

Η Σπιροεργομετρία και οι εφαρμογές της στην σύγχρονη αντιμετώπιση καρδιολογικών και αναπνευστικών παθήσεων



ή εργομετρικό ποδήλατο, με παράλληλη σπιρομετρία, ήτοι μέτρηση της ροής, όγκου και σύστασης του αναπνεόμενου αέρα. Η μέθοδος είναι γνωστή στην αγγλοαμερικανική βιβλιογραφία σαν Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET, CPX).

Ο εξεταζόμενος αναπνέει μέσα από μάσκα ή μέσω επιστομίου, σε σύνδεση με μετρητή ροής (pneumotachograph), αισθητήρα-αναλυτή συγκέντρωσης οξυγόνου (O₂) και αισθητήρα-αναλυτή συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακος (CO₂) του αναπνεόμενου αέρα.

Διά συσχέτισμού και μαθηματικής ολοκλήρωσης (integral) των τιμών των ροών του αναπνεόμενου αέρα με τις συγκεντρώσεις των εντός αυτού O₂ και CO₂, **αποδίδονται, on line κατά τη διάρκεια της σπιροεργομετρίας, ο αερισμός των πνευμόνων (VE), η πρόσληψη οξυγόνου (VO₂) και η αποβολή διοξειδίου του άνθρακος (VCO₂) σε L/min ή ml/min, παράλληλα με την καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.**

Εξ' αυτών των μετρήσεων προκύπτουν και σύνθετες παράμετροι, που συμβάλλουν στην αξιολόγηση και ερμηνεία της σπιροεργομετρικής εξέτασης και απεικονίζονται διεθνώς σύμφωνα με την μέθοδο του καθηγητού K. Wasserman σε 9 γραφικές παραστάσεις (9-panel-plot).

Κατά τη μέγιστη κόπωση διαπιστώνονται:

1. Ο μέγιστος ρυθμός πρόσληψης οξυγόνου, που είναι συνάρτηση κυρίως της μέγιστης επίδοσης της καρδιάς,
2. Η αναπνευστική εφεδρεία, που είναι η δυνατότητα περαιτέρω αύξησης του αερισμού των πνευμόνων και είναι ελαττωμένη σε βαθμό ανάλογο του βαθμού υπάρχουσας πνευμονικής νόσου καθώς και
3. Η εφεδρεία καρδιακής συχνότητας, ➔

Από τους

Dr. med **Γυφτάκη Παναγιώτη,**

Διευθυντή Καρδιολόγο,

Φωτόπουλο Βασίλειο,

Διευθυντή Καρδιοχειρουργό,

Τασόπουλο Γεώργιο,

Πνευμονολόγο, Εντατικολόγο,

Ιατρικού Ψυχικού

Το 1929 εισήχθη στην Πανεπιστημιακή Κλινική του Αμβούργου, από τον H.W. Knipping, η σπιροεργομετρία ως ιατρική εξεταστική μέθοδος.

Έκτοτε, μετά από εξέλιξη και βελτίωση των τεχνικών δεδομένων καθώς και της χρήσης ειδικών προγραμμάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών, η μέθοδος κατέστη πλέον εύκολα εφαρμόσιμη, ακριβής και αξιόπιστη, παρέχουσα πολύτιμες πληροφορίες γύρω από τη λειτουργία των πνευμόνων, του καρδιοαγγειακού και μυϊκού συστήματος, κατά την διάρκεια της σωματικής κόπωσης του εξεταζόμενου.

Πρόκειται για τη γνωστή δοκιμασία κοπώσεως, σε κυλιόμενο τάπητα

ήτοι η δυνατότητα περαιτέρω επιτρεπτής αύξησης της καρδιακής συχνότητας, που ελαχιστοποιείται ή μηδενίζεται κατά τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.

Η πρόσληψη οξυγόνου μέχρι την πραγματοποίηση της μέγιστης κόπωσης αυξάνεται γραμμικά, αντιστοιχώντας του άνω άκρου της καμπύλης στο $VO_2\text{peak}$. Σε περίπτωση που το άνω άκρο της καμπύλης μεταβαίνει σε plateau (leveling off), πρόκειται για την αντικειμενικά μέγιστη δυνατή εκούσια προσπάθεια και κόπωση του εξεταζόμενου, καταδεικνύουσα την μέγιστη καρδιακή επίδοση και μέγιστη δυνατή πρόσληψη οξυγόνου ($VO_2\text{max}$), μη επιδεχόμενη άλλη αύξηση.

Εκ του συσχετισμού του ρυθμού αποβολής του διοξειδίου του άνθρακος με το ρυθμό πρόσληψης οξυγόνου καθώς και εκ της σύγκρισης ενός εκάστου εκ των δύο με τον αερισμό των πνευμόνων καθίσταται δυνατή η ταυτοποίηση των μεταβολικών σταδίων της μυϊκής ρειτουργίας κατά την αυξανόμενη κόπωση.

Η άμεση πηγή ενέργειας για τη μυϊκή συστολή είναι η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP). Όμως, η προσφορά ενέργειας εκ της διασπάσεώς της είναι βραχείας διάρκειας, γύρω στα 10 sec. Πέραν αυτού του χρόνου απαιτείται, για τη συνέχιση της μυϊκής συστολής, επανασύνθεση του ATP από άλλες πηγές ενέργειας, κυρίως λιπαρών οξέων και υδατανθράκων.

Επί αυξανόμενης μυϊκής δραστηριότητας καθίστανται οι υδατάνθρακες βαθμιαία αποκλειστική πηγή ενέργειας.

Ο καταβολισμός των υδατανθράκων αρχίζει με την αναερόβια γλυκόλυση, ήτοι απουσία οξυγόνου, στο κυτταρόπλασμα και ολοκληρώνεται με την αερόβια γλυκόλυση υπό κατανάλωση οξυγόνου στο μιτοχόνδριο. Κατά την αναερόβια γλυκόλυση προκύπτει από ένα μόριο γλυκόζης ενέργεια σύνθεσης 2 μορίων ATP.

Η αερόβια γλυκόλυση όμως στην συνέχεια αποδίδει ενέργεια σύνθεσης 36 μορίων ATP και ως εκ τούτου συνιστά για τον οργανισμό την κατ'εξοχήν πηγή ενέργειας. Επιτεινόμενης της μυϊκής κόπωσης σταδιακά δημιουργείται στο μυϊκό κύτταρο ένδεια οξυγόνου, με συνέπεια μέρος της αναερόβιας γλυκόλυσης να αδυνατεί

να εξελιχθεί σε αερόβια καύση και αντ'αυτής να οδηγείται στην παραγωγή γαλακτικού οξέως, το οποίο επηρεάζει δυσμενώς, προς την όξινη κατεύθυνση, την οξεοβασική ισορροπία του οργανισμού. Η εξουδετέρωση της γαλακτικής οξέωσης από τον οργανισμό οδηγεί σε επιπλέον παραγωγή CO_2 και αύξηση αποβολής αυτού με τον αερισμό (κατανάλωση διπλανθρακικών της αθλητικής παρακαταθήκης).

Η μετάβαση στο εν λόγω μεταβολικό στάδιο ονομάζεται αναερόβιος ουδός ή VO_2AT (ventilatory O_2 anaerobic

αξίοπιστο δείκτη επαρκούς επίδοσης όλων αυτών (καρδίας, πνευμόνων, αγγείων, μυών). Ο αναερόβιος ουδός εκφράζει, σε συνάρτηση με το οφειλόμενο $VO_2\text{max}$, επιπλέον της επίδοσης και την απόδοση και οικονομία της μεταβολικής κατάστασης του οργανισμού και είναι ανεξάρτητος του βαθμού συνεργασίας του εξεταζόμενου. Η μέθοδος προσφέρεται άριστα για την αξιολόγηση υποκειμενικών συμπτωμάτων αβέβαιης σημασίας, όπως αίσθημα αδυναμίας ή δύσπνοιας. Επί αποδεδειγμένης ανεξήγητης

Τα ευρήματα της σπироεργομετρίας καθιστούν δυνατή την εξαγωγή ποικίλων συμπερασμάτων και ανάληψης γύρω από τις επιδόσεις και εφεδρείες του οργανισμού.

threshold). Πρόκειται για τη φάση κατά την οποία ο ρυθμός αποβολής του CO_2 υπερβαίνει δυσανάλογα τον μέχρι τότε ρυθμό πρόσληψης O_2 και ο αερισμός των πνευμόνων, ενώ παραμένει ανάλογος της αποβολής του CO_2 , αυξάνεται ως προς την πρόσληψη O_2 . Ο εντοπισμός του αναερόβιου ουδού επιτυγχάνεται με την βοήθεια των γραφικών παραστάσεων του 9-panel-plot, δια της αναγνώρισης αυτών των συσχετισμών.

Η σπироεργομετρία συμπληρώνεται με τον έλεγχο των μερικών τάσεων O_2 και CO_2 στο αρτηριακό αίμα, πριν και κατά τη διάρκεια της κόπωσης. Αυτές, σε συνδυασμό με τη σχέση του VCO_2 προς το VO_2 καθώς και τις μερικές τάσεις CO_2 και O_2 στον τειλοεκπνευστικό αέρα, καθιστούν δυνατή την εξαγωγή συμπερασμάτων σε διαταραχές της αναπνοής αερισμού/αιμάτωσης, της κατανομής αερισμού ή αιμάτωσης και της διαχυτικής ικανότητας των πνευμόνων, προς εντοπισμό του πάσχοντος οργάνου, ταυτοποίηση και εκτίμηση της νόσου.

Τα ευρήματα της σπироεργομετρίας καθιστούν δυνατή την εξαγωγή ποικίλων συμπερασμάτων και ανάληψης γύρω από τις επιδόσεις και εφεδρείες του οργανισμού. Η μέγιστη πρόσληψη O_2 εκφράζει την επίδοση όλων των συμμετεχόντων συστημάτων και εάν αυτή είναι φυσιολογική έχουμε τον πιο

δύσπνοιας επιτελείται, δια των ευρημάτων της εξέτασης, ο διαχωρισμός μεταξύ καρδιακής και πνευμονικής αιτιολογίας. Η μέθοδος προσφέρεται άριστα για την εκτίμηση της βαρύτητας της καρδιακής ανεπάρκειας και της πορείας αυτής, με δυσμενείς προγνωστικούς δείκτες ως προς τη θνητότητα $VO_2\text{peak} < 14\text{ml/kg/min}$, $VO_2AT < 11\text{ml/kg/min}$, $VE/VCO_2\text{-slope} > 34$. Ανάλογα, εκτιμάται η βαρύτητα και η πορεία πνευμονικών παθήσεων. Με τη σπироεργομετρία δύναται να εκτιμηθεί η απόδοση της φαρμακευτικής αγωγής καρδιοαναπνευστικών ασθενών. Σε σοβαρές χειρουργικές επεμβάσεις κοιλίας ισχύει σαν cut off υψηλού/χαμηλού κινδύνου αναερόβιος ουδός 11ml/kg/min . Στη θωρακοχειρουργική, η μέθοδος συμβάλλει στην εκτίμηση του περιεχειρητικού κινδύνου.

Σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια επιλέγονται για μεταμόσχευση όσοι έχουν $VO_2\text{peak} < 10\text{ml/kg/min}$, ενώ όσοι έχουν $VO_2\text{peak} > 14\text{ml/kg/min}$ αντιμετωπίζονται συντηρητικά με την καλύτερη δυνατή φαρμακευτική αγωγή, εμφανίζοντας ικανοποιητική, κατά κανόνα, πορεία.

Γενικά, η σπироεργομετρία καθίσταται με τις εφαρμογές της ολοένα και περισσότερο γνωστή σαν σύγχρονη διαγνωστική μέθοδος υψηλών απαιτήσεων. ♦