όπως επίσης αποκτά και την αντίληψη σχετικά με το έργο που πρέπει να εκτελέσει κάθε φορά. Η πλέον συνήθης ανθρώπινη πρακτική, όταν έρχεται κανείς αντιμέτωπος με ένα καινούριο καθήκον, είναι να κάνει μια γρήγορη οπτική αναζήτηση στον περιβάλλοντα χώρο και στα δεδομένα του και έπειτα προχωρά στην εκτέλεση (Kiefer et al., 2017). Οι ανιχνευτές της κίνησης των ματιών, λοιπόν, επιτρέπουν τη χαρτογράφηση της οπτικής προσοχής και δίνουν πληροφορίες σχετικά με το που, πότε, για πόσο και με ποια σειρά επιδιώκεται η απόκτηση πληροφοριών μέσω της οπτικής αναζήτησης. Η παρακολούθηση του βλέμματος

χρησιμοποιείται, για να μετρηθούν σε πραγματικό χρόνο γνωστικές διεργασίες που σχετίζονται με την αντίληψη, την προσοχή, τη μνήμη τη λήψη αποφάσεων και την επίλυση προβλημάτων (Mele & Federici, 2012). Είναι μια μη επεμβατική μέθοδος και έχει αποδειχτεί ερευνητικά ότι δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα καθώς καταγράφει και ερμηνεύει τον τρόπο με τον οποίο ένα υποκείμενο χρησιμοποιεί τις διαθέσιμες πηγές επεξεργασίας της γνώσης και αποκωδικοποιεί τους παράγοντες που επηρεάζουν αυτή τη διαδικασία σε πραγματικό χρόνο (Zhu & Aryadoust, 2022).

Ένα σύστημα παρακολούθησης των ματιών βασίζεται στην καταγραφή βίντεο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε εκ του μακρόθεν είτε εκ του σύνεγγυς. Μια τυπική εγκατάσταση αποτελείται από μια βιντεοκάμερα που καταγράφει τις κινήσεις των ματιών και έναν υπολογιστή που αποθηκεύει και αναλύει τα δεδομένα του βλέμματος. Στα απομακρυσμένα συστήματα, η κάμερα τοποθετείται συνήθως κάτω από την οθόνη του υπολογιστή, ενώ στα εκ του σύνεγγυς συστήματα που τοποθετούνται στο κεφάλι, η κάμερα είναι στερεωμένη είτε σε πλαίσιο γυαλιών είτε σε ξεχωριστό «κράνος». Τα συστήματα που τοποθετούνται στο κεφάλι συχνά περιλαμβάνουν επιπλέον μια κάμερα για την καταγραφή της οπτικής γωνίας του χρήστη, η οποία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να χαρτογραφηθεί το βλέμμα του χρήστη στην τρέχουσα οπτική σκηνή (Majaranta & Bulling, 2014). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων έχουν να κάνουν με τεχνικά χαρακτηριστικά της βιντεοκάμερας, το σημείο τοποθέτησης της σε σχέση με τον συμμετέχοντα στη μέτρηση αλλά και με συνθήκες φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα ο ρυθμός καρέ και η ανάλυση της βιντεοκάμερας έχουν σημαντική επίδραση στην ακρίβεια της παρακολούθησης. Μια κάμερα web χαμηλού κόστους δεν μπορεί να ανταγωνιστεί μια κάμερα υψηλής ποιότητας με υψηλή ανάλυση και υψηλό ποσοστό δειγματοληψίας. Η εστιακή απόσταση του φακού, η γωνία, καθώς και η απόσταση μεταξύ του ματιού και της κάμερας επηρεάζουν την ποιότητα της παρακολούθησης του βλέμματος. Με μεγάλο ζουμ (μεγάλη εστιακή απόσταση), είναι δυνατή η λήψη μιας κοντινής προβολής του ματιού, αλλά περιορίζεται η γωνία θέασης της κάμερας και απαιτείται από τον χρήστη να κάθεται αρκετά ακίνητος (εκτός εάν η κάμερα ακολουθεί τις κινήσεις του χρήστη). Στα συστήματα που τοποθετούνται στο κεφάλι, η κάμερα τοποθετείται

κοντά στο μάτι, πράγμα που σημαίνει μεγαλύτερη εικόνα του ματιού και επομένως περισσότερα pixels για την παρακολούθηση του ματιού. Εάν χρησιμοποιείται ευρυγώνια κάμερα, επιτρέπεται μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων στον χρήστη, αλλά απαιτείται επίσης μια κάμερα υψηλής ανάλυσης για να παρακολουθείται με ακρίβεια η κίνηση της κόρης του ματιού (Hansen & Majaranta, 2012).

Επίσης, δεδομένου ότι η παρακολούθηση του βλέμματος βασίζεται σε εικόνες βίντεο του ματιού, απαιτείται η ανεμπόδιση θέαση του ματιού. Οι παράγοντες που μπορούν να την επηρεάσουν αφορούν ποικίλες συνθήκες φωτισμού, αντανάκλασεις των γυαλιών, πεσμένα βλέφαρα, το στρίψιμο των ματιών όταν κανείς χαμογελάει ή ακόμα και το βαρύ μακιγιάζ (Goldberg and Wichansky 2003) .

Οι παράμετροι που εξετάζονται κατά την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων αφορούν κυρίως την καταγραφή της σταθεροποίησης του ματιού, της διαστολής της κόρης αλλά και του αριθμού των φορών που ανοιγοκλείνει κανείς τα μάτια του.

### **1.5.1 Διαστολή κόρης ματιού**

Η διαστολή της κόρης του ματιού (pupil dilation) υπό φυσιολογικές συνθήκες , μεταξύ άλλων όπως αντίδραση στη φωτεινότητα και συναισθηματική διέγερση, υποδηλώνει πνευματική διέγερση και δραστηριότητα (Ayres et al., 2021; Seeber, 2013). Πολλές έρευνες έχουν τεκμηριώσει εμπειρικά ότι αυτή η φυσιολογική μέθοδος μέτρησης δίνει αποτελέσματα (Derick et al., 2020; Jerčić et al., 2020; Marois et al., 2019). Οι αλλαγές στη διαστολή της κόρης του ματιού συνοδεύουν την επίπονη γνωστική επεξεργασία. Οι κόρες των ματιών των χρηστών διαστέλλονται όταν αυξάνεται η δυσκολία μιας εργασίας και η γνωστική προσπάθειά τους να την φέρουν εις πέρας (Zagermann et al., 2016). Ωστόσο, παρόλη την ανάπτυξη των συσκευών μέτρησης της διαστολής της κόρης, παραμένουν κάποιοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Γι' αυτόν τον λόγο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων πρέπει να δίνεται έμφαση στην αντανάκλαση του φωτός και στη θέση του βλέμματος (Ayres et al, 2021) όπως επίσης και στη χρονική διάρκεια της καταγραφής (Seeber, 2013). Ταυτόχρονα, κατά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλες μέθοδοι διόρθωσης, οι οποίες συνεκτιμούν όλους τους εξωγενείς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν

τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Παράλληλα, η περίμετρος της οφθαλμικής κόρης επηρεάζεται από παραμέτρους όπως ο βαθμός κούρασης. Σε κατάσταση ξεκούρασης η κόρη είναι μεγαλύτερη, ενώ ταυτόχρονα με την ηλικία ατονεί η σχέση μεταξύ γνωστικού φορτίου και διαστολής της οφθαλμικής κόρης (Seeber, 2013).

### **1.5.2 Καταγραφή του ρυθμού «ανοιγοκλεισίματος» των ματιών**

Η συχνότητα με την οποία ανοιγοκλείνει κανείς τα μάτια του αυθόρμητα (blink rate) διαμορφώνεται από τη δραστηριότητα του κεντρικού νευρικού συστήματος και συνδέεται με συμπεριφορά που υποδηλώνει στοχοπροσήλωση ή διαδικασία πνευματικής ανταμοιβής (Ayres et al, 2021). Σχετικές μελέτες συνδέουν την αύξηση στη συχνότητα της συγκεκριμένης κίνησης των ματιών με αυξημένες πνευματικές απαιτήσεις ή με μεγάλη διάρκεια χρόνου κατά την οποία υπάρχει πνευματική διέγερση (Delvigne et al., 2021). Η συγκεκριμένη μέθοδος μέτρησης γνωστικού φόρτου, ωστόσο, είναι πρόσφορη μόνο για συγκεκριμένες πνευματικές δραστηριότητες. Για παράδειγμα, κατά την εκτέλεση δραστηριοτήτων που σχετίζονται με εντατική οπτική επεξεργασία ο ρυθμός ανοιγοκλεισίματος των ματιών είναι συνήθως μειωμένος, χωρίς αυτό να συνεπάγεται πνευματική αδράνεια (Ayres et al, 2021). Επομένως, η χρήση της συγκεκριμένης φυσιολογικής μεθόδου μέτρησης δεν μπορεί να είναι εκτεταμένη.

### **1.5.3 Καταγραφή της σταθεροποίησης του ματιού**

Σε σχέση με τη διαστολή της κόρης ή τον ρυθμό με τον οποίο ανοιγοκλείνει κανείς τα μάτια του που είναι αυθόρμητες ενέργειες, η σταθεροποίηση του βλέμματος (eye-fixation) σε ένα συγκεκριμένο σημείο αποτελεί περισσότερο συνειδητή επιλογή (Ayres et al., 2021). Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις τρόπους, συγκεκριμένα μπορεί να μετρηθεί η διάρκεια της σταθεροποίησης του βλέμματος σε ένα σημείο, η συχνότητα με την οποία σταθεροποιείται το βλέμμα σε διάφορα σημεία ενδιαφέροντος μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα και ο ρυθμός εναλλαγής ανάμεσα σε διάφορα σημεία ενδιαφέροντος.

Η διάρκεια της σταθεροποίησης υποδεικνύει τις οπτικές περιοχές που υπόκεινται σε γνωστική επεξεργασία (Jacob & Karn, 2003) και γενικά η συγκεκριμένη μέθοδος δίνει πληροφορίες σχετικά με τη γνωστική επεξεργασία γραπτών κειμένων,

διαγραμμάτων και του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι κατασκευάζουν νοητικά μοντέλα κατανόησης, επεξεργασίας και συγκράτησης πληροφοριών που προέρχονται από γραπτά κείμενα σε μορφή διαγράμματος (Ayres et al., 2021). Η διάρκεια και ο ρυθμός της σταθεροποίησης του βλέμματος είναι δείκτες της αυξημένης προσοχής που απαιτείται καθώς αυξάνεται η πολυπλοκότητα μιας εργασίας. Συγκεκριμένα, όσο υψηλότερο είναι το γνωστικό φορτίο, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της σταθεροποίησης και τόσο χαμηλότερος ο ρυθμός σταθεροποίησης (Zagermann et al., 2016).

Οι περιορισμοί που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη μέθοδο συλλογής δεδομένων σχετίζονται κυρίως με τη διάρκεια που κρατά η σταθεροποίηση του βλέμματος σε ένα σημείο. Αναλυτικότερα, αυτή η διάρκεια πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 ms (Krebs et al., 2021). Επιπρόσθετα, τα σημεία σταθεροποίησης του βλέμματος έχουν ερευνητική αξία όταν απέχουν τουλάχιστον 64 pixel στην οθόνη, όταν οι αποκλίσεις των σταθεροποιήσεων του δεξιού ματιού είναι μικρότερες από 100 pixel από τον μέσο όρο αποκλίσεων του αριστερού ματιού και, τέλος, η τυπική απόκλιση όλων των σημείων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 pixel (Krebs et al., 2021).

#### **1.5.4 Άλλες μετρήσεις των κινήσεων των ματιών**

Υπάρχουν και άλλες μετρήσεις που σχετίζονται με την περιοχή των ματιών, λιγότερο δημοφιλείς στην πειραματική έρευνα. Για παράδειγμα, σε περιβάλλοντα προσομοίωσης οδήγησης βρέθηκε ότι η οριζόντια θέση του βλέμματος σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με την αύξηση του γνωστικού φορτίου ή ότι η ενδοφθάλμια πίεση αυξάνεται όσο αυξάνεται και το γνωστικό φορτίο (Ayres et al, 2021). Αυτές οι μέθοδοι, ωστόσο, είναι αρκετά εξειδικευμένες και, προκειμένου να δώσουν αποτελέσματα επαγωγικού χαρακτήρα, πρέπει να συνδυάζονται και με άλλες φυσιολογικές μεθόδους μέτρησης (Ayres et al, 2021).

## **1.6 Μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος**

### **1.6.1 Ηλεκτροδερματική δραστηριότητα (EDA)**

Στη βάση της συγκεκριμένης μεθόδου βρίσκεται η αλλαγή της ηλεκτρικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας γνωστικής εργασίας, η οποία

αλλαγή μετράται με δείκτη την έκκριση ιδρώτα από τις παλάμες των χεριών. Η αυξημένη έκκριση ιδρώτα συνδέεται με αυξημένη γνωστική προσπάθεια και η μεγαλύτερη παραγωγή ιδρώτα μειώνει την αντίσταση και αυξάνει την αγωγιμότητα του δέρματος (Ayres et al., 2021). Η δραστηριότητα απόκρισης της αγωγιμότητας του δέρματος συνήθως μετράται με βάση τον ρυθμό με τον οποίο φτάνει στην αποκορύφωσή της μια δραστηριότητα (μεγάλα ποσοστά ιδρώτα συνεπάγονται και αποκορύφωση γνωστικής προσπάθειας), τη χρονική διάρκεια της αποκορύφωσης και, τέλος το μέγεθος της αποκορύφωσης, δηλαδή πόσο υψηλό ποσοστό αγωγιμότητας έχει καταγραφεί (Ayres et al., 2021).

### **1.6.2 Γαλβανική απόκριση του δέρματος (GSR)**

Η γαλβανική απόκριση του δέρματος έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην έρευνα κυρίως για τη μελέτη της συναισθηματικής διέγερσης. Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, χρησιμοποιείται και για την εξαγωγή δεδομένων αναφορικά με τις γνωστικές λειτουργίες (Zhu & Aryadoust, 2022). Αυτή η μέθοδος μέτρησης βασίζεται στην υπόθεση ότι το γνωστικό φορτίο ενεργοποιεί το συμπαθητικό νευρικό σύστημα με αποτέλεσμα την εντονότερη αγωγιμότητα του δέρματος (Zhu & Aryadoust, 2022).

### **1.7 Ηλεκτρομυογράφημα (EMG)**

Το ηλεκτρομυογράφημα καταγράφει τη μυϊκή δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, οι σύγχρονες συσκευές ηλεκτρομυογραφήματος μετρούν την ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του προσώπου ή άλλων μυών του σώματος μέσω της χρήσης είτε ηλεκτροδίων σε μορφή βελόνας είτε με ηλεκτρόδια επιφάνειας που τοποθετούνται επάνω στον μυ (Baldwin & Cisler, 2017). Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος μέτρησης της μυϊκής δραστηριότητας περιλαμβάνει την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στην κατά το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια του σώματος και του προσώπου έτσι, ώστε οι μετρήσεις να προέρχονται από ένα πολυκαναλικό σύστημα (Marco et al., 2017). Η κύρια έμφαση που πρέπει να δίνεται στη συγκεκριμένη μέθοδο μέτρησης, προκειμένου να μεγιστοποιείται η αξιοπιστία της συνίσταται στη μέτρηση του χρόνου μεταξύ μυϊκής αντίδρασης και παροχής ενός συγκεκριμένου ερεθίσματος (Marco et al., 2017). Προκειμένου να συμπεριληφθεί η συγκεκριμένη



μεταβλητή στην εξαγωγή δεδομένων προτάθηκε η χρήση εκτιμητών που βασίζονται στη συσχέτιση αυτών των δύο παραμέτρων (Marco et al., 2017). Παράλληλα, η χρήση φίλτρων για τον περιορισμό του θορύβου κρίνεται επίσης απαραίτητη (Sahayadhas et al., 2015).

## **2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **2.1 Σκοπός εργασίας**

Σκοπό της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης αποτελεί η διερεύνηση φυσιολογικών μεθόδων μέτρησης γνωστικών λειτουργιών κατά την χρήση Ψηφιακών Εκπαιδευτικών Παιχνιδιών (ΨΕΠ). Στόχος είναι η καταγραφή αυτών των μεθόδων και η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών τους. Επιπρόσθετα, γίνεται μια ενδελεχής τεχνική περιγραφή ως προς τα σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων για την συλλογή των ηλεκτροεγκεφαλικών δεδομένων που αφορούν τις διάφορες γνωστικές λειτουργίες.

### **2.2 Ερευνητικά ερωτήματα**

Τα ερευνητικά ερωτήματα που προσπαθεί να απαντήσει η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση είναι τα ακόλουθα:

- Ποιες είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην βιβλιογραφία για την καταγραφή και αξιολόγηση των γνωστικών λειτουργιών χρηστών ΨΕΠ;
- Ποια τα πλεονεκτήματα και ποιοι οι περιορισμοί των μεθόδων αυτών; Πως αντιμετώπισαν οι ερευνητές τους περιορισμούς αυτούς;
- Ως προς τις έρευνες που χρησιμοποίησαν το ΗΕΓ, σε ποιες θέσεις του κρανίου έγινε η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων για την συλλογή των δεδομένων που αφορούν στις διάφορες γνωστικές λειτουργίες; Και ποιες είναι οι συσκευές μέτρησης που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη έρευνα;

## 2.3 Πρωτόκολλο PRISMA

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης βασίστηκε στη δήλωση Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses Statement 2020 (PRISMA) (1&2). Αναλυτικότερα, η δήλωση PRISMA αναφέρεται σε μια λίστα ελέγχου (PRISMA checklist) στην οποία δημιουργήθηκαν επτά (7) βασικές κατηγορίες, οι οποίες περιλαμβάνουν συνολικά είκοσι επτά (27) στοιχεία (Liberati et al., 2009; Page et al., 2021), όπως αυτές φαίνονται στον Πίνακα 1 στην ενότητα «Παράρτημα Πινάκων». Οι επτά βασικές κατηγορίες είναι ο τίτλος, η περίληψη, η εισαγωγή, η μεθοδολογία, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, και, τέλος, τα συμπεράσματα επιγραμματικά μαζί με την αναφορά προσβασιμότητας στο κάθε άρθρο.

Αναλυτικότερα, βάσει του πρωτοκόλλου PRISMA ο τίτλος πρέπει να δηλώνει αν η μελέτη είναι συστηματική ανασκόπηση, μετά-ανάλυση ή συνδυασμός αυτών των δύο. Το κείμενο της περίληψης πρέπει να είναι έτσι δομημένο, ώστε να ακολουθεί τη ροή της μελέτης. Συγκεκριμένα, στην περίληψη περιλαμβάνονται με τη σειρά, η παρουσίαση του πλαισίου της μελέτης, ο σκοπός, οι πηγές από τις οποίες προήλθαν τα δεδομένα, η περιγραφή των συμμετεχόντων μελετών και των παρεμβάσεων, η διαγνωστική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή των συμπερασμάτων, τα αποτελέσματα και, τέλος, τα συμπεράσματα και η ερμηνεία τους (Liberati et al., 2009).

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο PRISMA, στην εισαγωγή γίνεται μία περιγραφή της υπάρχουσας γνώσης σχετικά με το θέμα και αναφέρεται ο σκοπός της μελέτης μαζί με τη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος. Στην ενότητα της μεθοδολογίας πρέπει να δηλωθεί η ύπαρξη πρωτοκόλλου, εφόσον υπάρχει, η πηγή από την οποία μπορεί να ανακτηθεί, τα κριτήρια βάσει των οποίων συμπεριλήφθηκαν οι επιλεγμένες μελέτες στη συστηματική ανασκόπηση και στη μετά-ανάλυση, αν αυτή πραγματοποιήθηκε, και να αναφέρονται όλες οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν τα δεδομένα καθώς επίσης και η στρατηγική που ακολουθήθηκε για την κάθε βάση δεδομένων. Για μία από τις βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, προτείνεται να περιγραφεί αναλυτικά όλη η διαδικασία αναζήτησης, συμπεριλαμβανομένων και των περιορισμών που προέκυψαν. Ακόμη, πρέπει να δηλωθούν τα κριτήρια βάσει

των οποίων έγινε η επιλογή των μελετών, η διαδικασία συλλογής δεδομένων και να γίνει μία καταγραφή όλων των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν τη διαδικασία. Ακολούθως, το πρωτόκολλο PRISMA προτείνει τη διερεύνηση του βαθμού ύπαρξης στατιστικού σφάλματος, ή όπως καταχρηστικά θα μπορούσε να μεταφραστεί στα ελληνικά η ορολογία που χρησιμοποιείται από τους σχεδιαστές του πρωτόκολλου PRISMA «το ρίσκο της μεροληψίας στην έρευνα» (Liberati et al., 2009, pg. 14) που αφορά τις μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν, μεροληψίας που μπορεί να υπάρχει σε συγκεκριμένες μελέτες από τις επιλεγμένες. Τέλος, περιγράφεται ολόκληρη η διαδικασία σύνθεσης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων, ο προσδιορισμός του κινδύνου συστηματικού σφάλματος της μελέτης και η αναφορά πρόσθετων υποκατηγοριών βάσει των οποίων ενδεχομένως να γίνουν αναλύσεις πιο εξειδικευμένης κλίμακας, συνδυάζοντας συγκεκριμένα δεδομένα. (Liberati et al., 2009).

Στην κατηγορία των αποτελεσμάτων εμπεριέχεται ένα διάγραμμα ροής στο οποίο καταγράφεται ο αριθμός των μελετών που πληρούσαν τα αρχικά κριτήρια αναζήτησης και ο αριθμός των μελετών που τελικά συμπεριλήφθηκαν και επίσης αναφέρονται οι λόγοι απόρριψης των υπόλοιπων μελετών. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα κύρια χαρακτηριστικά των ερευνών που επιλέχθηκαν, όπως για παράδειγμα η μεθοδολογία και ο αριθμός των συμμετεχόντων καθώς και αξιολογική εκτίμηση της κάθε μιας μελέτης, και παρουσιάζονται τα αποτελέσματά, συγκριτικά με τα αποτελέσματα της σχετικής υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων, δίνεται μια περίληψη των ευρημάτων, τα οποία συζητιούνται κριτικά, αναφέρονται οι περιορισμοί που εμπεριέχονται στην μελέτη αλλά και στις επιλεγμένες έρευνες και γράφεται το τελικό συμπέρασμα (Liberati et al., 2009; Page et al., 2021).

## **2.4 Στρατηγική αναζήτησης μελετών**

Η παρούσα μελέτη, όπως αναφέρθηκε, αποτελεί μία συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση η οποία βασίζεται σε δευτερογενή επιστημονικά δεδομένα. Για την αναζήτηση των επιστημονικών άρθρων από όπου εξάχθηκαν τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν οι ψηφιακές βάσεις δεδομένων: **Scopus, PubMed, IEEEExplore**

και **Science Direct** και η αναζήτηση έγινε από τις 15 Ιουνίου 2022 μέχρι τις 31 Ιουνίου του 2022. Οι λέξεις και οι φράσεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν στον αλγόριθμο αναζήτησης επιλέχθηκαν έτσι, ώστε να επιστρέφονται άρθρα που στο περιεχόμενό τους να συνδυάζουν τα ψηφιακά παιχνίδια, κάποια γνωστική λειτουργία και την χρήση κάποιας νευροφυσιολογικής μεθόδου. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός λέξεων κλειδιών που χρησιμοποιήθηκε για την αναζήτηση σχετικών άρθρων είναι ο εξής:

**("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive performance" OR "cognitive function" OR "cognitive processes" OR "mental states" OR "attention" OR "memory" OR "cognitive load" OR "perception") AND ("physiological measures" OR "psychophysiological measures" OR "neurophysiological measures" OR "blood pressure" OR "electroencephalogram" OR "heart rate" OR "electrodermal activity" OR "eye tracking")**

Συγκεκριμένα για τις βάσεις Scopus, PubMed και IEEEExplore η αναζήτηση έγινε σε Τίτλο/Περίληψη/Λέξεις – Κλειδιά ενώ για την βάση δεδομένων Science Direct η αναζήτηση έγινε σε πιο ευρεία κλίμακα σημειώνοντας την επιλογή “find articles with these terms” καθώς η αναζήτηση μόνο σε Τίτλο/Περίληψη/Λέξεις – Κλειδιά επέστρεφε ελάχιστα αποτελέσματα. Ακόμη στην βάση δεδομένων Science Direct χρησιμοποιήθηκε το φίλτρο περιορισμού των αποτελεσμάτων που προσφέρει η συγκεκριμένη βάση, ώστε τα αποτελέσματα να αφορούν ερευνητικά άρθρα (“research articles”) και όχι ανασκοπήσεις (“review articles”) καθώς αυτό αποτελεί και ένα από τα κριτήρια συμπερίληψης των μελετών όπως αυτά παρουσιάζονται στην παρακάτω ενότητα.

Μια ακόμη διαφοροποίηση ως προς την αναζήτηση στην βάση δεδομένων Science Direct σε σχέση με τις υπόλοιπες βάσεις δεδομένων, ήταν ότι ο παραπάνω συνδυασμός λέξεων κλειδιών έπρεπε να «σπάσει» σε δώδεκα μικρότερους καθώς η συγκεκριμένη βάση δέχεται μόνο έως 8 διαφορετικές λέξεις ή φράσεις – κλειδιά και να γίνει συνδυασμός των αποτελεσμάτων.

Συγκεκριμένα οι δώδεκα μικρότεροι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν στην μηχανή αναζήτησης της Science Direct ώστε να βρεθούν όλα τα άρθρα που θα επέστρεφε και ο αρχικός συνδυασμός λέξεων - κλειδιών είναι οι εξής:

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive performance" OR "cognitive function") AND ("physiological measures" OR "psychophysiological measures" OR "neurophysiological measures") → επέστρεψε 32 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive performance" OR "cognitive function") AND ("blood pressure" OR "electroencephalogram" OR "heart rate") → επέστρεψε 139 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive performance" OR "cognitive function") AND ("electrodermal activity" OR "eye tracking") → επέστρεψε 30 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive processes" OR "mental states") AND ("physiological measures" OR "psychophysiological measures" OR "neurophysiological measures") → επέστρεψε 56 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive processes" OR "mental states") AND ("blood pressure" OR "electroencephalogram" OR "heart rate") → επέστρεψε 133 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive processes" OR "mental states") AND ("electrodermal activity" OR "eye tracking") → επέστρεψε 94 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("attention" OR "memory") AND ("physiological measures" OR "psychophysiological measures" OR "neurophysiological measures") →επέστρεψε 165 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("attention" OR "memory") AND ("blood pressure" OR "electroencephalogram" OR "heart rate") →επέστρεψε 712 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("attention" OR "memory") AND ("electrodermal activity" OR "eye tracking") →επέστρεψε 258 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive load" OR "perception") AND ("physiological measures" OR "psychophysiological measures" OR "neurophysiological measures") →επέστρεψε 129 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive load" OR "perception") AND ("blood pressure" OR "electroencephalogram" OR "heart rate") →επέστρεψε 509 αποτελέσματα

("digital educational games" OR "educational video games" OR "serious games" OR "video games") AND ("cognitive load" OR "perception") AND ("electrodermal activity" OR "eye tracking") →επέστρεψε 208 αποτελέσματα

Από το σύνολο όλων αυτών των αποτελεσμάτων για την βάση Science Direct, το πλήθος των οποίων είναι 2465, αφαιρέθηκαν οι διπλοεγγραφές με αυτόματο τρόπο μέσω του λογισμικού διαχείρισης βιβλιογραφικών αναφορών [EndNote](#) και προέκυψαν τελικά **1075** αποτελέσματα. Για τις υπόλοιπες βάσεις δεδομένων το πλήθος των αποτελεσμάτων που επέστρεψε ο αλγόριθμος μετά και την αφαίρεση των διπλοεγγραφών είναι:

IEEEExplore: **33**

PubMed: 25

Scopus: 315

Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται καλύτερα στο διάγραμμα ροής που βρίσκεται στην παρακάτω ενότητα.

## 2.5 Κριτήρια επιλογής μελετών

Προκειμένου να απαντηθούν τα δύο κεντρικά ερωτήματα της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης ορίστηκαν κάποια κριτήρια βάσει των οποίων τα αποτελέσματα που επέστρεψε ο αλγόριθμος αναζήτησης κατηγοριοποιήθηκαν σε επιλέξιμα ή μη. Συγκεκριμένα οι μελέτες που κρίθηκαν ως επιλέξιμες ικανοποιούν τα παρακάτω κριτήρια:

- Αφορούν εμπειρικές μελέτες (όχι μελέτες περίπτωσης ή βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις)
- Εξετάζουν/καταγράφουν κάποια γνωστική λειτουργία με χρήση κάποιας φυσιολογικής μεθόδου
- Το ψηφιακό περιβάλλον που χρησιμοποιούν είναι κάποιο εκπαιδευτικό παιχνίδι

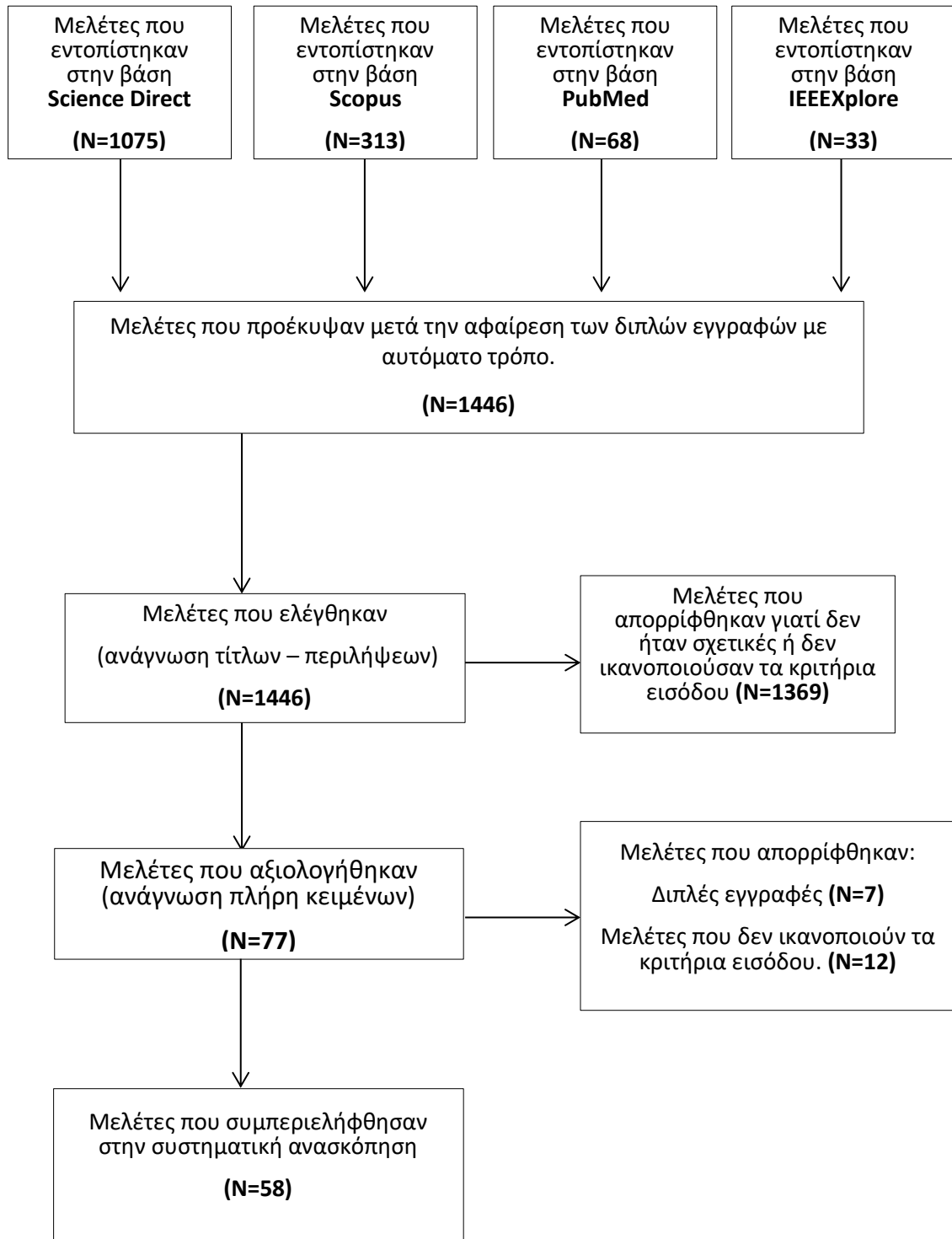
Όσον αφορά το χρονολογικό όριο αναζήτησης δεν τέθηκε κάποια συγκεκριμένη χρονολογία μέχρι την οποία θα έπρεπε να είχαν δημοσιευτεί οι έρευνες, καθώς το ζήτημα της χρήσης ΨΕΠ για τη βελτίωση των γνωστικών ικανοτήτων και το ενδιαφέρον για την μελέτη και καταγραφή του τρόπου με τον οποίο αυτές επηρεάζονται κατά την χρήση ΨΕΠ με χρήση αντικειμενικών μεθόδων αποτελεί ένα, ούτως ή άλλως, σύγχρονο ερευνητικό πεδίο. Ως προς τη γλώσσα, τα άρθρα που ενδεχομένως μπορεί να ήταν γραμμένα σε άλλη γλώσσα εκτός της Αγγλικής δεν θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν στην παρούσα μελέτη για πρακτικούς λόγους, ωστόσο ο περιορισμός αυτός δεν επηρέασε το τελικό αποτέλεσμα καθώς οι μελέτες που επιλέχθηκαν για περαιτέρω διερεύνηση μετά την ανάγνωση των τίτλων και περιλήψεων ήταν στο σύνολο τους γραμμένες στην Αγγλική γλώσσα.

Στο πρώτο στάδιο επιλογής μελετών από τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής αναζήτησης, έγινε έλεγχος σε επίπεδο τίτλου και περίληψης, προκειμένου να αξιολογηθεί κατά πόσο το περιεχόμενο τους σχετίζεται με τα

ερευνητικά ερωτήματα. Σε αυτό το στάδιο επιλέχθηκαν και μελέτες που δεν έκαναν αναφορά σε συγκεκριμένη γνωστική λειτουργία, αλλά ανέφεραν γενικότερους όρους όπως «μάθηση», «επιστημονική γνώση», «ικανότητα εκμάθησης», «απόδοση». Σε δεύτερο επίπεδο έγινε πιο προσεκτική μελέτη των πλήρη κειμένων, και με βάση τα παραπάνω κριτήρια επιλογής και αποκλεισμού τελικά επιλέχθηκαν 58 μελέτες ως σχετικές με τον σκοπό της παρούσας συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Στο παρακάτω διάγραμμα ροής αποτυπώνεται η επιλογή και ο αριθμός των αποτελεσμάτων της βιβλιογραφικής αναζήτησης.





Εικόνα 2 Διάγραμμα ροής που απεικονίζει την επιλογή των μελετών για τη συστηματική ανασκόπηση.

## 2.6 Εξαγωγή δεδομένων

Για την εξαγωγή των δεδομένων δημιουργήθηκε μια φόρμα συλλογής δεδομένων στο Excel, η οποία αποτελείται από πέντε (5) κατηγορίες, οι οποίες περιγράφονται ακολούθως (Παράρτημα πινάκων: Πίνακας 2) :

1. χαρακτηριστικά ταυτοποίησης της μελέτης (συγγραφέας, τίτλος και χρονολογία δημοσίευσης).
2. βάση δεδομένων στην οποία βρέθηκε η μελέτη.
3. μέθοδος καταγραφής των γνωστικών λειτουργιών που χρησιμοποιεί η κάθε έρευνα
4. γνωστική λειτουργία που καταγράφεται.
5. αριθμός των συμμετεχόντων.

Τέλος προκειμένου να απαντηθεί το τρίτο ερευνητικό ερώτημα της εργασίας που αφορά τις έρευνες που χρησιμοποίησαν το ΗΕΓ δημιουργήθηκε μια ακόμη φόρμα συλλογής δεδομένων με τρεις κατηγορίες: Γνωστική λειτουργία, Εγκεφαλογράφος και Θέσεις τοποθέτησης των Ηλεκτροδίων.

## 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η κατηγοριοποίηση των μελετών έγινε με βάση τις μεθόδους καταγραφής που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των γνωστικών λειτουργιών. Για κάθε μία μελέτη καταγράφηκαν: (1) η γνωστική λειτουργία που μελετάται, (2) ο τρόπος με τον οποίο έγινε η μέτρηση και (3) ο αριθμός και τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Από τις 58 έρευνες, οι τρεις (3) χρησιμοποίησαν μεθόδους καταγραφής που σχετίζονται με δεδομένα που προέρχονται αποκλειστικά από την καρδιά, οι είκοσι τέσσερις (24) με εγκεφαλικές μετρήσεις, είκοσι δύο (22) έρευνες εντοπίστηκαν οι οποίες βασίστηκαν σε οφθαλμικές μετρήσεις, δύο (2) έρευνες χρησιμοποίησαν δεδομένα από τη μέτρηση της αναπνοής και τέλος, επτά (7) έρευνες συνδύαζαν περισσότερες από μία μεθόδους φυσιολογικής μέτρησης. Τα αποτελέσματα κάθε κατηγορίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1 Αριθμός μελετών για το κάθε είδος μετρήσεων**

<b>Μέθοδος καταγραφής</b>	<b>Αριθμός μελετών</b>	<b>Ποσοστό (%)</b>
Καρδιοαγγειακές μετρήσεις	3	5,2
Εγκεφαλικές μετρήσεις	24	41,3
Οφθαλμικές μετρήσεις	22	37,9
Μετρήσεις αναπνοής	2	3,4
Συνδυασμός μεθόδων φυσιολογικών μετρήσεων	7	12

Οι γνωστικές διεργασίες που εντοπίστηκαν να μελετώνται στις επιλεγμένες έρευνες είναι οι εξής: προσοχή, οπτική προσοχή, επιλεκτική προσοχή, οπτικοχωρική προσοχή, παρατεταμένη προσοχή, μνήμη, μνήμη εργασίας, οπτική μνήμη εργασίας, οπτικοχωρική μνήμη εργασίας, επεισοδιακή μνήμη, πνευματικός φόρτος, πνευματικός φόρτος εργασίας και γνωστικός φόρτος.

### **3.1 Καρδιοαγγειακές μετρήσεις**

Από τις 58 μελέτες που επιλέχτηκαν, οι τρεις (3) χρησιμοποιούν ως μέθοδο καταγραφής των γνωστικών λειτουργιών αποκλειστικά μεθόδους που σχετίζονται με καρδιοαγγειακές μετρήσεις. Οι γνωστικές λειτουργίες που μετρήθηκαν σε αυτές τις μελέτες αφορούν στο πνευματικό φόρτο εργασίας, στη μνήμη και στην προσοχή.

Αναλυτικότερα, η έρευνα των Sousa et al. (2022) αποτελεί μία πειραματική μελέτη που σχετίζεται με τη μνήμη. Σε αυτήν συμμετείχαν 29 άτομα ηλικίας από 20 έως 29 ετών, τυπικής ανάπτυξης, χωρίς κάποιο καρδιακό πρόβλημα και με χαμηλά επίπεδα σωματικής άσκησης. Επίσης, για όλους ήταν η πρώτη φορά που θα έπαιζαν το συγκεκριμένο διαδραστικό παιχνίδι προσομοίωσης φυσικής άσκησης. Οι συμμετέχοντες βρέθηκαν σε τρεις καταστάσεις διάρκειας 20 λεπτών η κάθε μία. Στην πρώτη έπαιζαν ένα παιχνίδι διαβαθμισμένης δυσκολίας στο οποίο συμμετείχε όλο το σώμα, στη δεύτερη συμμετείχαν μόνο τα δάχτυλα ενώ στη τρίτη εκδοχή του πειράματος έπρεπε να κάθονται ήσυχα και απλώς να παρατηρούν. Σε όλα τα στάδια

του πειράματος ήταν συνδεδεμένοι με έναν μετρητή καρδιακού ρυθμού και έναν μετρητή επιτάχυνσης, ο οποίος ήταν τοποθετημένος στον γοφό τους έτσι, ώστε να συσχετιστούν τα δεδομένα των καρδιακών μετρήσεων και της έντασης της φυσικής άσκησης. Μετά από κάθε φάση του πειράματος, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να περάσουν από μια 15λεπτη δοκιμασία μνήμης, κατά την οποία έπρεπε να θυμηθούν για κάποια από τα αντικείμενα που συνάντησαν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού αν τα είδαν σε εσωτερικό ή σε εξωτερικό χώρο ή αν δεν τα είχαν συναντήσει καθόλου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο παιχνίδι που συμμετείχε όλο το σώμα έναντι των δύο καθιστικών εκδοχών του παιχνιδιού είχαν καλύτερα αποτελέσματα στη μνήμη. Ταυτόχρονα συμπληρώθηκε και ένα ερωτηματολόγιο με κλίμακα Likert, για να αξιολογηθεί η ψυχολογική (ενθουσιασμός κλπ) και σωματική (αίσθηση ζάλης) επίδραση του παιχνιδιού, προκειμένου να αποκλειστεί το ενδεχόμενο αυτές οι παράμετροι να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν χαμηλά επίπεδα σωματικής ή ψυχολογικής αναστάτωσης.

Στη συγκριτική μελέτη των Liu et al. (2019) εξετάστηκε η επίδραση ενός παιχνιδιού δράσης στη μνήμη σε σχέση με την ακρόαση μουσικής κατά τη διάρκεια των διαλειμάτων μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας. 24 γερμανοί φοιτητές και φοιτήτριες, δεξιόχειρες στο σύνολό τους και χωρίς ψυχιατρικά ζητήματα, υποβλήθηκαν στο εξής πείραμα. Κατά τη διάρκεια των διαλειμάτων από την εκτέλεση του έργου που τους είχε αναταθεί τους ζητήθηκε στην πρώτη συνάντηση να ξεκουράζονται έχοντας τα μάτια τους ανοιχτά, στη δεύτερη να ξεκουράζονται ακούγοντας μουσική και στην τρίτη παίζοντας ένα βιντεοπαιχνίδι δράσης. Κατά τη διάρκεια του έργου που τους είχε ανατεθεί έπρεπε να εκτελούν διάφορα τεστ μνήμης. Το διάλειμμα ήταν διάρκειας 8,5 λεπτών. Η επιλογή της μουσικής ήταν μια σονάτα του Μότσαρτ και η επιλογή του παιχνιδιού βασίστηκε σε προηγούμενες έρευνες οι οποίες είχαν δείξει ότι το συγκεκριμένο παιχνίδι δράσης απαιτεί γρήγορες αποφάσεις και γρήγορα αντανακλαστικά. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε παλμικό οξύμετρο. Οι συμμετέχοντες, μετά από κάθε διάλειμμα, δήλωναν πόσο ξεκούραστοι ένιωθαν και μετά από κάθε «μάθημα» δήλωναν τον βαθμό δυσκολίας του. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μουσική ακρόαση είχε καλύτερα αποτελέσματα αναφορικά με τη λειτουργία της μνήμης εργασίας σε σχέση με το βιντεοπαιχνίδι. Τέλος, για να διερευνηθεί εάν η επίδραση της δραστηριότητας που εκτελούσαν οι συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια των διαλειμάτων στην απόδοση της εργασίας διαμορφώνεται και

από το επίπεδο φυσιολογικής διέγερσης ή χαλάρωσης των συμμετεχόντων, οι αλλαγές του καρδιακού ρυθμού κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και το επίπεδο χαλάρωσης που αναφέρθηκε από τους ίδιους τους φοιτητές συμπεριλήφθηκαν ως ξεχωριστές μεταβλητές στο μοντέλο καλύτερης προσαρμογής.

Τέλος, στην έρευνα των Cowley et al. (2013) 45 άνθρωποι επιλέχθηκαν τυχαία, για να συμμετάσχουν σε μία πειραματική μελέτη προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση ενός σοβαρού παιχνιδιού στην μάθηση. Αφού τοποθετήθηκαν στο σώμα τους οι ανάλογες συσκευές καταγραφής καρδιακού ρυθμού και ηλεκτρομυογραφίας, έπαιζαν ένα παιχνίδι στρατηγικής στο οποίο έπρεπε να διαμεσολαβήσουν για τη λήξη των εχθροπραξιών μεταξύ Παλαιστίνιων και Ισραηλινών. Πριν το παιχνίδι συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τις γνώσεις τους επάνω στο ζήτημα. Ακολούθησε μία συνεδρία περίπου 50' κατά τη διάρκεια της οποίας οι συμμετέχοντες έπαιζαν το παιχνίδι στρατηγικής και έπειτα συμπλήρωσαν εκ νέου το ίδιο ερωτηματολόγιο. Η μέθοδος της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθεί ο πνευματικός φόρτος εργασίας κατά την ενασχόληση με το παιχνίδι, καθώς έχει φανεί ότι υψηλά επίπεδα νοητικού φόρτου εργασίας αντανακλούν σε μειωμένη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου τη δεύτερη φορά έγινε πολύ πιο γρήγορα.

### **3.2 Εγκεφαλικές μετρήσεις**

Αντίστοιχα, 24 από τις 58 μελέτες χρησιμοποίησαν αποκλειστικά ως μέθοδο καταγραφής εγκεφαλικές μετρήσεις. Σε δύο από αυτές χρησιμοποιείται η μέθοδος της λειτουργικής φασματοσκοπίας εγγύς υπέρυθρου. Οι γνωστικές λειτουργίες που καταγράφηκαν μέσω των εγκεφαλικών μετρήσεων αφορούν στην προσοχή, στην οπτική προσοχή, στην επιλεκτική προσοχή, στην οπτικοχωρική προσοχή, στην μνήμη, στην οπτική εργαζόμενη μνήμη, στην οπτικοχωρική εργαζόμενη μνήμη, στην επεισοδιακή μνήμη και στον πνευματικό και γνωστικό φόρτο.

Πιο συγκεκριμένα, οι Alchalabi et al. (2017) κατέγραψαν μέσω συσκευής ηλεκτροεγκεφαλογράφου τα επίπεδα προσοχής κατά τη διάρκεια χρήσης ενός σοβαρού παιχνιδιού που στόχο έχει την διάγνωση ατόμων με ΔΕΠΥ. Η μελέτη βασίστηκε στην ταξινόμηση των ΗΕΓ σημάτων των παικτών σε διαφορετικές

περιοχές συχνοτήτων (τις α, θ, χαμηλή β, υψηλή β, γ, γ/υψηλή β, γ/θ, α/θ, θ/χαμηλή β, θ/υψηλή β) και στην σύγκριση των επιπέδων προσοχής όταν στην μια περίπτωση ο έλεγχος γίνεται μέσω πληκτρολογίου ενώ στην άλλη μέσω εγκεφάλου, αξιοποιώντας την τεχνολογία της νευροανάδρασης. Οι παίκτες μπορούσαν να ελέγξουν την εξέλιξη του παιχνιδιού είτε μέσω πληκτρολογίου είτε μέσω ενός λογισμικού που επιτρέπει κάτι τέτοιο μέσω της συσκευής του εγκεφαλογράφου. Τα αποτελέσματα αυτών των προκαταρκτικών πειραμάτων σε υγιή άτομα έδειξαν ακρίβεια έως και 96% στην ταξινόμηση των ΗΕΓ δεδομένων στη σωστή κατάσταση προσοχής κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και επιβεβαίωσαν τη σημασία της αναλογίας των ρυθμών θήτα/βήτα ως δείκτη της προσοχής.

Σε συμπληρωματική έρευνά τους την επόμενη χρονιά, οι ερευνητές διεξήγαγαν την ίδια έρευνα αλλά αυτή τη φορά το δείγμα ήταν 4 άτομα διαγνωσμένα με ΔΕΠΥ. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν αυτά της προηγούμενης τους έρευνας και μάλιστα το ποσοστό ακρίβειας της ταξινόμησης των ΗΕΓ δεδομένων ανέβηκε στο 98%. Αναφορικά με τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης μελέτης πρέπει να σημειωθεί ότι όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν οδηγίες σχετικά με το πώς παίζεται το παιχνίδι είτε με την εκδοχή ελέγχου μέσω πληκτρολογίου είτε μέσω του εγκεφαλογράφου. Αρχικά οι συμμετέχοντες έπαιζαν ένα διαφορετικό παιχνίδι έτσι, ώστε να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα της μέτρησης λόγω της εξοικείωσής τους με το παιχνίδι. Σε αυτό το σημείο, βέβαια, πρέπει να αναφερθεί ότι δεν περιγράφονται οι συνθήκες διεξαγωγής του πειράματος σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, επομένως δεν μπορούμε να διατυπώσουμε αξιολογική κρίση σε σχέση με την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Χρησιμοποιώντας την ίδια βάση δεδομένων των προηγούμενων ερευνητών οι Dawi et al. (2021) διερευνώντας την προσοχή και τη μνήμη, σύγκριναν τις αλλαγές στην πολυπλοκότητα των ηλεκτροεγκεφαλικών σημάτων ατόμων με διάσπαση προσοχής και ατόμων χωρίς. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα χαμηλά επίπεδα μνήμης και προσοχής ατόμων με ΔΕΠΥ αποτυπώνονται με αντίστοιχα χαμηλής πολυπλοκότητας και μνήμης εγκεφαλικά σήματα.

Στην ίδια λογική κινείται και η έρευνα των Khong et al. (2014), οι οποίοι εξετάζουν τα επίπεδα προσοχής συλλέγοντας στοιχεία μέσω ηλεκτροεγκεφαλογράφου. Τρεις

μαθητές έπαιξαν ένα διαδραστικό ΨΕΠ ενόσω είχαν τέσσερεις αισθητήρες μέτρησης προσαρμοσμένους σε διαφορετικά σημεία του κεφαλιού τους. Το ΨΕΠ ήταν ένα παιχνίδι δράσης, κατά τη διάρκεια του οποίου έπρεπε να σκοτώνει κανείς περισσότερους εχθρούς από ό, τι οι συμπαίκτες του. Οι συμμετέχοντες έπαιξαν δύο φορές το παιχνίδι, μία με τη χρήση πληκτρολογίου και μία με τη χρήση λογισμικού εγκεφαλικού ελέγχου του παιχνιδιού. Και σε αυτήν τη μελέτη, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του πληκτρολογίου είχε χειρότερα αποτελέσματα από τη χρήση του λογισμικού εγκεφαλικού ελέγχου του παιχνιδιού. Το πείραμα διεξήχθη σε τρία άτομα σε περιβάλλον ησυχίας. Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε πρότερη εμπειρία από αντίστοιχο παιχνίδι. Η συγκεκριμένη πειραματική μελέτη είχε αρκετά άβολες συνθήκες για τους συμμετέχοντες, καθώς οι τελευταίοι έπρεπε να κρατούν κατά το δυνατόν ακίνητα τα μάτια και τους μυς τους.

Στην πειραματική μελέτη των Thomas et al. (2013) οι πέντε συμμετέχοντες έπαιξαν επίσης ένα διαδραστικό ΨΕΠ νευροανάδρασης, όπου οι παίκτες έπρεπε να χρησιμοποιήσουν την προσοχή τους για να ελέγξουν το παιχνίδι. Κατά την προετοιμασία οι παίκτες μπορούσαν να κοιτούν σε όποιο σημείο της οθόνης επιθυμούσαν, στη συνέχεια συγκέντρωναν την προσοχή τους σε συγκεκριμένα αντικείμενα της οθόνης και τέλος αφήνονταν σε απόλυτη χαλάρωση, κοιτώντας όπου ήθελαν και εκτός οθόνης. Δέκα ηλεκτρόδια μέτρησης της εγκεφαλικής δραστηριότητας ήταν τοποθετημένοι στο κρανίο τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο προχωρούσε το παιχνίδι τόσο αυξανόταν και η προσοχή. Η διεξαγωγή του πειράματος έγινε εξ ολοκλήρου σε ένα ήσυχο δωμάτιο και δεν υπήρχε τίποτα που θα μπορούσε να αποσπάσει την προσοχή των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια του πειράματος. Οι συμμετέχοντες ήταν πέντε υγιή άτομα, όπου κατά την διάρκεια των μετρήσεων ήταν καθισμένα σε μία πολυθρόνα σε απόσταση περίπου 60 εκατοστών από την οθόνη.

Οι Pliadou et al. (2021) χρησιμοποίησαν ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας με στόχο να μελετήσουν τη μνήμη σε ενήλικες που πάσχουν από άνοια. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε εγκεφαλογράφος με δύο ηλεκτρόδια, τα οποία τοποθετήθηκαν το ένα στο κρανίο και το άλλο στον αριστερό λοβό, ο οποίος κατέγραφε τις εγκεφαλικές λειτουργίες κατά τη διάρκεια μιας εικονικής επίσκεψης σε σούπερ μάρκετ. Οι μετρήσεις ήταν διάρκειας από 30 έως 45 λεπτών. Η πειραματική

μελέτη έλαβε χώρα πρωινές ώρες σε ένα ήσυχο δωμάτιο. Οι συμμετέχοντες ήταν καθισμένοι σε μία αναπαυτική πολυθρόνα σε απόσταση περίπου 30 εκατοστών από την οθόνη.

Στοχεύοντας να διερευνήσουν ακριβώς την ίδια γνωστική λειτουργία, δηλαδή τη μνήμη, στον ίδιο πληθυσμό, δηλαδή σε ηλικιωμένους ανθρώπους με άνοια, οι Israsena et al. (2021) εντόπισαν σημαντική βελτίωση της οπτικής μνήμης στην πειραματική ομάδα μετά τη χρήση κατάλληλα σχεδιασμένου ΨΕΠ.

Στην έρευνα των Jakubowska et al. (2021) οι συμμετέχοντες ήταν πλήρως υγιείς και χωρίς εμπειρία από ανάλογο ΨΕΠ στρατηγικής. Η πειραματική μελέτη αποτελούνταν από τρία στάδια, μέτρησης της οπτικής μνήμης εργασίας, πριν το παιχνίδι, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (μόνο για την πειραματική ομάδα) και μετά το παιχνίδι. Το πείραμα ήταν διάρκειας 4 εβδομάδων, κατά τη διάρκεια του οποίου οι συμμετέχοντες έπρεπε να εκτελούν, παράλληλα με τη ροή του παιχνιδιού δράσης, και κάποια επιπλέον καθήκοντα που σχετίζονται με τη μνήμη. Οι συμμετέχοντες καθόντουσαν σε απόσταση 60cm από την οθόνη του υπολογιστή και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος φορούσαν ειδικό σκούφο ηλεκτροεγκεφαλογραφίας 64 καναλιών που κατέγραφε την εγκεφαλική τους δραστηριότητα. Πριν την έναρξη του πειράματος θεωρήθηκε σκόπιμο να πληροφορηθούν όλοι οι συμμετέχοντες για ζητήματα σχετικά με τον τρόπο καταγραφής των εγκεφαλικών σημάτων και από ποιες λειτουργίες επηρεάζονται αυτά έτσι, ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατόν ο αριθμός των εγκεφαλικών σημάτων που θα παρήγαγαν οι συμμετέχοντες εξαιτίας του ανοιγοκλεισίματος των ματιών τους ή της μυϊκής τους δραστηριότητας.

Την ίδια χρονιά κάποιοι από αυτούς τους ερευνητές μαζί με άλλους, Jakubowska et al. (2021) διεξήγαγαν πάλι μια ΗΕΓ έρευνα μελετώντας τα προκλητά δυναμικά 43 συμμετεχόντων που έπαιζαν ένα ΨΕΠ στρατηγικής προκειμένου να βγάλουν συμπεράσματα σχετικά με τα επίπεδα οπτικής προσοχής. Οι μετρήσεις έγιναν σε τρία στάδια, πριν το παιχνίδι, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και μετά από αυτό. Χρησιμοποιήθηκε εγκεφαλογράφος 64 καναλιών.

Στην ανάλυσή τους οι Turoman et al. (2021) χρησιμοποίησαν επίσης την μέθοδο του ΗΕΓ, προκειμένου να μετρήσουν τα επίπεδα προσοχής μεταξύ ενηλίκων και παιδιών.



Παίζοντας ένα ψηφιακό κυνήγι θησαυρού με διάφορα οπτικά και ακουστικά στοιχεία που αποσπούσαν την προσοχή, οι συμμετέχοντες φορούσαν ένα σκούφο με αισθητήρες μέτρησης της εγκεφαλικής τους δραστηριότητας. Οι μετρήσεις των ενηλίκων και οι μετρήσεις των παιδιών πέρασαν από αξιολόγηση με διαφορετικό πρωτόκολλο, καθώς το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκονταν οι ενήλικες με αυτό των παιδιών ήταν διαφορετικό. Το πείραμα έγινε σε ένα δωμάτιο με χαμηλό φωτισμό και οι συμμετέχοντες είχαν απόσταση περίπου 90 εκατοστών από την οθόνη.

Οι ερευνητές Hazarika & Dasgupta μαζί με τους Kant & Laskat (2020 & 2019) μέτρησαν τα επίπεδα οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας με την μέθοδο του ΗΕΓ κατά την διάρκεια ενασχόλησης με παιχνίδι μνήμης διαβαθμισμένης δυσκολίας. Οι συμμετέχοντες ήταν 35 άρρενες φοιτητές μηχανολογίας, χωρίς κάποιο νευρολογικό πρόβλημα, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με το αν είχαν πρότερη εμπειρία με παιχνίδια δράσης ή όχι. Τα ηλεκτροεγκεφαλικά δεδομένα συλλέχτηκαν μέσω ασύρματου ηλεκτροεγκεφαλογράφου 32 καναλιών με ηλεκτρόδια νερού από την μετωπιαία, την πλευρική και την ινιακή περιοχή του εγκεφάλου.

Στις έρευνες τους οι Mercier et al. (July, December 2020) ενέπλεξαν 74 προπτυχιακούς φοιτητές χωρίς πρότερες γνώσεις φυσικής, προκειμένου να μετρήσουν τα επίπεδα γνωστικού φόρτου γνωστικής εμπλοκής και προσοχής κατά τη διάρκεια ενός εκπαιδευτικού ΨΕΠ με θέμα τη Νευτώνεια φυσική. Οι συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν ανά δυάδες μπροστά στις οθόνες τους και ο ένας έπαιζε το παιχνίδι ενώ ο άλλος κοιτούσε απλά την οθόνη, παρακολουθώντας το παιχνίδι και την εξέλιξή του. Ηλεκτροεγκεφαλογράφοι 64 καναλιών μετρούσαν ταυτόχρονα την εγκεφαλική τους δραστηριότητα. Προκειμένου να φιλτραριστούν τα αποτελέσματα σε σχέση με τα εγκεφαλικά σήματα που παρήχθησαν λόγω της κίνησης των ματιών, έγινε μια ανεξάρτητη ανάλυση στοιχείων.

Οι ερευνητές Cowley και Ravaja (2014) ως συνέχεια της έρευνας τους (2013) μελέτησαν τα επίπεδα προσοχής των 45 παικτών του σοβαρού ΨΕΠ που αφορά τα αίτια σύγκρουσης μεταξύ Ισραήλ και Παλαιστίνης που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα μέσω του ΗΕΓ. Οι μετρήσεις συλλέχθηκαν από 6 ηλεκτρόδια που τοποθετήθηκαν στον μετωπικό και βρεγματικό λοβό. Τα αποτελέσματα έδειξαν

ότι καθώς η ισχύς του ρυθμού δ έτεινε να αυξάνεται, που είναι ένας πιθανός δείκτης μειωμένης προσοχής, οι μαθησιακές επιδόσεις μειώνονταν.

Σε προηγούμενη εργασία τους το 2016 οι Mondéjar et al. είχαν συνδέσει την εγκεφαλική δραστηριότητα με τη γνωστική λειτουργία της προσοχής και της μνήμης. Αξιοποιώντας τα ευρήματα από αυτήν τη μελέτη δημιούργησαν ένα ΨΕΠ, προκειμένου να ενισχύσουν αυτές τις δύο λειτουργίες. Στην μελέτη τους που εξετάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης (2019) οι ίδιοι ερευνητές έλεγξαν την αποτελεσματικότητα αυτού του εκπαιδευτικού ΨΕΠ. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες φόρεσαν ένα σετ εγκεφαλογράφου αποτελούμενου από 8 ηλεκτρόδια για τον μετωπιαίο λοβό, δύο πλευρικά και δύο ινιακά. Κατά τη διεξαγωγή της μελέτης υπήρξε μέριμνα, ώστε οι συμμετέχοντες να νιώθουν άνετα ενώ ταυτόχρονα εξηγήθηκε προκαταβολικά η λειτουργία ενός εγκεφαλογράφου.

Το ΗΕΓ χρησιμοποιήθηκε και από τους Gupta et al. (2016), οι οποίοι θέλησαν να μελετήσουν το αν υπάρχουν διακριτά χαρακτηριστικά των παικτών που επηρεάζουν την απόδοση τους σε μια παιγνιοποιημένη προσομοίωση (gamified simulation) της διαδικασίας της βρογχοσκόπησης. Προκειμένου να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά της απόδοσης, οι συμμετέχοντες με υψηλή απόδοση διαχωρίστηκαν από τους συμμετέχοντες με χαμηλή απόδοση και η φασματική ανάλυση έδειξε διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ως προς την οπτικοχωρική προσοχή, τον πνευματικό φόρτο και την εργαζόμενη και επεισοδιακή μνήμη. Οι 15 συμμετέχοντες στην έρευνα φορούσαν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού μία ασύρματη συσκευή καταγραφής της εγκεφαλικής δραστηριότητας με δεκατέσσερα κανάλια καταγραφής που συνέλεξαν σήματα από τον μετωπιαίο, τους πλευρικούς και τους ινιακούς λοβούς.

Οι Maclin et al. (2011) επίσης με την μέθοδο του ΗΕΓ μελέτησαν τα επίπεδα προσοχής κατά την διάρκεια ενασχόλησης με ένα παιχνίδι φαντασίας. Και οι 37 συμμετέχοντες είχαν μέτρια επίπεδα εμπλοκής με βιντεοπαιχνίδια, ήταν υγιείς και με αρκετά καλή όραση. Οι εγκεφαλικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πριν, μετά και κατά την ενασχόληση με το παιχνίδι. Κατά την διάρκεια αλληλεπίδρασης με το παιχνίδι οι συμμετέχοντες ταυτόχρονα έπρεπε να εκτελέσουν και ένα δευτερεύον ακουστικό “oddball task” δηλαδή εν μέσω διαδοχής ηχητικών ερεθισμάτων έπρεπε να μετρήσουν σιωπηλά τους διαφορετικούς-υψηλούς τόνους που ακούστηκαν και να

αναφέρουν το σύνολο τους στο τέλος του παιχνιδιού'. Η συλλογή των ηλεκτροεγκεφαλικών δεδομένων έγινε σε ένα ηχομονωμένο δωμάτιο με τη χρήση ενός εύκαμπτου σκούφου μέτρησης της εγκεφαλικής δραστηριότητας 64 καναλιών. Για τη διόρθωση των αποτελεσμάτων σε σχέση με την καταγραφή εγκεφαλικής δραστηριότητας που προήλθε από την κίνηση των ματιών χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος ήδη δοκιμασμένος σε προηγούμενες έρευνες από τους Gratton et al. (1983). Μετά τη συγκεκριμένη διόρθωση των δεδομένων ακολούθησε και η απόρριψη των δεδομένων που προήλθαν από ηλεκτρόδια με επίπεδο θορύβου άνω των 500  $\mu\text{V}$ .

Οι Antoniou et al. (2020) συνδύασαν στη μελέτη τους τρεις μεθόδους καταγραφής, τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού, το ΗΕΓ και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος. Ωστόσο μόνο οι ηλεκτροεγκεφαλικές μετρήσεις αφορούσαν μέτρηση γνωστικών διεργασιών, ενώ οι υπόλοιπες δυο χρησιμοποιήθηκαν για συμπεράσματα που έχουν να κάνουν με το συναίσθημα. Έντεκα (11) υγιείς συμμετέχοντες, όλοι με γνώσεις ιατρικής, έπαιξαν ένα σοβαρό παιχνίδι ιατρικής στο οποίο στην μία περίπτωση ο ασθενής ήταν εικονικής πραγματικότητας ενώ στην άλλη ο ασθενής ήταν μικτής πραγματικότητας. Οι ηλεκτροεγκεφαλικές μετρήσεις έδωσαν στοιχεία για τις γνωστικές διεργασίες της προσοχής, της εργαζόμενης μνήμης και της επεισοδιακής μνήμης. Και στα δύο σενάρια γινόταν μέτρηση της εγκεφαλικής τους δραστηριότητας μέσω εγκεφαλογράφου 2 καναλιών. Το πρωτοποριακό στοιχείο της μελέτης συνίσταται στο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε, καθώς μια φορητή σειρά αισθητήρων για όλες τις προαναφερθείσες μετρήσεις έδινε ταυτόχρονα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και για τα τρία σημεία μέτρησης.

Στην έρευνα των Ryu et al. (2021) συμμετείχαν 45 έφηβα αγόρια εξοικειωμένα με τη χρήση βιντεοπαιχνιδιών. Στόχος της μελέτης ήταν να διερευνηθούν τα επίπεδα προσοχής κατά τη διάρκεια ενός διαδραστικού παιχνιδιού στο οποίο υπήρχε συχνή εναλλαγή καθηκόντων. Στην μελέτη αυτή εξετάστηκαν οι διαφορές στην ακρίβεια απόκρισης, τις γρήγορες απαντήσεις και τα προκλητά δυναμικά (ERP) χρηστών παιχνιδιών διαδικτύου με διαφορετικά επίπεδα εθισμού κατά την εκτέλεση εναλλαγής εργασιών. Για τις εγκεφαλικές μετρήσεις τοποθετήθηκε στο κεφάλι των συμμετεχόντων ένα εύκαμπο σκουφί από το οποίο πάρθηκαν μετρήσεις από 7

σημεία του κεφαλιού. Πριν τη διεξαγωγή της μελέτης δόθηκε οδηγία στους συμμετέχοντες να περιορίσουν στο ελάχιστο δυνατό τη σωματική κίνηση, την οφθαλμική δραστηριότητα και την κατάποση σάλιου.

Η πιο παλιά χρονολογικά έρευνα που εντοπίστηκε να χρησιμοποιεί την μέθοδο της ΗΕΓ ήταν αυτή των Smith et al. (1999) οι οποίοι κατέγραψαν τις γνωστικές διεργασίες της μνήμης και της προσοχής κατά την ενασχόληση με δύο ΨΕΠ. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και στην κάθε ομάδα δόθηκε διαφορετικό καθήκον. Η πρώτη ομάδα έπαιξε ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι που διαρθρώνεται σε πίστες, κατά το οποίο έπρεπε να ανακαλούν στη μνήμη τους διάφορα αντικείμενα που είχαν εμφανιστεί πριν από 3 πίστες μέσα σε διάστημα 4, 5 δευτερολέπτων. Η δεύτερη ομάδα έπαιξε ένα παιχνίδι φαντασίας (το ίδιο με την έρευνα των MacLin, et al, 2011) κατά το οποίο έπρεπε να έχουν συγκεντρωμένη την προσοχή τους, προκειμένου να αποφεύγουν τους εχθρούς. Και στις δύο ομάδες τοποθετήθηκαν ηλεκτρόδια σε 27 θέσεις του τριχωτού της κεφαλής, στην μετωπιαία, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Κατά τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων έγινε αυτόματη διόρθωση σε ό, τι αφορά την εγκεφαλική δραστηριότητα που καταγράφηκε λόγω της κίνησης των ματιών.

Τέλος, οι Lamb et al. (2018) και οι Knols et al. (2017) χρησιμοποίησαν την μέθοδο της λειτουργικής φασματοσκοπίας εγγύς υπέρυθρου.

Πιο συγκεκριμένα οι Lamp et al. (2018) διεξήγαγαν μια μελέτη παρατήρησης με τη μέθοδο της λειτουργικής φασματοσκοπίας στόχος της οποίας ήταν να διερευνηθούν τα επίπεδα προσοχής και μνήμης. Στη μελέτη συμμετείχαν 100 υγιείς δεξιόχειρες φοιτητές και φοιτήτριες οι οποίοι χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες. Η πρώτη ομάδα διδάχτηκε ζητήματα που αφορούν το DNA μέσω ενός ΨΕΠ, η δεύτερη στο εργαστήριο, η τρίτη μέσω βίντεο διάλεξης και η τέταρτη μέσω εικονικής πραγματικότητας. Στο επίκεντρο των μετρήσεων τέθηκε η αιμοδυναμική απόκριση, δηλαδή η γρήγορη μεταφορά αίματος στον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης γνωστικών λειτουργιών. Οι μετρήσεις χωρίστηκαν σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση η οποία κράτησε 10 λεπτά με στόχο τη διασφάλιση μιας σταθερής βασικής μέτρησης, την κύρια φάση διάρκειας 25 λεπτών από την οποία προέκυψαν και τα δεδομένα της μέτρησης και τέλος την τρίτη φάση, επίσης διάρκειας 10 λεπτών, κατά την οποία

εξασφαλίστηκε ότι οι μετρήσεις επέστρεψαν στο αρχικό στάδιο. Κατά την πρώτη και τρίτη φάση, κανένα ερέθισμα δε δόθηκε στους συμμετέχοντες. Αντίθετα, τους ζητήθηκε να κάτσουν ήσυχα σε μια πολυθρόνα με τα μάτια τους κλειστά.

Οι Knols et al. (2017) θέλησαν να μετρήσουν τα επίπεδα επιλεκτικής προσοχής σε ηλικιωμένα άτομα μελετώντας τις αλλαγές στην δραστηριότητα του προμετωπιαίου φλοιού. Για αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της ΗΕΓ και της λειτουργικής φασματοσκοπίας εγγύς υπέρυθρου κατά τη διάρκεια διάδρασης με ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας. Στην έρευνα συμμετείχαν 15 υγιή άτομα από τα οποία στα 5 χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της λειτουργικής φασματοσκοπίας εγγύς υπέρυθρου και στα 10 το ΗΕΓ χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές συσκευές καταγραφής. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να οδηγούν εικονικά μία μηχανή και, κάθε φορά που παρουσιαζόταν ένα εμπόδιο στο δρόμο, έπρεπε με το πόδι τους να πατούν φρένο, σε ένα παιχνίδι διαβαθμισμένης δυσκολίας 18 επιπέδων. Η εγκεφαλική τους δραστηριότητα καταγραφόταν από δύο αισθητήρες τοποθετημένους αριστερά και δεξιά του προμετωπιαίου φλοιού.

### **3.3 Μετρήσεις ματιών**

Από τις 58 μελέτες της παρούσας επισκόπησης οι 22 χρησιμοποίησαν ως μέθοδο καταγραφής των γνωστικών λειτουργιών κάποια σχετιζόμενη με δεδομένα που εξάγονται από μετρήσεις που σχετίζονται με τα μάτια. Οι γνωστικές διεργασίες που μελετήθηκαν μέσω αυτών των μετρήσεων αφορούν στην προσοχή, στην μνήμη, στην εργαζόμενη μνήμη και στον γνωστικό φόρτο.

Οι Derick et al. (2020), χρησιμοποίησαν στη μελέτη τους αισθητήρες με υπέρυθρες ακτίνες, για να μετρήσουν τον αριθμό των βλεφαρισμών κατά τη διάρκεια ενός διαδραστικού ΨΕΠ δύο επιπέδων δυσκολίας. Στόχος τους ήταν να μελετήσουν τα επίπεδα γνωστικού φόρτου και, κατά συνέπεια την επίδραση που έχουν τα ΨΕΠ στη μνήμη εργασίας. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν με υπέρυθρες ακτίνες και μετρήθηκαν τόσο ο συνολικός αριθμός των βλεφαρισμών όσο και η συχνότητά

τους. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων λήφθηκαν υπόψη τα επίπεδα φωτισμού, η θερμοκρασία και οι περιορισμοί που είχε ο κάθε χρήστης ξεχωριστά.

Οι Ninaus et al. (2020) μέτρησαν τα επίπεδα προσοχής μέσω του χρόνου εστίασης του βλέμματος σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Στην πειραματική τους μελέτη συμμετείχαν 42 φοιτητές με υγιή όραση, οι οποίοι κλήθηκαν μια φορά να εκτελέσουν νοητικές αριθμητικές πράξεις στο πλαίσιο ενός παιχνιδιού και μια φορά εκτός αυτού του πλαισίου. Και στις δύο συνθήκες χρησιμοποιήθηκε μηχανήμα καταμέτρησης της διάρκειας σταθεροποίησης του ματιού σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Οι συμμετέχοντες ήταν καθισμένοι σε απόσταση 55 εκατοστών από το μόνιτορ καταγραφής ενώ χάρη στο εξελιγμένης τεχνολογίας μηχανήμα (Tobii 1750) ήταν δυνατή η φυσική κίνηση των ατόμων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, χωρίς να χρειάζεται να μένει ακίνητο το κεφάλι.

Την ίδια μέθοδο ακολούθησαν και οι Frutos-Pascual et al. (2015) προκειμένου να βγάλουν συμπεράσματα αναφορικά πάλι με τα επίπεδα προσοχής. Για τον σκοπό αυτό στρατολογήθηκαν με τυχαίο τρόπο 63 μαθητές, ηλικίας από 8 έως 12 ετών, με ζητήματα διάσπαση προσοχής. Τα παιδιά έπαιζαν ένα παιχνίδι γρίφων ενώ καθόταν μπροστά από έναν ανιχνευτή κίνησης των ματιών, η θέση του οποίου προσαρμοζόταν κάθε φορά ανάλογα με το ύψος του παιδιού. Πριν τη διαδικασία πραγματικής καταγραφής, έγινε για κάθε παιδί μια δοκιμαστική διενέργεια συμμετοχής στο παιχνίδι, προκειμένου να εξοικειωθεί με τη διαδικασία. Οι μαθητές μπορούσαν να κρατήσουν τα γυαλιά ή τους φακούς επαφής τους, καθώς ο καταγραφέας οφθαλμικής κίνησης που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί μια μη παρεμβατική συσκευή με απομακρυσμένη λειτουργία. Ο αισθητήρας είχε τοποθετηθεί κάτω από το μόνιτορ και τα ακουστικά είχαν στερεωθεί στην μπροστινή άκρη του γραφείου.

Πριν τη συγκεκριμένη μελέτη οι ίδιοι ερευνητές διεξήγαγαν μία πιλοτική μελέτη επάνω στο ίδιο ζήτημα Frutos-Pascual et al. (2015). Επέλεξαν με τυχαίο τρόπο 32 παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Τα παιδιά έπαιζαν ένα παιχνίδι παζλ, διαβαθμισμένης δυσκολίας τεσσάρων επιπέδων. Ένας ανιχνευτής κίνησης ματιών τοποθετήθηκε στο κάτω μέρος της οθόνης έτσι, ώστε να μην αποσπά την προσοχή των παιδιών. Στην

πιλοτική έρευνα οι συμμετέχοντες ήταν καθισμένοι μπροστά στο μόνιτορ καταγραφής ενόσω παρακολουθούσαν με το βλέμμα τους έναν στόχο να κινείται σε όλη την έκταση της οθόνης. Η καταγραφή ήταν διάρκειας 2 έως 5 λεπτών για κάθε συμμετέχοντα.

Με τη χρήση ενός παιχνιδιού φαντασίας ο Law, (2012) μελέτησε τα επίπεδα προσοχής σε 11 παιδιά ηλικίας από 10 έως 14 ετών. Στη μελέτη του χρησιμοποίησε ανιχνευτή κίνησης ματιών, προκειμένου να μετρήσει τη χρονική διάρκεια σταθεροποίησης του ματιού σε ένα συγκεκριμένο σημείο, μία φορά πριν την έναρξη του παιχνιδιού σε κατάσταση ξεκούρασης και μια φορά κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.

Στην έρευνά του οι Krebs et al. (2021) μελέτησαν μέσω της διάρκειας σταθεροποίησης του ματιού τη μνήμη και την προσοχή. Η μέθοδος καταγραφής των δεδομένων βασίστηκε στον αριθμό των φορών που σταθεροποιήθηκε το μάτι σε ένα συγκεκριμένο σημείο, στη διάρκεια που κρατούσε κάθε φορά η σταθεροποίηση, στην ανάλυση του σημείου αυτού και στην ένταση με την οποία σταθεροποιούταν το μάτι σε συγκεκριμένα σημεία. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 13 υγιή άτομα μεγαλύτερης ηλικίας από αυτήν ενός μεσήλικα και έπαιξαν ένα παιχνίδι γρίφων για 40 λεπτά. Σε αυτό το χρονικό διάστημα, ένας ανιχνευτής κίνησης που ήταν τοποθετημένος ακριβώς απέναντι από τους συμμετέχοντες στο ύψος των ματιών τους κατέγραφε τις κινήσεις και των δύο ματιών

Στην έρευνα των García-Baos et al. (2019) συμμετείχαν 28 παιδιά με ΔΕΠΥ Στόχος της έρευνας ήταν η μέτρηση των επιπέδων προσοχής κατά τη διάρκεια ενός διαδραστικού ψηφιακού παιχνιδιού. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, μια πειραματική και μια ομάδα ελέγχου. Η πειραματική ομάδα έπαιξε το παιχνίδι έχοντας τη δυνατότητα να κινεί του ήρωες με τα μάτια ενώ η δεύτερη έκανε το ίδιο με τη χρήση του ποντικιού. Και στις δύο ομάδες, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, γινόταν καταγραφή της δραστηριότητας των ματιών μέσω ενός ανιχνευτή που ήταν προσαρμοσμένος στην οθόνη του υπολογιστή.

Στην έρευνά τους οι Brand et al. (2021) χρησιμοποίησαν το βιντεοπαιχνίδι *tetris*, όπως και οι Denot-Ledunois, et al (1998), προκειμένου και αυτοί να μετρήσουν τα επίπεδα προσοχής αλλά αυτή τη φορά με τη μέθοδο του ανιχνευτή κίνησης ματιών. Συγκεκριμένα, κατέγραψαν τη διάρκεια της πρώτης φοράς που σταθεροποιήθηκε το μάτι σε ένα σημείο και την αθροιστική διάρκεια της σταθεροποίησης του ματιού. Στην έρευνα τους συμμετείχαν 96 υγιή αγόρια. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού παρεμβάλλονταν στην οθόνη διάφορα στοιχεία με στόχο να αποσπάσουν την προσοχή των παικτών. Οι ανιχνευτές ματιών που ήταν τοποθετημένοι στην οθόνη του κάθε υπολογιστή στο ύψος των ματιών των συμμετεχόντων κατέγραφαν τις κινήσεις των ματιών κατά τη διάρκεια της εμφάνισης των στοιχείων απόσπασης της προσοχής. Η οθόνη του υπολογιστή χωρίστηκε σε 2 μέρη. Στο αριστερό εμφανίζονταν μπλε και κίτρινες κουκίδες προκειμένου να αποσπάσουν την προσοχή ενώ στο δεξί εμφανιζόταν η οθόνη ενός κινητού τηλεφώνου με ένα γραπτό μήνυμα. Οι ίδεις μετρήσεις πάρθηκαν και σε κατάσταση παθητικής θέασης της οθόνης. Στους περιορισμούς της συγκριμένης μεθόδου καταγραφής δεδομένων οι ίδιοι οι ερευνητές αναφέρουν ότι μεγάλος αριθμός δεδομένων απορρίφθηκε, καθώς προερχόταν από τις κινήσεις των ματιών που έκαναν οι παίκτες, προκειμένου να απαντήσουν στο μήνυμα που εμφανιζόταν στο δεξί τμήμα της οθόνης, οπότε η μελέτη θεωρήθηκε συνολικά ως όχι ιδιαίτερα αξιόπιστη.

Οι Holm et al. (2021) μελέτησαν τα επίπεδα της προσοχής κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού δράσης, με αρκετές εναλλαγές στην απεικόνιση του ψηφιακού περιβάλλοντος (σκοτεινές σπηλιές, έντονο κόκκινο χρώμα στην οθόνη, όταν σκοτωνόταν κάποιος χαρακτήρας). Η μέθοδος καταγραφής που χρησιμοποίησαν ήταν ο ανιχνευτής κίνησης ματιών και συγκεκριμένα καταγράφηκαν οι φορές που ανοιγόκλεισαν οι συμμετέχοντες τα μάτια τους, οι φορές που σταθεροποιήθηκε το μάτι σε ένα σημείο, η χρονική διάρκεια της σταθεροποίησης και το σημείο της σταθεροποίησης σε σχέση με το κέντρο της οθόνης. Συγκεκριμένα, οι 38 συμμετέχοντες παρακολουθούσαν, χωρίς να παίζουν, την εξέλιξη ενός παιχνιδιού δράσης μπροστά σε μία οθόνη, ενώ ταυτόχρονα προσπαθούσαν να εντοπίσουν διάφορα αντικείμενα που προβάλλονταν και στη δεύτερη φάση του πειράματος έπαιζαν ένα παραπλήσιο παιχνίδι. Οι συμμετέχοντες είχαν πολύ μικρή εμπειρία



από βιντεοπαιχνίδια και τοποθετήθηκαν σε απόσταση 70 εκατοστών από τις οθόνες στις οποίες υπήρχαν ανιχνευτές κίνησης ματιών. Ταυτόχρονα προσαρμόστηκε στα μέτωπά τους ένας μετρητής κίνησης το κεφαλιού. Οι μετρήσεις έγιναν μόνο κατά το στάδιο θέασης του παιχνιδιού και όχι ενόσω έπαιζαν.

Στη μελέτη των Friehs et al. (2020) συμμετείχαν 30 υγιείς νεαροί ενήλικες, με στόχο να διερευνηθούν τα επίπεδα προσοχής ενώ έπαιζαν ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας. Οι οθόνες τοποθετήθηκαν σε απόσταση περίπου 80 εκατοστών από τους παίκτες και το πείραμα έγινε σε ένα δωμάτιο με κανονικό φωτισμό. Ως μέθοδος καταγραφής χρησιμοποιήθηκε ο ανιχνευτής κίνησης των ματιών και συγκεκριμένα μετρήθηκε η σταθεροποίηση του ματιού σε κάποιο σημείο.

Δεκαοκτώ παιδιά προσχολικής ηλικίας συμμετείχαν στην έρευνα των Durand-Rivera & Martínez-González (2020). Στη συγκεκριμένη έρευνα μελετήθηκαν τα επίπεδα προσοχής και μνήμης. Ενόσω τα παιδιά έπαιζαν ένα παιχνίδι δράσης στο οποίο καθοδηγούσαν τον ήρωα μέσω ενός λούτρινου αρκούδου που κρατούσαν στα χέρια τους ενώ ένας ανιχνευτής κατέγραφε τις κινήσεις των ματιών τους. Στον περιβάλλοντα χώρο δεν υπήρχε κανένα ερέθισμα που θα μπορούσε να αποσπάσει την προσοχή των παικτών.

Στην έρευνά τους οι Dohan & Mu (2019) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της ανίχνευσης της κίνησης των ματιών και συγκεκριμένα μέτρησαν με τρισδιάστατο τρόπο τα σημεία στα οποία επικεντρωνόταν το βλέμμα των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού εικονικής πραγματικότητας, προκειμένου να βγάλουν συμπεράσματα αναφορικά με την προσοχή.

Οι Moreira & Okimoto (2018) επέλεξαν ένα παιχνίδι δράσης και απευθύνθηκαν σε ενήλικες που αυτοπροσδιορίζονταν ως “gamers” προκειμένου να μετρήσουν τα επίπεδα προσοχής με μετρητές ανίχνευσης της κίνησης των ματιών. Στη συγκεκριμένη μελέτη παρατήρησης οι συμμετέχοντες έπαιζαν ένα παιχνίδι δράσης κατά τη διάρκεια του οποίου μελετήθηκαν τα σημεία στα οποία επικεντρωνόταν η προσοχή των παικτών.

Μελέτη παρατήρησης έκαναν επίσης και οι Nizam & Law (2018) σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Συγκεκριμένα, 94 παιδιά τυπικής ανάπτυξης κλήθηκαν να παίξουν ένα παιχνίδι αριθμητικής σε tablet. Κάτω από το tablet προσαρμόστηκε ένας ανιχνευτής κίνησης ματιών με στόχο την καταγραφή της συμπεριφοράς της κόρης των ματιών, προκειμένου να συσχετιστούν αυτά τα δεδομένα με τη γνωστική λειτουργία της προσοχής. Στη συγκεκριμένη μελέτη, ωστόσο, η αντανάκλαση από τα φώτα του ταβανιού στο μηχάνημα καταγραφής εμπόδιζε τον ανιχνευτή από το να «διαβάσει» και να καταγράψει τις κινήσεις της οφθαλμικής κόρης. Προκειμένου να αποφευχθεί ο εν λόγω περιορισμός, το δωμάτιο διεξαγωγής του πειράματος πρέπει να έχει τον κατάλληλο φωτισμό και ο ανιχνευτής να είναι τοποθετημένος μακριά από τα φώτα.

Πάλι σε μελέτη παρατήρησης οι Paletta et al. (2018) μέτρησαν τις κινήσεις των ματιών 12 πασχόντων από άνοια. Μετά από διαδικασία βαθμολόγησης πέντε σημείων κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού μνήμης κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα ψηφιακά παιχνίδια μνήμης μπορούν να επιβραδύνουν την εξέλιξη της άνοιας.

Στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος των Finke et al. (2017) βρίσκεται η μελέτη της επικέντρωσης της προσοχής. Δεκαεννιά παιδιά, έντεκα στο φάσμα του αυτισμού και οκτώ τυπικής ανάπτυξης, έπαιξαν ένα παιχνίδι δράσης κατά τη διάρκεια του οποίου ανιχνευτές κίνησης ματιών συνέλλεγαν δεδομένα σχετικά με την σταθεροποίηση του ματιού σε συγκεκριμένα σημεία της οθόνης, η οποία ήταν τοποθετημένη σε απόσταση 65 εκατοστών από τους παίκτες.

Σε μία μελέτη παρατήρησης οι Marois et al. (2019) διερεύνησαν τα επίπεδα προσοχής, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μέτρησης της διαστολής της οφθαλμικής κόρης. Οι 34 συμμετέχοντες δεν είχαν προβλήματα όρασης ή ακοής και δεν είχαν κάνει χρήση ψυχοτρόπων ουσιών ή καπνού για τουλάχιστον 6 ώρες πριν τη μελέτη, καθώς αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει τη διάμετρο της κόρης των ματιών τους. Οι συμμετέχοντες έκατσαν περίπου 60 εκατοστά μακριά από τη συσκευή της οφθαλμικής μέτρησης και έπαιξαν ένα παιχνίδι οπτικών και ακουστικών

παρεμβολών ενόσω προσπαθούσαν να εκτελέσουν δραστηριότητες μνήμης. Η μέτρηση της διαμέτρου της οφθαλμικής κόρης έγινε πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το παιχνίδι. Το δωμάτιο που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος είχε χαμηλό φωτισμό.

Στην πειραματική μελέτη των Tsai et al. (2016) συμμετείχαν 22 φοιτητές με στόχο και πάλι τη μέτρηση των επιπέδων της προσοχής. Το ΨΕΠ που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα παιχνίδι προσομοίωσης με στόχο την επίλυση προβλημάτων φυσικής που αφορούσαν στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένας ασύρματος ανιχνευτής κίνησης ματιών που αφήνει το κεφάλι ελεύθερο έτσι, ώστε να μπορεί να κινείται, όπως συμβαίνει σε κανονικές συνθήκες. Το ενδιαφέρον της καταμέτρησης εστιάστηκε στον αριθμό και τη διάρκεια της επικέντρωσης του ματιού σε συγκεκριμένα σημεία. Οι συμμετέχοντες είχαν στη διάθεσή του 10 λεπτά, για να ολοκληρώσουν την κάθε πίστα του παιχνιδιού.

Οι Lee et al. (2020) μελέτησαν τον γνωστικό φόρτο και την επίδραση που έχουν τα διαλλείματα σε αυτόν. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα ΨΕΠ προσομοίωσης που σχετίζεται με φάρμακα έκτακτης ανάγκης. Στην έρευνα συμμετείχαν 70 υγιείς φοιτητές ιατρικής των οποίων τα επίπεδα διαστολής της οφθαλμικής κόρης μετρήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία. Για αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιήθηκε ένας ειδικά σχεδιασμένος υπολογιστής. Προκειμένου να μην αλλοιωθούν τα αποτελέσματα από την κίνηση του κεφαλιού, οι συμμετέχοντες προσάρμοσαν το κεφάλι τους σε ένα ειδικό εξάρτημα που κρατούσε το κεφάλι τους σταθερό. Το δωμάτιο στο οποίο έγινε το πείραμα δεν είχε παράθυρα, είχε χαμηλό φωτισμό και ήταν ήσυχο.

Οι ίδιοι ερευνητές μαζί και με τον Jarodzka την προηγούμενη χρονιά (2019) επιστρατεύοντας δυο ομάδες συμμετεχόντων, 22 φοιτητές ιατρικής και 24 καθηγητές ιατρικής μελέτησαν πάλι την γνωστική διεργασία του νοητικού φόρτου αυτή την φορά ανάλογα με το κατά πόσον η πρότερη γνώση επηρεάζει την απόδοση σε ένα παιχνίδι προσομοίωσης αναζωογόνησης. Οι καταγραφές των οφθαλμικών κινήσεων αφορούσε σε τρία μέτρα κίνησης των ματιών: τον χρόνο

παραμονής του βλέμματος σε περιοχές ενδιαφέροντος από την είσοδο έως την έξοδο, τον αριθμό σταθεροποίησης (δηλαδή τον αριθμό μονιμοποίησης του βλέμματος στις περιοχές ενδιαφέροντος) και την διάρκεια της σταθεροποίησης.

Η προσοχή και η μνήμη βρέθηκαν στο επίκεντρο της μελέτης των Rosa et al. (2015). Οι τελευταίοι διεξήγαγαν ένα πείραμα μίας συνεδρίας σε 46 υγιείς φοιτητές και φοιτήτριες. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ένα ηχομονωμένο δωμάτιο με σταθερό φωτισμό και η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένας μετρητής της κίνησης των ματιών 9 σημείων βαθμολόγησης. Συγκεκριμένα λήφθηκε υπόψη ο αριθμός των βλεφαρισμών, η διάρκεια της περιπλάνησης του ματιού στην οθόνη και οι φορές που τα μάτια βρέθηκαν στα όρια της οθόνης. Το έργο των συμμετεχόντων ήταν να βρουν τις διαφορές ανάμεσα σε δύο φαινομενικά ίδιους πίνακες ζωγραφικής, έναν του Van Gong και έναν του René.

Τέλος και οι Olsen et al. (2022) χρησιμοποίησαν στην έρευνά τους τον ανιχνευτή κίνησης ματιών, προκειμένου να διερευνήσουν την προσοχή κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού ρομποτικής. Δεκαοχτώ μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης κλήθηκαν να παίξουν το παιχνίδι *Pacman*, στόχος του οποίου είναι να κατευθύνει ο παίκτης το ρομπότ *Pacman* έτσι, ώστε να φάει έξι μήλα. Οι ανιχνευτές κίνησης ματιού καταμέτρησαν τον αριθμό των φορών που το μάτι εστίαζε σε συγκεκριμένο σημείο, τον αντίστοιχο για τις φορές που το μάτι περιπλανιόταν στην οθόνη και τα σημεία στα οποία επικεντρωνόταν το μάτι. Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν για να εξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά με τον γνωστικό φόρτο.

### **3.4 Μετρήσεις σχετιζόμενες με την αναπνοή**

Στην έρευνα των Van Hove et al. (2020) έλαβαν μέρος 31 υγιή άτομα όπου έπαιξαν τρία διαφορετικά γνωστικά παιχνίδια για κινητό προκειμένου να βγάλουν συμπεράσματα για την σχέση μεταξύ γνωστικών λειτουργιών και του κρατήματος της αναπνοής. Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν τρεις τρόποι που αφορούν στο κράτημα της αναπνοής, η συνολική δυνατότητα συγκέντρωσης αέρα στους πνεύμονες, το κράτημα της αναπνοής αφότου είχαν εκπνεύσει οι

συμμετέχοντες και, τέλος, ο συνολικός όγκος αέρα που απέβαλλαν κατά την εκπνοή. Στην πρώτη περίπτωση, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να εισπνεύσουν όσο πιο βαθιά μπορούσαν και να κρατήσουν την αναπνοή τους κατά το δυνατόν περισσότερο. Στη δεύτερη συνθήκη οι συμμετέχοντες ανέπνεαν ακολουθώντας τον κανονικό τους ρυθμό και στην τρίτη κράτησαν την αναπνοή τους μετά από μια πλήρη εκπνοή. Σε κάθε περίπτωση, οι συμμετέχοντες κρατούσαν την αναπνοή τους μέχρι το σημείο στο οποίο δεν ένιωθαν πόνο ή ενόχληση. Η σειρά που ακολουθήθηκε σε κάθε συμμετέχοντα ήταν τυχαία, για να αποφευχθεί η μεροληψία στα αποτελέσματα. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος οι συμμετέχοντες ήταν συνδεδεμένοι με σπιρόμετρο και είχαν κλειστή τη μύτη τους με ένα ειδικό μανταλάκι. Ταυτόχρονα, καταγράφονταν και τα επίπεδα οξυγόνου όπως και ο καρδιακός ρυθμός. Μεταξύ των διαφορετικών τρόπων αναπνοής δεν υπήρχε η δυνατότητα για υπεροξυγόνωση (Van Hove et al., 2020). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα διαφορετικά γνωστικά παιχνίδια κινητού απαιτούν τη χρήση διαφορετικών γνωστικών λειτουργιών όπως της παρατεταμένης προσοχής και εργαζόμενης μνήμης.

Στην έρευνα των Denot-Ledunois et al. (1998) δέκα παιδιά τυπικής ανάπτυξης κλήθηκαν να παίξουν ένα βιντεοπαιχνίδι (tetris), σκοπός του οποίου είναι να τοποθετείς τουβλάκια στη σειρά, προκειμένου να χτίσεις ένα υποθετικό τείχος. Η μελέτη βασίστηκε στην μέτρηση του ρυθμού αναπνοής που είναι ένας δείκτης για την γνωστική διεργασία της προσοχής. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού είχαν στο στήθος τους τρία ηλεκτρόδια προκειμένου να μετρηθεί ο καρδιακός τους ρυθμός και πριν την έναρξη του πειράματος πάρθηκε δείγμα σάλιου ώστε να μετρηθούν τα επίπεδα κορτιζόλης του καθενός. Η μέτρηση του καρδιακού ρυθμού όπως και των επιπέδων κορτιζόλης έγινε προκειμένου να ελεγχθεί ότι το πειραματικό περιβάλλον και η διαδικασία δεν είχαν συναισθηματικό αντίκτυπο. Όλες οι δοκιμασίες έγιναν σε απογευματινές ώρες και τουλάχιστον 2 ώρες αφότου είχαν φάει το τελευταίο τους γεύμα οι συμμετέχοντες έτσι, ώστε στην έναρξη του πειράματος να είχαν σταθερά επίπεδα κορτιζόλης. Επιπρόσθετα, όλα τα παιδιά είχαν ενημερωθεί για τη διαδικασία και επιλέχτηκε ένας χώρος διεξαγωγής οικείος για το κάθε παιδί. Πριν την έναρξη του πειράματος ζητήθηκε από τα παιδιά να μασήσουν για λίγο ένα

κομμάτι βαμβάκι, προκειμένου να συγκεντρωθεί ικανή ποσότητα σάλιου και να μετρηθούν τα επίπεδα κορτιζόλης τους καθενός. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο η δυσκολία του παιχνιδιού αυξάνονταν τόσο αυξανόταν και ο ρυθμός αναπνοής.

### **3.5 Συνδυασμός μεθόδων**

Συνολικά βρέθηκαν 7 μελέτες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι από ένας τρόποι καταγραφής γνωστικών λειτουργιών. Δύο μελέτες συνδύασαν το ΗΕΓ με μετρητές σιέλου, μία το ΗΕΓ με την καταγραφή της κίνησης των ματιών, δύο μελέτες συνδυάζουν το ΗΕΓ, το ηλεκτροκαδιογράφημα και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος για τις μετρήσεις τους και, τέλος, μία μελέτη χρησιμοποιεί την μέτρηση του καρδιακού ρυθμού και των οφθαλμικών κινήσεων.

#### **3.5.1 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και μετρητές σιέλου**

Οι ερευνητές Aliyari et al. διεξήγαγαν δύο έρευνες με τη συγκεκριμένη μέθοδο, μία το 2018 και μία το 2021. Στην πρώτη έρευνα συμμετείχαν 64 νεαροί άντρες. Οι συμμετέχοντες έπαιξαν ένα παιχνίδι προσομοίωσης και δείγματα σάλιου συλλέχτηκαν πριν και μετά το παιχνίδι, με στόχο να μετρηθούν τα επίπεδα κορτιζόλης στον οργανισμό, καθώς η βιβλιογραφία συνδέει τα επίπεδα της κορτιζόλης με τα επίπεδα της προσοχής. Ταυτόχρονα οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν και σε μέτρηση της εγκεφαλικής τους δραστηριότητας κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Για αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιήθηκε φορητός εγκεφαλογράφος 14 καναλιών. Δύο επιπλέον ηλεκτρόδια χρησιμοποιήθηκαν, για να μειώνουν τον θόρυβο. Η κύρια πηγή επηρεασμού των δεδομένων προήλθε από τις κινήσεις των ματιών, τον καρδιακό ρυθμό τη μυϊκή δραστηριότητα και τον θόρυβο. Προκειμένου να εξαχθούν κατά το δυνατόν έγκυρα δεδομένα, χρησιμοποιήθηκε φίλτρο επεξεργασίας των εγκεφαλικών σημάτων που προέρχονται από τους ρυθμούς Άλφα και Βήτα.

Στη δεύτερη μελέτη τους διερεύνησαν και πάλι τα επίπεδα προσοχής, αυτή τη φορά όμως στο πλαίσιο μιας πειραματικής μελέτης. Σαράντα συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε μια πειραματική ομάδα και σε μία ομάδα ελέγχου. Η πειραματική ομάδα έπαιξε

ένα παιχνίδι γρίφων ενώ η ομάδα ελέγχου όχι. Πριν και μετά το παιχνίδι λήφθηκαν δείγματα σάλιου, προκειμένου να μετρηθούν τα επίπεδα κορτιζόλης και αμιλάσης. Ταυτόχρονα συλλέχθηκαν και δεδομένα από την εγκεφαλική δραστηριότητα των συμμετεχόντων μέσω εγκεφαλογράφου 14 καναλιών.

### **3.5.2 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και καταγραφή της κίνησης των ματιών**

Η προσοχή μελετήθηκε επίσης από τους Delvigne et al. (2021) μέσω της καταγραφής της εγκεφαλικής δραστηριότητας και της κίνησης των ματιών. Σε ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, όπου απεικονίζονταν διάφορες συνθήκες, όπως ένα δάσος ή το σαλόνι ενός σπιτιού, προκειμένου να αποφευχθούν αγχογόνοι παράγοντες που θα μπορούσαν ενδεχομένως να επηρεάσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν, αφού επέλεξαν το περιβάλλον της προτίμησής τους, να εκτελέσουν τρία διαφορετικά καθήκοντα, διάρκειας 5 λεπτών το καθένα. Οι μετρήσεις έγιναν με ταυτόχρονη καταγραφή των κινήσεων των ματιών και της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Για την εγκεφαλική καταγραφή χρησιμοποιήθηκε συσκευή 32 καναλιών ενώ ο ανιχνευτής κίνησης ματιών συγκέντρωσε δεδομένα σχετικά με τη θέση του κεφαλιού, τη θέση των ματιών, τη διάμετρο της κόρης και τη χρονική σύμπτωση του ανοιγοκλεισίματος των ματιών. Οι 32 συμμετέχοντες υποβλήθηκαν αρχικά σε ένα καθήκον αρκετά χαλαρό, έπειτα σε ένα επιλεκτικής συγκέντρωσης της προσοχής και, τέλος, σε ένα εκτεταμένης συγκέντρωσης της προσοχής.

### **3.5.3 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, Καρδιακός ρυθμός και ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος**

Οι Derbali et al. (2011, 2012) διεξήγαγαν μία μελέτη σχετικά με τα επίπεδα προσοχής και τη σύνδεσή τους με την κινητοποίηση για μάθηση μέσω των μεθόδων μέτρησης του ΗΕΓ, του καρδιακού ρυθμού και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος. Μία συσκευή μέτρησης των δύο τελευταίων τοποθετήθηκε στα δάχτυλα του χεριού που θα επικουρούσε τη λειτουργία του κυρίως χεριού 33 ατόμων που συμμετείχαν στο πείραμα. Στόχος των συμμετεχόντων ήταν να ολοκληρώσουν ένα παιχνίδι στρατηγικής, το οποίο έπαιζαν για πρώτη φορά, στο επίκεντρο του οποίου

βρίσκεται η εξάλειψη της πείνας από τον πλανήτη. Τα ηλεκτροεγκεφαλικά δεδομένα συλλέχθηκαν από 6 διαφορετικά σημεία του κεφαλιού σύμφωνα με το σύστημα 10-20. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να περιορίσουν στο ελάχιστο δυνατό τις κινήσεις των ματιών και τη μυϊκή δραστηριότητα. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε φίλτρο, προκειμένου να απομακρυνθούν οι παρεμβολές σε ό, τι αφορά τις εγκεφαλικές μετρήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν την σημασία του συνδυασμού των ηλεκτροεγκεφαλικών μετρήσεων με αυτές του καρδιακού ρυθμού και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος καθώς οι δύο τελευταίες μόνες τους δεν μπορούν να είναι αξιόπιστες μέθοδοι για την μέτρηση της προσοχής.

#### **3.5.4 Μέτρηση Καρδιακού ρυθμού και οφθαλμικής κίνησης**

Οι Jerčić et al. (2020) παρατήρησαν τον καρδιακό ρυθμό συνδυαστικά με τη διαστολή της κόρης του ματιού, προκειμένου να καταλήξουν σε συμπεράσματα αναφορικά με τον γνωστικό φόρτο και την προσοχή. Συγκεκριμένα, παρατήρησαν τις κόρες των ματιών και τον καρδιακό ρυθμό από 21 φοιτητές, ηλικίας μεταξύ 20 και 24 ετών χωρίς οφθαλμολογικά και ψυχιατρικά προβλήματα, ενόσω έπαιζαν ένα παιχνίδι προσομοίωσης μιας δημοπρασίας. Ο μετρητής καρδιακού ρυθμού ήταν τοποθετημένος στο στήθος τους και παράλληλα απέναντί τους υπήρχε τοποθετημένος ο μετρητής διαστολής της οφθαλμικής κόρης. Τόσο τα αποτελέσματα της καρδιακής όσο και της οφθαλμικής μέτρησης μετρήθηκαν για κάθε συμμετέχοντα συγκριτικά με τις μετρήσεις που λήφθηκαν για διάρκεια 5 λεπτών σε ήρεμη κατάσταση λίγο πριν την έναρξη του παιχνιδιού. Η απόφαση για αγορά ή πώληση ενός αντικειμένου έπρεπε να γίνει μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα έτσι, ώστε ο γνωστικός φόρτος να μην προλάβει να αυξήσει υπερβολικά την καρδιακή διέγερση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο μεγαλύτερο είναι το κίνητρο και ο γνωστικός φόρτος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η προσοχή. Προκειμένου να μην επηρεαστεί ο καρδιακός ρυθμός από εξωτερικούς παράγοντες, οι συμμετέχοντες κάθονταν αναπαυτικά σε μια ανακλινόμενη καρέκλα μέσα σε ένα ηχομονωμένο δωμάτιο, με σταθερά επίπεδα φωτισμού και θερμοκρασία στους 23 βαθμούς Κελσίου.



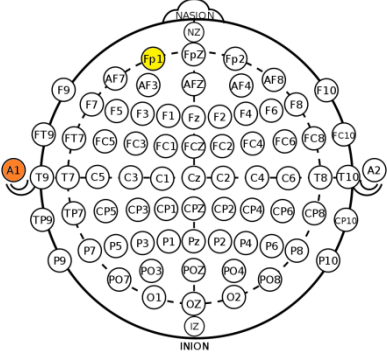
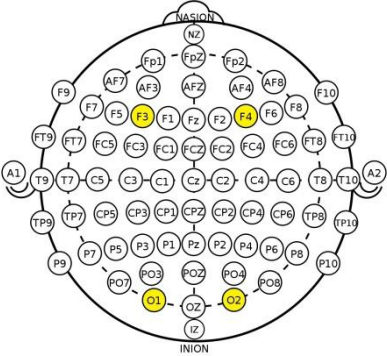
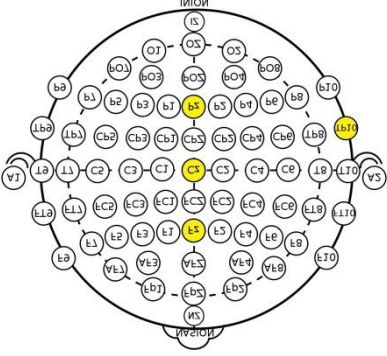
### **3.5.5 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, Ηλεκτροκαρδιογράφημα και μέτρηση της Μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού.**

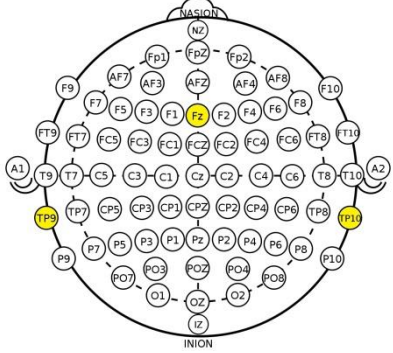
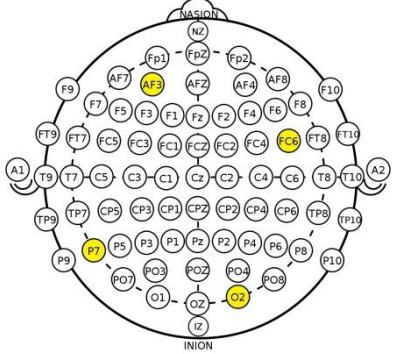
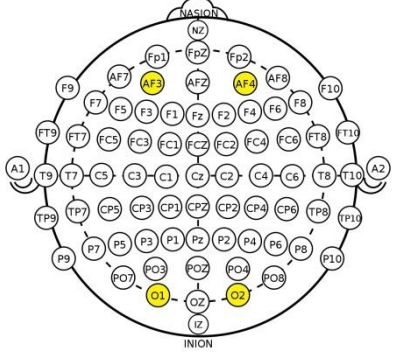
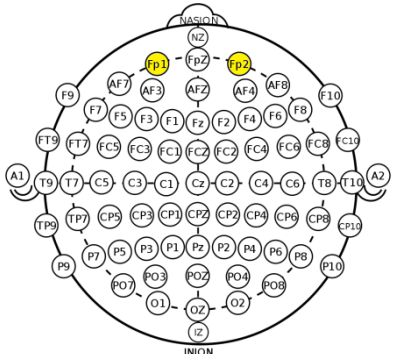
Καθώς αρκετές έρευνες έχουν δείξει την συσχέτιση μεταξύ μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού και γνωστικής απόδοσης, οι Nagendra et al. (2017) μέτρησαν τα επίπεδα της προσοχής και της εργαζόμενης μνήμης με τη μέθοδο του ΗΕΓ και ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Τριάντα κωφοί μαθητές, ηλικίας από 13 έως 20 ετών κλήθηκαν στο πρώτο στάδιο του πειράματος να ζωγραφίσουν μια ανθρώπινη φιγούρα και στο δεύτερο να ονομάσουν στον ταχύτερο δυνατό χρόνο τα χρώματα στα οποία ήταν γραμμένο ένα κείμενο, χωρίς να πρέπει να αναφερθούν στο περιεχόμενό του. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την πειραματική και την ομάδα παρατήρησης, και υποβλήθηκαν και στα δύο τεστ πριν και μετά την παρέμβαση. Η παρέμβαση ήταν διάρκειας μιας ώρας και περιελάμβανε ένα ψηφιακό παιχνίδι δράσης για την πειραματική ομάδα ενώ για την ομάδα ελέγχου υπήρξε αποκλεισμός από την ενασχόληση με βιντεοπαιχνίδια για όσο θα διαρκούσε το πείραμα. Η διαδικασία διήρκεσε 16 εβδομάδες. Οι ηλεκτροκαρδιακές μετρήσεις έγιναν με την τοποθέτηση πέντε ηλεκτροδίων, δύο στους αστράγαλους, δύο στα χέρια και ένα στο στήθος, και ταυτόχρονα ηλεκτροεγκεφαλόγραφος αποτελούμενος από 19 επαναχρησιμοποιήσιμα ηλεκτρόδια από κασσίτερο κατέγραφε την εγκεφαλική δραστηριότητα των παικτών. Πριν την έναρξη του πειράματος οι συμμετέχοντες έκατσαν σε ένα ήσυχο δωμάτιο, προκειμένου να ηρεμήσουν και να ισορροπήσουν τον καρδιακό τους ρυθμό.

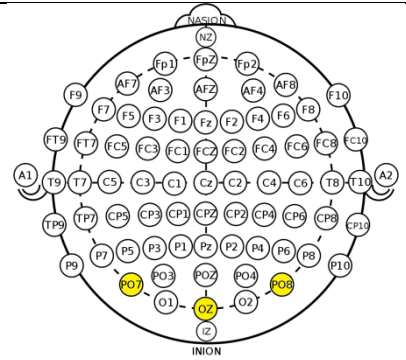
### **3.6 Ηλεκτροεγκεφαλικές μελέτες, εργαλεία μέτρησης και σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων.**

Τα αποτελέσματα που αφορούν το τρίτο ερευνητικό ερώτημα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα που ακολουθεί, όπου εμφανίζεται η κατανομή των ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής και η συσκευή ηλεκτροεγκεφαλογραφίας που χρησιμοποιήθηκε κάθε φορά στις ηλεκτροεγκεφαλικές έρευνες που επισκοπήθηκαν. Με κίτρινο χρώμα σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων ενδιαφέροντος, με πορτοκαλί τα ηλεκτρόδια αναφοράς και, τέλος, με καφέ η γείωση.

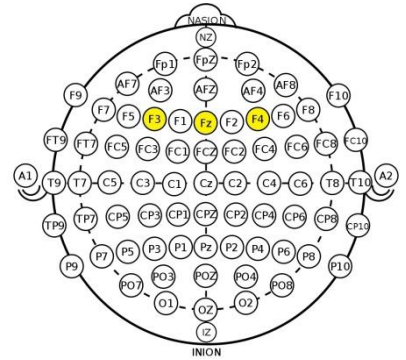
**Πίνακας 2 Συσκευή Εγκεφαλογράφου και σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων**

ΕΡΕΥΝΑ	ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΟΣ	ΘΕΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ
<p>Iliadou, P., Paliokas, I., Zygouris, S., Lazarou, E., Votis, K., Tzovaras, D., &amp; Tsolaki, M. (2021).</p>	<p>Μνήμη</p>	<p>Φορέσιμη συσκευή ξηρού βιοαισθητήρα: MindWave Mobile EEG Headset, NeuroSky Inc., USA</p>	
<p>Mercier, J., Avaca, I. L., Whissell-Turner, K., Paradis, A., &amp; Mikropoulos, T. A. (2020, July).</p> <p>Mercier, J., Whissell-Turner, K., Paradis, A., &amp; Avaca, I. (2020, December).</p>	<p>Γνωστικός φόρτος / Γνωστική εμπλοκή / Προσοχή</p>	<p>Ψηφιακός ηλεκτροεγκεφαλογράφος 64 καναλιών</p>	<p>Cognitive engagement</p>  <p>Cognitive load</p>  <p>Attention</p>

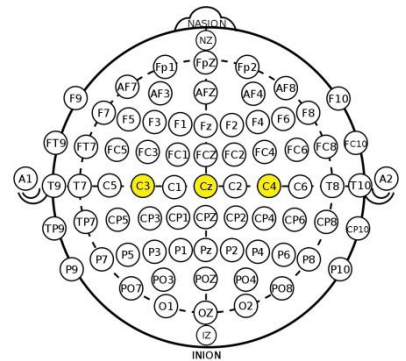
			
<p>Mondéjar, T., Hervás, R., Johnson, E., Gutiérrez-López-Franca, C., &amp; Latorre, J. M. (2019).</p>	<p>Μνήμη / προσοχή/ συγκέντρωση</p>	<p>Emotiv EPOC+</p>	
<p>Khong, A., Jiangnan, L., Thomas, K. P., &amp; Vinod, A. P. (2014, October)</p>	<p>προσοχή</p>	<p>Emotiv EPOC</p>	
<p>Israsena, P., Jirayucharensak, S., Hemrungronj, S., &amp; Pan-Ngum, S. (2021).</p>	<p>Προσοχή (και Γνωστική λειτουργία γενικά)</p>	<p>Πολυκάναλα ακουστικά g.Nutilus από την g.tec Medical engineering. με g.Sahara υβριδικά ηλεκτρόδια</p>	<p>Group1</p>  <p>Group 2</p>



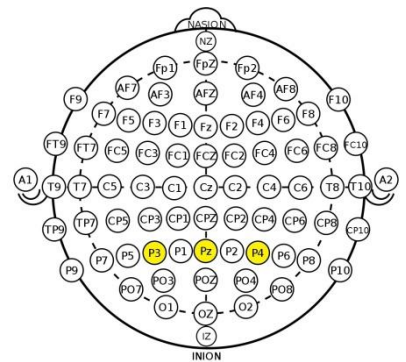
Group 3



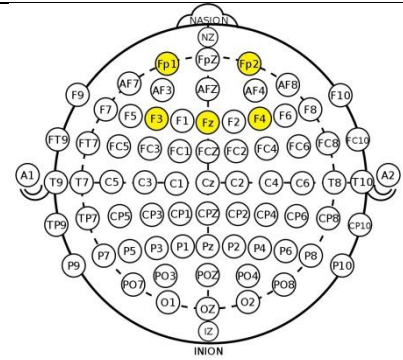
Group 4



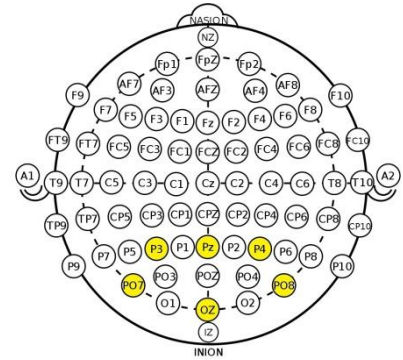
Group 5



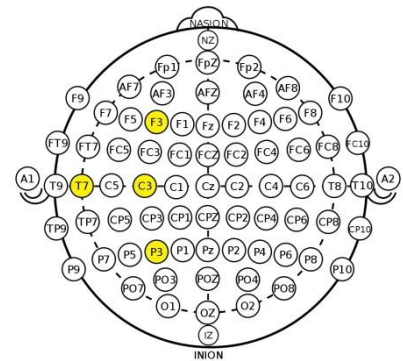
Group 6



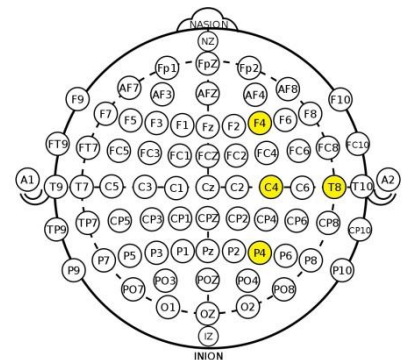
Group 7



Group 8



Group 9

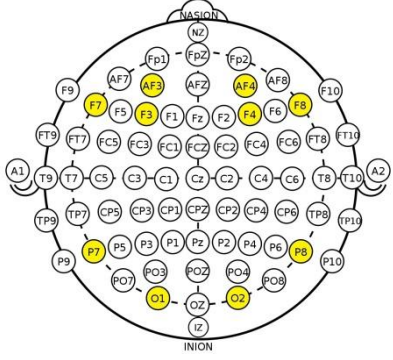
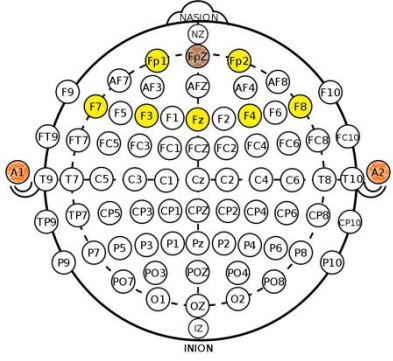
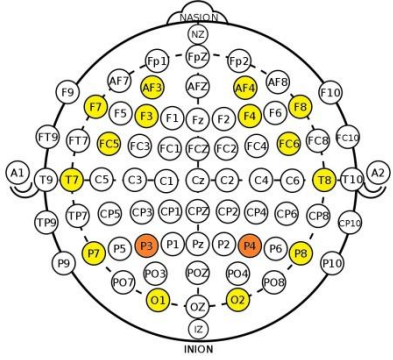


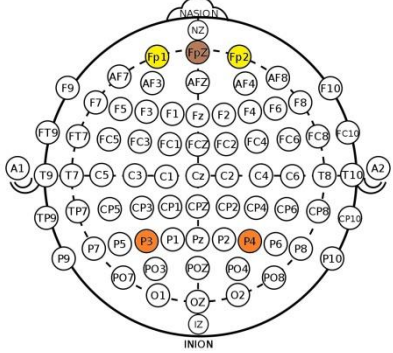
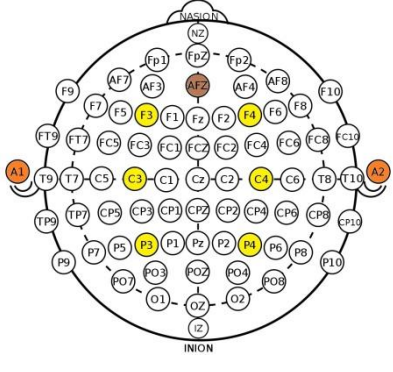
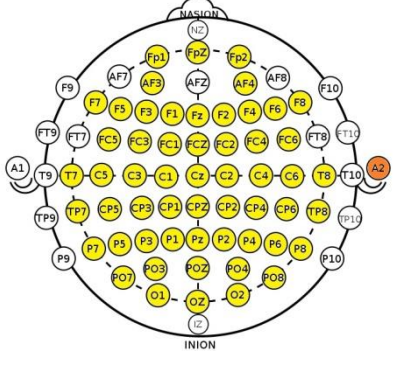
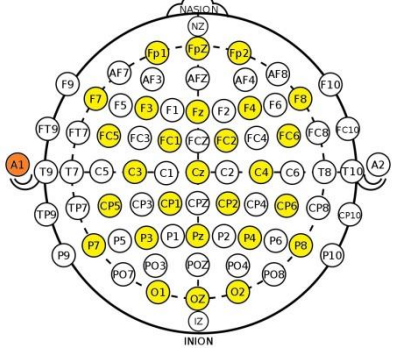
Dawi, N. M., Kuca, K., Krejcar, O., &

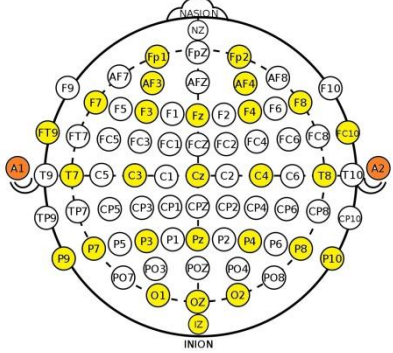
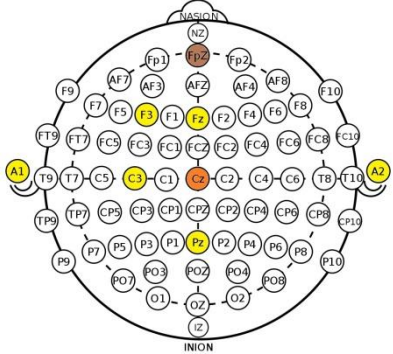
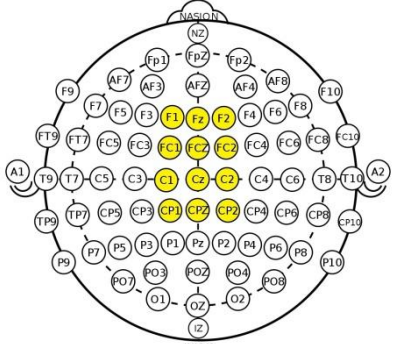
Προσοχή / μνήμη

Emotiv EPOC

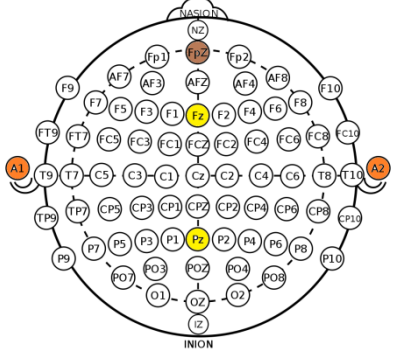
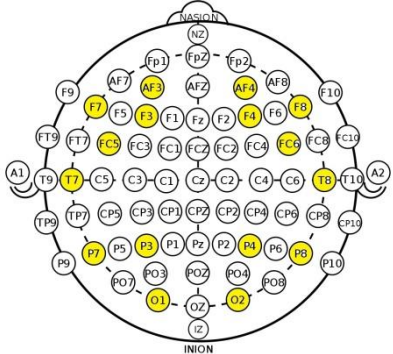
Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων

Namazi, H. (2021).			Βασίστηκε στο σύστημα 10-20
Thomas, K. P., Vinod, A. P., & Guan, C. (2013, July).	Προσοχή	Emotiv EPOC	
Ryu, K., Kim, Y., Kim, J., & Woo, M. (2021).	Προσοχή	Electro-Cap International, Eaton, OH, USA	
Alchalabi, A. E., Shirmohammadi, S., Eddin, A. N., & Elsharnouby, M. (2018).	Προσοχή	EMOTIV EPOC+	-
Alchalabi, A. E., Elsharnouby, M., Shirmohammadi, S., & Eddin, A. N. (2017, May)	Προσοχή	EMOTIV EPOC+	-
Gupta, S., Coles, T., Dumas, C., McBride, S. J., & Bradford, D. (2016, May).	Οπτικοχωρική προσοχή/ Πνευματικός φόρτος / Μνήμη	Emotiv EPOC	

<p>Knols, R. H., Swanenburg, J., De Bon, D., Gennaro, F., Wolf, M., Krüger, B., ... &amp; De Bruin, E. D. (2017).</p>	<p>Επιλεκτική προσοχή</p>	<p>Αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια (Ag/AgCl) μιας χρήσης:  Ambu R White Sensors, Ambu A/S, Denmark</p>	 <p>The diagram shows a standard 10-20 EEG cap layout with 32 electrodes. The following electrodes are highlighted in yellow: Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, F5, F6, F9, F10, Fz, Fz1, Fz2, Fz3, Fz4, Fz5, Fz6, Fz7, Fz8, Fz9, Fz10, Fz11, Fz12, Fz13, Fz14, Fz15, Fz16, Fz17, Fz18, Fz19, Fz20, Fz21, Fz22, Fz23, Fz24, Fz25, Fz26, Fz27, Fz28, Fz29, Fz30, Fz31, Fz32. The other electrodes are in white.</p>
<p>Cowley, B., &amp; Ravaja, N. (2014).</p>	<p>Προσοχή</p>	<p>Varioport-ARM multi-amplifier biosignal-recording device (Becker Meditech).</p>	 <p>The diagram shows a standard 10-20 EEG cap layout with 32 electrodes. The following electrodes are highlighted in yellow: Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, F5, F6, F9, F10, Fz, Fz1, Fz2, Fz3, Fz4, Fz5, Fz6, Fz7, Fz8, Fz9, Fz10, Fz11, Fz12, Fz13, Fz14, Fz15, Fz16, Fz17, Fz18, Fz19, Fz20, Fz21, Fz22, Fz23, Fz24, Fz25, Fz26, Fz27, Fz28, Fz29, Fz30, Fz31, Fz32. The other electrodes are in white.</p>
<p>Maclin, E. L., Mathewson, K. E., Low, K. A., Boot, W. R., Kramer, A. F., Fabiani, M., &amp; Gratton, G. (2011).</p>	<p>Προσοχή</p>	<p>ElectroCap International, Inc. (64 καναλιών)</p>	 <p>The diagram shows a 64-channel EEG cap layout with 64 electrodes. The following electrodes are highlighted in yellow: Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, F5, F6, F9, F10, Fz, Fz1, Fz2, Fz3, Fz4, Fz5, Fz6, Fz7, Fz8, Fz9, Fz10, Fz11, Fz12, Fz13, Fz14, Fz15, Fz16, Fz17, Fz18, Fz19, Fz20, Fz21, Fz22, Fz23, Fz24, Fz25, Fz26, Fz27, Fz28, Fz29, Fz30, Fz31, Fz32. The other electrodes are in white.</p>
<p>Hazarika, J., &amp; Dasgupta, R. (2020).</p>	<p>Οπτικοχωρική εργαζόμενη μνήμη</p>	<p>MOBITA, BIOPAC Systems, Inc., USA (32 καναλιών)  με ηλεκτρόδια νερού</p>	 <p>The diagram shows a standard 10-20 EEG cap layout with 32 electrodes. The following electrodes are highlighted in yellow: Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, F5, F6, F9, F10, Fz, Fz1, Fz2, Fz3, Fz4, Fz5, Fz6, Fz7, Fz8, Fz9, Fz10, Fz11, Fz12, Fz13, Fz14, Fz15, Fz16, Fz17, Fz18, Fz19, Fz20, Fz21, Fz22, Fz23, Fz24, Fz25, Fz26, Fz27, Fz28, Fz29, Fz30, Fz31, Fz32. The other electrodes are in white.</p>

<p>Smith, M. E., McEvoy, L. K., &amp; Gevins, A. (1999).</p>	<p>Μνήμη/Προσοχή</p>	<p>-</p>	
<p>Jakubowska, N., Dobrowolski, P., Binkowska, A. A., Arslan, I. V., Myśliwiec, M., &amp; Brzezicka, A. (2021).</p>	<p>Οπτική εργαζόμενη μνήμη</p>	<p>SynAmps RT Neuroscan EEG amplifier (64 καναλιών) με actiCap Ag/AgCl ενεργά ηλεκτρόδια</p>	<p>-</p>
<p>Derbali, L., Chalfoun, P., &amp; Frasson, C. (2011, June).</p>	<p>Προσοχή</p>	<p>-</p>	
<p>Delvigne, V., Wannous, H., Dutoit, T., Ris, L., &amp; Vandeborre, J. P. (2021)</p>	<p>Προσοχή</p>	<p>actiCHamp, Brain Vision (32 καναλιών)</p>	<p>Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων βασίστηκε στο σύστημα 10-20 (τρία ηλεκτρόδια άλλαξαν θέση λόγω της συσκευής VR γυαλιών που φορούσαν οι συμμετέχοντες. P3 → AF3, Pz → FCz, P4 → AF4 )</p>
<p>Jakubowska, N., Dobrowolski, P., Rutkowska, N., Skorko, M., Myśliwiec, M., Michalak, J., &amp; Brzezicka, A. (2021).</p>	<p>Οπτική Προσοχή</p>	<p>SynAmps RT Neuroscan (64 καναλιών) Με ενεργά ηλεκτρόδια actiCap Ag/AG-Cl</p>	



<p>Antoniou, P. E., Arfaras, G., Pandria, N., Athanasiou, A., Ntakakis, G., Babatsikos, E., ... &amp; Bamidis, P. (2020).</p>	<p>Εργαζόμενη μνήμη, επεισοδιακή μνήμη, προσοχή</p>	<p>Nexus-10; Mind Medi (2 καναλιών)</p>	
<p>Aliyari, H., Sahraei, H., Golabi, S., Kazemi, M., Daliri, M. R., &amp; Minaei-Bidgoli, B. (2021).</p> <p>Aliyari, H., Sahraei, H., Erfani, M., Mohammadi, M., Kazemi, M., Daliri, M. R., ... &amp; Farajdokht13, F. (2018).</p>	<p>Προσοχή</p>	<p>Epos Emotiv</p>	
<p>Nagendra, H., Kumar, V., &amp; Mukherjee, S. (2017).</p>	<p>Προσοχή, εργαζόμενη μνήμη</p>	<p>CAP100C, BIOPAC MP150 Με 19 επαναχρησιμοποιήσιμα ηλεκτρόδια κασσίτερου</p>	<p>-</p>

## 4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 4.1 Ποιες είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην βιβλιογραφία για την καταγραφή και αξιολόγηση των γνωστικών λειτουργιών χρηστών ΨΕΠ;

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε, όπως προέκυψε από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, αφορούσε στις φυσιολογικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην έρευνα για την καταγραφή και αξιολόγηση των γνωστικών λειτουργιών χρηστών ΨΕΠ. Μέσω της βιβλιογραφικής μελέτης εντοπίστηκαν και καταγράφηκαν φυσιολογικές μέθοδοι που σχετίζονται με τη λειτουργία του εγκεφάλου, της καρδιάς, των ματιών, του δέρματος και του μυϊκού συστήματος.

Αναλυτικότερα, σε ό, τι αφορά στις μετρήσεις που σχετίζονται με την εγκεφαλική δραστηριότητα στη βιβλιογραφία εντοπίστηκε η χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG), η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI) και η μετεξέλιξή της, δηλαδή η λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI) καθώς και η Λειτουργική Φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (fNIRS). Η συστηματική ανασκόπηση των εμπειρικών ερευνών που περιλήφθηκαν στην παρούσα μελέτη έδειξε ότι η πλέον δημοφιλής μέθοδος εγκεφαλικής καταγραφής είναι το ΗΕΓ . Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται, για να μετρήσει γνωστικές λειτουργίες που σχετίζονται εξίσου με την προσοχή και με τη μνήμη. Επιπρόσθετα, εντοπίστηκε μία μελέτη που χρησιμοποιεί αποκλειστικά τη μέθοδο της λειτουργικής φασματοσκοπίας εγγύς υπέρυθρου, προκειμένου να μελετήσει την προσοχή και τη μνήμη (Lamb et al., 2018).

Καθώς η πλειοψηφία των εμπειρικών ερευνών που εντοπίστηκαν χρησιμοποιούν τις εγκεφαλικές μετρήσεις, είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους καταγραφής, επιβεβαιώνεται η άποψη των Mikropoulos et al (2004) ότι οι εγκεφαλικές μετρήσεις θεωρούνται από κάποιους ερευνητές ως η πιο αξιόπιστη πηγή πληροφοριών αναφορικά με τις γνωστικές διεργασίες. Παράλληλα, πρέπει να αναφερθεί ότι απουσιάζουν εντελώς έρευνες που χρησιμοποιούν ως εργαλείο την MRI ή την fMRI, γεγονός που επιβεβαιώνει τους Wu et al (2021) που αναφέρουν ότι αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται περισσότερο στην ιατρική έρευνα. Τέλος, σε ό, τι αφορά στη λειτουργική φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου εντοπίστηκαν μόνο δύο έρευνες που σχετίζονται με τις λειτουργίες της μνήμης και της προσοχής (Lamb et al., 2018; Knols et al., 2017). Ο μικρός αριθμός ερευνών που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο εργαλείο επιβεβαιώνει ότι η συγκεκριμένη μέθοδος είναι χρήσιμη μόνο όταν κάποια από τις άλλες νευροαπεικονιστικές μεθόδους δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη, για παράδειγμα στην περίπτωση που πρέπει να συλληχθούν μετρήσεις ενώ το άτομο βρίσκεται σε κίνηση (Villringer & Chance, 1997).

Σχετικά με τις καρδιαγγειακές μετρήσεις, η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε ότι οι κύριες μέθοδοι είναι η μέτρηση του καρδιακού ρυθμού (HR) και η μέτρηση της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού (HRV) μέσω του

ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG). Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση εντόπισε έξι έρευνες που χρησιμοποίησαν καρδιαγγειακές μετρήσεις είτε αποκλειστικά είτε συνδυαστικά με άλλες μεθόδους. Ο μικρός αριθμός των ερευνών που χρησιμοποιούν δεδομένα που προέρχονται αποκλειστικά από καρδιακές μετρήσεις (3 από τις 6) συνάδει με την άποψη ότι τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω αυτών των μετρήσεων επηρεάζονται από παραμέτρους όπως τα συναισθήματα και η φυσική δραστηριότητα και, επομένως, η ανάλυση των μετρήσεων πρέπει να εμπεριέχει τεχνικές ελαχιστοποίησης αυτών των παραμέτρων (Ayres et al., 2021). Άλλωστε, για τον ίδιο λόγο οι μισές από αυτές χρησιμοποιούν τις καρδιαγγειακές μετρήσεις συνδυαστικά με άλλες μεθόδους. Πέρα από τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού, τη μέτρηση της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού και το ηλεκτροκαρδιογράφημα, εντοπίστηκε και μία έρευνα στην οποία χρησιμοποιήθηκε παλμικό οξύμετρο (Liu et al., 2019).

Εξίσου πλούσιο υλικό με τις εγκεφαλικές μετρήσεις βρέθηκε και στις έρευνες που χρησιμοποιούν μετρήσεις που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των ματιών (22 από τις 58). Η δημοτικότητα της συγκεκριμένης μεθόδου καταγραφής, όπως προέκυψε από την παρούσα συστηματική ανασκόπηση, επιβεβαιώνει τους Mele & Federici (2012) που κάνουν λόγο για αύξηση της χρήσης της συγκεκριμένης μεθόδου μετά την εξέλιξη των οργάνων μέτρησης της οφθαλμικής δραστηριότητας. Οι οφθαλμικές μετρήσεις χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, στην καταγραφή της σταθεροποίησης των ματιών σε συγκεκριμένα σημεία, στη διαστολή της κόρης του ματιού και στην παρακολούθηση της συχνότητας με την οποία ανοιγοκλείνουν τα μάτια. Από τις συγκεκριμένες κατηγορίες, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη, όπως φαίνεται από την ανασκόπηση των ερευνών, είναι καταγραφή της διάρκειας σταθεροποίησης του ματιού σε ένα συγκεκριμένο σημείο.

Δύο μέθοδοι που σχετίζονται με τις μετρήσεις σχετικά με το δέρμα εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία, η ηλεκτροδερματική δραστηριότητα (EDA) και η γαλβανική απόκριση του δέρματος (GSR). Από τη συστηματική ανασκόπηση προέκυψε μόνο μία έρευνα που χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη μέθοδο και μάλιστα σε συνδυασμό με τη μέτρηση αρτηριακής πίεσης και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (Derbali et al, 2011).

Τέλος, η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε και το ηλεκτρομυογράφημα (EMG) ως μέθοδο καταγραφής γνωστικών λειτουργιών, για την οποία ωστόσο η ανασκόπηση δεν εντόπισε καμία έρευνα. Αντίθετα, από την ανασκόπηση εντοπίστηκαν τρεις έρευνες που χρησιμοποιούν μεθόδους που δεν αναφέρονται στην βιβλιογραφία που μελετήθηκε, τις μετρήσεις σιέλου (Aliyari et al., 2021) και δύο που αφορούν στον έλεγχο της αναπνοής (Van Hove et al., 2020; Denot et al., 1998).

## **4.2 Ποια τα πλεονεκτήματα και ποιοι οι περιορισμοί των μεθόδων**

### **αυτών; Πώς αντιμετωπίζονται οι περιορισμοί από τους ερευνητές;**

Αναφορικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι όλες οι μέθοδοι έχουν κάποια πλεονεκτήματα και κάποιους περιορισμούς. Ωστόσο, όλες οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται, για να μετρήσουν τις γνωστικές λειτουργίες της προσοχής, της μνήμης ή του γνωστικού φόρτου χωρίς να παρατηρείται κάποια στατιστικά σημαντική τάση που να συσχετίζει κάποια συγκεκριμένη μέθοδο με κάποια συγκεκριμένη γνωστική λειτουργία αντίστοιχα.

Αναλυτικότερα, σε ό, τι αφορά τις εγκεφαλικές μετρήσεις, αυτές θεωρούνται ως ιδιαίτερα αξιόπιστη πηγή πληροφοριών αναφορικά με τις γνωστικές διεργασίες, καθώς ο εγκέφαλος είναι το όργανο στο οποίο συμβαίνουν πρωτογενώς οι αντιδράσεις απέναντι σε συγκεκριμένα ερεθίσματα (Mikropoulos et al, 2004). Η εκτεταμένη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου στις έρευνες που ανασκοπήθηκαν (41,3 %) επιβεβαιώνει τον ανωτέρω ισχυρισμό. Επιπλέον, οι σύγχρονες συσκευές ΗΕΓ είναι φορητές και μετατρέπουν τις μετρήσεις τους αυτόματα σε ψηφιακή μορφή που αποθηκεύεται σε έναν υπολογιστή (Haaralainen et al, 2010). Επομένως, η επεξεργασία τους γίνεται πολύ πιο εύκολα και πολύ πιο γρήγορα.

Βέβαια, υπάρχουν διάφοροι παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την εγκυρότητα της μέτρησης ενός ΗΕΓ, παράγοντες που είτε σχετίζονται αμιγώς με τον συμμετέχοντα στη μέτρηση είτε με το ίδιο το σύστημα καταγραφής. Στην πρώτη κατηγορία εμπίπτουν, για παράδειγμα οι κινήσεις του εξεταζόμενου ή η ποσότητα του ιδρώτα. Για αυτόν τον λόγο, σε πολλές μελέτες ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να περιορίσουν στο ελάχιστο τις σωματικές τους δραστηριότητες

κατά τη διεξαγωγή της μελέτης (Jakubowska et al., 2021; Khong et al., 2014; Mercier et al., 2020) Επιπρόσθετα, σε άλλη μελέτη, προκειμένου να φιλτραριστούν τα αποτελέσματα σε σχέση με τα εγκεφαλικά σήματα που παρήχθησαν λόγω της κίνησης των ματιών, έγινε μια ανεξάρτητη ανάλυση στοιχείων (Ryu et al., 2021). Ένας επιπλέον περιορισμός σχετίζεται με την υπερβολική παροχή ρεύματος, τη διακύμανση της αντίστασης των ηλεκτροδίων και, γενικά, με θέματα ατελειών στη συνδεσιμότητα. Προκειμένου, λοιπόν, να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή εγκυρότητα στη μέτρηση χρησιμοποιούνται φίλτρα ή/ και ενισχυτές σήματος. Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι η ύπαρξη θορύβου εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την καταγραφή των σημάτων (Κουτσούρης, 2000). Λαμβάνοντας υπόψη τον συγκεκριμένο περιορισμό, πολλοί ερευνητές επέλεξαν ένα ήσυχο δωμάτιο στο οποίο δεν υπήρχαν ερεθίσματα, για να αποσπάσουν την προσοχή των συμμετεχόντων (Thomas et al., 2013) ενώ άλλοι ερευνητές πρόσθεσαν στην παραπάνω συνθήκη χαμηλό φωτισμό και αναπαικτικές πολυθρόνες (Iliadou et al., 2021; Turoman et al., 2021).

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η εξοικείωση του εξεταζόμενου με συγκεκριμένες διαδικασίες μπορεί να οδηγήσει σε ανακριβή αποτελέσματα, καθώς τα ερεθίσματα δε θα αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα, ακριβώς λόγω της εξοικείωσης (Κουτσούρης, 2000). Για να αποφύγουν αυτόν τον κίνδυνο οι Alchalabi et al. (2018) ζήτησαν από τους συμμετέχοντες να παίξουν αρχικά ένα διαφορετικό παιχνίδι έτσι, ώστε να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα της μέτρησης λόγω της εξοικείωσής τους με το παιχνίδι της πειραματικής μελέτης τους.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η διαμεσολάβηση του κρανίου εξασθενεί κατά πολύ τα σήματα που φτάνουν τελικά στον εγκεφαλογράφο γεγονός που καθιστά απαραίτητη την κατά το δυνατόν πυκνότερη κάλυψη του κεφαλιού με ηλεκτρόδια έτσι, ώστε η μέτρηση να είναι ακριβής και αξιόπιστη (Κουτσούρης et al., 2003). Παρόλα αυτά ο συγκεκριμένος περιορισμός δε φαίνεται να απασχολεί ιδιαίτερα τους ερευνητές, καθώς μόνο σε έξι μελέτες χρησιμοποιήθηκαν 14 κανάλια καταγραφής και πάνω (Aliyari et al., 2021; Aliyari et al., 2018; Gupta et al., 2016; Maclin et al., 2011; Hazarika et al., 2020; Smith et al., 1999) ενώ στις υπόλοιπες έρευνες χρησιμοποιήθηκαν από 2 έως 10 κανάλια μέτρησης.

Όσον αφορά τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω των καρδιακών μετρήσεων, αυτά επηρεάζονται από παραμέτρους όπως τα συναισθήματα και τη φυσική δραστηριότητα και, επομένως, η ανάλυση των μετρήσεων πρέπει να εμπεριέχει τεχνικές ελαχιστοποίησης αυτών των παραμέτρων και ταυτόχρονα οι συνθήκες κατά τις οποίες γίνεται η μέτρηση πρέπει να είναι ανάλογες, ώστε να προβλεφθεί η κατά το δυνατόν αποφυγή αυτών των παραμέτρων (Ayres et al, 2021). Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς οι Sousa et al (2022) μετά το πείραμά τους και πριν την εξαγωγή των δεδομένων τους ζήτησαν από τους συμμετέχοντες να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο με κλίμακα Likert, για να αξιολογηθεί η ψυχολογική (ενθουσιασμός κλπ) και σωματική (αίσθηση ζάλης) επίδραση του παιχνιδιού, προκειμένου να αποκλειστεί το ενδεχόμενο αυτές οι παράμετροι να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα. Σε παραπλήσια λογική κινήθηκαν και οι Liu et al (2019) οι οποίοι συμπεριέλαβαν στην επεξεργασία των δεδομένων τους τις δηλώσεις αυτοαξιολόγησης των συμμετεχόντων αναφορικά με τα επίπεδα άγχους κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ως ξεχωριστές μεταβλητές.

Στα πλεονεκτήματα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος συμπεριλαμβάνεται η ακρίβεια του συγκεκριμένου εργαλείου η οποία ανέρχεται σε 80%, σε ό, τι αφορά τις μετρήσεις που σχετίζονται με την προσοχή (Haaralainen et al, 2010). Παρόλα αυτά, όπως ήδη αναφέρθηκε η συστηματική ανασκόπηση των εμπειρικών έρευνων δεν επιβεβαιώνει τη συσχέτιση μεταξύ ηλεκτροκαρδιογραφήματος και γνωστικής λειτουργίας της προσοχής.

Ως προς τις μετρήσεις που συλλέγονται από τα μάτια, η αντίδραση του ματιού εξαρτάται, ταυτόχρονα με τα γνωστικά ερεθίσματα, και από τις συνθήκες φωτός (Dirican & Göktürk, 2011). Με αυτό το δεδομένο, Οι Derick et al. (2020) στην ανάλυση των δεδομένων τους έλαβαν υπόψη τα επίπεδα φωτισμού και τη θερμοκρασία. Ταυτόχρονα, το δωμάτιο διεξαγωγής του πειράματος είχε τον κατάλληλο φωτισμό και ο ανιχνευτής ήταν τοποθετημένος μακριά από τα φώτα. Τις ίδιες συνθήκες φρόντισαν να έχουν στην πειραματική τους μελέτη και οι Lee et al (2020) καθώς και οι Nizam & Law (2018)

Σχετικά με τις μετρήσεις που γίνονται στην οφθαλμική κόρη, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων πρέπει να δίνεται έμφαση στην αντανάκλαση του φωτός και στη θέση του βλέμματος (Ayres et al., 2021) και στη χρονική διάρκεια της καταγραφής

(Seeber, 2013.) Έτσι, οι Friehs et al επέλεξαν να κάνουν το πείραμά τους σε ένα δωμάτιο με φυσικό φωτισμό ενώ οι Frutos et al. (2015) χρησιμοποίησαν αποκλειστικά τα δεδομένα που προήλθαν από μετρήσεις χρονικής διάρκειας από 2 έως 5 λεπτά.

Επιπλέον, η περίμετρος της οφθαλμικής κόρης επηρεάζεται από παραμέτρους όπως ο βαθμός κούρασης. Σε κατάσταση ξεκούρασης η κόρη είναι μεγαλύτερη, ενώ ταυτόχρονα με την ηλικία ατονεί η σχέση μεταξύ γνωστικού φορτίου και διαστολής της οφθαλμικής κόρης (Seeber, 2013). Επιπρόσθετοι παράγοντες επηρεάζουν τη διαστολή της κόρης, όπως για παράδειγμα η χρήση ψυχοτρόπων ουσιών. Έτσι οι Marois et al., (2019) έλεγξαν τους 34 συμμετέχοντές τους για χρήση ψυχοτρόπων ουσιών ή καπνού για τουλάχιστον 6 ώρες πριν τη μελέτη.

Τέλος, ο ρυθμός με τον οποίο ανοιγοκλείνει κανείς τα μάτια του είναι μια μέθοδος μέτρησης πρόσφορη μόνο για συγκεκριμένες πνευματικές δραστηριότητες. Για παράδειγμα, κατά την εκτέλεση δραστηριοτήτων που σχετίζονται με εντατική οπτική επεξεργασία ο ρυθμός ανοιγοκλεισίματος των ματιών είναι συνήθως μειωμένος, χωρίς αυτό να συνεπάγεται πνευματική αδράνεια (Ayres et al., 2021). Επομένως, η χρήση της συγκεκριμένης φυσιολογικής μεθόδου μέτρησης δεν μπορεί να είναι εκτεταμένη, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τον αριθμό ερευνών που προέκυψε από την παρούσα συστηματική ανασκόπηση (3 από τις 22).

#### **4.3 Ως προς τις έρευνες που χρησιμοποίησαν το ΗΕΓ, σε ποιες θέσεις του τριχωτού της κεφαλής έγινε η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων για την συλλογή των δεδομένων που αφορούν τις διάφορες γνωστικές λειτουργίες; Και ποιες είναι οι συσκευές μέτρησης που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη έρευνα;**

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα σχετίζεται με την επιλογή συσκευών ΗΕΓ και με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στις ανάλογες θέσεις του τριχωτού της κεφαλής, προκειμένου να συλλεχθούν τα δεδομένα. Από τις 26 μελέτες που χρησιμοποίησαν εγκεφαλικές μετρήσεις είτε αποκλειστικά είτε σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους

μέτρησης οι 9 (34,6%) χρησιμοποίησαν τη συσκευή Eroc Emotiv ή Eroc Emotiv+, προκειμένου να συλλέξουν τα ηλεκτροεγκεφαλικά δεδομένα κάτι που επιβεβαιώνει και τους Cheng et al (2022). Παρόλο που η συγκεκριμένη συσκευή στη στάνταρ μορφή της αποτελείται από 14 κανάλια μέτρησης (και 16 για την Eroc Emotiv+) μόνο 3 από τις 9 έρευνες χρησιμοποίησαν και τα 16 κανάλια (Gurta et al., 2016; Aliyari., 2018; Aliyari., 2021). Οι υπόλοιπες χρησιμοποίησαν από τέσσερα έως δέκα ηλεκτρόδια. Σε όλες τις μελέτες, ωστόσο, οι στάνταρ θέσεις που αξιοποιήθηκαν, για να εξαχθούν δεδομένα σχετικά με τη μνήμη και την προσοχή ήταν τουλάχιστον οι AF3, AF4, O1 και O2.

Δύο από τις συγκεκριμένες μελέτες μέτρησαν την προσοχή, στις οποίες όμως δεν αναφέρεται η θέση των ηλεκτροδίων, και μία μέτρησε τα επίπεδα προσοχής μαζί με τη μνήμη και τη δυνατότητα συγκέντρωσης (Mondéjar et al., 2019). Σε αυτήν την τελευταία μελέτη, τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στις θέσεις AF3, FC6, P7 και O2. Επομένως, και από τη συγκεκριμένη μελέτη εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι θέσεις AF3 και O2 συνδέονται με τις μετρήσεις που αφορούν σε δεδομένα σχετικά με τη μνήμη και την προσοχή. Τέλος σε σχέση με τη μνήμη, στην έρευνα των Iliadou et al. (2021), στην οποία χρησιμοποιήθηκε φορέσιμη συσκευή ξηρού βιοαισθητήρα, τοποθετήθηκε μόνο ένα ηλεκτρόδιο στη θέση Fp1.

Από τις υπόλοιπες, στην έρευνα των Maclin et al (2011) υπήρξε η πυκνότερη κάλυψη με ηλεκτρόδια προκειμένου να διερευνηθεί η προσοχή. Οι Ryu et al (2021) επίσης μελέτησαν την προσοχή με τον ίδιο εγκεφαλογράφο 64 καναλιών αλλά τα ηλεκτρόδια ήταν λιγότερα και τοποθετήθηκαν στο σύνολό τους στο εμπρόσθιο μέρος του κεφαλιού. Σε σχέση με την προσοχή, βέβαια, οι Mercier et al. (2020) τοποθέτησαν τα ηλεκτρόδια του ψηφιακού ηλεκτροεγκεφαλογράφου που χρησιμοποίησαν στις θέσεις FZ, TP9 και TP10 ενώ οι Israsena et al. (2021) στις θέσεις Fp1 και Fp2. Το ίδιο ισχύει και για την έρευνα των Knols et al. (2017). Οι παραπάνω θέσεις των ηλεκτροδίων για τη μέτρηση της προσοχής, ωστόσο, δε χρησιμοποιούνται καθόλου στην έρευνα των Cowley et Ravaja (2014) ενώ στην έρευνα των Hazarika et Dasgupta (2020) αποτελούν δύο από τις τριάντα δύο θέσεις στις οποίες τοποθέτησαν τα ηλεκτρόδια νερού που χρησιμοποίησαν για τις μετρήσεις τους.



#### 4.4 Συμπέρασμα

Οι πλέον διαδεδομένες φυσιολογικές μέθοδοι καταγραφής των γνωστικών λειτουργιών είναι αυτές που σχετίζονται με τις εγκεφαλικές και οφθαλμικές μετρήσεις. Άλλες φυσιολογικές μέθοδοι καταγραφής των γνωστικών λειτουργιών αξιοποιούν δεδομένα από μετρήσεις της καρδιάς, της αναπνοής και του δέρματος, ενώ συνήθως είναι και η πρακτική του συνδυασμού μεθόδων, καθώς καμία μέθοδος δε φαίνεται να σχετίζεται με την αποκλειστική μέτρηση συγκεκριμένης γνωστικής διεργασίας. Οι περιορισμοί της κάθε μεθόδου σχετίζονται με εξωτερικούς παράγοντες, όπως ο θόρυβος και η ένταση του φωτός αλλά και με εσωτερικούς που αφορούν στα συναισθήματα και σε πρότερη εξοικείωση με τα δεδομένα ερεθίσματα. Ως προς την πρώτη κατηγορία παραγόντων έχουν βρεθεί τρόποι περιορισμού τους. Τέλος, αναφορικά με το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα η νέα τάση στην έρευνα είναι η χρήση της συσκευής Emotiv Eroc και Emotiv Eroc+ η οποία συλλέγει δεδομένα και από τις τέσσερις περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού. Οι ελάχιστες απαραίτητες θέσεις για την εξαγωγή δεδομένων που σχετίζονται με τη μνήμη και την προσοχή είναι οι AF3, AF4, O1 και O2, όταν χρησιμοποιούνται οι παραπάνω συσκευές μέτρησης. Σχετικά με τη μνήμη και την προσοχή, έρευνες που χρησιμοποίησαν άλλες συσκευές εγκεφαλικής μέτρησης επιβεβαίωσαν τις θέσεις AF3 και O2.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κουτσούρης, Δ. (2000). Εισαγωγή στη βιοϊατρική τεχνολογία και ανάλυση ιατρικών σημάτων, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
- Κουτσούρης, Δ., Παυλόπουλος, Σ., & Πρέντζα, Α. (2003). Εισαγωγή στη βιοϊατρική τεχνολογία και ανάλυση ιατρικών σημάτων. *εκδόσεις Τζιόλα*.
- Τσιπούρας, Μ., Γιαννακέας, Ν., Καρβούνης, Ε., & Τζάλλας, Α. (2016). Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Ανακτήθηκε στις 8 Νοεμβρίου, 2022 από <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/2984>
- Acharya, J. N., & Acharya, V. J. (2019). Overview of EEG montages and principles of localization. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 36(5), 325-329.
- Alchalabi, A. E., Elsharnouby, M., Shirmohammadi, S., & Eddin, A. N. (2017, May). Feasibility of detecting ADHD patients' attention levels by classifying their EEG signals. In *2017 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)* (pp. 314-319). IEEE.
- Alchalabi, A. E., Shirmohammadi, S., Eddin, A. N., & Elsharnouby, M. (2018). FOCUS: Detecting ADHD patients by an EEG-based serious game. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 67(7), 1512-1520.
- Aliyari, H., Sahraei, H., Erfani, M., Mohammadi, M., Kazemi, M., Daliri, M. R., ... & Farajdokht, F. (2018). Alterations of Cognitive Functions Following Violent and Football Video Games in Young Male Volunteers: By Studying Brain Waves. *Basic and clinical neuroscience*.
- Aliyari, H., Sahraei, H., Golabi, S., Kazemi, M., Daliri, M. R., & Minaei-Bidgoli, B. (2021). The Effect of Brain Teaser Games on the Attention of Players Based on Hormonal and Brain Signals Changes. *Basic and Clinical Neuroscience*, 12(5), 587.
- Antoniou, P. E., Arfaras, G., Pandria, N., Athanasiou, A., Ntakakis, G., Babatsikos, E., ... & Bamidis, P. (2020). Biosensor real-time affective analytics in virtual and mixed reality medical education serious games: cohort study. *JMIR Serious Games*, 8(3), e17823.
- Ayres, P., Lee, J. Y., Paas, F., & van Merriënboer, J. J. (2021). The validity of physiological measures to identify differences in intrinsic cognitive load. *Frontiers in Psychology*, 12.
- Baldwin, C. L., & Cisler, D. S. (2017). Neuroergonomic Methods of Assessing Learning. In *Cognitive Load Measurement and Application* (pp. 240-262). Routledge.

- Baumeister, J., Barthel, T., Geiss, K. R. & Weiss, M. (2008). Influence of phosphatidylserine on cognitive performance and cortical activity after induced stress. *Nutritional Neuroscience*, 11(3):103–110.
- Belle, A., Hargraves, R. H., & Najarian, K. (2012). An automated optimal engagement and attention detection system using electrocardiogram. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2012.
- Brand, J., Lansigan, R. K., Thomas, N., Emond, J., & Gilbert-Diamond, D. (2021). Completing a Sustained Attention Task Is Associated With Decreased Distractibility and Increased Task Performance Among Adolescents With Low Levels of Media Multitasking. *Frontiers in Psychology*, 12.
- Cabañero, L., Hervás, R., González, I., Fontecha, J., Mondéjar, T., & Bravo, J. (2020). Characterisation of mobile-device tasks by their associated cognitive load through EEG data processing. *Future Generation Computer Systems*, 113, 380-390.
- Cheng, B., Fan, C., Fu, H., Huang, J., Chen, H., & Luo, X. (2022). Measuring and computing cognitive statuses of construction workers based on electroencephalogram: a critical review. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*.
- Cowley, B., & Ravaja, N. (2014). Learning in balance: Using oscillatory EEG biomarkers of attention, motivation and vigilance to interpret game-based learning. *Cogent Education*, 1(1), 962236.
- Cowley, B., Ravaja, N., & Heikura, T. (2013). Cardiovascular physiology predicts learning effects in a serious game activity. *Computers & Education*, 60(1), 299-309.
- Dawi, N. M., Kuca, K., Krejcar, O., & Namazi, H. (2021). Complexity and memory-based comparison of the brain activity between ADHD and healthy subjects while playing a serious game. *Fractals*, 29(05), 2150202.
- De Gloria, A., Bellotti, F., & Berta, R. (2014). Serious Games for education and training. *International Journal of Serious Games*, 1(1).
- Delvigne, V., Wannous, H., Dutoit, T., Ris, L., & Vandeborre, J. P. (2021). Phydaa: Physiological dataset assessing attention. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 32(5), 2612-2623.

- Denot-Ledunois, S., Vardon, G., Perruchet, P., & Gallego, J. (1998). The effect of attentional load on the breathing pattern in children. *International journal of psychophysiology*, 29(1), 13-21.
- Derbali, L., Chalfoun, P., & Frasson, C. (2011, June). Assessment of learners' attention while overcoming errors and obstacles: an empirical study. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 39-46). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Derbali, L., & Frasson, C. (2012). Assessment of learners' motivation during interactions with serious games: A study of some motivational strategies in food-force. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2012.
- Derick, L. R., Gabriel, G. S., Máximo, L. S., Olivia, F. D., Noé, C. S., & Juan, O. R. (2020, November). Study of the user's eye tracking to analyze the blinking behavior while playing a video game to identify cognitive load levels. In *2020 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)* (Vol. 4, pp. 1-5). IEEE.
- Dirican, A. C., & Göktürk, M. (2011). Psychophysiological measures of human cognitive states applied in human computer interaction. *Procedia Computer Science*, 3, 1361-1367.
- Dohan, M., & Mu, M. (2019, June). Understanding user attention in vr using gaze controlled games. In *Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video* (pp. 167-173).
- Durand-Rivera, J. A., & Martínez-González, C. L. (2020). Usability evaluation of a tangible user interface and serious game for identification of cognitive deficiencies in preschool children. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(6).
- Elliott, M. L., Knodt, A. R., Ireland, D., Morris, M. L., Poulton, R., Ramrakha, S., ... & Hariri, A. R. (2020). What is the test-retest reliability of common task-functional MRI measures? New empirical evidence and a meta-analysis. *Psychological Science*, 31(7), 792-806.
- Fietz, J., Pöhlchen, D., Binder, F. P., BeCOME Working Group, Czisch, M., Sämann, P. G., & Spormaker, V. I. (2022). Pupillometry tracks cognitive load and salience network activity in a working memory functional magnetic resonance imaging task. *Human brain mapping*, 43(2), 665-680.
- Finke, E. H., Wilkinson, K. M., & Hickerson, B. D. (2017). Social referencing gaze behavior during a videogame task: Eye tracking evidence from children with and without ASD. *Journal of autism and developmental disorders*, 47(2), 415-423.

- De Freitas, S. (2006). Learning in immersive worlds. London: Joint Information Systems Committee, 3-71.
- Friebs, M. A., Dechant, M., Vedress, S., Frings, C., & Mandryk, R. L. (2020). Effective gamification of the stop-signal task: two controlled laboratory experiments. *JMIR Serious Games*, 8(3), e17810.
- Frutos-Pascual, M., & Garcia-Zapirain, B. (2015). Assessing visual attention using eye tracking sensors in intelligent cognitive therapies based on serious games. *Sensors*, 15(5), 11092-11117.
- Frutos-Pascual, M., García-Zapirain, B., & Mehdi, Q. H. (2015, July). Where do they look at? Analysis of gaze interaction in children while playing a puzzle game. In *2015 Computer Games: AI, Animation, Mobile, Multimedia, Educational and Serious Games (CGAMES)* (pp. 103-106). IEEE.
- García-Baos, A., Tomas, D., Oliveira, I., Collins, P., Echevarria, C., Zapata, L. P., ... & Super, H. (2019). Novel interactive eye-tracking game for training attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *The primary care companion for CNS disorders*, 21(4), 26348.
- Goldberg JH, Wichansky AM (2003) Eye tracking in usability evaluation: a practitioner's guide. In: Hyönä J, Radach R, Deubel H (eds) *The mind's eye: cognitive and applied aspects of eye movement research*. North-Holland, Amsterdam, pp 493–516
- Grover, P., & Venkatesh, P. (2016). An information-theoretic view of EEG sensing. *Proceedings of the IEEE*, 105(2), 367-384.
- Gupta, S., Coles, T., Dumas, C., McBride, S. J., & Bradford, D. (2016, May). Gamer style: performance factors in Gamified simulation. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2014-2025).
- Haapalainen, E., Kim, S., Forlizzi, J. F., & Dey, A. K. (2010, September). Psycho-physiological measures for assessing cognitive load. In *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing* (pp. 301-310).
- Hansen, D. W., & Majaranta, P. (2012). Basics of camera-based gaze tracking. In *Gaze interaction and applications of eye tracking: Advances in assistive technologies* (pp. 21-26). IGI Global.
- Hazarika, J., & Dasgupta, R. (2020). Neural correlates of action video game experience in a visuospatial working memory task. *Neural Computing and Applications*, 32(8), 3431-3440.
- Hazarika, J., Kant, P., Dasgupta, R., & Laskar, S. H. (2019). EEG Wavelet Coherence Based Analysis of Neural Connectivity in Action Video Game Players in

Attention Inhibition and Short-term Memory-retention Task. *Recent Advances in Electrical & Electronic Engineering (Formerly Recent Patents on Electrical & Electronic Engineering)*, 12(4), 324-338.

Holm, S. K., Häikiö, T., Olli, K., & Kaakinen, J. K. (2021). Eye Movements during Dynamic Scene Viewing are Affected by Visual Attention Skills and Events of the Scene: Evidence from First-Person Shooter Gameplay Videos. *Journal of Eye Movement Research*, 14(2).

Huettel, S. A., Song, A. W., & McCarthy, G. (2009) *Functional Magnetic Resonance Imaging*, 2nd ed., Sinauer Associates, Massachusetts.

Iliadou, P., Paliokas, I., Zygouris, S., Lazarou, E., Votis, K., Tzovaras, D., & Tsolaki, M. (2021). A comparison of traditional and serious game-based digital markers of cognition in older adults with mild cognitive impairment and healthy controls. *Journal of Alzheimer's disease*, 79(4), 1747-1759.

Israsena, P., Jirayucharoensak, S., Hemrungronj, S., & Pan-Ngum, S. (2021). Brain exercising games with consumer-grade single-channel electroencephalogram neurofeedback: pre-post intervention study. *JMIR Serious Games*, 9(2), e26872.

Iyer, R. S., & Orji, R. (2020, August). Cognitive load in Games for Health-A discussion. In 2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH) (pp. 1-5). IEEE.

Izzetoglu, K., Bunce, S., Onaral, B., Pourrezaei, K., & Chance, B. (2004) 'Functional Optical Brain Imaging Using Near-Infrared During Cognitive Tasks', *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 17, No. 2, pp.211–227.

Jacob, R. J., & Karn, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In *The mind's eye* (pp. 573-605). North-Holland.

Jakubowska, N., Dobrowolski, P., Binkowska, A. A., Arslan, I. V., Myśliwiec, M., & Brzezicka, A. (2021). Psychophysiological, but Not Behavioral, Indicator of Working Memory Capacity Predicts Video Game Proficiency. *Frontiers in Human Neuroscience*, 666.

Jakubowska, N., Dobrowolski, P., Rutkowska, N., Skorko, M., Myśliwiec, M., Michalak, J., & Brzezicka, A. (2021). The role of individual differences in attentional blink phenomenon and real-time-strategy game proficiency. *Heliyon*, 7(4), e06724.

- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 10, 370-375.
- Jerčić, P., Sennersten, C., & Lindley, C. (2020). Modeling cognitive load and physiological arousal through pupil diameter and heart rate. *Multimedia Tools and Applications*, 79(5), 3145-3159.
- Jurcak, V., Tsuzuki, D., & Dan, I. (2007). 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: their validity as relative head-surface-based positioning systems. *Neuroimage*, 34(4), 1600-1611.
- Khong, A., Jiangnan, L., Thomas, K. P., & Vinod, A. P. (2014, October). BCI based multi-player 3-D game control using EEG for enhancing attention and memory. In *2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 1847-1852). IEEE.
- Kiefer, P., Giannopoulos, I., Raubal, M., & Duchowski, A. (2017). Eye tracking for spatial research: Cognition, computation, challenges. *Spatial Cognition & Computation*, 17(1-2), 1-19.
- Knols, R. H., Swanenburg, J., De Bon, D., Gennaro, F., Wolf, M., Krüger, B., ... & De Bruin, E. D. (2017). Investigating the usability and acute effects of a bedside video console to prefrontal cortical activity alterations: a preclinical study in healthy elderly. *Frontiers in systems neuroscience*, 11, 85.
- Krebs, C., Falkner, M., Niklaus, J., Persello, L., Klöppel, S., Nef, T., & Urwyler, P. (2021). Application of Eye Tracking in Puzzle Games for Adjunct Cognitive Markers: Pilot Observational Study in Older Adults. *JMIR serious games*, 9(1), e24151.
- Lamb, R., Antonenko, P., Etopio, E., & Seccia, A. (2018). Comparison of virtual reality and hands on activities in science education via functional near infrared spectroscopy. *Computers & Education*, 124, 14-26.
- Lamb, R. L., Annetta, L., Firestone, J., & Etopio, E. (2018). A meta-analysis with examination of moderators of student cognition, affect, and learning outcomes while using serious educational games, serious games, and simulations. *Computers in Human Behavior*, 80, 158-167.
- Law, E. L. C. (2012, July). Evaluating the Learning Effect of Adaptive Digital Educational Games with Eye-Tracking. In *2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 656-657). IEEE.
- Lee, J. Y., Donkers, J., Jarodzka, H., Sellenraad, G., & Van Merriënboer, J. J. (2020). Different effects of pausing on cognitive load in a medical simulation game. *Computers in Human Behavior*, 110, 106385.

- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., ... & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of clinical epidemiology*, *62*(10), e1-e34.
- Liu, S., Kaufmann, C., Labadie, C., Ströhle, A., Kuschpel, M. S., Garbusow, M., ... & Heinzl, S. (2019). Short-term effects of video gaming on brain response during working memory performance. *Plos one*, *14*(10), e0223666.
- Maclin, E. L., Mathewson, K. E., Low, K. A., Boot, W. R., Kramer, A. F., Fabiani, M., & Gratton, G. (2011). Learning to multitask: effects of video game practice on electrophysiological indices of attention and resource allocation. *Psychophysiology*, *48*(9), 1173-1183.
- Majaranta, P., & Bulling, A. (2014). Eye tracking and eye-based human–computer interaction. In *Advances in physiological computing* (pp. 39-65). Springer, London.
- Marco, G., Alberto, B., & Taian, V. (2017). Surface EMG and muscle fatigue: multi-channel approaches to the study of myoelectric manifestations of muscle fatigue. *Physiological measurement*, *38*(5), R27.. Surface EMG and muscle fatigue: multi-channel approaches to the study of myoelectric manifestations of muscle fatigue. *Physiological measurement*, *38*(5), R27.
- Marois, A., Marsh, J. E., & Vachon, F. (2019). Is auditory distraction by changing-state and deviant sounds underpinned by the same mechanism? Evidence from pupillometry. *Biological Psychology*, *141*, 64-74.
- Matsuda, G., & Hiraki, K. (2006) ‘Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: a NIRS study of children’, *NeuroImage*, Vol. 29, No. 3, pp.706– 711.
- Mele, M. L., & Federici, S. (2012). A psychotechnological review on eye-tracking systems: towards user experience. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, *7*(4), 261-281.
- Mercier, J., Avaca, I. L., Whissell-Turner, K., Paradis, A., & Mikropoulos, T. A. (2020, July). Agency affects learning outcomes with a serious game. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 267-278). Springer, Cham.
- Mercier, J., Whissell-Turner, K., Paradis, A., & Avaca, I. (2020, December). Good Vibrations: Tuning a Systems Dynamics Model of Affect and Cognition in Learning to the Appropriate Frequency Bands of Fine-Grained Temporal Sequences of Data: Frequency Bands of Affect and Cognition. In *9th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion* (pp. 194-202).



- Mikropoulos, T. A., Tzimas, E., & Dimou, G. E. (2004). Objective presence measures through electric brain activity. *EXPLORING THE SENSE OF PRESENCE*, 259.
- Mondéjar, T., Hervás, R., Johnson, E., Gutiérrez-López-Franca, C., & Latorre, J. M. (2019). Analyzing EEG waves to support the design of serious games for cognitive training. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(6), 2161-2174.
- Mondéjar, T., Hervás, R., Latorre, J. M., Diaz, I. G., & Bravo, J. (2016, November). Analysis of EEG frequency bands during typical mechanics of platform-videogames. In *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence* (pp. 306-317). Springer, Cham.
- Moreira, V., & Okimoto, M. L. (2018, July). The relation of attention between player profiles: A study on the eye-tracking and profile brainHex. In *International conference on applied human factors and ergonomics* (pp. 425-434). Springer, Cham.
- Nagamitsu, S., Nagano, M., Yamashita, Y., Takashima, S., & Matsuishi, T. (2006) 'Prefrontal cerebral blood volume patterns while playing video games--a near-infrared spectroscopy study', *Brain & development*, Vol. 28, No. 5, pp.315–321.
- Nagendra, H., Kumar, V., & Mukherjee, S. (2017). Evaluation of cognitive behavior among deaf subjects with video game as intervention. *Cognitive Systems Research*, 42, 42-57.
- Ninaus, M., Kiili, K., Wood, G., Moeller, K., & Kober, S. E. (2020). To add or not to add game elements? Exploring the effects of different cognitive task designs using eye tracking. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 847-860.
- Nizam, D. N. M., & Law, E. L. C. (2018). In the eyes of young children: A study on focused attention to digital educational games.
- Olsen, J. K., Ozgur, A. G., Sharma, K., & Johal, W. (2022). Leveraging eye tracking to understand children's attention during game-based, tangible robotics activities. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 31, 100447.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., and Van Gerven, P. W. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educ. Psychol.* 38, 63–71.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews*, 10(1), 1-11.

- Paletta, L., Fellner, M., Pszeida, M., Lerch, A., Kemp, C., Pittino, L., ... & Künstner, M. (2018, June). Playful multimodal training for persons with dementia with executive function based decision support. In *Proceedings of the 11th Pervasive Technologies Related to Assistive Environments Conference* (pp. 237-240)
- M. Prensky, "Digital game-based learning," New York: McGraw-Hill, 2001
- Rebolledo-Mendez, G., de Freitas, S., Rojano-Caceres, J. R., & Garcia-Gaona, A. R. (2010, May). An empirical examination of the relation between attention and motivation in computer-based education: A modeling approach. In *Twenty-Third International FLAIRS Conference*.
- Rosa, P. J., Morais, D., Oliveira, J., Gamito, P., Smyth, O., & Pavlovic, M. (2015, October). Assessment of attentional and mnesic processes through gaze tracking analysis: inferences from comparative search tasks embedded in VR serious games. In *International Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques* (pp. 26-34). Springer, Cham.
- Ryu, K., Kim, Y., Kim, J., & Woo, M. (2021). False accusation of online games: Internet gaming can enhance the cognitive flexibility of adolescents. *Asian Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1(2), 116-121.
- Sahayadhas, A., Sundaraj, K., Murugappan, M., & Palaniappan, R. (2015). A physiological measures-based method for detecting inattention in drivers using machine learning approach. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 35(3), 198-205.
- Seeber, K. G. (2013). Cognitive load in simultaneous interpreting: Measures and methods. *Target. International Journal of Translation Studies*, 25(1), 18-32.
- Smith, M. E., McEvoy, L. K., & Gevins, A. (1999). Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cognitive Brain Research*, 7(3), 389-404.
- Solhjo, S., Haigney, M. C., McBee, E., van Merriënboer, J. J., Schuwirth, L., Artino, A. R., ... & Durning, S. J. (2019). Heart rate and heart rate variability correlate with clinical reasoning performance and self-reported measures of cognitive load. *Scientific reports*, 9(1), 1-9.
- Sousa, C. V., Hwang, J., Cabrera-Perez, R., Fernandez, A., Misawa, A., Newhook, K., & Lu, A. S. (2022). Active video games in fully immersive virtual reality elicit moderate-to-vigorous physical activity and improve cognitive performance in sedentary college students. *Journal of Sport and Health Science*, 11(2), 164-171.

- Stenfors, C. U., Hanson, L. M., Theorell, T., & Osika, W. S. (2016). Executive cognitive functioning and cardiovascular autonomic regulation in a population-based sample of working adults. *Frontiers in Psychology, 7*, 1536.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation 93*, 1043–1065. doi: 10.1161/01.cir.93.5.1043
- Telkemeyer, S., Rossi, S., Nierhaus, T., Steinbrink, J., Obrig, H., & Wartenburger, I. (2011) 'Acoustic processing of temporally modulated sounds in infants: evidence from a combined near-infrared spectroscopy and EEG study', *Frontiers in psychology, Vol.2*, pp.1-14.
- Thomas, K. P., Vinod, A. P., & Guan, C. (2013, July). Design of an online EEG based neurofeedback game for enhancing attention and memory. In *2013 35th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC)* (pp. 433-436). IEEE.
- Tian, L., Zimmerman, B., Akhtar, A., Yu, K. J., Moore, M., Wu, J., ... & Rogers, J. A. (2019). Large-area MRI-compatible epidermal electronic interfaces for prosthetic control and cognitive monitoring. *Nature biomedical engineering, 3*(3), 194-205.
- Tsai, M. J., Huang, L. J., Hou, H. T., Hsu, C. Y., & Chiou, G. L. (2016). Visual behavior, flow and achievement in game-based learning. *Computers & Education, 98*, 115-129.
- Turoman, N., Tivadar, R. I., Retsa, C., Maillard, A. M., Scerif, G., & Matusz, P. J. (2021). The development of attentional control mechanisms in multisensory environments. *Developmental cognitive neuroscience, 48*, 100930.
- Van Hove, O., Van Muylem, A., Andrianopoulos, V., Leduc, D., Feipel, V., Deboeck, G., & Bonnechère, B. (2020). The use of cognitive mobile games to assess the interaction of cognitive function and breath-hold. *Respiratory physiology & neurobiology, 274*, 103359.
- Villringer, A., & Chance, B. (1997). Non-invasive optical spectroscopy and imaging of human brain function. *Trends in neurosciences, 20*(10), 435-442.
- Wu, C. L., Lin, T. J., Chiou, G. L., Lee, C. Y., Luan, H., Tsai, M. J., ... & Tsai, C. C. (2021). A systematic review of MRI neuroimaging for education research. *Frontiers in psychology, 12*, 617599.
- Yeonjoo, L. J. (2019). van Merriënboer Jeroen JG. 2019. *How prior knowledge affects problem-solving performance in a medical simulation game: Using game-logs and eye-tracking. Computers in Human Behavior, 99*, 268-277.

Zagermann, J., Pfeil, U., & Reiterer, H. (2016, October). Measuring cognitive load using eye tracking technology in visual computing. In Proceedings of the sixth workshop on beyond time and errors on novel evaluation methods for visualization (pp. 78-85).

Zhonggen, Y. (2019). A meta-analysis of use of serious games in education over a decade. *International Journal of Computer Games Technology*, 2019.

Zhu, X., & Aryadoust, V. (2022). A Synthetic Review of Cognitive Load in Distance Interpreting: Toward an Explanatory Model. *Frontiers in Psychology*, 3535.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3 PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
<b>TITLE</b>			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
<b>ABSTRACT</b>			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
<b>METHODS</b>			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
		results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
<b>RESULTS</b>			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
biases		biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
<b>DISCUSSION</b>			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
<b>OTHER INFORMATION</b>			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

Πηγή: <https://www.prisma-statement.org//>

#### Πίνακας 4 Αποτελέσματα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΧΡΟΝΙΑ	ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ	ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ
Derick, L. R., Gabriel, G. S., Máximo, L. S., Olivia, F. D., Noé, C. S., & Juan, O. R. (2020, November).	IEEExplore	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	Γνωστικός φόρτος	10
Ninaus, M., Kiili, K.,	IEEExplore	Καταγραφή	συγκέντρωση	42

Wood, G., Moeller, K., & Kober, S. E. (2020).		κινήσεων των ματιών	προσοχής	
Alchalabi, A. E., Shirmohammadi, S., Eddin, A. N., & Elsharnouby, M. (2018).	IEEEXplore	HEG	προσοχή	5
Frutos-Pascual, M., García-Zapirain, B., & Mehdi, Q. H. (2015, July).	IEEEXplore	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	63
Khong, A., Jiangnan, L., Thomas, K. P., & Vinod, A. P. (2014, October)	IEEEXplore	HEG	προσοχή	3
Thomas, K. P., Vinod, A. P., & Guan, C. (2013, July).	IEEEXplore	HEG	προσοχή	5
Law, E. L. C. (2012, July).	IEEEXplore	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	11
Krebs, C., Falkner, M., Niklaus, J., Persello, L., Klöppel, S., Nef, T., & Urwyler, P. (2021).	PubMed	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	ανάκληση γνώσεων/ συγκέντρωση προσοχής	13
García-Baos, A., Tomas, D., Oliveira, I., Collins, P., Echevarria, C., Zapata, L. P., ... & Super, H. (2019).	PubMed	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	διάσπαση προσοχής	28
Brand, J., Lansigan, R. K., Thomas, N., Emond, J., & Gilbert-Diamond, D. (2021).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	96
Delvigne, V., Wannous, H., Dutoit, T., Ris, L., & Vandeborre, J. P. (2021).	Scopus	HEG/ Καταγραφή κινήσεων των ματιών	διάσπαση προσοχής	32
Sousa, C. V., Hwang,	Scopus	Καρδιαγγειακή	μνήμη	29

J., Cabrera-Perez, R., Fernandez, A., Misawa, A., Newhook, K., & Lu, A. S. (2022).		μέτρηση		
Aliyari, H., Sahraei, H., Golabi, S., Kazemi, M., Daliri, M. R., & Minaei-Bidgoli, B. (2021).	Scopus	HEΓ /μετρητής σιέλου	αντιληπτική ικανότητα/ συγκέντρωση προσοχής	40
Dawi, N. M., Kuca, K., Krejcar, O., & Namazi, H. (2021).	Scopus	HEΓ	προσοχή/ μνήμη	9
Holm, S. K., Häikiö, T., Olli, K., & Kaakinen, J. K. (2021).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	38
Iliadou, P., Paliokas, I., Zygouris, S., Lazarou, E., Votis, K., Tzovaras, D., & Tsolaki, M. (2021).	Scopus	HEΓ	Μνήμη	76
Israsena, P., Jirayucharoensak, S., Hemrungronj, S., & Pan-Ngum, S. (2021).	Scopus	HEΓ	Μνήμη	35
Jakubowska, N., Dobrowolski, P., Binkowska, A. A., Arslan, I. V., Myśliwiec, M., & Brzezicka, A. (2021).	Scopus	HEΓ	οπτική μνήμη εργασίας	62
Turoman, N., Tivadar, R. I., Retsa, C., Maillard, A. M.,	Scopus	HEΓ	συγκέντρωση προσοχής	154



Scerif, G., & Matusz, P. J. (2021).				
Aliyari, H., Sahraei, H., Erfani, M., Mohammadi, M., Kazemi, M., Daliri, M. R., ... & Farajdokht13, F. (2018).	Scopus	HEΓ/ μετρήση σιέλου	συγκέντρωση προσοχής	64
Antoniou, P. E., Arfaras, G., Pandria, N., Athanasiou, A., Ntakakis, G., Babatsikos, E., ... & Bamidis, P. (2020).	Scopus	HEΓ/ ECD/ EDA	συγκέντρωση προσοχής/ λήψη αποφάσεων	11
Friehs, M. A., Dechant, M., Vedress, S., Frings, C., & Mandryk, R. L. (2020).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	30
Hazarika, J., & Dasgupta, R. (2020).	Scopus	HEΓ	οπτικοχωρική μνήμη εργασίας	35
Jerčić, P., Sennersten, C., & Lindley, C. (2020).	Scopus	Καρδιοαγγειακή μέτρηση/ Καταγραφή κινήσεων των ματιών	γνωστικός φόρτος/ συγκέντρωση προσοχής	21
Lee, J. Y., Donkers, J., Jarodzka, H., Sellenraad, G., & Van Merriënboer, J. J. (2020).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	η συμβολή των διαλειμμάτων στη γνωστική επίδοση	70
Mercier, J., Avaca, I. L., Whissell-Turner, K., Paradis, A., & Mikropoulos, T. A.	Scopus	HEΓ	γνωστικός φόρτος	74

(2020, July).				
Mercier, J., Whissell-Turner, K., Paradis, A., & Avaca, I. (2020, December).	Scopus	HEΓ	γνωστικός φόρτος/ συγκέντρωση προσοχής	74
Durand-Rivera, J. A., & Martínez-González, C. L. (2020).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	προσοχή/ μνήμη	18
Dohan, M., & Mu, M. (2019, June).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	16
Hazarika, J., Kant, P., Dasgupta, R., & Laskar, S. H. (2019).	Scopus	HEΓ	συγκέντρωση προσοχής/ μνήμη	35
Lee, J. Y., Donkers, J., Jarodzka, H., & van Merriënboer, J. J. G. (2019).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	γνωστικός φόρτος	46
Liu, S., Kaufmann, C., Labadie, C., Ströhle, A., Kuschpel, M. S., Garbusow, M., ... & Heinzl, S. (2019).	Scopus	ECD	μνήμη (εργασίας)	24
Mondéjar, T., Hervás, R., Johnson, E., Gutiérrez-López-Franca, C., & Latorre, J. M. (2019).	Scopus	HEΓ	συγκέντρωση/ προσοχή/ μνήμη	10
Moreira, V., & Okimoto, M. L. (2018, July).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	Δ.Α.
Nizam, D. N. M., & Law, E. L. C. (2018).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	94

Paletta, L., Fellner, M., Pszeida, M., Lerch, A., Kemp, C., Pittino, L., ... & Künstner, M. (2018, June).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής/ άνοια	12
Alchalabi, A. E., Elsharnouby, M., Shirmohammadi, S., & Eddin, A. N. (2017, May).	Scopus	HEΓ	συγκέντρωση προσοχής	4
Finke, E. H., Wilkinson, K. M., & Hickerson, B. D. (2017).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής/ βαθμός κοινωνικοποίησης/ αυτισμός	19
Knols, R. H., Swanenburg, J., De Bon, D., Gennaro, F., Wolf, M., Krüger, B., ... & De Bruin, E. D. (2017).	Scopus	HEΓ / fNIRS	επιλεκτική προσοχή	15
Nagendra, H., Kumar, V., & Mukherjee, S. (2017).	Scopus	HRV	συγκέντρωση προσοχής/ μνήμη	30
Rosa, P. J., Morais, D., Oliveira, J., Gamito, P., Smyth, O., & Pavlovic, M. (2015, October).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	προσοχή/ μνήμη	46
Gupta, S., Coles, T., Dumas, C., McBride, S. J., & Bradford, D. (2016, May).	Scopus	HEΓ	οπτικοχωρική προσοχή/ πνευματικός φόρτος /μνήμη	15
Mondéjar, T., Hervás, R., Latorre, J. M.,	Scopus	HEΓ	συγκέντρωση	10

Diaz, I. G., & Bravo, J. (2016, November).			προσοχής/ μνήμη	
Frutos-Pascual, M., & Garcia-Zapirain, B. (2015).	Scopus	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	32
Cowley, B., & Ravaja, N. (2014).	Scopus	HEG	προσοχή	45
Derbali, L., Chalfoun, P., & Frasson, C. (2011, June).	Scopus	Καρδιαγγειακή μέτρηση/ HEG/ δέρμα	ανάπτυξη κινήτρων/ κινητοποίηση για μάθηση	33
Derbali, L., Chalfoun, P., & Frasson, C. (2011, June).	Scopus	HEG/ ECG/ GSR	συγκέντρωση προσοχής	
Maclin, E. L., Mathewson, K. E., Low, K. A., Boot, W. R., Kramer, A. F., Fabiani, M., & Gratton, G. (2011).	Scopus	HEG	συγκέντρωση προσοχής	37
Smith, M. E., McEvoy, L. K., & Gevins, A. (1999).	Scopus	HEG	μνήμη/ προσοχή	14
Denot-Ledunois, S., Vardon, G., Perruchet, P., & Gallego, J. (1998).	Scopus	Καρδιαγγειακή μέτρηση	επικέντρωση προσοχής	10
Olsen, J. K., Ozgur, A. G., Sharma, K., & Johal, W. (2022).	Science Direct	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	επικέντρωση προσοχής	18
Jakubowska, N., Dobrowolski, P., Rutkowska, N., Skorko, M., Myśliwiec, M., Michalak, J., &	Science Direct	HEG	προσοχή	43

Brzezicka, A. (2021).				
Ryu, K., Kim, Y., Kim, J., & Woo, M. (2021).	Science Direct	HEG	διαχείριση γνωστικών παρεμβολών/ επικέντρωση προσοχής	45
Van Hove, O., Van Muylem, A., Andrianopoulos, V., Leduc, D., Feipel, V., Deboeck, G., & Bonnechère, B. (2020).	Science Direct	έλεγχος αναπνοής	αντανακλαστικά/ προσοχή/ μνήμη	31
Marois, A., Marsh, J. E., & Vachon, F. (2019).	Science Direct	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	34
Lamb, R., Antonenko, P., Etopio, E., & Seccia, A. (2018).	Science Direct	fNRIS	μνήμη	100
Tsai, M. J., Huang, L. J., Hou, H. T., Hsu, C. Y., & Chiou, G. L. (2016).	Science Direct	Καταγραφή κινήσεων των ματιών	συγκέντρωση προσοχής	22
Cowley, B., Ravaja, N., & Heikura, T. (2013).	Science Direct	HRV	νοητικός φόρτος εργασίας, μνήμη εργασίας, προσοχή	45