



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΑΣΚΑΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ ΚΝ95
ΣΤΗΝ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΑ
ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ»**

Νικόλαος Κομπιάδης

Γιάννης Τεχλικίδης

Επιβλέπων Καθηγητής: Χ.Κ. Γιαννακόπουλος

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2024

© Copyright

Νικόλαος Κομπιάδης, Γιάννης Τεχλικίδης

Σημείωμα Συγγραφέων

Το δοκίμιο αυτό αποτελεί πτυχιακή εργασία που συντάχθηκε για το Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του ΤΕΦΑΑ στη Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ και υποβλήθηκε τον Φεβρουάριο του 2024.

Οι συγγραφείς βεβαιώνουν ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΑΣΚΑΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ KN95 ΣΤΗΝ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΑ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η επιρροή της μάσκας KN95 στην οξυγόνωση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια μέγιστης αερόβιας καταπόνησης. Στόχος της έρευνας ήταν ο εντοπισμός αλλαγών της εγκεφαλικής οξυγόνωσης έπειτα από τη χρήση μάσκας κατά την διάρκεια έντονης σωματικής δραστηριότητας. Για την μέτρηση της οξυγόνωσης του εγκεφάλου χρησιμοποιήθηκε η συσκευή NIRS INVOS. Ακόμα, για τον προσδιορισμό του βαθμού της εγκεφαλικής οξυγόνωσης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης τοπικού κορεσμού του εγκεφαλικού παρεγχύματος σε οξυγόνο (rSO₂). Στην έρευνα συμμετείχαν 8 νεαροί υγιείς άντρες, αθλητές αναψυχής, ηλικίας 20-30 ετών χωρίς ιστορικό κάποιας μυοσκελετικής δυσλειτουργίας, χρόνιας πάθησής ή συστηματικής φαρμακευτικής χρήσης που να επηρεάζει την εγκεφαλική οξυγόνωση. Το δείγμα της έρευνας υποβλήθηκε 2 φορές στην πειραματική διαδικασία μέτρησης της εγκεφαλικής οξυγόνωσης κατά τη διάρκεια κόπωσης με βάση του πρωτοκόλλου Gerkin στο δαπεδοεργόμετρο. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη πειραματική διαδικασία οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν το πρωτόκολλο κόπωσης στο δαπεδοεργόμετρο. Ωστόσο, κατά τη δεύτερη πειραματική διαδικασία οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν το πρωτόκολλο συνδυαστικά με τη χρήση της μάσκας KN95. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε μία μέση μείωση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης που ανέρχονταν στο 18%. Ωστόσο συγκριτικά με τη χρήση μάσκας KN95 δεν βρέθηκε στατιστική σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο πειραματικές διαδικασίες.

Λέξεις Κλειδιά: Εγκεφαλική οξυγόνωση, KN95, κόπωση, NIRS.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	i.
Πίνακας Περιεχομένων.....	ii.
Κατάλογος Εικόνων.....	iv.
Κατάλογος Πινάκων.....	v.
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών.....	vi.
I.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1.
1.1.Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	1.
1.2. Σημασία της έρευνας... ..	1.
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα.....	1.
1.4. Ερευνητικές Υποθέσεις	1.
1.5. Οριοθετήσεις.....	2.
1.6. Περιορισμοί.....	2.
II.ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	3.
2.1.Μεταφορά οξυγόνου στο αίμα.....	3.
2.2.Μεταφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα.....	4.
2.3.Αερόβια Άσκηση.....	5.
2.3.1.Τρόπο μέτρηση της αερόβιας ικανότητας.....	6.
2.3.2.Βιολογική αξία της VO ₂ max.....	7.
2.3.3. VO ₂ max, Ηλικία και Φύλο.....	7.
2.3.4. Άλλοι Παράγοντες.....	8.
2.4.Αιματική κυκλοφορία του εγκεφάλου.....	9.
2.4.1.Αρτηρίες της κεφαλής.....	9.

2.4.2.Αρτηρίες του εγκεφάλου.....	13.
2.4.3Φλέβες της κεφαλής.....	15.
2.4.4.Εγκεφαλικές Φλέβες.....	16.
2.5.Εγκεφαλική Αιματική ροή.....	17.
2.5.1.Επίδραση της PCO2 στη CBF.....	18.
2.5.2.Επίδραση της PO2 στη CBF.....	19.
2.5.3.Εγκεφαλική οξυγόνωση κατά την εκτέλεση έργου.....	19.
2.5.4.Επίδραση της Υποξίας στην εγκεφαλική οξυγόνωση.....	24.
2.6.Φασματοσκοπία Εγγύς Υπέρυθρου(NIRS).....	26.
2.6.1.Συσκευή Ιστικής οξυγόνωσης INVOS 5100.....	30.
2.7.Γενικά στοιχεία για τη χρήση μάσκας.....	31.
2.7.1.Χρήση μάσκας κατά την εκτέλεση έργου.....	33.
III.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	38.
3.1.Δείγμα.....	38.
3.2.Μεταβλητές.....	38.
3.3.Σχεδιασμός.....	38.
3.4.Όργανα Μέτρησης.....	43.
IV.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	44.
V.ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	50.
VI.ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	54.
6.1.Ανακεφαλαίωση.....	54.
6.2.Συμπεράσματα.....	56.
6.3.Προτάσεις.....	56.
VII.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	57.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα.2.1. Εξωτερικές αρτηρίες της κεφαλής.....	10.
Εικόνα.2.2. Τα μέρη από το οποία απαρτίζεται η έσω καρωτιδική αρτηρία.....	12.
Εικόνα.2.3. Αιμάτωση του εγκεφάλου μέσω του κύκλου Willis.....	14.
Εικόνα.2.4. Φλέβες της κεφαλής.....	16.
Εικόνα.2.5. Διακύμανση της εγκεφαλικής αιματικής ροής κατά τη διάρκεια της άσκησης.....	21.
Εικόνα.2.6. Μετάδοση ακτινοβολίας στο εγγύς υπέρυθρο στον εγκεφαλικό ιστό.....	27.
Εικόνα.2.7. Φάσμα απορρόφησης των χρωμοφόρων ενώσεων σε διάφορα μήκη κύματος.....	28.
Εικόνα.2.8. Φάσμα απορρόφησης της οξυοαιμοσφαιρίνης και της δεοξυοαιμοσφαιρίνης.....	29.
Εικόνα.3.1. Δοκιμαόμενος κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	41.
Εικόνα.3.2. Αισθητήρας της συσκευής NIRS INVOS.....	42.
Εικόνα 3.3. Συσκευή INVOS.....	43.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας.2.1. Οι κλάδοι της έξω καρωτιδικής αρτηρίας.....	11.
Πίνακας.2.2. Κατανομή των επιπολής φλεβών της κεφαλής.....	15.
Πίνακας.2.3. Τύποι μασκών.....	32.
Πίνακας.3.1. Πρωτόκολλο κόπωσης Gerkin που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα.....	40.
Πίνακας.4.1. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα της μελέτης.....	45.
Πίνακας.4.2. Δοκιμασία T-test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Περιγραφικά δεδομένα.....	45.
Πίνακας.4.3. Δοκιμασία T-Test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος.....	46.
Πίνακας.4.4. Δοκιμασία T-Test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Κατά ζεύγη διαφορές.....	47.
Πίνακας.4.5. Δοκιμασία T-Test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Στατιστική σημαντικότητα.....	48.
Πίνακας 4.6. Δοκιμασία T-Test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Κατά ζεύγη επίδραση του δείγματος.....	49.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- **O₂**-Οξυγόνο
- **CO₂**-Διοξείδιο του Άνθρακα
- **PO₂**-Μερική Πίεση του Οξυγόνου-Partial Pressure of Oxygen
- **PCO₂**- Μερική Πίεση του Διοξειδίου του Άνθρακα-Partial Pressure of carbon dioxide
- **VO_{2max}**-Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου
- **SO₂**-Κορεσμός του Αρτηριακού αίματος σε οξυγόνο-Arterial Oxygen Saturation
- **CBF**-Εγκεφαλική Αιματική Ροή-Cerebral Blood Flow
- **Pmito**-Μιτοχονδριακή Μερική Πίεση του οξυγόνου-Mitochondrial partial pressure of oxygen
- **MCAV_{mean}**-Μέση Ταχύτητα Αιματικής ροής της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας-Middle Cerebral Artery mean Velocity
- **PFC**-Προμετωπιαίος Λοβός-Prefrontal Cortex
- **NIRS**-Φασματοσκοπία Εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας-Near Infrared Spectroscopy
- **dHb**-Δεοξυοαιμοσφαιρίνης-Deoxyhemoglobin
- **HbO₂**-Οξυοαιμοσφαιρίνη-Oxyhemoglobin
- **THb**-Ολική Αιμοσφαιρίνη-Total Hemoglobin
- **rSO₂**-Δείκτης τοπικού κορεσμού οξυγόνου-Regional Oxygen Saturation Index
- **FFR**-Filtering Facepiece Respirators
- **NIOSH**- National Institute for Occupational Safety and Health
- **MRI**- Magnetic Resonance Imaging

I.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.Ορισμός και Διατύπωση του Προβλήματος

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνηθεί εάν η χρήση μάσκας KN95 επηρεάζει τη οξυγόνωση του εγκεφάλου σε συνθήκες μέγιστης αερόβιας καταπόνησης.

1.2. Σημασία της Έρευνας

Η σημασία της παρούσας έρευνας αφορά το κατά πόσο η χρήση της μάσκας KN95 συνδυαστικά με τη σωματική κόπωση θα επιφέρει αλλαγές στην οξυγόνωση του εγκεφάλου.

1.3. Ερευνητικά Ερωτήματα

Ερώτημα πρώτο: Ποια είναι η επιρροή της σωματικής άσκησης στην οξυγόνωση του εγκεφάλου.

Ερώτημα δεύτερο: Ποια είναι η επιρροή της χρήσης μάσκας KN95 στην οξυγόνωση του εγκεφάλου κατά την διάρκεια σωματικής άσκησης.

1.4. Ερευνητικές Υποθέσεις

Ερευνητική Υπόθεση: Η εγκεφαλική οξυγόνωση δεν διαφέρει σημαντικά με τη χρήση μάσκας KN95 κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης.

Μηδενική Υπόθεση(H₀) : Η εγκεφαλική οξυγόνωση διαφέρει σημαντικά με τη χρήση μάσκας KN95 κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης.

1.5. Οριοθετήσεις

Οι συμμετέχοντες της παρούσας μελέτης είναι νεαροί ενήλικοι άνδρες ενεργοί αθλητές ηλικίας 20-30 ετών χωρίς ιστορικό άλγους, κάκωσης, λήψης φαρμάκων , αυξημένης αρτηριακής πίεσης, χωρίς κάποια χρόνια πάθηση ή κάποια που ενδέχεται να επηρεάζει το καρδιαναπνευστικό σύστημα ή την οξυγόνωσή του εγκεφάλου.

1.6.Περιορισμοί

Οι δοκιμαζόμενοι που συμμετέχουν στη μελέτη είναι ενεργοί αθλητές ηλικίας 20-30 ετών επομένως τα συμπεράσματα δεν μπορούν να γενικευτούν σε άλλες πληθυσμιακές ομάδες. Ακόμα δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια κλίμακα δείκτη αντίληψης υποκειμενικής κόπωσης , αλλά δόθηκε προφορική επικοινωνία από τους ερευνητές κ άθολη τη διάρκεια του πρωτοκόλλου όπως επίσης και ενθάρρυνση για την εξασφάλιση της μέγιστης προσπάθειας από τους δοκιμαζόμενους.

Π.ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1.Μεταφορά οξυγόνου στο αίμα

Η διαδικασία της μεταφοράς οξυγόνου(O₂) προς τους ιστούς μέσω της αιματικής κυκλοφορίας ξεκινά με την διαδικασία της εισπνοής. Ο ατμοσφαιρικός αέρας διέρχεται από τους αεραγωγούς προς τις κυψελίδες, οι οποίες βρίσκονται στους πνεύμονες και είναι υπεύθυνες για την ανταλλαγή αερίων με το αίμα. Το οξυγόνο μεταφέρεται με τη σειρά του από τις κυψελίδες προς τα πνευμονικά τριχοειδή και μέσω του αίματος και της καρδιακής κυκλοφορίας εισέρχεται στους ιστούς και στη συνέχεια στα κύτταρα.

Το οξυγόνο στη μοριακή του μορφή μεταφέρεται στο αίμα υπό δύο μορφές. Το 98-99% του οξυγόνου μεταφέρεται μέσω της αιμοσφαιρίνης και μόλις το 1-2% μεταφέρεται διαλυμένο στο πλάσμα. Αναφορικά η αιμοσφαιρίνη είναι μία πρωτεΐνη η οποία βρίσκεται στα ερυθροκύτταρα και αποτελεί το αφθονότερο συστατικό στοιχείο του αίματος μετά το νερό(περίπου 14%). Οι συγκεντρώσεις της στο ολικό αίμα όσον αφορά το φύλο σε ενήλικα άτομα ανέρχονται σε 13,2-17,3g•dL⁻¹ για τους άνδρες και 11,7-15,5 g•dL⁻¹ για τις γυναίκες(Vassilis C. Mougios,2008).

Η μεταφορά του O₂ στο αίμα, εξαρτάται από τη ποσότητα της αιμοσφαιρίνης μέσα σε αυτό καθώς και από τη δέσμευση O₂ στην αιμοσφαιρίνη [Μεταφορά O₂=Αιμοσφαιρίνη(g•dL⁻¹) x Δέσμευση O₂ στην αιμοσφαιρίνη]. Κάθε g αιμοσφαιρίνης δεσμεύει 1,34mlO₂ και επειδή η συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης ανέρχεται σε περίπου 15 g ανά 100 ml αίματος υπό κανονικές συνθήκες , η συνολική ποσότητα αίματος που μεταφέρεται ανέρχεται στα 20ml O₂ ανά 100 ml αίματος (Κλεισούρας, 2011).

Η ποσότητα του οξυγόνου το οποίο δεσμεύεται στην αιμοσφαιρίνη εξαρτάται από τη μερική πίεση του οξυγόνου (PO₂) μέσα σε αυτό. Γενικότερα, η μερική πίεση ενός αερίου αναφέρεται στην ποσότητα του αερίου που βρίσκεται διαλυμένη εντός κάποιου υγρού. Επομένως το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου στο αίμα είναι ανάλογο με τη PO₂ στο αίμα (Vander, Sherman, Luciano & Τσακόπουλος, 2011).

2.2.Μεταφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα

Η μεταφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα ακολουθεί μια αντίστροφη διαδικασία από αυτή του οξυγόνου. Πιο συγκεκριμένα, το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα κύτταρα διαχέεται από τους ιστούς στο φλεβικό αίμα διαμέσου των ιστικών τριχοειδών και αποβάλλεται από τους πνεύμονες στον ατμοσφαιρικό αέρα μέσω της εκπνοής. Το διοξείδιο του άνθρακα συγκριτικά με το οξυγόνο είναι περισσότερο διαλυτό στο νερό ως ουσία με αποτέλεσμα, να μεταφέρεται πολύ περισσότερο διαλυμένο διοξείδιο στο αίμα. Αυτή η ποσότητα ανέρχεται μόλις στο 10% του διοξειδίου που εισέρχεται στο αίμα το οποίο παραμένει διαλυμένο στο πλάσμα και στα ερυθροκύτταρα (Vander et al.,2011). Το 30% του διοξειδίου του άνθρακα που μεταφέρεται στο αίμα αντιδρά αναστρέψιμα με την αιμοσφαιρίνη σχηματίζοντας καρβαμινοαιμοσφαιρίνη και το υπόλοιπο 60% μετατρέπεται σε ανθρακικά ανιόντα.

2.3.Αερόβια Άσκηση

Κατά την αερόβια άσκηση παρατηρείται ενεργοποίηση μεγάλων μυϊκών ομάδων καθώς και αύξηση της καρδιαναπνευστικής επάρκειας του αίματος σε οξυγόνο. Κατά τη διάρκεια αυτού του τύπου άσκησης είναι πολύ σημαντική η χρήση του οξυγόνου για τις μεταβολικές διεργασίες στα μυϊκά κύτταρα.

Η αερόβια ικανότητα ενός ατόμου αντανακλά την προσαρμοστικότητα των πνευμόνων, της καρδιάς, του αίματος και των μυών κατά την έντονη μυϊκή λειτουργία. (Κλεισούρας, Γελαδάς& Κοσκολού, 2015). Μέσω της συστηματικής αερόβιας άσκησης επιτυγχάνονται καλύτερες επιδόσεις τόσο σε επίπεδο μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) όσο και σε ευρύτερο αγωνιστικό. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) ορίζεται ως ο ανώτατος όγκος οξυγόνου τον οποίο καταναλώνουν οι ιστοί κατά την μυϊκή προσπάθεια ανά λεπτό. Η VO_{2max} εκφράζεται σε απόλυτες τιμές λίτρων ανά λεπτό (l/m) και σε σχετικές τιμές χιλιοστόλιτρων ανά χιλιόγραμμο σωματικής μάζας το λεπτό (ml/kg/min). (Κλεισούρας., 2011). Ο συγκεκριμένος δείκτης απαρτίζει το σημείο όπου επιπλέον αύξηση της επιβάρυνσης δεν επιφέρει αύξηση και της πρόσληψης οξυγόνου. Γενικότερα, αφορά τη ικανότητα ενός ατόμου για αερόβια επανασύνδεση του ATP. Είναι καθοριστική για επιδόσεις σε αγωνίσματα διάρκειας > 3 min και σχετίζεται με χαμηλή νοσηρότητα και θνητότητα.

2.3.1. Τρόποι μέτρησης της αερόβιας ικανότητας και MET

Υπάρχουν τρεις τρόποι με τους οποίους μετράμε την αερόβια ικανότητα. Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος τρόπος, που αποτελεί την άμεση μέθοδο, είναι η εργαστηριακή μέτρηση της $VO_2\max$ χρησιμοποιώντας το ανοιχτό κύκλωμα εργοσπιρομέτρησης. Ο δεύτερος τρόπος είναι ο έμμεσος υπολογισμός της $VO_2\max$ μέσω των φυσιολογικών αποκρίσεων του οργανισμού, συνήθως χρησιμοποιώντας την καρδιακή συχνότητα σε υπομέγιστες προσπάθειες. Τέλος, ο τρίτος τρόπος είναι και αυτός έμμεσος και αναφέρεται σε υπαίθριες δρομικές δοκιμασίες, κατά τις οποίες απαιτείται μέγιστη προσπάθεια, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη συμμετοχή του αερόβιου μηχανισμού για να παραχθεί η απαιτούμενη ενέργεια.

Επιπρόσθετα, ένας δείκτης με τον οποίο μετράμε την ενεργειακή δαπάνη ενός ατόμου σε συνάρτηση με τον μεταβολισμό του κατά την ηρεμία αφορά τα μεταβολικά ισοδύναμα (MET). Δηλαδή το πηλίκο της καταναλισκόμενης ενέργειας (kj ή kcal) προς το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας. Ένα MET είναι πολλαπλάσιο του ενεργειακού μεταβολισμού της ηρεμίας και αντιστοιχεί σε κατανάλωση οξυγόνου 3.5 ml/kg/min. (Κλεισούρας., 2011). Επιπρόσθετα, ένας ακόμη δείκτης ο οποίος μας βοηθά να υπολογίσουμε την συνολική ενεργειακή δαπάνη μίας φυσικής δραστηριότητας είναι το MET-min. Το MET-min υποδηλώνει την ποσότητα της άσκησης και την ένταση με την οποία αυτή πραγματοποιείται σε διάρκεια μίας εβδομάδας ως εξής: $MET\text{-min} = \text{Ένταση}(MET) \times [\text{Συχνότητα (ημέρες/εβδομάδα)} \times \text{Διάρκεια (Λεπτά/ημέρα)}]$ (Κλεισούρας κ.ά., 2015).

2.3.2. Βιολογική αξία της Μέγιστης πρόληψης οξυγόνου, VO2max

Η VO2max είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης της βιολογικής ικανότητας ενός ατόμου, καθώς αναφέρεται στην ταυτόχρονη ενεργοποίηση πολλών συστημάτων του οργανισμού. Πιο συγκεκριμένα αντανακλά την αναπνευστική, την καρδιαγγειακή και την μυϊκή ικανότητα του οργανισμού να προσλαμβάνει, να μεταφέρει και να δαπανά αντίστοιχα οξυγόνο ανάλογα με την επιβάρυνση του οργανισμού την εκάστοτε χρονική στιγμή. Η βιολογική αξία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου είναι ύψιστης σημασίας και δηλώνει τη προσαρμοστικότητα των παραπάνω συστημάτων και το κατά πόσο λειτουργούν σε αρμονία μεταξύ τους. Τέλος, αυτός ο δείκτης είναι πολύ σημαντικός για την επίτευξη καθημερινών εργασιών καθώς και αθλητικών επιβαρύνσεων και επηρεάζεται τόσο από το σύστημα μεταφοράς όσο και από το σύστημα κατανάλωσης οξυγόνου ($VO2max = \text{Καρδιακή Παροχή} \times \text{Αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου}$) (Κλεισούρας, 2011).

2.3.3. VO2max, Ηλικία και Φύλο

Στην αερόβια ικανότητα μεταξύ των δύο φύλων υπάρχουν διαφορές οι οποίες ξεκινούν από την εφηβική ηλικία, καθώς σύμφωνα με τον Κλεισούρα(2011), ήδη από την ηλικία των 14 ετών η διαφορά αυτή είναι 25% και στην ηλικία των 16 μπορεί να φτάσει μέχρι το 50%. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μεγαλύτερο ποσοστό λίπους στις γυναίκες και τη χαμηλότερη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης στο αίμα που παρατηρούνται στις γυναίκες . Ακόμα ένας λόγος που οι γυναίκες έχουν χαμηλότερη αερόβια ικανότητα είναι τα μικρότερα χαρακτηριστικά τους, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα οι γυναίκες να έχουν μικρότερο όγκο καρδιάς, μικρότερη αριστερή κοιλία, χαμηλότερο όγκο αίματος και συνεπώς μικρότερο όγκο παλμού (Κλεισούρας, 2011).

Επομένως δεν μπορεί να αυξηθεί ανάλογα ο όγκος παλμού. Επιπρόσθετα, παρατηρείται αύξηση την αερόβιας ικανότητας και στα δύο φύλα μέχρι και την ηλικία των 25 ετών όπου αρχίζει πτώση που ανέρχεται στο 10% ανά δεκαετία (Κλεισούρας, 2011).

2.3.4. Άλλοι Παράγοντες

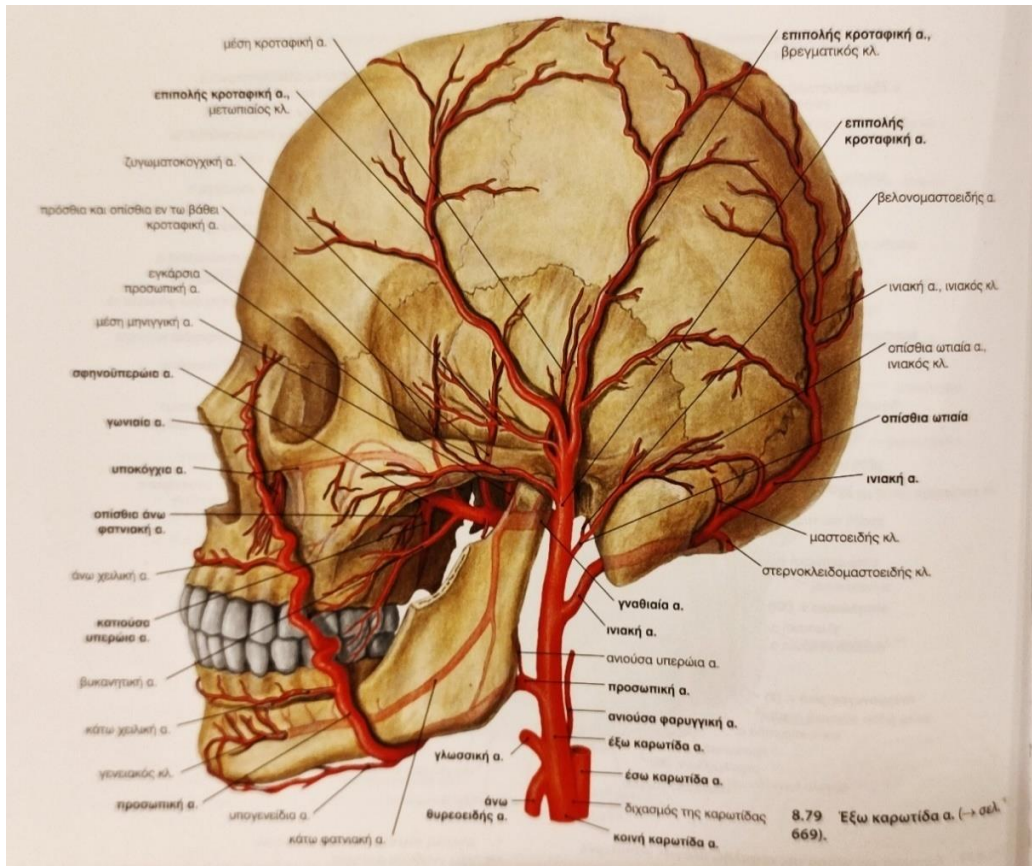
Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει την αερόβια ικανότητα έχει να κάνει με την σωματική δραστηριότητα του ατόμου (αερόβιες προσπάθειες). Η καθιστική ζωή σε συνδυασμό με την έλλειψη συστηματικής άσκησης οδηγούν σε ακόμα μεγαλύτερη μείωση της αερόβιας ικανότητας, η οποία τείνει να φθίνει φυσιολογικά από την ηλικία των 25 μόλις ετών. Πιο συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί ότι η άσκηση μπορεί να προκαλέσει βιολογική τόνωση έως και 10 με 15 έτη (Κλεισούρας, 2011). Εκτός από την άσκηση, σημαντική επίδραση στην αερόβια ικανότητα έχουν η κληρονομικότητα και το περιβάλλον στο οποίο δρα το άτομο.

2.4. Αιματική Κυκλοφορία του Εγκεφάλου

Θέλοντας να αναφερθούμε στον τρόπο με τον οποίο οξυγονώνεται ο εγκέφαλός μας θα πρέπει να κάνουμε μια μικρή περιγραφική αναφορά πρώτα στις αρτηρίες και στις φλέβες σύμφωνα με τις οποίες μεταφέρεται το αίμα σε αυτόν και είναι υπεύθυνες για την μεταφορά και την απομάκρυνση οξυγόνου και άλλων πολλών ουσιών.

2.4.1. Αρτηρίες της Κεφαλής

Η βασική αρτηρία η οποία αιματώνει τον εγκέφαλο και την κεφαλή ονομάζεται κοινή καρωτίδα αρτηρία και αυτή χωρίζεται στην έξω καρωτίδα αρτηρία και στην έσω καρωτίδα αρτηρία στο ύψος του 4^ο αυχενικού σπόνδυλου (M. Schunke, E. Shulte & U. Schumacher, 2007; F. Paulsen & J. Waschke, 2017). Πιο συγκεκριμένα, η έξω καρωτίδα αρτηρία διαιρείται σε οκτώ κλάδους, ενώ η έσω δεν διαιρείται πριν από την είσοδό της στο κρανίο για να αρδεύσει κυρίως τον εγκέφαλο με αίμα, καθώς και ορισμένες εξωκράνιες περιοχές της κεφαλής (Schunke et al., 2007). Οι κλάδοι της έξω καρωτίδας περιγράφονται αναφορικά στον Πίνακα 2.1.



Εικόνα 2.1. Εξωτερικές αρτηρίες της κεφαλής.

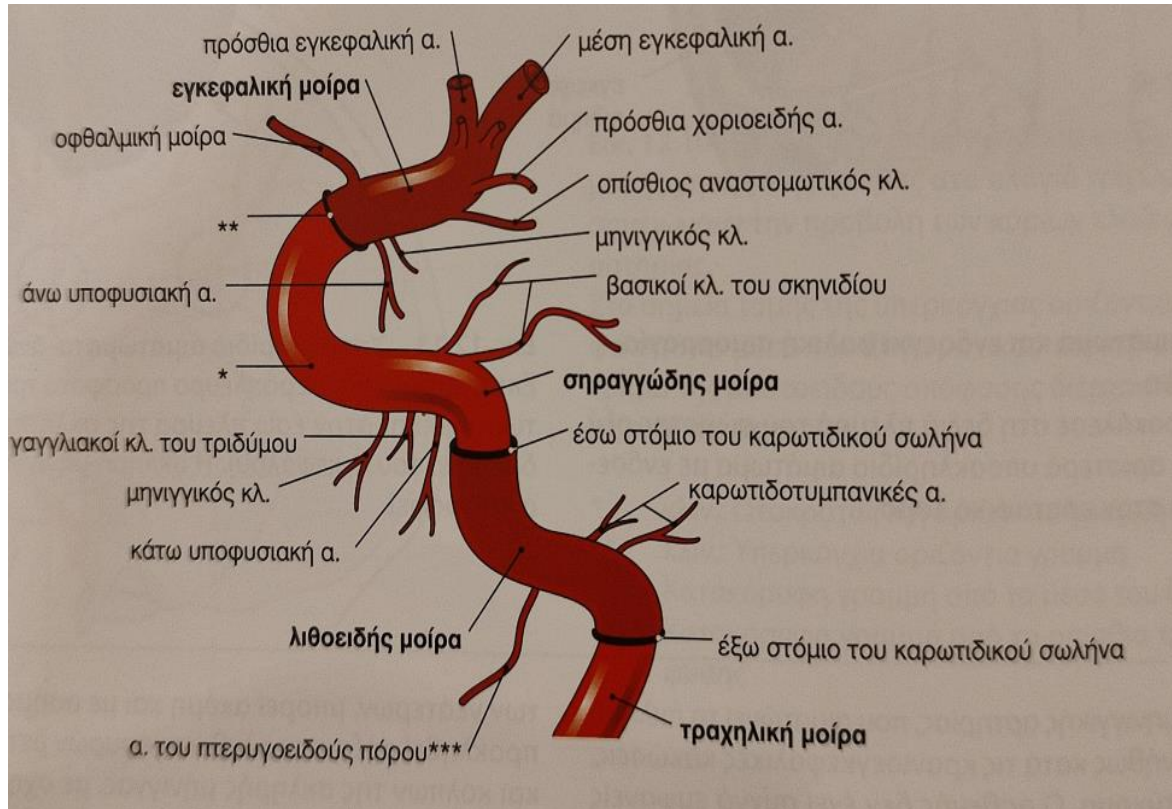
Πηγές: Paulsen et al., 2017.

Πίνακας 2.1. Οι κλάδοι της έξω καρωτίδας αρτηρίας. Οι συντομογραφίες (α.), (κλ.) αναφέρονται στις αρτηρίες και κλάδοι αντίστοιχα.

Πηγές: Paulsen et al., 2017.

Κλάδοι της Έξω Καρωτίδας Αρτηρίας			
1. Άνω Θυροειδής Αρτηρία	2. Ανιούσα Φαρυγγική αρτηρία	3. Γλωσσική Αρτηρία	4. Πρωσποική Αρτηρία
<ul style="list-style-type: none"> • Υποϋοειδής κλ. • Άνω λαρυγγική α. • Κρικοθυροειδής κλ. • Στερνοκλειδομαστοειδής κλ. • Αδενικοί κλ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Φαρυγγικοί κλ. • Κάτω τυμπανική α. • Οπίσθια μηνιγγική α. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ραχιαίοι γλωσσικοί κλ. • Υπογλώσσια α. • Εν τω βάθει γλωσσική α. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανιούσα υπερώια α. • Αμυγδαλικός κλ. • Υπογενείδια α. • Αδενικοί κλ. • Κάτω χειλική α. • Έξω ρινικός κλ. • Γωνιαία α.
5. Ινιακή Αρτηρία	6. Οπίσθια Ωτιαία Αρτηρία	7. Επιτολής Κροταφική Αρτηρία	8. Γναθιαία Αρτηρία
<ul style="list-style-type: none"> • Μαστοειδής κλ. • Ωτιαίος κλ. • Στερνοκλειδομαστοειδής κλ. • Ινιακοί κλ. • Μηνιγγικός κλ. • Κατιών κλ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Βελονομαστοειδής α. • Οπίσθια τυμπανική α. • Ωτιαίος κλ. • Ινιακός κλ. • Παρωτιδικός κλ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Παρωτιδικός κλ. • Εγκάρσια Προσωπική α. • Πρόσθιοι ωτιαίοι • Ζυγωματοκογχική α. • Μέση κροταφική α. • Μετωπιαίος κλ. • Βρεγματικός κλ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Κάτω Γναθιαία μοίρα • Πτερυγοειδής μοίρα • Πτερυγοϋπερώια μοίρα

Η έσω καρωτίδα αρτηρία η οποία όπως προαναφέραμε διοχετεύει κυρίως τον εγκέφαλο με αίμα χωρίζεται σε τέσσερα μέρη : την τραχηλική μοίρα, την λιθοειδή μοίρα, την σηραγγώδη μοίρα και την εγκεφαλική μοίρα (Paulsen et al., 2017).



Εικόνα 2.2. Τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται η έσω καρωτιδική αρτηρία.

Πηγές : Paulsen et al., 2017.

2.4.2. Αρτηρίες του Εγκεφάλου

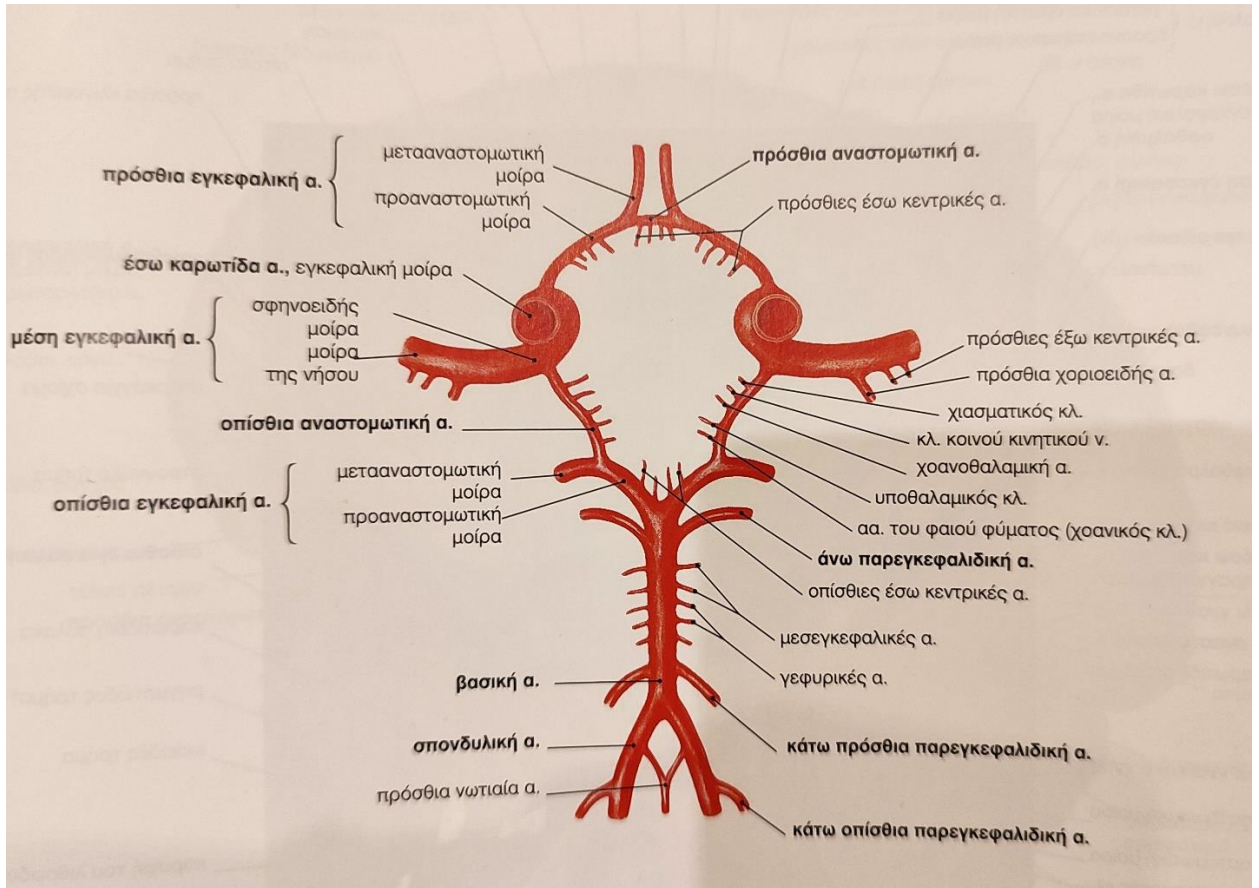
Η αιματική τροφοδοσία στην περιοχή του εγκεφάλου επέρχεται από κλάδους της έσω καρωτιδικής αρτηρίας, η οποία αιματώνει κυρίως τα τμήματα του πρόσθιου και μέσου κρανιακού βόθρου καθώς και από κλάδους της βασικής αρτηρίας. Οι σπονδυλικές αρτηρίες αρδεύουν το οπίσθιο τμήμα του κρανιακού βόθρου.

Κύκλος του Willis:

Ο κύκλος του Willis αποτελείται από τις ακόλουθες αρτηρίες:

- Πρόσθια εγκεφαλική
- Μέση εγκεφαλική
- Οπίσθια εγκεφαλική
- Πρόσθια αναστομωτική
- Οπίσθια αναστομωτική
- Έσω καρωτιδική (διακλαδώνεται στη πρόσθια και τη μέση εγκεφαλική)
- Βασική (διακλαδώνεται στις δύο οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες)

Οι οπίσθιες αναστομωτικές αρτηρίες συνδέουν τις οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες με τις εγκεφαλικές μοίρες των έσω καρωτιδικών αρτηριών και οι πρόσθιες αναστομωτικές αρτηρίες με την σειρά τους συνδέουν τις δύο πρόσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες μεταξύ τους. Επιπρόσθετα, όσον αφορά την αιμάτωση του εγκεφάλου, οι κλάδοι της πρόσθιας εγκεφαλικής αρτηρίας αρδεύουν τον μετωπιαίο λοβό του εγκεφάλου και τις φλοιώδεις περιοχές κοντά στο φλοιώδες χείλος, η μέση εγκεφαλική αρτηρία αρδεύει το μεγαλύτερο τμήμα της έξω επιφάνειας του εγκεφάλου και η οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία αρδεύει τον ινιακό πόλο και τα κατώτερα τμήματα του κροταφικού λοβού (Schunke et al., 2007).



Εικόνα 2.3. Αιμάτωση του εγκεφάλου μέσω του κύκλου του Willis.

Πηγές: Paulsen et al., 2017.

2.4.3. Φλέβες της Κεφαλής

Όπως παρατηρούμε στην Εικόνα 2.4 οι φλέβες της κεφαλής έχουν μία κύρια φλέβα, η οποία ονομάζεται έσω σφαγίτιδα φλέβα η οποία σε συνδυασμό με την έξω σφαγίτιδα φλέβα και τη πρόσθια σφαγίτιδα φλέβα αποχετεύουν αίμα από την κεφαλή και το κρανίο. Στον Πίνακα 2.2 αναφέρονται επιγραμματικά οι κλάδοι της κάθε φλέβας καθώς και η περιοχή που αποχετεύει η κάθε μία ξεχωριστά.

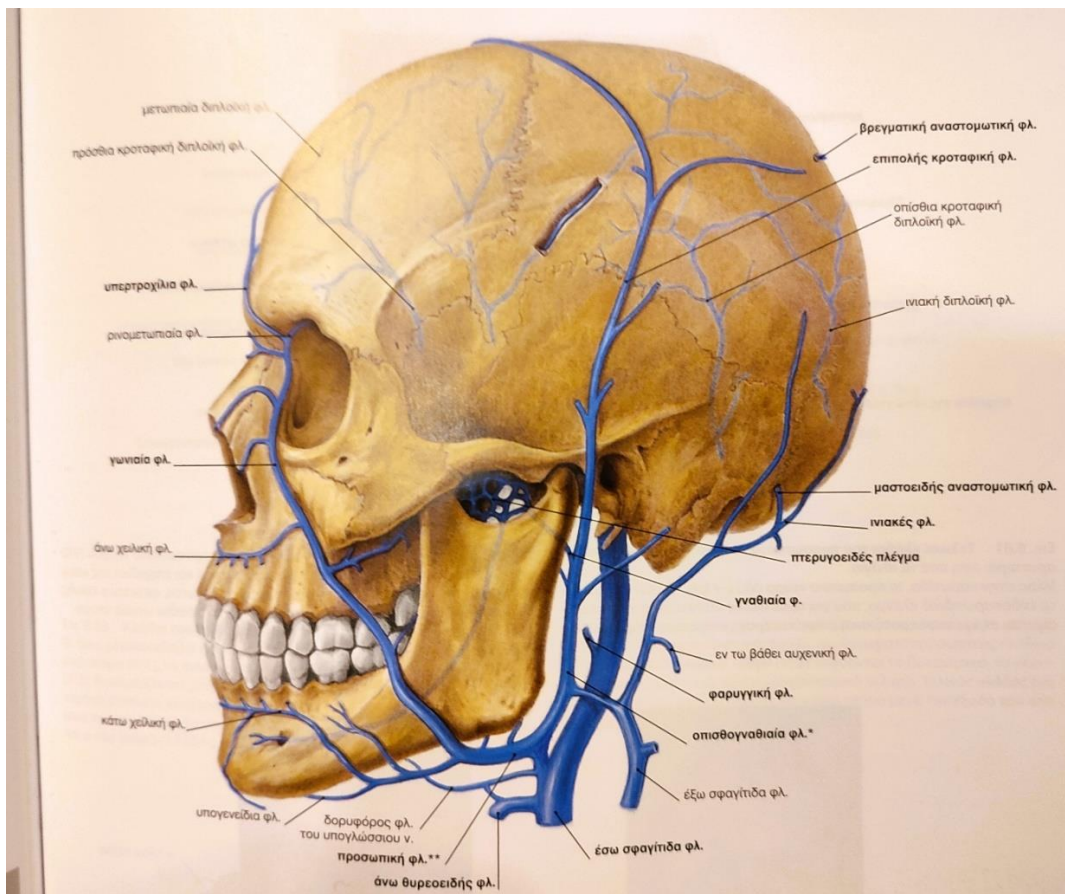
Πίνακας 2.2. Κατανομή των επιπολής φλεβών της κεφαλής. Οι φλέβες διακρίνονται στους κύριους κλάδους τους και η περιοχή την οποία αποχετεύουν.

Πηγές: Schunke et al., 2007

Φλέβες της Κεφαλής		
	Κύριοι Κλάδοι (Κεφαλής)	Περιοχή
Έσω Σφαγίτιδα	<ul style="list-style-type: none">• Προσωπική• Θυρεοειδής	Εσωτερικό του κρανίου και Εγκέφαλος
Έξω Σφαγίτιδα	<ul style="list-style-type: none">• Ινιακή• Υποκλείδια(Αυχενική περιοχή)	Κεφαλή (Επιπολής)
Πρόσθια Σφαγίτιδα	<ul style="list-style-type: none">• Επιπολής• Πρόσθια Σφαγίτιδα• Τραχηλική χώρα	Τράχηλος και τμήματα της κεφαλής

2.4.4. Εγκεφαλικές Φλέβες

Το φλεβικό σύστημα έχει διαφορετική πορεία από το αρτηριακό στον εγκέφαλο. Συγκεκριμένα, αποχετεύει το αίμα από ολόκληρη την επιφάνεια του εγκεφάλου, τόσο από τη βάση του, όσο και από το εσωτερικό μέσω δύο φλεβών, τις επιπολής εγκεφαλικές φλέβες και τις εν τω βάθει εγκεφαλικές φλέβες (Schunke et al., 2007)



Εικόνα 2.4. Φλέβες της κεφαλής.

Πηγές: Paulsen et al., 2017

2.5. Εγκεφαλική Αιματική Ροή

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ο εγκέφαλος αντλεί το 15% της συνολικής ποσότητας του αίματος μέσω της καρδιακής παροχής και καταναλώνει το 20% του προσλαμβανόμενου οξυγόνου, αν και το βάρος του αποτελεί μόλις το 2% του συνολικού σωματικού βάρους (Vander et al., 2011; Smith&Ainslie, 2017). Οι εγκεφαλικές λειτουργίες εξαρτώνται από το οξυγόνο σε τόσο μεγάλο βαθμό που η διακοπή της παροχής του οδηγεί σε απώλεια της συνείδησης μέσα σε μόλις 5-10 δευτερόλεπτα. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη διαρκή μεταφορά οξυγόνου, με τα μεταβολικά συστατικά και τη διαρκή ρύθμιση της εγκεφαλικής αιματικής ροής να παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο (cerebral blood flow,CBF).

Ο εγκέφαλος διαθέτει ένα μηχανισμό ``αυτορρύθμισης`` κατά τον οποίο προσαρμόζεται η CBF σε διακυμάνσεις της συστηματικής αρτηριακής πίεσης (Vander et al., 2011). Η αυτορρύθμιση της εγκεφαλικής αιματικής ροής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα (PCO₂) όπως επίσης και από τη αρτηριακή πίεση σε τιμές από 60 μέχρι 150mmHg (Vander et al., 2011; C.R. Rooks et al., 2010). Πιο συγκεκριμένα, η σχέση της ροής-πίεσης εξαρτάται από τις φυσιολογικές διακυμάνσεις της αρτηριακής πίεσης καθώς και από βασικό επίπεδο της PCO₂ (Smith&Ainslie, 2017). Μία αύξηση της συστηματικής αρτηριακής πίεσης θα προκαλέσει αύξηση της διατοιχωματικής τάσης στα εγκεφαλικά αρτηρίδια ,η οποία με τη σειρά της θα προκαλέσει αρτηριδιακή αγγειοσυστολή (Vander et al., 2011). Αντίθετα μία μείωση της αρτηριακής πίεσης θα προκαλέσει με τη σειρά της διαστολή των εγκεφαλικών αρτηριδίων.

Σε κατάσταση ηρεμίας η εγκεφαλική αιματική ροή επηρεάζεται από τα αέρια στο αρτηριακό αίμα, PCO₂ και τη PO₂, από την αρτηριακή πίεση, από τις μεταβολικές λειτουργίες του εγκέφαλο και από νευρικές παρεμβολές (Smith&Ainslie, 2017).

Σύμφωνα με κάποιους ερευνητές, οι πιο σημαντικοί μηχανισμοί που διασφαλίζουν τη διαρκώς επαρκή εγκεφαλική αιματική ροή είναι **η εγκεφαλική αυτορρύθμιση, η μεταβολική ρύθμιση και το CO₂** (Nybo & Rasmussen, 2007).

2.5.1. Επίδραση της PCO₂ στην CBF

Η μερική πίεση ενός αερίου αναφέρεται στην ποσότητα του αερίου που βρίσκεται διαλυμένη εντός κάποιου υγρού. Η αύξηση της μερικής πίεσης του διοξειδίου του άνθρακα (PCO₂) από τη φυσιολογική τιμή στα 50 mmHg προκαλεί αύξησή της αιματικής ροής στον εγκέφαλο κατά περίπου 40%, προκαλώντας αγγειοδιαστολή των αρτηριδίων (Vander et al., 2011). Πιο συγκεκριμένα, η απόκλιση της εγκεφαλοαγγειακής απόκρισης στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) ανέρχεται κατά προσέγγιση σε 3-5% αύξηση για κάθε χιλιοστό στήλης υδραργύρου πάνω από τις φυσιολογικές τιμές της PCO₂ όταν αυτή αυξάνεται (Smith&Ainslie, 2017; Fan&Kayser, 2016). Αντίθετα, ανέρχεται μείωση κατά 1- 3% για κάθε χιλιοστό της στήλης υδραργύρου όταν προκαλείται μείωση της PCO₂, πέρα από τη φυσιολογικές τιμές της. Επιπρόσθετα, μία μείωση της PCO₂ η οποία μπορεί να προκληθεί από υπεραερισμό των πνευμόνων, προκαλεί ισχυρή αγγειοσυστολή και κατά συνέπεια ελάττωση της αιματικής ροής στον εγκέφαλο (Vander et al.,2011; C. R. Rooks et al.,2010).

2.5.2. Επίδραση της PO₂ στην CBF

Όσον αφορά την PO₂, οι μεταβολές της επιδρούν λιγότερο στη αρτηριαδική ροή του αίματος. Συγκεκριμένα, πτώση της από τα 100mmHg στα 60mmHg δεν προκαλεί σημαντική αλλαγή στη ροή του αίματος. Αντίθετα, μία μεγάλη μείωσή της σε κατάσταση υποξαιμίας (~40mmHg) θα προκαλέσει αγγειοδιαστολή και αύξηση της ροής του αίματος (Vander et al., 2011). Μειώσεις στην PO₂ κάτω από τα 50 mmHg που προκλήθηκαν από εισπνεόμενο υποξικό αέριο ή υψηλό υψόμετρο άνω των 4000 μέτρων, οδηγούν σε εγκεφαλική αγγειοδιαστολή και η εγκεφαλική αιματική ροή αυξάνεται (Smith&Ainslie, 2017).

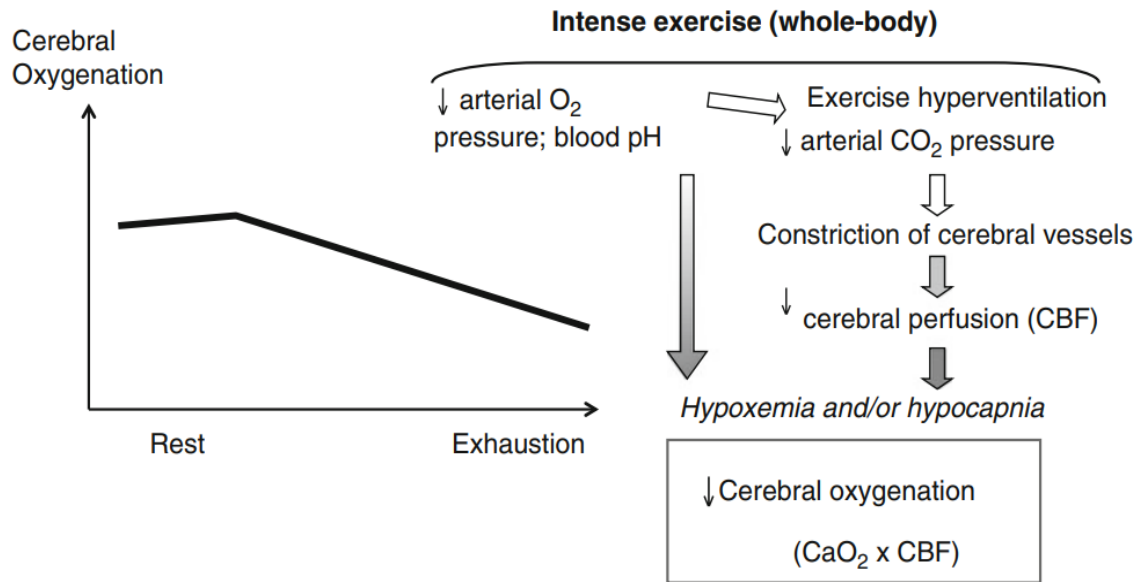
2.5.3. Εγκεφαλική Οξυγόνωση κατά την εκτέλεση Έργου.

Κατά τη διάρκεια της άσκησης ο οργανισμός προσπαθεί να τροφοδοτήσει τους ιστούς με επαρκείς ποσότητες έτσι ώστε να ανταπεξέλθει στο εν λόγω ερέθισμα. Εμείς ωστόσο θα ασχοληθούμε με τις λειτουργίες, οι οποίες διέπουν την οξυγόνωση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια της άσκησης. Γενικότερα, ο βαθμός της εγκεφαλικής οξυγόνωσης αυξάνεται πέρα από τις φυσιολογικές τιμές της με την εκτέλεση έργου χαμηλής έντασης, όπως για παράδειγμα η κίνηση των δακτύλων (Shibuya et al., 2003). Η ένταση της άσκησης συνεπώς που προκαλεί αύξηση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης διαφέρει μεταξύ των ασκούμενων και είναι συνυφασμένος με το ποσοστό της μέγιστης αερόβιας ικανότητας του κάθε ατόμου κατά τη διάρκεια της άσκησης (Petrey., 2012). Η αντίδραση της εγκεφαλικής αιματικής ροής κατά την αυξανόμενης έντασης αερόβιας άσκησης ακολουθά μία διφασική πορεία.

Πιο συγκεκριμένα, η ροή αυξάνεται παράλληλα με την ένταση της άσκησης μέχρι περίπου το 60% VO₂max. Σε μεγαλύτερες εντάσεις ακολουθεί μία φθίνουσα πορεία ή ακόμα και πλατό (Smith & Ainslie, 2017). Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές η εγκεφαλική οξυγόνωση αρχικά αυξάνεται μεταξύ χαμηλών και μέτριων εντάσεων, παραμένει σταθερή από μέτριες σε υψηλές εντάσεις και έπειτα μειώνεται σε μέγιστες εντάσεις (C. R. Rooks et al., 2010).

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η PCO₂ είναι ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος επηρεάζει την εγκεφαλική αιματική ροή και την εγκεφαλική οξυγόνωση. Σύμφωνα με μία έρευνα όταν η ένταση δεν ξεπερνά το αναπνευστικό κατώφλι και η PCO₂ παραμένει σταθερή, η ροή θα αυξηθεί παράλληλα με την ένταση (Nybo & Rasmussen, 2007). Σε χαμηλές και μέτριες εντάσεις δυναμικής άσκησης παρατηρείται αύξηση στην PCO₂ με παράλληλη αύξηση της ταχύτητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (R.K. Hansen et al., 2017).

Όταν όμως η ένταση ξεπεράσει το αναπνευστικό κατώφλι, η εγκεφαλική ροή θα μειωθεί ή θα φτάσει σε πλατό καθώς μειώνεται και η PCO₂ (Siebenmann et al., 2016). Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και την Εικόνα 2.5, με τη πέραση του συγκεκριμένου κατωφλιού επέρχεται μία συστηματική μείωση στην εγκεφαλική οξυγόνωση μέχρι ότου σταματήσει την προσπάθεια λόγω κούρασης (Perrey, 2012). Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως οι διακυμάνσεις της PCO₂ στο αρτηριακό αίμα αφορούν έναν παράγοντα, ο οποίος λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της υψηλής έντασης άσκησης στην οποία ο υπεραερισμός με τη σειρά του δημιουργεί υποκαπνία με αποτέλεσμα εγκεφαλικές αγγειοσυστολές (Fan & Kayser, 2016). Υποκαπνία μπορεί να προκληθεί από εντάσεις οι οποίες υπερβαίνουν το αναπνευστικό κατώφλι, όπως ακόμα και άσκηση σε συνδυασμό με την υπερθερμία τα οποία μπορεί να μειώσουν με τη σειρά τους την εγκεφαλική ροή κατά 20-30% (Nybo & Rasmussen, 2007). Επιπρόσθετα η μιτοχονδριακή μερική πίεση του οξυγόνου (P_{mito}) καθώς και ο κορεσμός του στα τριχοειδή αγγεία μειώνεται με αποτέλεσμα να αμβλύνεται η εγκεφαλική αιματική ροή (Nybo & Rasmussen, 2007).



Εικόνα 2.5. Διακύμανση της εγκεφαλικής αιματικής ροής κατά τη διάρκεια άσκησης. Σύμφωνα με την επιρροή που ασκεί η PCO₂ στην οξυγόνωση του εγκεφάλου.

Πηγές: Stephane Perrey, 2012.

Κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης άσκησης η οποία προξενεί υπεραερισμό των πνευμόνων (ο οποίος με τη σειρά του οδηγεί σε μείωση της PCO₂ του αρτηριακού αίματος), η CBF μπορεί να μειωθεί παρά την αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα στις περιοχές του κινητικού φλοιού του εγκεφάλου (R. K. Hansen et al., 2017; Nybo & Rasmussen, 2007). Επιπρόσθετα παρατηρούνται συστολές των εγκεφαλικών αρτηριών με αποτέλεσμα να μειώνεται η μέση ταχύτητα αιματικής ροής της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCAV_{mean}) και να διακυβεύεται η διανομή του οξυγόνου στον εγκέφαλο (R. K. Hansen et al., 2017).

Ακόμα δεν είναι ασυνήθιστο να παρατηρήσουμε μειώσεις της αρτηριακής PCO₂ της τάξεως του 6-10mmHg κατά τη διάρκεια μέγιστης έντασης άσκησης, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ολικής CBF κατά 30% (Nybo& Rasmussen, 2007).

Άλλοι παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους μπορούν να επηρεάσουν την οξυγόνωση του εγκεφάλου αφορούν η αρτηριακή πίεση, μεταβολικοί παράγοντες, η εγκεφαλική μεταφορά οξυγόνου, νευρικοί παράγοντες καθώς και η καρδιακή παροχή (Smith&Ainslie, 2017). Οι παραπάνω μεταβλητές δρουν συνεργατικά, όμως περαιτέρω έρευνα είναι αναγκαία για την αποσαφήνιση των μηχανισμών που διέπουν την ρύθμιση της εγκεφαλικής κυκλοφορίας κατά την άσκηση.

Προηγουμένως αναφερθήκαμε στην εγκεφαλική αιματική ροή, ωστόσο σε αυτή τη παράγραφο θα μιλήσουμε για το πως μπορεί να επηρεαστεί η οξυγόνωση μιας συγκεκριμένης περιοχής του εγκεφάλου η οποία ονομάζεται προμετωπιαίος λοβός (Prefrontal cortex, PFC). Έρευνα η οποία έγινε στη συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου, είχε ως εργαλείο μελέτης την χρησιμοποίηση μίας συσκευής, η οποία ονομάζεται NIRS (Near Infrared Spectroscopy). Η συγκεκριμένη συσκευή παρακολουθεί μη επεμβατικά τις τοπικές αιματοδυναμικές (Hemodynamics) αλλαγές του εγκεφάλου, μετρώντας την απορρόφηση του φωτός (Κοντά στο υπέρυθρο) από τους παρακείμενους ιστούς (Verges et al., 2012). Η μετάδοση του φωτός εξαρτάται από το συνδυασμό των ιδιοτήτων του (ανακλαστικότητα, διασκόρπιση και απορρόφηση) από τον ιστό (J. M. Murkin&M. Arango, 2009). Το πλεονέκτημα έναντι άλλων μεθόδων εκτίμησης της οξυγόνωσης του εγκεφάλου έγκειται στο ότι προσδίδει άμεσες μετρήσεις καθώς και ότι είναι πιο ανθεκτική σε καταστάσεις που ενέχουν σωματική άσκηση (C. R. Rooks et al., 2010). Αρχικά η εγκεφαλική οξυγόνωση και ο όγκος του αίματος αυξάνονται κατά τη μέτρια με υψηλή υπομέγιστη ένταση άσκησης ολόκληρου του σώματος, καθώς αυξάνονται σταθερά οι μεταβολικές απαιτήσεις του εγκεφάλου σε οξυγόνο (Perrey et al., 2012).

Όμως σε υπομέγιστες εντάσεις η μεταφορά οξυγόνου στον εγκέφαλο είναι επαρκής επειδή η μιτοχονδριακή μερική πίεση του οξυγόνου(Pmito) αυξάνεται(Nybo&Rasmussen, 2007).

Αυτά έρχονται σε αντιστοιχία και με άλλους ερευνητές οι οποίοι μας πληροφορούν ακόμα πως σε μέγιστες εντάσεις το μέγεθος της δεοξυοαιμοσφαιρίνης (dHb) αυξάνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από το οξυγόνο, υποδεικνύοντας μία ανισορροπία μεταξύ του συστήματος μεταφοράς οξυγόνου και των μεταβολικών του απαιτήσεων (C. R. Rooks et al., 2010; Verges et al., 2012).

Σε μία πειραματική μελέτη οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ως ερέθισμα υπερμέγιστη διάλειμματική άσκηση στο κυκλοεργόμετρο έντασης 150% VO₂max. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα κατά τα αρχικά στάδια του πρωτοκόλλου παρατηρήθηκε αύξηση στον όγκο του αίματος και στην οξυγόνωση του εγκεφάλου, ωστόσο καθώς αυξάνονταν ο χρόνος των επαναλήψεων οι συγκεκριμένοι δείκτες μειώνονταν σταδιακά (Shibuya et al., 2003). Επιπρόσθετα ο βαθμός με τον οποίο οξυγονώνεται η συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου διαφέρει ανάλογα με την αερόβια προπονητική κατάσταση του καθενός (C. R. Rooks et al., 2010). Πιο συγκεκριμένα σε χαμηλές και μεσαίες εντάσεις τα προπονημένα άτομα είχαν χαμηλότερες τιμές στους δείκτες οξυγόνωσης του εγκεφαλικού φλοιού και όγκου αίματος σε αντίθεση με τα απροπόνητα, αυτό μας δείχνει μία χαμηλότερη μεταβολική απαίτηση στο φλοιό. Αντίθετα τώρα οι προπονημένοι εμφάνισαν υψηλότερους δείκτες οξυγόνωσης, δεοξυοαιμοσφαιρίνης και ολικής αιμοσφαιρίνης (THb) συγκριτικά με απροπόνητα άτομα σε υψηλές και μέγιστες εντάσεις. Τέλος πέραν του βαθμού αερόβιας προπονητικής κατάστασης ένας ακόμα παράγοντας με βάση τον οποίο διαφέρει η εγκεφαλική οξυγόνωση είναι η ηλικία καθώς και η κατάσταση υγείας.

2.5.4. Επίδραση της Υποξίας στην Εγκεφαλική Οξυγόνωση

Προηγουμένως αναφέραμε πόσο σημαντικό είναι ο οργανισμός να διαθέτει επαρκείς ποσότητες οξυγόνου ώστε να είναι σε θέση να λειτουργεί αποδοτικότερα, ωστόσο η ανεπάρκεια αυτού σε κυτταρικό επίπεδο αναφέρεται ως υποξία. Υπάρχουν διάφοροι τύποι υποξίας αλλά εμείς θα αναφερθούμε μόνο στην υποξική υποξία ή αλλιώς υποξαιμία κατά την οποία μειώνεται η PO₂ στο αρτηριακό αίμα (Vander et al., 2011). Η προσοχή μας ωστόσο θα εστιαστεί στις μεταβολές που επέρχονται στον εγκέφαλο κατά αυτή τη κατάσταση, αλλά και σε συνδυασμό με την εκτέλεση άσκησης σε τέτοιου τύπου συνθήκες. Αρχικά σε κατάσταση ηρεμίας ο εγκέφαλος προστατεύεται από τις μειώσεις της περιεκτικότητας του αίματος σε οξυγόνο με το να αυξήσει την εγκεφαλική αιματική ροή (Nybo & Rasmussen, 2007; Curtelin et al., 2017; Willis et al., 2017). Πιο συγκεκριμένα η υποξία προξενεί μία αγγειοδιασταλτική επίδραση στον εγκέφαλο τουλάχιστον πέρα από ένα ορισμένο όριο όσον αφορά τον κορεσμό του οξυγόνου (<90%) ή την PO₂ <40-45mmHg (Verges et al., 2012)

Κατά τη διάρκεια της άσκησης τώρα η αγγειοδιασταλτική επίδραση της υποξίας στον εγκέφαλο θα έπρεπε να ενισχύει την αγγειοδιασταλτική επίδραση της άσκησης στην εγκεφαλική αιματική ροή. Ωστόσο, κατά την έντονη μυϊκή προσπάθεια καθώς μειώνεται η PCO₂, η αγγειοσυσταλτική αυτή δράση φαίνεται να υπερισχύει την επίδραση της υποξίας στην εγκεφαλική αιματική ροή κατά την άσκηση (Verges et al., 2012; Fan & Kayser, 2016; Nybo & Rasmussen, 2007).

Ως απόρροια αυτού του μηχανισμού, παρατηρούνται παρόμοιες ταχύτητες αίματος (blood velocity) κατά τις υπομέγιστες ή μέγιστες προσπάθειες σε καταστάσεις φυσιολογικής οξυγόνωσης και υποξίας (Verges et al., 2012).

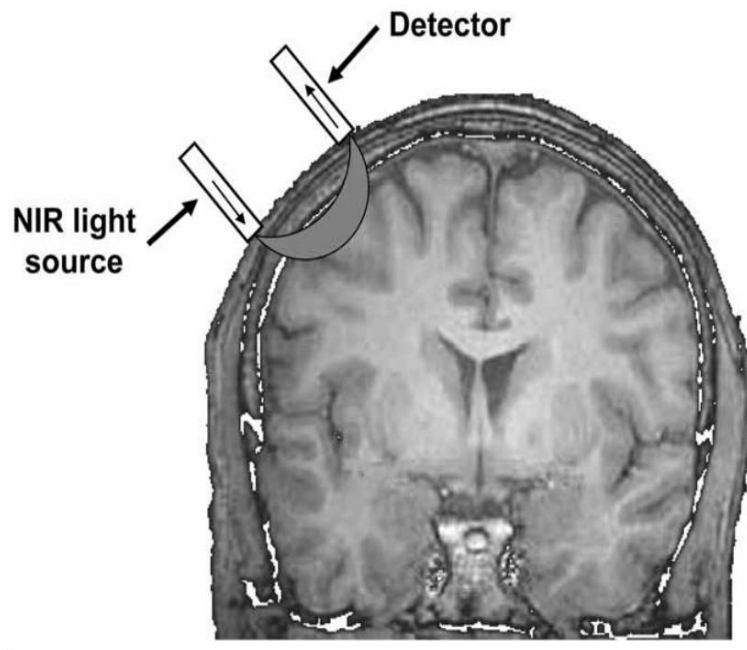
Καθώς επίσης μειώσεις στο μηχανισμό μεταφοράς οξυγόνου στον εγκέφαλο αλλά και στην εγκεφαλική οξυγόνωση καθαυτή (Fan & Kayser, 2016).

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιώντας τη συσκευή NIRS στον προμετωπιαίο λοβό, φαίνεται πως σε κατάσταση ηρεμίας κατά την έντονη υποξία η εγκεφαλική οξυγόνωση μειώνεται μάλλον λόγω της διαφοράς μεταξύ μεταφοράς και χρησιμοποίησης του οξυγόνου (Verges et al., 2012). Κατά τη διάρκεια άσκησης σε υπομέγιστες και μέγιστες προσπάθειες φαίνεται μία διαρκής μείωση της οξυγόνωσης του εγκεφάλου και σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές, η αιτία που συμβαίνει αυτή η μείωση είναι ο αυξημένος μεταβολικός ρυθμός στον εγκέφαλο ως αποτέλεσμα της μεγαλύτερης κατανάλωσης οξυγόνου (Verges et al., 2012). Χρησιμοποιώντας πολυκαναλικό NIRS σε μέγιστες εντάσεις η μη οξυγόνωση του προμετωπιαίου λοβού ήταν μεγαλύτερη συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιοχές των εγκεφαλικών λοβών (Προκινητικός, Κινητικός Λοβός) (Verges et al., 2012). Οι Nybo και Rasmussen (2007) αναφέρουν πως η μείωση της μιτοχονδριακής μερικής πίεσης του οξυγόνου, μεγαλύτερη από 6-7 mmHg ως αποτέλεσμα της αρτηριακής υποξαιμίας ή της μειωμένης εγκεφαλικής αιματικής παροχής μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο αερόβιο μεταβολισμό στον εγκέφαλο σε άτομα στη ηρεμία. Επιπρόσθετα κατά τη διάρκεια υποξίας και έντονης σωματικής δραστηριότητας η P_{mito} ενδέχεται να μειωθεί περισσότερο από 10 mmHg σε σύγκριση με την ηρεμία και αυτό ενδέχεται να επιβαρύνει τον μεταβολισμό του εγκεφάλου όπως επίσης και τη διατήρηση της κινητικής λειτουργίας (Nybo & Rasmussen, 2007).

Βλέπουμε λοιπόν πως κατά τη διάρκεια της άσκησης ο εγκέφαλος καλείται να αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις, όπως την μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα, την υποκαπνία καθώς και την αυξημένη αρτηριακή πίεση. Σύμφωνα με μία έρευνα, η οποία χρησιμοποίησε ως πρωτόκολλο την άσκηση σπριντ, τα αποτελέσματα έδειξαν πως προτεραιότητα δίνεται στη διατήρηση της παροχής οξυγόνου στον εγκέφαλο, ακόμα και στη περίπτωση που χρειάζεται να ρυθμίσει την εγκεφαλική αιματική ροή, ώστε να αποφύγει υπερβολική αύξηση της αρτηριακής πίεσης (Curtelin et al., 2017; Willis et al., 2017).

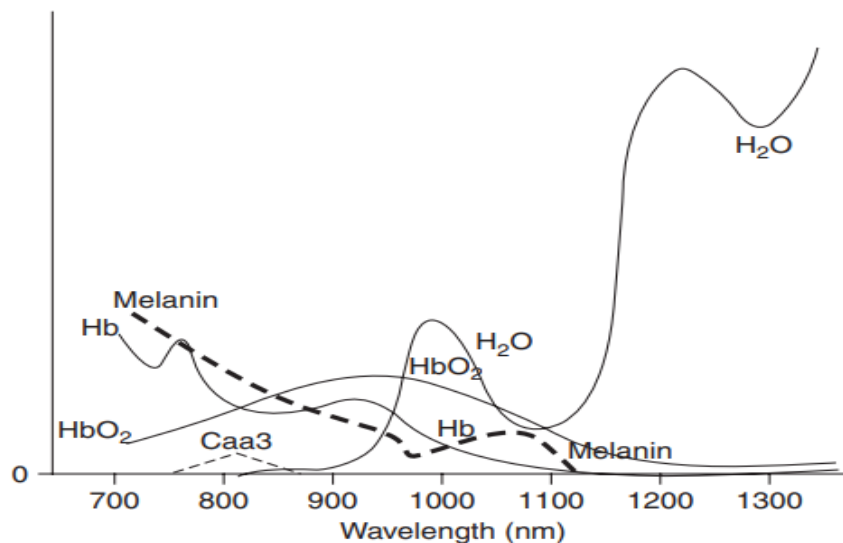
2.6.Φασματοσκοπία Εγγύς Υπέρυθρου (NIRS)

Η εγγύς υπέρυθη φασματοσκοπία (NIRS) αποτελεί μία μη επεμβατική και άμεση μέθοδο υπολογισμού της οξυγόνωσης ενός ιστού. Η συγκεκριμένη φασματοσκοπική μέθοδος μεταδίδει ακτινοβολία στο φάσμα του εγγύς υπέρυθρου (700-1000nm)(C. R. Rooks et al., 2010). Γενικότερα, η μετάδοση της ακτινοβολίας ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος εξαρτάται από το συνδυασμό των ιδιοτήτων του φωτός δηλαδή της ανάκλασης, της διασκόρπισης και της απορρόφησης του σε σχέση με τον ιστό (J. M. Murkin&M. Arango, 2009). Εντός του εγγύς υπέρυθρου φάσματος η ακτινοβολία μπορεί να διαπεράσει τον ιστό αρκετά εκατοστά ακόμα και να εισχωρήσει στα οστά καθώς και τον εγκεφαλικό φλοιό πριν την αλληλεπίδρασή του με τα χρωμοφόρα μόρια(N.F.Agbangla et al.,2017;P. Ekkekakis, 2009;F. Weber& P.Scoones, 2019). Αναφορικά, ηλεκτρόδια τοποθετούνται ομόπλευρα σε συγκεκριμένη απόσταση από ένα πομπό εκπέμποντας ακτινοβολία ελλειπτικής τροχιάς κατά την οποία το βάθος εισχώρησής της εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ του πομπού-δέκτη(J. M. Murkin&M. Arango, 2009).



Εικόνα 2.6. Μετάδοση ακτινοβολίας στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα διανύοντας μία ελλειπτική τροχιά στον εγκεφαλικό ιστό. Η ακτινοβολία εισχωρεί μόλις λίγα εκατοστά εντός του ιστού.

Πηγές: P. Ekkekakis, 2009

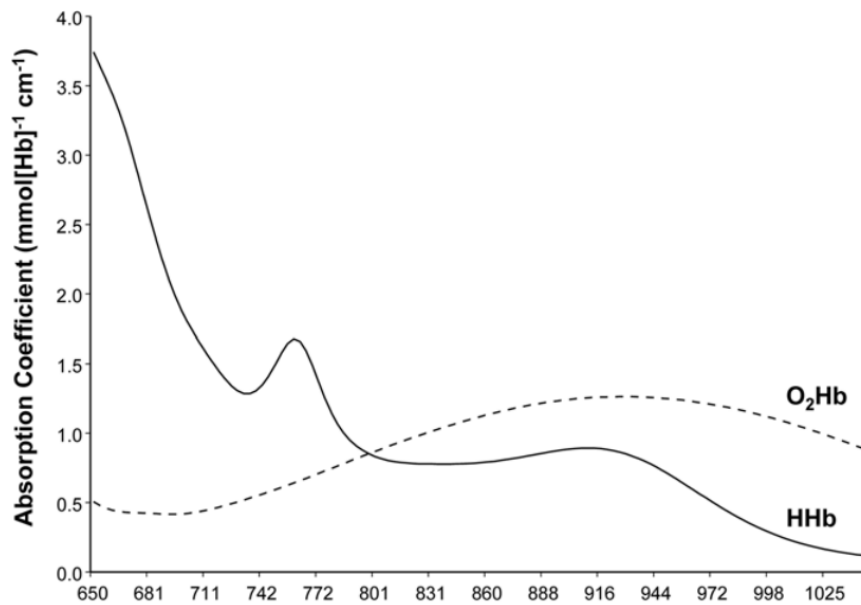


Εικόνα 2.7. Φάσμα απορρόφησης των χρωμοφόρων ενώσεων σε διάφορα μήκη κύματος.

Πηγές:J. M. Murkin& M. Arango, 2009

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό για την μέτρηση της οξυγόνωσης του εγκεφάλου(Weber& P.Scoones, 2019). Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης σε κρίσιμα ασθενή νεογέννητα βρέφη και έπειτα εξελίχθηκε με τη χρήση της σε διάφορες ασθενείς καταστάσεις καθώς και στη μελέτη νευρολογικών και ψυχιατρικών παθήσεων(J. Ali et al.,2022; J. P. Mintzer& E. Moore, 2019). Για τον υπολογισμό του βαθμού της εγκεφαλικής οξυγόνωσης χρειάζεται να γίνει ποσοτικοποίηση των δύο διαφορετικών μορφών της αιμοσφαιρίνης δηλαδή της οξυαιμοσφαιρίνης (HbO₂) και της δεοξυαιμοσφαιρίνης (dHb) καθώς και της ολικής αιμοσφαιρίνης(THb= HbO₂ + dHb). Οι δύο μορφές της αιμοσφαιρίνης απορροφούν την ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετικό φάσμα απορρόφησης (P. Ekkekakis, 2009; J. M. Murkin&M. Arango, 2009).

Συγκεκριμένα, η HbO₂ γίνεται πιο ευδιάκριτη από την dHb σε μήκος κύματος πάνω περίπου από 830nm, ενώ η dHb φαίνεται να είναι πιο ευδιάκριτη κοντά στα 760nm (P. Ekkekakis, 2009). Με αυτό τον τρόπο η φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου μπορεί και ποσοτικοποιεί τις συγκεντρώσεις των χρωμοφόρων ενώσεων στον εγκεφαλικό φλοιό(N.F.Agbangla et al.,2017).



Εικόνα 2.8. Φάσμα απορρόφησης της οξυοαιμοσφαιρίνης (HbO₂) και τη δεοξυοαιμοσφαιρίνης (dHb)

στον προμετωπιαίο λοβό

Πηγές: P. Ekkekakis, 2009

Ωστόσο, πριν από την εισχώρηση των φωτονίων στον εγκεφαλικό φλοιό και την επακόλουθη απορρόφησή τους από τα χρωμοφόρα μόρια χρειάζεται να διασχίσουν αρκετά εξωτερικά ιστικά στρώματα όπως το τριχωτό της κεφαλής, τις μήνιγγες και το κρανίο καθώς ενδέχεται να περιέχουν διάφορες συγκεντρώσεις αίματος και ιστικών χρωμοφόρων ενώσεων (P. Ekkekakis, 2009). Συγκεκριμένα, θέλοντας να διακρίνουν τα σήματα μεταξύ του εγκεφαλικού και του εξωτερικού εγκεφαλικού ιστού χρησιμοποιείται η μέθοδος της χωρικής ανάλυσης κατά την οποία τοποθετούνται δύο δέκτες σε διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ τους και υπολογίζεται μέσω ενός αλγόριθμου ο κορεσμός του εγκεφαλικού φλοιού σε οξυγόνο. Τέλος, έχει εκτιμηθεί πως περίπου το 85% του δείκτη του τοπικού κορεσμού του οξυγόνου (rSO₂) προέρχεται από τον εγκεφαλικό φλοιό και το υπόλοιπο 15% από τους εξωτερικούς ιστούς του εγκεφάλου (J. M. Murkin & M. Arango, 2009).

2.6.1. Συσκευή Ιστικής οξυγόνωσης INVOS 5100

Η συσκευή INVOS 5100 προσφέρει την μη επεμβατική μέτρηση του rSO₂. Συγκεκριμένα, εκπέμπει ακτινοβολία σε δύο μήκη κύματος στο εγγύς υπέρυθρο (730 και 810nm) μέσω μίας λυχνίας LED (A. Dullenkopf et al., 2003; M. Thavasoathy et al., 2002). Επιπρόσθετα, έχουν τοποθετηθεί δύο δέκτες σε απόσταση 3 και 4cm από τη λυχνία μέσω των οποίων μετριέται η αναλογία της οξυοαιμοσφαιρίνης προς την ολική αιμοσφαιρίνη και το αντίστοιχο ποσοστό το οποίο αναγράφεται αντιστοιχεί στο rSO₂ (A. Dullenkopf et al., 2003). Συγκεκριμένα, ο δέκτης κοντά στη λυχνία ανιχνεύει πληροφορίες από περιφερικούς εγκεφαλικούς ιστούς ενώ ο δέκτης που βρίσκεται μακρύτερα ανιχνεύει πληροφορίες από περιοχές εντός του εγκεφάλου και ο rSO₂ προκύπτει από την αφαίρεση της τιμής του κοντινού από το περιφερικό δέκτη (A. Dullenkopf et al., 2003).

Επιπρόσθετα, η σχετική συμβολή της ποσότητας του αρτηριακού και φλεβικού αίματος στον υπολογισμό του rSO₂ δεν μπορεί να υπολογιστεί σε πραγματικό χρόνο με σήματα από άλλες συσκευές καθώς ενδέχεται να επηρεαστεί και από διακυμάνσεις της PCO₂(M. Thavasothy et al., 2002). Αντίθετα, η συσκευή INVOS 5100 προσφέρει μία αμετάβλητη αναλογία μεταξύ του αρτηριακού και φλεβικό αίματος της τάξεως του 25:75% αντίστοιχα (W. Wirayannawat et al., 2023; M. Thavasothy et al., 2002).

2.7. Γενικά Στοιχεία για τη Χρήση Μάσκας

Συνοπτικά χρήσιμο θα ήταν να αναφερθεί πως υπάρχουν αρκετά είδη μασκών όπως για παράδειγμα οι χειρουργικές(surgical mask), ιατρικές κ.α.(Roberge et al., 2012). Αυτού του είδους οι μάσκες πρωτοεμφανίστηκαν κατά το 19^ο αιώνα στη Γερμανία με πρωταρχικό σκοπό να προστατεύσουν τον ασθενή στο χειρουργείο από μικροοργανισμούς (Roberge et al., 2012). Οι χειρουργικές μάσκες όπως προαναφέραμε παραπάνω ανήκουν στη κατηγορία των μέσων ατομικής προστασίας και η ένταξή τους προτάθηκε από τον Αμερικάνικο Οργανισμό για την Ασφάλεια και την Υγεία (U.S. Occupational Safety and Health Administration, OSHA).

Οι χειρουργικές μάσκες ωστόσο δεν εντάσσονται στη κατηγορία του αναπνευστικού προστατευτικού εξοπλισμού (Respiratory Protective Equipment), καθώς δεν προσφέρουν την ίδια αποτελεσματικότητα με τις μάσκες της κατηγορίας αυτής. Ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν διαφορά στην αποτελεσματικότητα του φιλτραρίσματος έως και 15% σε σχέση με τις μάσκες της κατηγορίας αυτής.(W. Yim et al., 2020).

Στη κατηγορία του αναπνευστικού προστατευτικού εξοπλισμού χρησιμοποιούνται ορισμένα μοντέλα τα οποία αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως Filtering Facepiece Respirators (FFRs) όπως μπορούμε να δούμε και στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Τύποι μασκών.

Πηγές: L. Klimek et al. 2020.

Όνομα	Χώρα Προέλευσης
FFP2	Ευρωπαϊκή Ένωση
N95	Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
KN95	Κίνα
P2	Αυστραλία/Νέα Ζηλανδία
Korea First Class	Κορέα
DS	Ιαπωνία

Τα μοντέλα FFR χρησιμοποιούνταν αρχικά στον τομέα της υγείας ωστόσο μετά την έναρξη της ασθένειας COVID-19, η οποία προκλήθηκε από τον ίο SARS-COV-2 η χρήση των μασκών γενικεύθηκε και στον γενικό πληθυσμό (Bronchot et al., 2020). Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως με την έξαρση της πανδημίας θα ήταν απαραίτητο να υπάρχει προστατευτικός εξοπλισμός για το σύστημα υγείας, καθώς επίσης και για το μέσο πολίτη. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τον αναπνευστικό προστατευτικό εξοπλισμό οι μάσκες N95 όπως επίσης KN95 έχουν εγκριθεί από το Αμερικάνικο Εθνικό Ινστιτούτο για την Επαγγελματική Υγεία και Ασφάλεια (U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) πως προσφέρουν έως και 95% αποδοτικότητα κατά των μεταδιδόμενων μικροσωματίων μέσω του αέρα (S. Duncan et al., 2021; Bronchot et al., 2020; J. Bartoszko et al., 2020).

Διάφοροι τύποι αναπνευστικών προστατευτικών μηχανισμών έχουν εγκριθεί ανά τον κόσμο όπως το μοντέλο N95 και πιο συγκεκριμένα στο Καναδά τα μοντέλα KN95 και FFP2, εφόσον ο κατασκευαστής μπορεί να εγγυηθεί ότι τηρούν τα απαραίτητα κριτήρια (Bronchot et al., 2020)

Παρατηρούμε λοιπόν πως η έξαρση αυτής της πανδημίας οδήγησε στην μελέτη και στη δοκιμή σε πειραματικές διαδικασίες των διάφορων τύπων μασκών καθώς και τις μεταξύ τους συγκρίσεις. Ωστόσο μεγάλη σημασία πρέπει να δοθεί όπως και στην τωρινή πειραματική έρευνα θέλοντας να κατανοήσουμε φυσιολογικούς παράγοντες οι οποίοι ενδέχεται να επηρεάζουν αρνητικά ή μη την οξυγόνωση του εγκεφάλου.

2.7.1. Χρήση μάσκας κατά την εκτέλεση Έργου.

Αρχικά θα αναφερθούμε στην επιρροή που μπορεί να ασκεί η χρήση κάποιων από των μέσων ατομικής προστασίας σε βιολογικές λειτουργίες του οργανισμού σε κατάσταση ηρεμίας. Σύμφωνα με μία ανασκόπηση οι ερευνητές παρατήρησαν δυσμενής επιρροές με τη χρήση μάσκας N95 σε υγιή πληθυσμό σε ορισμένους δείκτες όπως στην αύξηση του κενού χώρου, στην αντίσταση της αναπνοής κ.α.(K. Kisielinski et al., 2021). Επιπρόσθετα ανεβασμένη συγκέντρωση CO₂ παρατηρήθηκε σε μία έρευνα με τη χρήση μάσκας KN95 αλλά ο συγκεκριμένος δείκτης δεν ξεπερνούσε τα όρια της NIOSH και ως συμπέρασμα δεν θα έπρεπε να δημιουργεί ανησυχία στη καθημερινή χρήση της (Michelle S. M. Rhee et al., 2021). Μία έρευνα στην οποία μέτρησαν την εγκεφαλική οξυγόνωση (NIRS) με τη χρήση μάσκας FFP2 βρέθηκαν στατιστικές σημαντικές αλλαγές στη αιμοδυναμική του εγκεφάλου(Cerebral Hemodynamics) όπως επίσης και στο κορεσμό του οξυγόνου σε κατάσταση ηρεμίας, ωστόσο οι αλλαγές ήταν συγκρίσιμες με τις καθημερινές δραστηριότητες ενός ατόμου και οι ερευνητές συμπέραναν πως δεν υπάρχει κάποια ανησυχία στην καθημερινή χρήση της μάσκας (J. B. Fischer et al., 2021).

Παρόμοια συμπεράσματα όσον αφορά την καθημερινή χρήση της μάσκας παρατηρούμε σε ακόμα μία έρευνα κατά την οποία εξετάστηκε η εγκεφαλική οξυγόνωση με τη χρήση MRI φορώντας μάσκα KN95 καθώς τα αποτελέσματα έδειξαν μη στατιστικές σημαντικές αλλαγές στη οξυγόνωση του εγκεφάλου (A. Fothergill et al., 2022).

Καθώς τα προηγούμενα χρόνια η χρήση των μέσων ατομικής προστασίας όπως επίσης και του αναπνευστικού προσωπικού εξοπλισμού πραγματοποιούνταν κατά κύριο βαθμό από τους επαγγελματίες στον υγειονομικό κλάδο, όπως αναφέραμε προηγουμένως, οι πειραματικές έρευνες όσον αφορά την χρήση κάποιου από αυτούς τους εξοπλισμούς συνδυαστικά με την επίδραση του στρες κατά την άσκηση ήταν περιορισμένη (Erstein et al., 2020). Αρχικά οι Roberge et al. (2010) ήθελαν να αξιολογήσουν το αντίκτυπο των масκών N95 σε επαγγελματίες στον υγειονομικό κλάδο για το χρονικό διάστημα της μίας ώρας περπατήματος σε δύο ταχύτητες των 1,7miles/h (2,7km/h) με 0° κλίση και 2,5miles/h (4.02km/h) με 0° κλίση καθώς φορώντας μάσκα N95, τη μάσκα N95 με μια ενσωματωμένη εκπνευστική βαλβίδα και χωρίς τη μάσκα (διαδικασία ελέγχου). Τα αποτελέσματα από αυτή την έρευνα μας δείχνουν, πως η χρήση μάσκας N95 και N95 με ενσωματωμένη εκπνευστική βαλβίδα είχε ήπιο φυσιολογικό αντίκτυπο καθώς και η χρήση της N95 με τον ενσωματωμένο μηχανισμό δεν προσφέρει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα συγκριτικά με την απλή N95 για την εργασία μίας ώρας. Σημαντικά ήταν τα σχόλια των ερευνητών πως υπάρχει αναγκαιότητα για περαιτέρω έρευνα πάνω σε αυτό το θέμα όσον αφορά τις μάσκες αλλά και τη χρήση τους για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα της μίας ώρας.

Μια ακόμη έρευνα είχε σκοπό να εκτιμήσει τις φυσιολογικές παραμέτρους σε γενικό πληθυσμό στη χρήση χειρουργικών масκών και масκών N95 κατά τη διάρκεια άσκησης στο ποδήλατο μέχρι εξάντλησης (Erstein et al., 2020). Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας υποδεικνύουν πως η άσκηση με τη χρήση N95 καθώς και χειρουργικών масκών για την εκτέλεση έντονης αερόβιας άσκησης μπορεί να εκτελεστεί από υγιή πληθυσμό με ασφάλεια, όμως πρέπει να ληφθεί υπόψιν πως στην εν λόγω έρευνα υπήρξαν ήπιες αυξήσεις στη μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα PCO₂ καθώς αυξάνεται η ένταση της άσκησης χωρίς όμως να επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά φυσιολογικοί παράγοντες όπως η Καρδιακή συχνότητα (HR), Αναπνευστική Συχνότητα (RR), η Πίεση αίματος (BP) καθώς και ο κορεσμός του αρτηριακού αίματος σε οξυγόνο (SO₂). Οι συγγραφείς προσθέτουν πως χρειάζεται παραπάνω έρευνα στη χρήση μάσκας παρατεταμένης διάρκειας. Σε μία έρευνα μελέτησαν την χρήση χειρουργικών масκών σε κυκλοεργόμετρο αυξανόμενης έντασης με αποτέλεσμα μειωμένο αερισμό αλλά δεν σημειώθηκε κάποια διαφορά στην απόδοση των δοκιμαζόμενων, όπως επίσης και στην οξυγόνωση του αίματος αλλά και των μυών (K. Shaw et al., 2020). Θα πρέπει να τονίσουμε εδώ πως η διαφορά του πνευμονικού αερισμού και η δυσκολία της αναπνοής στη προηγούμενη έρευνα όπως επίσης και σε μία ανασκόπηση κατά την οποία παρατηρήθηκαν μειωμένοι φυσιολογικοί και πνευμονικοί δείκτες κατά την οποία οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση σπιρομετρικής μάσκας πάνω από τη χειρουργική μάσκα η οποία μπορεί να επηρέασε παραπάνω την ροή του αέρα καθώς την αντίσταση στην αναπνοή (C. Zheng et al., 2022; K. Shaw et al., 2020).

Επίσης μη σημαντική διαφορά στην απόδοση (Absolute peak power) των δοκιμαζόμενων με τη χρήση χειρουργικής, υφασμάτινης αλλά και N95 μάσκας σε προσπάθεια υπομέγιστης και μέγιστης έντασης στο κυκλοεργόμετρο χωρίς να προξενήσει αρτηριακή υποξαιμία ή να επηρεάσει σημαντικούς καρδιαγγειακούς δείκτες (C. J. Ade et al., 2021). Επιπρόσθετα η χρήση χειρουργικών масκών και N95 είχε ένα μικρό φυσιολογικό αντίκτυπο δύσκολα ανιχνεύσιμο το οποίο θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση των ασκούμενων κατά τη διάρκεια της άσκησης (K. A. Shaw et al., 2021; S. R. Hopkins et al., 2021).

Οι Roberge et al. (2012) θέλοντας να μελετήσουν τις επιδράσεις των χειρουργικών масκών υπέβαλαν τους δοκιμαζόμενους σε περπάτημα πάνω στο δαπεδοεργόμετρο με ταχύτητα 5,6 km/h με 0° κλίση για διάρκεια μίας ώρας. Οι ερευνητές διαπίστωσαν πως η χρήση χειρουργικών масκών οδήγησε σε ήπιες μεταβολές σε κάποιους φυσιολογικούς δείκτες, οι οποίες όμως ήταν στατιστικώς μη σημαντικές.

Σε αντίθεση με τις παραπάνω έρευνες παρατηρήθηκαν μειώσεις στην απόδοση καθώς και στη VO₂max σε ένα πρωτόκολλο αυξανόμενης έντασης στο κυκλοεργόμετρο με τη χρήση χειρουργικής και FFP2/N95 μάσκας. Πιο συγκεκριμένα με τις FFP2/N95 η μείωση ανέρχονταν σε 13% για την VO₂max και 23% για τον αερισμό (S. Fikenzler et al., 2020). Αξίζει να σημειωθεί στην εν λόγω έρευνα πως παρά τις μειώσεις στους παραπάνω παράγοντες δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη χρήση των масκών και μη, σε μεταβολικούς παράγοντες (pH, PCO₂, PO₂) (S. Fikenzler et al., 2020). Επιπρόσθετα σε ένα πείραμα αυξανόμενης έντασης στο κυκλοεργόμετρο σε εργαζόμενους στο κλάδο της υγείας με τη χρήση χειρουργικών масκών και N95 οι ερευνητές διαπίστωσαν και στις δύο περιπτώσεις μειωμένη εισπνευστική ροή ,πνευμονικό αερισμό καθώς μειωμένη VO₂max όπως επίσης μειωμένη αναπνευστική συχνότητα στις N95 και κατακράτηση CO₂(L. Shui et al., 2022). Ακόμα αξίζει να σημειωθεί πως στη συγκεκριμένη έρευνα είχε τοποθετηθεί μάσκα σπιρομέτρησης πάνω από τη χειρουργική και τη N95 μάσκα.

Ένα σημαντικό θέμα που αναφέρθηκε στα περισσότερα άρθρα τα οποία πραγματεύονται το παρόν ζήτημα ήταν η μη άνεση των εξεταζόμενων με τον πειραματικό εξοπλισμό και πιο συγκεκριμένα με τις μάσκες, καθώς ανέφεραν δυσφορία (δύσπνοια) στη περιοχή στην οποία είχε τοποθετηθεί η μάσκα καθώς και αίσθημα υπερθέρμανσης (C. J. Ade et al., 2021; S. Fikenzer et al., 2020; L. Klimek et al., 2020; Roberge et al., 2011; Roberge et al., 2012; C. Zheng et al., 2022; S. R. Hopkins et al., 2021; K. A. Shaw et al., 2021; L. Shui et al., 2022; G. Vinetti et al., 2023).

Πιο συγκεκριμένα, οι Roberge et al. (2010) αναφέρονται στη δυσφορία την οποία ένοιωθαν οι δοκιμαζόμενοι του πειράματος τους όπως και σε άλλες έρευνες, επισημαίνοντας πως η συγκεκριμένη αίσθηση επηρεάζει συνήθως τη σωστή χρήση των масκών. Μία αιτιολογία μπορεί να είναι πως η δυσφορία την οποία νοιώθουν οι δοκιμαζόμενοι να οφείλεται σε νευρολογικά αίτια λόγω των αυξημένων προσαγωγών ερεθισμάτων από την θερμοευαίσθητη περιοχή του προσώπου ή και σε ψυχολογικούς παράγοντες (Roberge et al., 2011; S. Driver et al., 2021).

III.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1.Δείγμα.

Το δείγμα της παρούσας έρευνας περιλαμβάνει 8 ενεργά ασκούμενους υγιείς αθλητές εκ των οποίων και οι 8 ήταν άνδρες, ηλικίας 20-30 ετών. Χωρίς κάποιο ιστορικό μυοσκελετικής δυσλειτουργίας ή κάποιας χρόνιας ασθένειας και χωρίς τη συστηματική χρήση φαρμάκων τα οποία επηρεάζουν τις φυσιολογικές λειτουργίες του εγκεφάλου.

3.2. Μεταβλητές

Ανεξάρτητη Μεταβλητή: Ως ανεξάρτητη μεταβλητή ορίστηκε ο δείκτης του τοπικού κορεσμού του οξυγόνου (rSO2) με τη χρήση μάσκας KN95.

Εξαρτημένη Μεταβλητή: Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε η εγκεφαλική οξυγόνωση.

3.3. Σχεδιασμός

Πριν την έναρξη συλλογής των δεδομένων πραγματοποιήθηκε η πλήρης ενημέρωση των συμμετεχόντων για τον σκοπό, τη διαδικασία της έρευνας, τους πιθανούς κινδύνους καθώς και την αξιοποίηση των ευρημάτων. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι έδωσαν την έγγραφη συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή στην έρευνα. Αρχικά, οι δοκιμαζόμενοι εξοικειώθηκαν με τα μηχανήματα μέτρησης και αφού κάθισαν 5 λεπτά σε θέση ηρεμίας μετρήθηκε η καρδιακή συχνότητα ηρεμίας, η αρτηριακή του πίεση και ο κορεσμός του αρτηριακού αίματος σε οξυγόνο.

Υποβλήθηκαν σε δύο διαφορετικές συνθήκες κατά το ίδιο πρωτόκολλο κόπωσης. Κατά την 1^η χωρίς την τοποθέτηση μάσκας και στην 2η με τη χρήση μάσκας προσώπου KN95 κατά τη χρονική διάρκεια μίας εβδομάδας αργότερα από την 1^η συνθήκη.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας καταγράφηκαν συνεχόμενες μετρήσεις κάθε ένα λεπτό, της καρδιακής τους συχνότητας, της αρτηριακής τους πίεσης, της οξυγόνωσης του εγκεφάλου με τη χρήση εγγύς υπέρυθρης φασματοσκοπίας (NIRS INVOS 5100, Medtronic) καθώς και στο κορεσμό οξυγόνου με τη χρήση οξυμέτρου.

Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι θα πρέπει να απέχουν από οποιαδήποτε μορφή άσκησης τουλάχιστον 72 ώρες πριν από την μέτρηση καθώς επίσης να μην έχουν καταναλώσει κάποιου είδους τροφή, φάρμακα καθώς και συμπληρώματα καφεΐνης που ενδεχόμενος να επηρεάζουν τη καρδιακή λειτουργία. Στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία επιλέχθηκε το πρωτόκολλο αερόβιας κόπωσης του Gerkin (Στάδιο 0=3 λεπτά , Στάδια 1-14=1λεπτό/στάδιο) με τη χρήση επαγγελματικού διαδρόμου της Technogym Ιταλίας με συνολική κλίση 14% και ταχύτητες μεταξύ 5.6-12km/h(K. Buttar et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα το στάδιο 0 αναφέρεται στο κομμάτι της προθέρμανσης 3 λεπτών με ταχύτητα (5,6 km/h και με κλίση 0%) . Στο πρώτο στάδιο ανεβάζουμε ταχύτητα στα (7,2 km/h) ενώ η κλίση παραμένει σταθερή (0%) . Στο δεύτερο στάδιο η ταχύτητα παραμένει σταθερή (7,2 km/h) ενώ η κλίση ανέρχεται στο (2%). Ολόκληρο το πρωτόκολλο κόπωσης αναγράφεται στο Πίνακα 3.1 καθώς όπως παρατηρούμε ακολούθως στα υπόλοιπα στάδια επηρεάζεται ένας παράγοντας κάθε φορά δηλαδή είτε η ταχύτητα είτε η κλίση του διαδρόμου. Μετά το τέλος της διαδικασίας ο ασκούμενος περπατάει στο διάδρομο μέχρι η καρδιακή του συχνότητα να κατέβει κάτω των 100 παλμών.

Πίνακας 3.1. Πρωτόκολλο κόπωσης Gerkin που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα.

Πηγές: K. Buttar et al., 2019; M. Mier & Ann L. Gibson, 2003.

Στάδιο	Ταχύτητα (M/h-Km/h)	Κλίση(%)	METS
0(Προθέρμανση)	3.5/5.6327	0	3.7
1	4.5/7.24205	0	4.4
2	4.5/7.24205	2	5.7
3	5/8.04672	2	6.2
4	5/8.04672	4	7.6
5	5.5/8.85139	4	8.2
6	5.5/8.85139	6	9.8
7	6/9.65606	6	10.6
8	6/9.65606	8	12.2
9	6.5/10.4607	8	13.1
10	6.5/10.4607	10	14.9
11	7/11.2654	10	16
12	7/11.2654	12	17.9
13	7.5/12.0701	12	19.2
14	7.5/12.0701	14	21.2
Αποκατάσταση	3.5/5.6327	0	3.7



Εικόνα 3.1. Δοκιμαζόμενος κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στην εικόνα παρατηρούμε το δοκιμαζόμενο με τη χρήση μάσκας(KN95) καθώς και των υπόλοιπων οργάνων μέτρησης.

Κατά το πρωτόκολλο κόπωσης στους δοκιμαζόμενους τοποθετήθηκαν όπως βλέπουμε και στη Εικόνα 3.1 τα εξής:

1. Συσκευή Pollar Φιλανδίας στο ύψος της ξιφοειδής απόφυσης με σκοπό τη καταγραφή της καρδιακής συχνότητας.
2. Οπτόδια(Ηλεκτρόδια) στο προμετωπιαίο λοβό για τη καταγραφή του τοπικά κορεσμένου οξυγόνου (rSO₂). Βλέπε Εικόνα 3.2.
3. Οξύμετρο στο δείκτη του δεξιού χεριού για τη καταγραφή του κορεσμού του αρτηριακού οξυγόνου(SO₂).
4. Στο δεξί βραχίονα περιχειρίδα του ηλεκτρονικού πιεσόμετρου.
5. Τοποθέτηση μάσκας KN95 (Μόνο κατά τη δεύτερη συνθήκη του πειράματος).



Εικόνα 3.2. Ο αισθητήρας της συσκευής NIRS INVOS.

Για να αξιολογήσουμε το βαθμό δυσφορίας και στις δύο πειραματικές συνθήκες δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια κλίμακα δείκτη αντίληψης υποκειμενικής κόπωσης, όμως υπήρχε συνεχή προφορική επικοινωνία και ενθάρρυνση από τους ερευνητές για την εξασφάλιση της μέγιστης προσπάθειας από τους δοκιμαζόμενους. Η άσκηση τερματίζεται εάν αναφερθεί οποιαδήποτε βαθμός έντονης δυσφορίας ή εάν η καρδιακή συχνότητα υπερβεί το 85% της μέγιστης επιτρεπόμενης για την ηλικία του δοκιμαζόμενου (220-ηλικία) για χρόνο πάνω από 15 δευτερόλεπτα (M. Mier&Ann L. Gibson, 2003). Η διάρκεια της συνολικής κόπωσης κυμαίνονταν από 13-15 λεπτά, ενώ οι εξεταζόμενοι ήταν παρόντες στον χώρο εξέτασης για χρόνο περίπου 30 λεπτών. Τέλος η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ειδικό χώρο στο νοσοκομείο Metropolitan General μετά από έγκριση και της επιστημονικής επιτροπής του νοσοκομείου. Η διάθεση του χώρου και των υλικών ήταν δωρεάν.

3.4. Όργανα Μέτρησης.

1. Παλμικό Οξύμετρο.
2. NIRS INVOS 5100, Medtronic (Εικόνα 3.3)
3. Ηλεκτρονικό Πιεσόμετρο περιχειρίδας.
4. Pollar (Φιλανδίας).



Εικόνα 3.3. Συσκευή INVOS (Channel Monitor with Sensors for Neonates to Adults).

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε όλους τους εξεταζόμενους παρατηρήθηκε μείωση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης, όπως εκτιμάται από το δείκτη rSO₂ κατά το μέσο της εξέτασης, η οποία και παρέμεινε μειωμένη μέχρι το πέρας αυτής και για διάστημα τριών λεπτών μετά το πέρας της εξέτασης. Η μέση μείωση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης ανέρχονταν στο 18.2% (8-32%) και δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών (Χωρίς Μάσκα KN95- Με τη χρήση Μάσκας KN95).

Επιπρόσθετα στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης και η αντίστοιχη στατιστική ανάλυση με την χρήση της δοκιμασίας t-test και ANOVA. Το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας ήταν $p < 0.05$.

Συνομογραφίες Πινάκων:

- rCortex0noMask: Δείκτης r εγκεφαλικής οξυγόνωσης χωρίς μάσκα στην αρχή του πειράματος.
- rCortexMiddlenoMask: Δείκτης r εγκεφαλικής οξυγόνωσης χωρίς μάσκα στη μέση του πειράματος.
- rCortexEndnoMask: Δείκτης r εγκεφαλικής οξυγόνωσης χωρίς μάσκα στο τέλος του πειράματος.
- rCortex0Mask: Δείκτης r εγκεφαλικής οξυγόνωσης με μάσκα στην αρχή του πειράματος.
- rCortexMiddleMask: Δείκτης r εγκεφαλικής οξυγόνωσης με μάσκα στη μέση του πειράματος.
- rCortexEndMask: Δείκτης r εγκεφαλικής οξυγόνωσης με μάσκα στο τέλος του πειράματος.

Πίνακας 4.1. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα της μελέτης .

	N	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
rCortex0noMask	8	64	75	68.38	3.889
rCortexMiddlenoMask	8	57	68	62.88	3.796
rCortexEndnoMask	8	55	65	59.63	3.583
rCortex0Mask	8	65	77	68.50	3.891
rCortexMiddleMask	8	57	68	62.50	3.891
rCortexEndMask	8	55	65	59.38	3.815

Πίνακας 4.2. Δοκιμασία T-Test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Περιγραφικά δεδομένα.

		Μέση τιμή	N	Τυπική απόκλιση	Τυπικό σφάλμα
Pair 1	rCortex0noMask	68.38	8	3.889	1.375
	rCortexMiddlenoMask	62.88	8	3.796	1.342
Pair 2	rCortex0noMask	68.38	8	3.889	1.375
	rCortexEndnoMask	59.63	8	3.583	1.267
Pair 3	rCortexMiddlenoMask	62.88	8	3.796	1.342
	rCortexEndnoMask	59.63	8	3.583	1.267
Pair 4	rCortex0noMask	68.38	8	3.889	1.375
	rCortex0Mask	68.50	8	3.891	1.376
Pair 5	rCortexMiddlenoMask	62.88	8	3.796	1.342
	rCortexMiddleMask	62.50	8	3.891	1.376
Pair 6	rCortexEndnoMask	59.63	8	3.583	1.267
	rCortexEndMask	59.38	8	3.815	1.349
Pair 7	rCortex0Mask	68.50	8	3.891	1.376
	rCortexEndMask	59.38	8	3.815	1.349
Pair 8	rCortex0Mask	68.50	8	3.891	1.376
	rCortexMiddleMask	62.50	8	3.891	1.376
Pair 9	rCortexMiddleMask	62.50	8	3.891	1.376
	rCortexEndMask	59.38	8	3.815	1.349

Πίνακας 4.3. Δοκιμασία *T-Test* κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος.

		N	Συσχέτιση	Σημαντικότητα	
				One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	rCortex0noMask & rCortexMiddlenoMask	8	.942	<.001	<.001
Pair 2	rCortex0noMask & rCortexEndnoMask	8	.975	<.001	<.001
Pair 3	rCortexMiddlenoMask & rCortexEndnoMask	8	.920	<.001	.001
Pair 4	rCortex0noMask & rCortex0Mask	8	.892	.001	.003
Pair 5	rCortexMiddlenoMask & rCortexMiddleMask	8	.953	<.001	<.001
Pair 6	rCortexEndnoMask & rCortexEndMask	8	.984	<.001	<.001
Pair 7	rCortex0Mask & rCortexEndMask	8	.842	.004	.009
Pair 8	rCortex0Mask & rCortexMiddleMask	8	.840	.005	.009
Pair 9	rCortexMiddleMask & rCortexEndMask	8	.919	<.001	.001

Πίνακας 4.4. Δοκιμασία *T-Test* κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Κατά ζεύγη διαφορές .

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Τυπικό σφάλμα	95% Διάστημα αξιοπιστίας των διαφορών		
					Κατώτερο	Ανώτερο	
Pair 1	rCortex0noMask - rCortexMiddlenoMask	5.500	1.309	.463	4.405	6.595	11.881
Pair 2	rCortex0noMask - rCortexEndnoMask	8.750	.886	.313	8.009	9.491	27.920
Pair 3	rCortexMiddlenoMask - rCortexEndnoMask	3.250	1.488	.526	2.006	4.494	6.177
Pair 4	rCortex0noMask - rCortex0Mask	-.125	1.808	.639	-1.636	1.386	-.196
Pair 5	rCortexMiddlenoMask - rCortexMiddleMask	.375	1.188	.420	-.618	1.368	.893
Pair 6	rCortexEndnoMask - rCortexEndMask	.250	.707	.250	-.341	.841	1.000
Pair 7	rCortex0Mask - rCortexEndMask	9.125	2.167	.766	7.313	10.937	11.910
Pair 8	rCortex0Mask - rCortexMiddleMask	6.000	2.204	.779	4.157	7.843	7.700
Pair 9	rCortexMiddleMask - rCortexEndMask	3.125	1.553	.549	1.827	4.423	5.693

Πίνακας 4.5. Δοκιμασία T-Test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Στατιστική σημαντικότητα

		Σημαντικότητα		
		df	One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	rCortex0noMask - rCortexMiddlenoMask	7	<.001	<.001
Pair 2	rCortex0noMask - rCortexEndnoMask	7	<.001	<.001
Pair 3	rCortexMiddlenoMask - rCortexEndnoMask	7	<.001	<.001
Pair 4	rCortex0noMask - rCortex0Mask	7	.425	.850
Pair 5	rCortexMiddlenoMask - rCortexMiddleMask	7	.201	.402
Pair 6	rCortexEndnoMask - rCortexEndMask	7	.175	.351
Pair 7	rCortex0Mask - rCortexEndMask	7	<.001	<.001
Pair 8	rCortex0Mask - rCortexMiddleMask	7	<.001	<.001
Pair 9	rCortexMiddleMask - rCortexEndMask	7	<.001	<.001

Πίνακας 4.6. Δοκιμασία T-Test κατά ζεύγη για την σύγκριση της οξυγόνωσης στις διάφορες φάσεις του πειράματος. Κατά ζεύγη επίδραση του δείγματος. Paired Samples Effect Sizes.

			Standardizer ^a	Point Estimate	95% Διάστημα αξιοπιστίας	
					Κατώτερο	Ανώτερο
Pair 1	rCortex0noMask - rCortexMiddlenoMask	Cohen's d	1.309	4.201	1.938	6.450
		Hedges' correction	1.474	3.731	1.721	5.729
Pair 2	rCortex0noMask - rCortexEndnoMask	Cohen's d	.886	9.871	4.795	14.972
		Hedges' correction	.998	8.768	4.259	13.298
Pair 3	rCortexMiddlenoMask - rCortexEndnoMask	Cohen's d	1.488	2.184	.850	3.481
		Hedges' correction	1.675	1.940	.755	3.092
Pair 4	rCortex0noMask - rCortex0Mask	Cohen's d	1.808	-.069	-.761	.627
		Hedges' correction	2.035	-.061	-.676	.557
Pair 5	rCortexMiddlenoMask - rCortexMiddleMask	Cohen's d	1.188	.316	-.406	1.017
		Hedges' correction	1.337	.280	-.361	.903
Pair 6	rCortexEndnoMask - rCortexEndMask	Cohen's d	.707	.354	-.374	1.058
		Hedges' correction	.796	.314	-.333	.940
Pair 7	rCortex0Mask - rCortexEndMask	Cohen's d	2.167	4.211	1.943	6.465
		Hedges' correction	2.440	3.740	1.726	5.742
Pair 8	rCortex0Mask - rCortexMiddleMask	Cohen's d	2.204	2.722	1.152	4.264
		Hedges' correction	2.481	2.418	1.023	3.787
Pair 9	rCortexMiddleMask - rCortexEndMask	Cohen's d	1.553	2.013	.751	3.236
		Hedges' correction	1.748	1.788	.667	2.874

V.ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην συγκεκριμένη έρευνα παρατηρήθηκε ένας βαθμός μείωσής της εγκεφαλικής οξυγόνωσης κατά το μέσο της εξέτασης η οποία και παρέμεινε μειωμένη μέχρι το πέρας αυτής σύμφωνα με το δείκτη (rSO₂) ο οποίος όμως δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο πειραματικών συνθηκών (Μη χρήση μάσκας KN95-Χρήση μάσκας KN95). Όπως έχει αναφερθεί μέσα από πειραματικές μελέτες οι οποίες χρησιμοποίησαν τη συσκευή NIRS ο βαθμός της εγκεφαλικής οξυγόνωσης αυξάνεται μεταξύ χαμηλών και μέτριων εντάσεων, παραμένει σταθερός από μέτριες σε υψηλές εντάσεις και έπειτα μειώνεται στις μέγιστες εντάσεις. Πιο συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της υπομέγιστης έντασης άσκησης ο όγκος αίματος και οξυγόνου στο προ μετωπιαίο λοβό αυξάνονται όμως κατά τη διάρκεια μέγιστων εντάσεων το μέγεθος της dHb ανέρχεται σε υψηλότερα επίπεδα από την HbO₂ (οξυοαιμοσφαιρίνη) (C. R. Rooks et al., 2010). Συμπεραίνοντας έτσι μία δυσαναλογία μεταξύ της μεταφοράς και της χρησιμοποίησης του οξυγόνου σε μέγιστες εντάσεις άσκησης με αποτέλεσμα μία μείωση του βαθμού εγκεφαλικής οξυγόνωσης.

Ακόμα σε μία πειραματική έρευνα με τη χρήση NIRS κατά τη διάρκεια έντονης κωπηλατικής άσκησης σε ειδικό εργόμετρο παρατηρήθηκε μείωση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης κατά 17%, αύξηση της dHb και μείωση της HbO₂ χωρίς να επηρεαστεί όμως η THb. (Nielsen et al., 1999). Οι ερευνητές συμπέραναν πως η μείωση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης επέρχεται μόνο όταν η μέγιστη έντασης άσκηση προκαλεί ένα σημαντικό αρτηριακό αποκορεσμό οξυγόνου (arterial desaturation).

Επιπρόσθετα σε μία πειραματική έρευνα στην οποία εξετάστηκε η εγκεφαλική οξυγόνωση με τη χρήση NIRS κατά τη διάρκεια άσκησης 7 διαλλειματικών επαναλήψεων στο 150%VO₂max(30δευτ. άσκηση/15 ξεκούραση) σε κυκλοεργόμετρο παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση του όγκου αίματος όπως και της εγκεφαλικής οξυγόνωσης με τη πάροδο των επαναλήψεων(Shibuya et al., 2003).

Ένας ακόμη παράγοντας ο οποίος ενδέχεται να επηρεάσει την οξυγόνωση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια άσκησης αφορά το βαθμό της υποξίας σε συνδυασμό με την ένταση της άσκησης. Μέσα από πειραματικές μελέτες, οι οποίες χρησιμοποίησαν τη συσκευή NIRS οι ερευνητές αναφέρουν πως κατά την διάρκεια υπομέγιστης και μέγιστης έντασης άσκησης κατά την υποξία η εγκεφαλική οξυγόνωση μειώνεται σταδιακά (Verges et al., 2012). Επιπρόσθετα υποστηρίζουν πως αυτή η μείωση μπορεί να οφείλεται στη αυξημένη μεταβολική κατανάλωση του οξυγόνου στον εγκέφαλο. Γενικότερα, σε μέγιστες εντάσεις δυναμικής άσκησης (ποδήλατο-τρέξιμο), ο εγκέφαλος έρχεται αντιμέτωπος με μία σειρά παραγόντων όπως την ελάττωση του αρτηριακού αίματος σε οξυγόνου(υποξία), την υποκαπνία καθώς και την αυξημένη αρτηριακή πίεση. Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων έχει ως αποτέλεσμα, μείωση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης, εγκεφαλική κόπωση και αδυναμία νευρομυικής ενεργοποίησης (Curtelin et al., 2017). Ακόμα ο βαθμός της αερόβιας ικανότητας ενός ατόμου ενδέχεται να επηρεάσει την επιρροή της υποξίας στον εκάστοτε δοκιμαζόμενο. αφού άτομα με υψηλότερη αερόβια ικανότητα επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό λόγω μεγαλύτερων μειώσεων κατά τη μεταφορά του(J. L. Fan et al., 2016).

Σύμφωνα με επιπρόσθετες πηγές , επιστήμονες εξέτασαν το βαθμό της υποξίας σε διαφορετικές συνθήκες με τη χρησιμοποίηση θαλάμου προσομοίωσης υπομέτρου σε 400m., 2000m., 3800m., κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων σπριντ υπερμέγιστης έντασης στο κυκλοεργόμετρο. Οι ερευνητές παρατήρησαν μεγαλύτερες τιμές της δεοξυοαιμοσφαιρίνης στα 3800m σε σύγκριση με τα 2000m και 400m καθώς και μία αύξηση στον όγκο αίματος(THb) προς το τέλος της προσπάθειας κατά το 20% της καθορισμένης διάρκειας. Η μέτρηση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης στην συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε με τη σκευή NIRS(Willis et al., 2017).

Στη συγκεκριμένη πειραματική έρευνα δεν βρέθηκε κάποια στατιστικός σημαντική διαφορά στην οξυγόνωση του εγκεφάλου με τη χρήση και μη της μάσκας KN95. Σύμφωνα με ορισμένες έρευνες κατά τις οποίες χρησιμοποιώντας την συσκευή NIRS, εξετάστηκε η επίδραση της μάσκας FFP2 στη κυκλοφορία του εγκεφάλου καθώς και σε άλλους φυσιολογικούς δείκτες. Πιο συγκεκριμένα, υπόβαλαν τους δοκιμαζόμενους σε διάβασμα ενός επιστημονικού άρθρου για διάρκεια 10 λεπτών κατά την ηρεμία με τη χρήση και μη της μάσκας(FFP2). Τα αποτελέσματα έδειξαν μία στατιστικός σημαντική αύξηση στην εγκεφαλική αιματική ροή(CBF) καθώς και στο κορεσμό του οξυγόνου στον εγκέφαλο χωρίς όμως να παρατηρείται κάποια αλλαγή στο κορεσμό του αρτηριακού αίματος σε οξυγόνο όπως επίσης και δεν παρατηρήθηκε κάποια ένδειξη υπερκαπνίας. Οι ερευνητές συμπέραναν ωστόσο πως οι παραπάνω αλλαγές είναι μηδαμινές και συγκρίσιμες με τις αλλαγές κατά τις καθημερινές δραστηριότητες. Ακόμα δεν μπορούν να υποστηρίξουν κάποια ανησυχία για τη χρήση μάσκας κατά τη διάρκεια της ημέρα από νέους υγιείς ανθρώπους (J. B. Fischer et al., 2021). Ακόμη μία έρευνα έρχεται να συμφωνήσει με το συμπέρασμα της προηγούμενης πως δηλαδή δεν επηρεάζεται η CBF σε νέα υγιείς άτομα με τη χρήση της μάσκας KN95 κατά την ηρεμία με τη χρήση ωστόσο MRI(Magnetic Resonance Imagine) (A. Fothergill et al., 2022).

Σε αρκετές μελέτες τις οποίες έχουμε προσθέσει στην τωρινή έρευνα , παρατηρείται κατά τη διάρκεια της άσκησης ένα αίσθημα δυσφορίας-δύσπνοιας με τη χρήση της μάσκας(KN95/FFP2) στη περιοχή του προσώπου η οποία επικαλύπτεται (C. J. Ade et al., 2021; S. Fikenzler et al., 2020; L. Klimek et al., 2020; Roberge et al., 2011; Roberge et al., 2012; C. Zheng et al., 2022; S. R. Hopkins et al., 2021; K. A. Shaw et al., 2021; L. Shui et al., 2022; G. Vinetti et al., 2023). Μία παρόμοια απόκριση συναντήσαμε και στη συγκεκριμένη έρευνα καθώς οι δοκιμαζόμενοι κατά τη διάρκεια της άσκησης ανέφεραν ένα αίσθημα δυσφορίας και υπερθέρμανσης στην επικαλυπτόμενη περιοχή της μάσκας χωρίς όμως να ανέρχεται σε τέτοιο βαθμό ώστε να τους εμποδίζει να συνεχίσουν το πρωτόκολλο.

Στη συγκεκριμένη έρευνα όπως και στις υπόλοιπες που έχουμε συμπεριλάβει, το πρωτόκολλο άσκησης με τη χρήση μάσκας (KN95/FFP2) υποβλήθηκε σε υγιείς δοκιμαζόμενους. Ωστόσο ερευνητές σε αρκετές μελέτες παραθέτουν ότι σε περιπτώσεις με ασκούμενους οι οποίοι πάσχουν από κάποιο νόσημα στους πνεύμονες ή στην καρδιά θα πρέπει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή πριν επιχειρήσουν να ασκηθούν με την χρήση κάποιας μάσκας (Roberge et al., 2012; C. J. Ade et al., 2021; S. Fikenzler et al., 2020; EpStein et al., 2020; S. R. Hopkins et al., 2021). Όπως επίσης και σε συνδυασμό ορισμένων παθήσεων στις συγκεκριμένες περιοχές. Σε μία πειραματική μελέτη κατά την οποία οι ερευνητές εξέτασαν την οξυγόνωση του εγκεφάλου όπως επίσης και άλλους φυσιολογικούς δείκτες κατά τη διάρκεια άσκησης σε άτομα με συννοσηρότητα (χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια-καρδιακή ανεπάρκεια) και σε άτομα με μόνο καρδιακή ανεπάρκεια.

Το πρωτόκολλο που επιλέχθηκε ήταν υψηλής έντασης άσκηση και εκτελέστηκε στο κυκλοεργόμετρο καθώς μετρήθηκε η εγκεφαλική οξυγόνωση με τη χρήση NIRS. Οι ερευνητές συμπέραναν πως η συννοσηρότητα χρόνιων παθήσεων επιδρά αρνητικά στην οξυγόνωση του εγκεφάλου συγκριτικά με τους ασθενείς που πάσχουν μόνο με τη μία πάθηση (C. d. L. Goulart et al., 2020).

VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1. Ανακεφαλαίωση

Στην παρούσα έρευνα εξετάστηκε εάν η χρήση μάσκας KN95 ενδέχεται να επηρεάσει την εγκεφαλική οξυγόνωση κατά την διάρκεια του πρωτοκόλλου τρεξίματος κατά Gerkin στο δαπεδοεργόμετρο. Θέλοντας να εξετάσουμε τον βαθμό οξυγόνωσης του εγκεφάλου χρησιμοποιήσαμε τη συσκευή NIRS. Πιο συγκεκριμένα η συγκεκριμένη μέθοδος αναφέρεται ως εγγύς υπέρυθρη φασματοσκοπία και μας δίνει πληροφορίες σχετικά με το βαθμό απορρόφησης του φωτός από τους παρακείμενους ιστούς. Στη συγκεκριμένη έρευνα, αξιολογήσαμε την εγκεφαλική οξυγόνωση σύμφωνα με τον δείκτη των τοπικά κορεσμένων ιστών σε οξυγόνο (tSO₂).

Επιπροσθέτως, επεξηγήθηκε η αιματική κυκλοφορία του εγκεφάλου και ο τρόπος με τον οποίο μεταφέρονται τα μόρια του οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα. Ακόμα, αναφερθήκαμε στην ικανότητα του εγκεφάλου να διασφαλίζει διαρκώς επαρκή την εγκεφαλική αιματική ροή του κατά την ηρεμία και κατά τη διάρκεια της σωματικής άσκησης. Έγινε εκτενής αναφορά σε ορισμένους παράγοντες που επηρεάζουν την εγκεφαλική αιματική ροή (PCO₂, PO₂, αρτηριακή πίεση) σε φυσιολογικές συνθήκες όπως επίσης και στο συνδυασμό της σωματικής άσκησης με τους παραπάνω παράγοντες.

Επεξηγήσαμε την επίδραση που ασκεί η υποξία στην οξυγόνωση του εγκεφάλου σε συνδυασμό με την σωματική άσκηση. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια άσκησης ο εγκέφαλος καλείται να αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις, όπως την μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα, την υποκαπνία καθώς και την αυξημένη αρτηριακή πίεση λόγω της αυξανόμενης έντασης.

Επιπλέον, αναφερθήκαμε σχετικά με την επίδραση του αναπνευστικού προστατευτικού εξοπλισμού(μάσκες FFP2, KN95) σε ορισμένες βιολογικές λειτουργίες του οργανισμού καθώς και στην οξυγόνωση του εγκεφάλου. Οι έρευνες τις οποίες έχουμε συμπεριλάβει για το συγκεκριμένο θέμα αναφέρονται σε καταστάσεις σωματικής ηρεμίας καθώς και συνδυαστικά με τη σωματική άσκηση. Συμπεριληπτικά, σε φυσιολογικές συνθήκες η επίδραση της μάσκας στην οξυγόνωση του εγκεφάλου φαίνεται να μην είναι τόσο δυσμενής ώστε να επηρεάζονται οι δοκιμαζόμενοι κατά την διάρκεια των καθημερινών τους δραστηριοτήτων. Με εξαίρεση ορισμένων ερευνών οι οποίες παραθέτουν αρνητικές επιδράσεις σε ορισμένους βιολογικούς δείκτες (αναπνευστικούς κ.α.) με τη χρήση κάποιας μάσκας.

Επιπρόσθετα, κατά τη σωματική άσκηση, σύμφωνα με ορισμένες έρευνες η χρήση κάποιας μάσκας δείχνει να μην επηρεάζει σημαντικά ορισμένους βιολογικούς δείκτες (καρδιαγγειακούς κ.α.) κατά τη εκτέλεση αυξανόμενης έντασης επιβάρυνσης στο κυκλοεργόμετρο και δαπεδοεργόμετρο. Αντίθετα, ορισμένες έρευνες παραθέτουν αρνητικές επιδράσεις κατά τη χρήση μάσκας συνδυαστικά με την σωματική άσκηση στην απόδοση και σε κάποιους δείκτες(VO_{2max} , αναπνευστική συχνότητα κ.α.).

Συμμετείχαν 8 νέοι υγιείς δοκιμαζόμενοι στη συγκεκριμένη έρευνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν μία μείωση της εγκεφαλικής οξυγόνωσης η οποία ανέρχονταν σε μία μέση τιμή του 18.2% κατά το μέσο του πρωτοκόλλου μέχρι το πέρας αυτού. Ωστόσο, δεν υπήρξε κάποια στατιστικός σημαντική διαφορά στην οξυγόνωση του εγκεφάλου με τη χρήση της μάσκας KN95.

6.2. Συμπεράσματα

Μέσα από την έρευνα μας συμπεραίνουμε αρχικά πως η αυξανόμενη έντασης άσκηση επιφέρει μία μείωση στην οξυγόνωση του εγκεφάλου(rSO2) από το μέσο του πρωτοκόλλου μέχρι και το πέρας αυτού συγκριτικά με τις αρχικές τιμές. Επιπρόσθετα, η χρήση της μάσκας KN95 φαίνεται να μην επιφέρει υψηλότερες μειώσεις στην εγκεφαλική οξυγόνωση κατά τη σωματική άσκηση. Δηλαδή δεν παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική οξυγόνωση έπειτα από τη χρήση της KN95. Αξίζει να τονιστεί ότι χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις που ενέχουν σωματική δραστηριότητα συνδυαστικά με τη χρήση μάσκας KN95 όσον αφορά ηλικιωμένα άτομα είτε κάποιο άτομο το οποίο ανήκει σε κάποια ευπαθείς ομάδα σύμφωνα με μελέτες οι οποίες παρουσιάστηκαν στην συγκεκριμένη έρευνα.

6.3. Προτάσεις

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν μπορούν να γενικευθούν στον γενικότερο πληθυσμό. Όπως παραθέτουν αρκετές μελέτες οι οποίες συμπεριλήφθηκαν στο εν λόγω πείραμα είναι σημαντικό λοιπόν να γίνουν περαιτέρω έρευνες πάνω στο συγκεκριμένο θέμα με διαφορετικό πρωτόκολλο σωματικής επιβάρυνσης. Ακόμα θα ήταν ενδιαφέρον κάποια έρευνα με τη χρήση μάσκας, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο NIRS υπό ήπια σωματική δραστηριότητα σε πληθυσμό μεγαλύτερης ηλικίας.

VII.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ade, Carl J., Turpin, Vanessa-Rose G., Parr, Shannon K., Hammond, Stephen T., White, Zachary., Weber, Ramona E., Schulze, Kiana M., Colburn, Trenton D., Poole, David C. (2021). Does wearing a facemask decrease arterial blood oxygenation and impair exercise tolerance. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 294, 1-10.<https://doi.org/10.1016/j.resp.2021.103765>

Agbangla, Nounagnon F., Audiffren, Michel., Albinet, Cédric T. (2017). Use of near-infrared spectroscopy in the investigation of brain activation during cognitive aging: A systematic review of an emerging area of research. *Ageing Research Reviews*, 38, 52–66.<http://dx.doi.org/10.1016/j.arr.2017.07.003>

Ali, Jafer., Cody, Joseph., Maldonado, Yasdet., Harish, Ramakrishna. (2022). Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) for Cerebral and Tissue Oximetry: Analysis of Evolving Applications. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 36, 2758-2766.<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.07.015>

Bartoszko, Jessica J., Farooqi, M. A. M., Alhazzani, Waleed., Loeb, Mark. (2020). Medical masks vs N95 respirators for preventing COVID-19 in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Influenza Other Respi Viruses*, 14, 365–373. <https://doi.org/10.1111/irv.12745>

Brochot, Clothilde., Saidi, Mohamed N., & Bahloul, Ali. (2020). How Effective Is the Filtration of ‘KN95’ Filtering Facepiece Respirators During the COVID-19 Pandemic. *Annals of Work Exposures and Health*, 1–9. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa101>

Buttar, Karampreet Kour., Saboo, Neha., & Kicker, Sudhanshu. (2019). A review: Maximal oxygen uptake (VO₂ max) and its estimation methods. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 6(6), 24-32. <https://doi.org/10.22271/kheljournal>

Curtelin, David., Alamo, David Morales., Peralta, Rafael Torres., Rasmussen, Peter., Rincon, Marcos Martin., Valera, Mario Perez., Siebenmann, Christoph., Pe´rez-Sua´rez, Ismael., Cherouveim, Evgenia., Sheel, A William., Lundby, Carsten., & Calbet. Jose´ AL. (2017). Cerebral blood flow, frontal lobe oxygenation and intra-arterial blood pressure during sprint exercise in normoxia and severe acute hypoxia in humans. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 0(00), 1–15. <https://doi.org/10.1177/0271678X17691986>

Driver, Simon., Reynolds, Megan., Brown, Katelyn., Vingren, Jakob L., Hill, David W., Bennett, Monica., Gilliland, Taylor., McShan, Evan., Callender, Librada., Reynolds, Erin., Borunda, Nate., Mosolf, John., Cates, Casey., Jones, Alan. (2021). Effects of wearing a cloth face mask on performance, physiological and perceptual responses during a graded treadmill running exercise test. *Br J Sports Med*, 0, 1–7. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103758>

Dullenkopf, Alexander., Frey, Bernhard., Baenziger, Oskar., Gerber, Andreas., Weiss, Markus. (2003). Measurement of cerebral oxygenation state in anaesthetized children using the INVOS 5100 cerebral oximeter. *Pediatric Anesthesia*, 13, 384–391. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2003.01111>

Duncan, Scott., Bodurtha, Paul., Naqvi, Syed. (2021). The protective performance of reusable cloth face masks, disposable procedure masks, KN95 masks and N95 respirators: Filtration and total inward leakage. *PLoS ONE*, 16(10), 1-27. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258191>

Ekkekakis, Panteleimon. (2009). Illuminating the Black Box: Investigating Prefrontal Cortical Hemodynamics During Exercise with Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31, 505-553. <https://doi.org/10.1123/jsep.31.4.505>

Epstein, Danny., Korytny, Alexander., Isenberg, Yoni., Marcusohn, Erez., Zukermann, Robert., Bishop, Boaz., Minha, Sa'ar., Raz, Aeyal., Miller, Asaf. (2020). Return to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 31, 70–75. <https://doi.org/10.1111/sms.13832>

Fan, Jui-Lin., & Kayser, Bengt. (2016). Fatigue and Exhaustion in Hypoxia: The Role of Cerebral Oxygenation. *High Altitude Medicine & Biology*, 17, 72-84. <https://doi.org/10.1089/ham.2016.0034>

Fan, Jui-Lin., Wu, Tian Yi., Lovering, Andrew T., Nan, Liya., Bang, Wang Liang., & Kayser, Bengt. (2016). Differential Brain and Muscle Tissue Oxygenation Responses to Exercise in Tibetans Compared to Han Chinese. *Physiol.*, 12, 617954, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.617954>

Fikenzer, Sven., Uhe, T., Lavall, D., Rudolph, U., Falz, R., Busse, M., Hepp, P., Laufs, U. (2020). Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clinical Research in Cardiology*, 109, 1522–1530. <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01704-y>

Fischer, Jonas B., Frisk, Lisa Kobayashi., Scholkmann, Felix., Delgado-Mederos, Raquel., Mayos, Mercedes., & Durduran, Turgut. (2021). Cerebral and systemic physiological effects of wearing face masks in young adults. *PNAS*, 118, 1-3. <https://doi.org/10.1073/pnas.2109111118/-/DCSupplemental>.

Fothergill, Aisling., Birkl, Christoph., Kames, Christian., Su, Wayne., Weber, Alexander., & Rauscher, Alexander. (2022). The Effects of Wearing a 3-Ply or KN95 Face Mask on Cerebral Blood Flow and Oxygenation. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 1-6. <https://doi.org/10.1002/jmri.28448>

Goulart, Cassia da Luz., Areas, Guilherme Peixoto Tinoco., Caruso, Flavia Rossi., Araujo, Adriana S. Garcia., Garcia de Moura, Sílvia Cristina., Catai, Aparecida Maria., Beltrame, Thomas., Carvalho Junior, Luiz Carlos., dos Santos, Polliana Batista., Roscani, Meliza Goi., Mendes, Renata Goncalves., Arena, Ross., Borghi-Silva, Audrey. (2020). Effect of high-intensity exercise on cerebral, respiratory and peripheral muscle oxygenation of HF and COPD-HF patients. *Heart & Lung*, 00, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2020.06.013>

Hansen, Rasmus Kopp., Nielsen, Peter Sandberg., Schelske, Markus Wendt. (2017). Effect Of Intense Exercise Hyperpnea on Cerebral Blood Flow and Oxygenation (Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή εργασία). Aalborg University, Denmark.

Hopkins, Susan R., Dominelli, Paolo B., Davis, Christopher K., Guenette, Jordan A., Luks, Andrew M., Seon, Yannick Molgat., Carlos Sa, Rui., Sheel, A. William., Swenson, Erik R., & Stickland, Michael K. (2021). Face Masks and the Cardiorespiratory Response to Physical Activity in Health and Disease. *Ann Am Thorac Soc*, 18, 3, 399–407. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202008-990CME>

Kisielinski, Kai., Giboni, Paul., Prescher, Andreas., Klosterhalfen, Bernd., Graessel, David., Funken, Stefan., Kempfski, Oliver., & Hirsch, Oliver. (2021). Is a Mask That Covers the Mouth and Nose Free from Undesirable Side Effects in Everyday Use and Free of Potential Hazards. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 4344. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084344>

Kleisouras, B. (2011). *Ergophysiology*. Cyprus: Broken Hill

Kleisouras, B. & Geladas, N. & Koskolou, M. (2015). *Ergometry*. Cyprus: Broken Hill.

Klimek, Ludger., Huppert, Tilman., Alali, Ali., Spielhauer, Magdalena., Hörmann, Karl., Matthias, Christoph., & Hagemann, Jan. (2020). A new form of irritant rhinitis to filtering facepiece particle (FFP) masks (FFP2/N95/ KN95 respirators) during COVID-19 pandemic. *World Allergy Organization Journal*, 13, 100474. <http://doi.org/10.1016/j.waojou.2020.100474>

Mier, Constance M., & Gibson, Ann L. (2003). Evaluation of a treadmill test for predicting the aerobic capacity of firefighters. *Occupational Medicine*, 54, 373–378. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqh008>

Mintzer, Jonathan P., Moore, James E. (2019). Regional tissue oxygenation monitoring in the neonatal intensive care unit: evidence for clinical strategies and future directions. *Pediatric Research*, 86, 296–304. <https://doi.org/10.1038/s41390-019-0466-9>

Mougios, Vasilis. (2008). *Exercise Biochemistry*. Cyprus: Broken Hill

Murkin, J. M., Arango, M. (2009). Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *British Journal of Anesthesia*, 103, i3–i13. <https://doi.org/10.1093/bja/aep299>

Nielsen, H. B., Boushel, R., Madsen, P., & Secher, N. H. (1999). Cerebral desaturation during exercise reversed by O₂ supplementation. Retrieved on January 5, 2024, from <https://journals.physiology.org/journal/ajpheart>

Nybo, Lars., & Rasmussen, Peter. (2007). Inadequate Cerebral Oxygen Delivery and Central Fatigue during Strenuous Exercise. *Exercise Sport Science*, 35, 3, 110-118.

Paulsen, F. & Waschke, J. (2017). Άτλας Ανατομικής του Ανθρώπου. Αττική: Παρισιάνου

Perrey, S. (2012). NIRS for Measuring Cerebral Hemodynamic Responses During Exercise. *Functional Neuroimaging in Exercise and Sport Sciences*, 14, 335-349. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3293-7_14

Rhee, Michelle S. M., Lindquist, Carin D., Silvestrini, Matthew T., Chan, Amanda C., Ong, Jonathan J. Y., & Sharma, Vijay K. (2021). Carbon dioxide increases with face masks but remains below short-term NIOSH limits. *BMC Infectious Diseases*, 21, 354, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06056-0>

Roberge, Raymond J., Coca, Aitor., Williams, W. Jon., Powell, Jeffrey B., & Palmiero, Andrew J. (2010). Surgical mask placement over N95 filtering facepiece respirators: Physiological effects on healthcare workers. *Respirology*, 15, 516–521. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1843.2010.01713.x>

Roberge, Raymond J., Kim, Jung-Hyun., & Coca, Aitor. (2011). Protective Facemask Impact on Human Thermoregulation: An Overview. *Ann. Occupational Hygiene*, 56, 1, 102–112. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mer069>

Roberge, Raymond J., Kim, Jung-Hyun., Benson, Stacey M. (2012). Absence of consequential changes in physiological, thermal and subjective responses from wearing a surgical mask. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 181, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2012.01.010>

Rooks, Cherie R., Thom, Nathaniel J., McCully, Kevin K., Dishman, Rod K. (2010). Effects of incremental exercise on cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy. *Progress in Neurobiology*, 92, 34–150. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2010.06.002>

Siebenmann, Christoph., & Rasmussen, Peter. (2016). Does cerebral hypoxia facilitate central fatigue?. *Experimental Physiology*, 101, 9, 1173–1177. <https://doi.org/10.1113/EP085640>

Smith, Kurt J., & Ainslie, Philip N. (2017). Regulation of cerebral blood flow and metabolism during exercise. *Experimental Physiology*, 102, 11, 1356–1371. <https://doi.org/10.1113/EP086249>

Shaw, Keely., Butcher, Scotty., Ko, Jongbum., Zello, Gordon A., & Chilibeck, Philip D. (2020). Wearing of Cloth or Disposable Surgical Face Masks has no Effect on Vigorous Exercise Performance in Healthy Individuals. *International Journal Environmental Research Public Health*, 17, 8110, 1-9. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218110>

Shaw, Keely A., Zello, Gordon A., Butcher, Scotty J., Ko, Jong Bum., Bertrand, Leandy., & Chilibeck, Philip D. (2021). The impact of face masks on performance and physiological outcomes during exercise. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 46, 693–703. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0143>

Shibuya, Ken-ichi., Tanaka, Junya., Kuboyama, Naomi., Ogaki, Tetsuro. (2003). Cerebral oxygenation during intermittent supramaximal exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 140, 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2003.11.004>

Shui, Lili., Yang, Binbin., Tang, Hong., Luo, Yan., Hu, Shuang., Zhong, Xiaoqing., & Duan, Jun. (2022). Physiological Effects of Surgical and N95 Masks During Exercise in the COVID-19 era. *American Journal Medical Sciences*, 363, 5, 411–419.

Schunke, M. & Schulte, E. & Schumacher, U. (2007). Prometheus, Head and Neuroanatomy, Lernasatlas der Anatomie. Cyprus: P. X. Paschalidis

Thavasothy, M., Broadhead, M., Elwell, C., Peters, M., Smith, M. (2002). Regional tissue oxygenation monitoring in the neonatal intensive care unit: evidence for clinical strategies and future directions. *Anesthesia*, 57, 999–1006. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2044.2002.02826>

Vander, A. & Sherman, J. & Luciano, D. & Tsakopoulos, M. (2011). *Human Physiology-The mechanisms of body function*. (2011). Cyprus: Broken Hill.

Verges, S., Rupp, T., Jubeau, M., Wuyam, B., Esteve, F., Levy, P., Perrey, S., Millet, G. (2012). Cerebral perturbations during exercise in hypoxia. *AJP-Regul. Integr. Comp Physiol.*, 302, R903–R916. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00555.2011>

Vinetti, Giovanni., Micarelli, Alessandro., Falla, Marika., Randi, Anna., Cappello, Tomas Dal., Gatterer, Hannes., Brugger, Hermann., Strapazzon, Giacomo., & Rauch, Simon. (2023). Surgical masks and filtering facepiece class 2 respirators (FFP2) have no major physiological effects at rest and during moderate exercise at 3000-m altitude: a randomized controlled trial. *Journal of Travel Medicine*, 30, 5, 1–9. <https://doi.org/10.1093/jtm/taad031>

Weber, Frank., Scoones, Gail P. (2019). A practical approach to cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) directed hemodynamic management in noncardiac pediatric anesthesia. *Pediatric Anesthesia*, 29, 993–1001. <https://doi.org/10.1111/pan.13726>

Willis, Sarah J., Alvarez, Laurent., Millet, Grégoire P., & Borrani, Fabio. (2017). Changes in Muscle and Cerebral Deoxygenation and Perfusion during Repeated Sprints in Hypoxia to Exhaustion. *Frontiers in Physiology*, 8, 846, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00846>

Wirayannawat, Wariphan., Amawat, Jutharat., Yamsiri, Nattaya., Paes, Bosco., Kitsommart, Ratchada. (2023). Comparison of the SenSmart and the INVOS neonatal cerebral near-infrared spectrometry devices. *Frontiers in Pediatrics*, 11:1243977. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1243977>

Yim, Wonjun., Cheng, Diyi., Patel, Shiv H., Kou, Rui., Meng, Ying Shirley., & Jokerst, Jesse V. (2020). KN95 and N95 Respirators Retain Filtration Efficiency despite a Loss of Dipole Charge during Decontamination. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 12, 54473–54480. <https://dx.doi.org/10.1021/acsami.0c17333>

Zheng, Chen., Poon, Eric Tsz-Chun., Wan, Kewen., Dai, Zihan., Heung-Sang Wong, Stephen. (2022). Effects of Wearing a Mask During Exercise on Physiological and Psychological Outcomes in Healthy Individuals. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01746-4>

