



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Επείγουσα και Εντατική Θεραπεία Παιδών Εφήβων και Νέων

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η συμβολή σύγχρονων μεθόδων απεικόνισης στη
διερεύνηση της οξείας αναπνευστικής
ανεπάρκειας στα παιδιά»**

Κατσούλα Βασιλική

A.M: 1130017

Ηράκλειο, Φεβρουάριος 2019



UNIVERSITY OF CRETE - SCHOOL OF MEDICINE

POSTGRADUATE STUDY PROGRAMME – Master of Science

Emergencies and Intensive Care in Children Adolescents

and Young Adults

DIPLOMA THESIS

**«The Contribution of Modern Imaging Methods to the
Investigation of Acute Respiratory Failure in Children»**

Katsoula Vasiliki

ID: 1130017

Heraklion, February 2019

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Ραϊσάκη Μαρία, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ραϊσάκη Μαρία, Επίκουρη Καθηγήτρια

Μπριασούλης Γεώργιος, Ομότιμος Καθηγητής

Ηλία Σταυρούλα, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ραϊσάκη Μαρία, Επίκουρη Καθηγήτρια

Μπριασούλης Γεώργιος, Ομότιμος Καθηγητής

Ηλία Σταυρούλα, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	13
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	14
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	15
SUMMARY	19
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	23
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	24
2. ΟΞΕΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ	25
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	25
2.2 ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ.....	27
2.2.1 ΤΥΠΟΥ Ι ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ.....	27
2.2.2 ΤΥΠΟΥ ΙΙ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ.....	29
2.3 ΑΙΤΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ.....	30
2.4 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ	32
2.5 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ.....	32
2.6 ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ	35
3. ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΑ ΘΩΡΑΚΟΣ	36
4. ΥΠΕΡΗΧΟΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΘΩΡΑΚΟΣ	37
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	37
6. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	38
7. ΒΡΟΓΧΟΣΚΟΠΗΣΗ	39
8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (scoring systems)	40
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	41
1. ΣΚΟΠΟΣ	42
2. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	42
2.1 ΕΙΔΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	42
2.2 ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	42
2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΤΗΚΑΝ	42
2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΟΣΗΛΕΙΑ	43

2.5 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	44
2.6 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	46
3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	49
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	49
5. ΑΣΘΕΝΕΙΣ	49
6. ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΩΡΑΚΟΣ	51
7. ΥΤ ΘΩΡΑΚΟΣ	58
8. MRI.....	60
9. ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΗΜΑ ΘΩΡΑΚΟΣ	60
10. ΒΡΟΓΧΟΣΚΟΠΗΣΗ.....	61
11. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ.....	61
12. ΕΚΒΑΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ	64
13. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	66
14. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	72
15. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	72
16. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	74

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση της Επίκουρης Καθηγήτριας του Τμήματος Ακτινολογίας του Πανεπιστημίου κυρίας Μαρίας Ραϊσάκη. Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τη βοήθεια που μου παρείχε καθ'όλη τη διάρκεια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γεώργιο Μπριασούλη και την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Σταυρούλα Ηλία, για την ουσιαστική συμμετοχή τους στην Τριμελή Επιτροπή, τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσαν και την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ένα μεγάλο «ευχαριστώ» οφείλω στο συνεργάτη αλλά και φίλο Αλέξανδρο Κοτζιαμάνη, ειδικευόμενο Ακτινολογίας στο Νοσοκομείο ΠαΓΝΗ, που προσέφερε σημαντική βοήθεια τόσο στην ψηφιοποίηση των εικόνων, όσο και ως ανεξάρτητος μελετητής και στάθηκε δίπλα μου ως πηγή δύναμης, προκειμένου να ολοκληρωθεί επιτυχώς το ερευνητικό μέρος της μελέτης αυτής.

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας δέχτηκα την αμέριστη συνεργασία και αλληλεγγύη από όλους τους εργαζόμενους του τμήματος ΜΕΘ Παίδων ΠαΓΝΗ, καθώς μου παρείχαν σημαντική στήριξη και βοήθεια για την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής και τους οφείλω ένα μεγάλο «ευχαριστώ».

Κλείνοντας, η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στους αγαπημένους μου γονείς, Κατσούλα Γεώργιο και Ράπη Αστερία, για τη συνεχή στήριξη και εμπιστοσύνη που μου δείχνουν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

AA	Αναπνευστική Ανεπάρκεια
ΜΕΘ	Μονάδα Εντατικής Θεραπείας
V/Q	Σχέση αερισμού/αιμάτωσης (Ventilation/ Perfusion)
ARDS	Σύνδρομο Οξείας Αναπνευστικής Δυσχέρειας
A/α	Απλή Ακτινογραφία
ΚΝΣ	Κεντρικό Νευρικό Σύστημα
ΜΤ	Μαγνητική Τομογραφία
ΥΤ	Υπολογιστική Τομογραφία
GCS	Glasgow Coma Scale - κλίμακα Glasgow
Hb	Αιμοσφαιρίνη
O ₂	Οξυγόνο
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
SaO ₂	Κορεσμός αιμοσφαιρίνης αρτηριακού αίματος
ETCO ₂	Τελοεκπνευστικό διοξείδιο CO ₂
FiO ₂	Συγκέντρωση χορηγούμενου οξυγόνου
PELOD	Pediatric Logistic Organ Dysfunction
PRISM	Pediatric Risk of Mortality
PELOD PREDICTED MORTALITY SCORE	Σκορ προβλεπόμενης θνητότητας με βάση την ανεπάρκεια οργάνων στα παιδιά
PRISM PREDICTED MORTALITY SCORE	Σκορ προβλεπόμενης θνητότητας με βάση τον κίνδυνο θανάτου στα παιδιά

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή

Η αναπνευστική ανεπάρκεια (ΑΑ) αποτελεί μια από τις συχνότερες αιτίες εισαγωγής παιδιατρικών ασθενών στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) Παίδων και συνδυάζεται με μεγάλο αριθμό και ποικιλία νοσημάτων. Τα παιδιά αποτελούν μια πληθυσμιακή ομάδα με σημαντικές διαφοροποιήσεις στην εκδήλωση της ΑΑ τόσο μεταξύ τους όσο και συγκριτικά με τους ενήλικες. Η αρχική, καθώς και η συνεχιζόμενη κατά τη νοσηλεία, αξιολόγηση της αναπνευστικής λειτουργίας περιλαμβάνει κλινικές και εργαστηριακές παραμέτρους, με κυριότερες το αναπνευστικό έργο, το διαδερμικό κορεσμό της αιμοσφαιρίνης και τα αέρια αίματος. Η απεικόνιση του αναπνευστικού συστήματος κυρίως με τη μέθοδο της απλής ακτινογραφίας (Α/ας), της υπερηχοτομογραφίας (ΥΧ), δευτερευόντως με υπολογιστική τομογραφία (ΥΤ), ίσως με μαγνητική τομογραφία (ΜΤ), καθώς και ο έλεγχος με βρογχοσκόπηση, αποτελούν σημαντικά εργαλεία, που σε συνδυασμό με τα κλινικά και εργαστηριακά ευρήματα επιτρέπουν τον σχεδιασμό μιας ολοκληρωμένης διαγνωστικής και θεραπευτικής προσέγγισης ενός παιδιού με ΑΑ.

Κάθε απεικονιστική μέθοδος εμφανίζει διαφορετική ευαισθησία και ειδικότητα για το φάσμα των αιτίων της ΑΑ. Σε μία προσπάθεια συσχέτισης των ευρημάτων της εκάστοτε απεικονιστικής μεθόδου με την κλινική βαρύτητα, με σκοπό η απεικόνιση να αποτελέσει εργαλείο διάγνωσης, διαχείρισης θεραπείας και πρόγνωσης, έχουν αναπτυχθεί κλίμακες απεικονιστικής βαρύτητας κυρίως σε ενήλικες και σε συγκεκριμένες αναπνευστικές παθήσεις. Τέτοιες μελέτες είναι περιορισμένες σε παιδιατρικούς ασθενείς, ενώ ελάχιστα είναι τα δεδομένα για τη συμβολή της απεικόνισης του αναπνευστικού συστήματος σε βαρέως πάσχοντα παιδιά ως προς τη διαχείριση, την πρόγνωση και την έκβαση της ΑΑ ανεξάρτητα από την αιτιολογία της.

Σκοπός της μελέτης

Να διερευνηθεί ο βαθμός της συμβολής της απεικόνισης του αναπνευστικού συστήματος με απλή ακτινογραφία, ΥΧ, ΥΤ, ΜΤ, καθώς και της βρογχοσκόπησης,

στη διάγνωση, παρακολούθηση, διαχείριση και έκβαση παιδιών με οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια που νοσηλεύτηκαν στη ΜΕΘ Παίδων.

Να δημιουργηθούν κλίμακες βαρύτητας των απεικονιστικών αλλοιώσεων που απαντώνται στον παιδιατρικό θώρακα ξεχωριστά για τις απλές ακτινογραφίες, την ΥΤ και την ΜΤ.

Να συσχετιστούν τα απεικονιστικά ευρήματα και η βαθμονόμηση των κλιμάκων απεικονιστικής βαρύτητας με κλινικούς και εργαστηριακούς δείκτες βαρύτητας στα πλαίσια της αξιολόγησής τους ως εργαλεία διαγνωστικής προσέγγισης, θεραπευτικής διαχείρισης και πρόγνωσης της έκβασης.

Μέθοδος

Πρόκειται για αναδρομική μελέτη στην οποία συμμετείχαν 104 ασθενείς ηλικίας 30 ημερών έως 18 ετών που νοσηλεύτηκαν στη ΜΕΘ Παίδων ΠαΓΝΗ από τον Ιανουάριο 2014 έως Ιούνιο 2018 λόγω αναπνευστικής ανεπάρκειας.

Καταγράφηκαν δημογραφικά στοιχεία, η αρχική και τελική διάγνωση, ο χρόνος νοσηλείας σε ημέρες, η αιτία εισόδου, τα σκορ κλινικής βαρύτητας (PRISM και PELOD) και η έκβαση (επιβίωση ή όχι). Καταγράφηκε η αναπνευστική υποστήριξη, διάρκεια μηχανικού αερισμού, τοποθέτηση θωρακοσωλήνα, οξυγονοθεραπεία και αέρια αίματος. Ο βαθμός της αναπνευστικής υποστήριξης, ο δείκτης βαρύτητας αναπνευστικής ανεπάρκειας PaO_2/FiO_2 και οι δείκτες οξυγόνωσης και αερισμού μελετήθηκαν την ημέρα της εισαγωγής και την ημέρα με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία, ως αυτή ορίζεται από τη μεγαλύτερη αναπνευστική υποστήριξη και τα αντίστοιχα αέρια αίματος.

Όλες οι διαθέσιμες ακτινογραφίες θώρακος εισαγωγής και πλέον επιδεινωμένης αναπνευστικής λειτουργίας βαθμονομήθηκαν βάσει ενιαίας προτεινόμενης κλίμακας ακτινολογικής βαρύτητας. Καταχωρήθηκαν χωριστά (blinded) τα σκορ ακτινολογικής βαρύτητας από 4 ανεξαρτήτους ερευνητές και έγινε σύγκριση της ακτινογραφικής βαθμονόμησης την ημέρα εισαγωγής στη ΜΕΘ Παίδων με την ημέρα με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία. Επιπρόσθετα έγινε καταγραφή των διαθέσιμων ΥΧ, ΥΤ και ΜΤ δεδομένων ανά ασθενή.

Αξιολογήθηκαν βάση της κλίμακας βαθμονόμησης απεικονιστικής βαρύτητας από δύο μελετητές σε συμφωνία, δεδομένα που αφορούσαν ΥΤ θώρακα οποιαδήποτε

ημέρα και αν διενεργήθηκε. Μελετήθηκε η συμβολή της YT, υπερηχοτομογραφίας και της βρογχοσκόπησης στη διαγνωστική τεκμηρίωση ή/και στην τροποποίηση της τρέχουσας θεραπευτικής προσέγγισης.

Αποτελέσματα

Μελετήθηκαν 104 ασθενείς με μέση ηλικία $5,44 \pm 0,6$ έτη, 68 (65,4%) αγόρια, μέση διάρκεια νοσηλείας $15,1 \pm 2,1$ ημέρες και θνητότητα 5%. 62 (59,6%) ασθενείς τέθηκαν σε μηχανική υποστήριξη της αναπνοής με μέση διάρκεια μηχανικού αερισμού $10,8 \pm 2,04$ ημέρες. Οι διαγνώσεις εισόδου ήταν κυρίως επιδείνωση χρόνιου αναπνευστικού προβλήματος (21,15%), βρογχιολίτιδα/βαριά ασθματική κρίση (18,27%) και πνευμονία (18,27%).

Συνολικά διενεργήθηκαν 283 ακτινογραφίες θώρακα από τις οποίες μελετήθηκαν και βαθμονομήθηκαν 162, οι 85 στην εισαγωγή και οι 77 στην ημέρα με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία. Το ακτινογραφικό σκορ βαρύτητας συσχετίστηκε θετικά με τη βαρύτητα της νόσου, τη διάρκεια μηχανικής υποστήριξης αναπνοής και τη διάρκεια νοσηλείας ($p < 0,001$) και αρνητικά με το λόγο PaO_2/FiO_2 ($p < 0,001$), τόσο την ημέρα εισαγωγής στη ΜΕΘ Παίδων όσο και την ημέρα με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία. Η μεταβολή του ακτινογραφικού σκορ AA σε ακτινογραφίες θώρακος συσχετίστηκε με αντίστοιχη μεταβολή βελτίωσης ή επιδείνωσης του κλινικού σκορ βαρύτητας αναπνευστικής νόσου, των δεικτών αναπνευστικής ανεπάρκειας ($p = 0,04$) και της διάρκειας παραμονής στον αναπνευστήρα ($p < 0,001$).

Διενεργήθηκαν 20 YT θώρακα, από τις οποίες 18 μελετήθηκαν, καταγράφηκαν τα παθολογικά ευρήματα και βαθμονομήθηκαν την όποια ημέρα διενεργήθηκε η YT. Σε δυο ασθενείς υπήρξε η ανάγκη επαναληπτικής YT λόγω επιδείνωσης της κλινικής τους εικόνας. Το YT σκορ AA συσχετίστηκε θετικά με το κλινικό σκορ βαρύτητας, τη διάρκεια νοσηλείας και τη διάρκεια μηχανικού αερισμού ($p < 0,001$). Το υπερηχογράφημα θώρακα συνέβαλε κυρίως στην αναγνώριση και παρακολούθηση σύνθετων παραπνευμονικών συλλογών. Η βρογχοσκόπηση αφορούσε κυρίως ασθενείς με μεταβολή του ακτινογραφικού σκορ και δυσερμήνευτη ακτινολογική εικόνα ή μεγαλύτερη προβλεπόμενη θνητότητα ($p < 0,001$). Δεν καταγράφηκαν ΜΤ απεικονίσεις.

Σε ποσοστό 73,3%, οι επαναληπτικές ακτινογραφίες δεν παρουσίασαν σημαντική μεταβολή στο καταγεγραμμένο αποτέλεσμα του ακτινογραφικού σκορ ΑΑ. Υπήρξαν περιπτώσεις παιδιών που παρά το γεγονός ότι το ακτινογραφικό σκορ παρέμεινε αμετάβλητο, η ακτινογραφία κατά την ημέρα με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία ανέδειξε διαφορετικά απεικονιστικά ευρήματα. Σε ποσοστό 5,56%, η διενέργεια ΥΤ θώρακα ανέδειξε επιπλέον πληροφορίες που οδήγησαν σε τροποποίηση της θεραπευτικής αγωγής, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το υπερηχογράφημα θώρακα ήταν 12%. Η βρογχοσκόπηση ανέδειξε επιπρόσθετα ευρήματα στο 17,65%.

Συμπεράσματα

Οι τροποποιημένες κλίμακες βαρύτητας ακτινογραφικών και ΥΤ αλλοιώσεων στον παιδιατρικό θώρακα μπορεί να αποτελέσουν αξιόπιστο εργαλείο διαγνωστικής αξιολόγησης και πρόγνωσης έκβασης της ΑΑ, καθώς σχετίζονται με τη βαρύτητα της νόσου, τη διάρκεια νοσηλείας και παραμονής σε μηχανικό αερισμό και με την έκβαση των παιδιών που νοσηλεύονται με ΑΑ σε ΜΕΘ Παίδων.

Η επαναληπτική απεικόνιση του αναπνευστικού συστήματος με ακτινογραφία θώρακος, ΥΤ, και ΥΧ σε παιδιατρικούς ασθενείς με ΑΑ κατά τη νοσηλεία τους ενίοτε συμβάλλει στην προσθήκη νέων πληροφοριών και ενδεχομένως τροποποίηση της θεραπευτικής διαχείρισης.

SUMMARY

Introduction

Respiratory failure (RF) is one of the most common causes of hospitalization of children in pediatric intensive care units (PICU) and is associated with a large number of heterogeneous causes and diseases. Children with RF present significant differences in the manifestation of the entity among themselves and compared to adults. Assessment of respiratory function at presentation and during hospitalization includes evaluation of clinical findings, respiratory function tests, lung mechanics, pulse oximetry and blood gases, imaging findings and occasionally bronchoscopy. Imaging of the respiratory system can be achieved by radiography, ultrasonography (US), computed tomography (CT), and Magnetic Resonance Imaging (MRI). These tools along with the clinical and laboratory results allow a holistic approach of the child with RF and effective planning of treatment.

Each imaging method displays different sensitivities and specificities depending on the wide range of RF causes. Imaging severity scoring systems have been employed mainly in adults and refer to single respiratory diseases like asthma and acute respiratory distress syndrome (ARDS). To our knowledge, such studies are limited in pediatric patients, mainly focusing in grading severe respiratory infection. There are sparse data on the contribution of imaging of the chest in critically ill children with respiratory illness with regard to the treatment, prognosis and outcome of RF, regardless of its cause.

Objectives

To explore the degree of contribution of imaging methods (radiography, US, CT, MRI) and bronchoscopy to the diagnosis, monitoring, treatment and outcome of children with acute respiratory failure who are admitted to PICU.

To propose imaging-based severity scores separately for radiographs, CT and MRI for imaging assessment of children with RF. To investigate the correlation of imaging findings and imaging severity scores with indicators of severity based on

clinical and laboratory findings and evaluate these as tools for diagnosis, treatment and prediction of outcome.

Material and Methods

This retrospective study included 104 patients, aged 30 days to 18-year-old who were hospitalized in PICU of the University Hospital of Heraklion from January 2014 to June 2018 due to RF.

Demographics, length of stay, cause of RF, length of stay, cause for admission, clinical severity scores (PRISM and PELOD), and outcome (survival or not) were recorded. Respiratory support, duration of mechanical ventilation, chest tube placement, fraction of inspired oxygen (FiO₂), and blood gas values were all recorded. The degree of ventilatory support, the respiratory failure severity index PaO₂ / FiO₂ and indices of oxygenation and ventilation were studied on the first day of the hospitalization and the day of most deteriorated function (worse pediatric ICU day) as defined by maximum needs for respiratory support and worse PaO₂ and PaCO₂ levels.

Imaging data regarding number of chest x-rays, US, CT and MT per patient were recorded where available. Radiographic findings of radiographs on the day of admission and on worse pediatric ICU day were blindly reviewed by four independent observers, were graded based on a radiographic severity score and scores were compared between readers and between admission and worse pediatric ICU day.

Additionally, data on available US, CT and MRI findings were recorded. CT imaging findings of any PICU day were reviewed and scored by two readers in consensus. The contribution of each imaging modality to the diagnosis and/or the modification of applied treatment was assessed.

Results

We studied 104 patients with an average age of $5,44 \pm 0,6$ years, 68 (65,4%) were males, average duration of hospitalization was $15,1 \pm 2,1$ days and mortality rate was 5%. 62 (59,6%) patients were mechanically ventilated with an average duration of mechanical ventilation $10,8 \pm 2,04$ days. Diagnoses on admission mostly

included deterioration of chronic lung disease (21,15%), bronchiolitis or asthmatic attack (18,27%) and pneumonia (18,27%).

Overall 283 chest radiographs were performed. 162 radiographs, 85 upon admission and 77 at worse PICU day were studied and scored. The radiographic severity scores correlated positively with the severity of the disease, the duration of mechanical ventilation and the duration of hospitalization ($p < 0,001$) while there was a negative correlation with the ratio $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$ ($p < 0,001$), both on the first day of hospitalization and on the worse PICU day. The change in the radiographic scores during hospitalization was associated with improvement or worsening of clinical respiratory disease severity indices, with RF indicators ($p = 0.04$) and the duration of mechanical ventilation ($p < 0,001$).

Twenty chest CTs were performed. The CT imaging respiratory failure scores correlated positively with the clinical respiratory failure severity indices, the duration of hospitalization and the duration of mechanical ventilation ($p < 0,001$). Chest-US contributed mainly to the recognition and monitoring of complex parapneumonic effusions. Bronchoscopy was performed in patients with either a deterioration in radiographic scores and difficulty to interpret radiographic findings or an increased predicted mortality index ($p < 0,001$). There were no recorded MR imaging tests.

Repeat radiographs showed no significant change in radiographic scores in 73.3% of children. The performance of a repeat chest CT revealed additional information that led to modification of treatment in 5.56% of children, while the corresponding percentage for chest US was 12%. Bronchoscopy showed additional findings in 17.65% of children.

Conclusion

The proposed radiographic and CT imaging severity scores can be a reliable diagnostic and prognostic tool for the evaluation of RF in children, as they are related to the severity of the disease, the length of hospitalization and mechanical ventilation and the final outcome in children hospitalized in the pediatric ICU.

Repeated imaging of the respiratory system with chest radiographs, CT, and US in children with respiratory failure during PICU hospitalization contributes to diagnosis by adding new information, and may result in modification of treatment.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναπνευστική ανεπάρκεια (ΑΑ) αποτελεί μια από τις συχνές αιτίες εισαγωγής των παιδιών στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ Παιδών). Οι αιτιολογικοί παράγοντες της ΑΑ στα παιδιά είναι πολλοί και ετερογενείς. Τα παιδιά αποτελούν μια πληθυσμιακή ομάδα με σημαντικές διαφοροποιήσεις στην εκδήλωση της νόσου τόσο μεταξύ τους όσο και συγκριτικά με τους ενήλικες. Η επιλογή της βέλτιστης απεικονιστικής μεθόδου και η αξιολόγηση των απεικονιστικών ευρημάτων είναι υψίστης σημασίας για τη διάγνωση και παρακολούθηση των παιδιών με οξεία ΑΑ στη ΜΕΘ Παιδών επιτρέποντας το σχεδιασμό της καταλληλότερης διαχείρισης και θεραπευτικής στρατηγικής για κάθε ασθενή.

Οι συνηθέστερες απεικονιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση του αιτίου της ΑΑ είναι η απλή ακτινογραφία (Α/α) θώρακα, η υπερηχοτομογραφία (ΥΧ), και συμπληρωματικά ή επί ενδείξεων η υπολογιστική τομογραφία (ΥΤ) και η μαγνητική τομογραφία (ΜΤ). Η βρογχοσκόπηση διενεργείται για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς κατά περίπτωση. Κάθε απεικονιστική μέθοδος εμφανίζει τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και ποικίλη ευαισθησία και ειδικότητα για το φάσμα των αιτίων της ΑΑ.

2. ΟΞΕΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Το αναπνευστικό σύστημα είναι επιφορτισμένο με την παροχή του απαραίτητου οξυγόνου (O_2) στους ιστούς και παράλληλα με την αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που παράγεται σε αυτούς. Η απρόσκοπτη διακίνηση του O_2 είναι ζωτικής σημασίας για τον οργανισμό. Η παροχή του O_2 στους ιστούς εξαρτάται από τον κορεσμό της αιμοσφαιρίνης (Hb) σε O_2 , την ποσότητα της Hb και από την καρδιακή παροχή (1).

Η φυσιολογική ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες προϋποθέτει επαρκή έκταση της τριχοειδοκυψελιδικής μεμβράνης, την ύπαρξη ανοικτών αεροφόρων οδών για τη μεταφορά του ατμοσφαιρικού αέρα στην τριχοειδοκυψελιδική μεμβράνη και αποτελεσματικό αερισμό. Ο αερισμός εξαρτάται από την καλή λειτουργία του νευρικού μηχανισμού ελέγχου της αναπνοής και των νεύρων των αναπνευστικών μυών, την καλή λειτουργία των αναπνευστικών μυών και την ακεραιότητα του θωρακικού σκελετού (1).

Διαταραχή μιας από τις παραπάνω λειτουργίες επιφέρει ταχέως σημαντική αδυναμία του συστήματος να εξασφαλίσει την ανταλλαγή αερίων, γεγονός που οδηγεί σε διαταραχή των μερικών πιέσεων του O_2 και του CO_2 στο αρτηριακό αίμα (2). ΑΑ ορίζεται η αδυναμία του αναπνευστικού συστήματος να επιτελέσει τη μία ή και τις δύο λειτουργίες της ανταλλαγής των αερίων, δηλαδή την οξυγόνωση ή/και την αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα. Σε συνθήκες ατμοσφαιρικού αέρα (FiO_2 0,21), η αναπνευστική ανεπάρκεια ορίζεται ως η μείωση της μερικής πίεσης του οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα (PaO_2) < 60 mmHg ή η αύξηση της μερικής πίεσης του διοξειδίου του άνθρακα ($PaCO_2$) > 45 mmHg (2) ή συνδυασμός και των δύο.

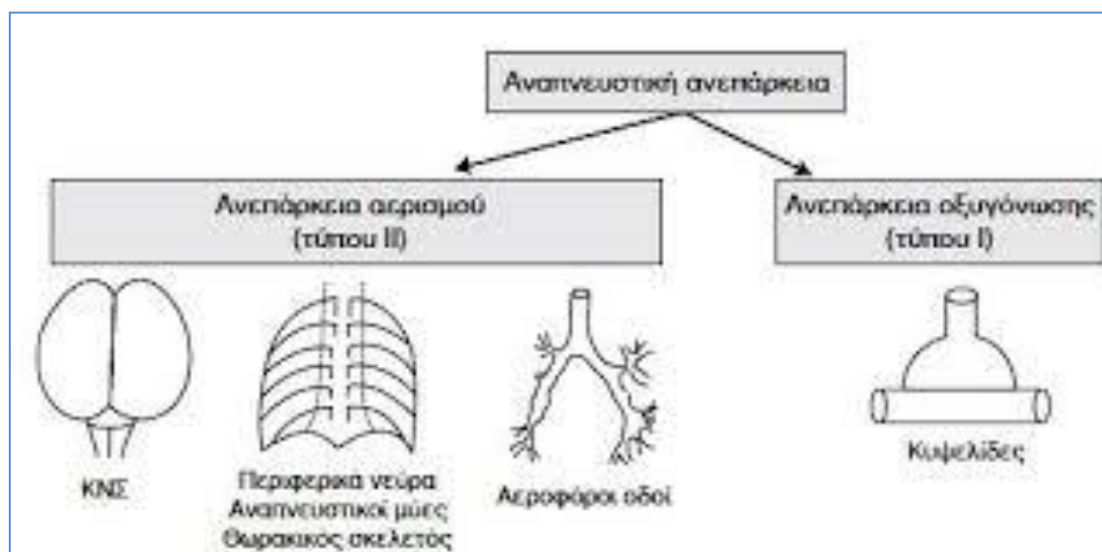
Η ΑΑ διακρίνεται σε δυο τύπους:

Η αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου I είναι η διαταραχή της ανταλλαγής αερίων που οδηγεί σε υποξυγοναιμία και προκαλείται από: 1) περιορισμό της έκτασης της τριχοειδοκυψελιδικής μεμβράνης που αποβαίνει ανεπαρκής για να επιτευχθεί η ανταλλαγή των αερίων, 2) ελάττωση της ροής του αίματος, 3) ελάττωση του κυψελιδικού χώρου, 4) ανισοκατανομή της σχέσης ανάμεσα στον αερισμό και την

αιμάτωση πνευμονικών περιοχών (3). Οι ασθενείς αυτοί στα αρχικά στάδια της νόσου παρουσιάζουν σημαντικό υπεραερισμό που βελτιώνει την PaO_2 , ενώ η $PaCO_2$ ελαττώνεται σημαντικά. Σε πιο σοβαρές καταστάσεις ο υπεραερισμός δεν μπορεί πλέον να διατηρήσει ικανοποιητικές τιμές PaO_2 και επέρχεται σοβαρή υποξυγοναιμία παρά την ελάττωση της $PaCO_2$. Το αυξημένο έργο της αναπνοής προκαλεί τελικά κάματο των αναπνευστικών μυών, ελάττωση του κυψελιδικού αερισμού και αύξηση του CO_2 (3).

Η αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου II οφείλεται σε αδυναμία διατήρησης ικανοποιητικού αερισμού, ώστε να αποβληθεί το CO_2 με αποτέλεσμα την αύξηση της $PaCO_2$. Η υπερκαπνία προκαλεί ανάλογη ελάττωση της PaO_2 , η οποία είναι δυνατόν να διορθωθεί με χορήγηση ελάχιστης ποσότητας O_2 . Η ελάττωση του κυψελιδικού αερισμού μπορεί να συμβεί σε ασθενείς με φυσιολογικές μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα (3).

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στην αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου I μπορεί να συνυπάρξει ανεπάρκεια τύπου II, αν επέλθει κάματος των αναπνευστικών μυών και ελάττωση του κυψελιδικού αερισμού (3). Παρόμοια, η αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου II συχνά επιπλέκεται από ανεπάρκεια τύπου I, καθώς λόγω μειωμένης έκπτυξης του παρεγχύματος η απομάκρυνση των εκκρίσεων δυσχεραίνεται, αναπτύσσονται ατελεκτασίες και η ανταλλαγή των αερίων διαταράσσεται (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Η αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου I οφείλεται σε αδυναμία οξυγόνωσης λόγω παρεγχυματικής βλάβης, ενώ η αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου II οφείλεται σε ελάττωση του κυψελιδικού αερισμού, γεγονός που προκαλεί αύξηση της PCO_2 (1).

2.2 ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Οι δυο τύποι αναπνευστικής ανεπάρκειας, τύπου I (υποξυγοναιμία) και τύπου II (υπερκαπνία), παρουσιάζουν διαφορετικά παθοφυσιολογικά χαρακτηριστικά (4). Στην πραγματικότητα, και στους δύο τύπους αναπνευστικής ανεπάρκειας συμμετέχουν και οι δύο παθοφυσιολογικές διαταραχές αλλά σε διαφορετικό βαθμό η καθεμία. Τόσο ο τύπος I όσο και ο τύπος II μπορεί να εμφανιστούν κατά την πορεία μίας και της αυτής νόσου (4).

2.2.1 Τύπου I αναπνευστική ανεπάρκεια

Σε αυτόν τον τύπο AA, οι διαταραχές της πνευμονικής λειτουργίας, προκαλούν κυρίως υποξυγοναιμία, με διαταραχή της οξυγόνωσης των ιστών και των οργάνων και εκδηλώνεται με χαμηλή PaO_2 και φυσιολογική ή χαμηλή $PaCO_2$. Η υποξυγοναιμία είναι δυνατόν να προκληθεί από διαταραχές της σχέσης αερισμού προς την αιμάτωση (Ventilation/ Perfusion mismatch, V/Q), από αύξηση της ενδοπνευμονικής φλεβο - αρτηριακής παράκαμψης (shunt), από διαταραχή στη διάχυση (diffusion) των αερίων και από κυψελιδικό υποαερισμό (4).

Διαταραχές της σχέσης αερισμού/αιμάτωσης (V/Q)

Σύμφωνα με τους Belda και Soro (4), η διαταραχή της σχέσης V/Q, αποτελεί τη συχνότερη αιτία υποξυγοναιμίας. Στη περίπτωση αυτή η ανταλλαγή των αερίων δεν πραγματοποιείται ομοιόμορφα στις διάφορες περιοχές του πνεύμονα. Ο μειωμένος αερισμός περιοχών του πνεύμονα μπορεί να προκύψει σε περιπτώσεις όπου οι αντιστάσεις των βρόγχων είναι αυξημένες, όπως για παράδειγμα στην αποφρακτική πνευμονοπάθεια ή μπορεί να προκύψει όταν η πνευμονική ευενδοτότητα είναι ελαττωμένη, όπως στην πνευμονική ίνωση (4,5).

Στις περιπτώσεις που η σχέση αερισμού/ αιμάτωσης είναι ελαττωμένη λόγω μειωμένου αερισμού, το αίμα διαπερνώντας τις παθολογικές αυτές περιοχές και καθώς εισέρχεται στη συστηματική κυκλοφορία, έχει ελαττωμένη περιεκτικότητα σε οξυγόνο και προκαλεί ελάττωση της μερικής πίεσης του αρτηριακού οξυγόνου (PaO_2). Η υποξυγοναιμία που προκαλείται από τη διαταραχή της σχέσης V/Q χαρακτηρίζεται από αυξημένη κυψελιδο – αρτηριακή διαφορά οξυγόνου (5).

Αύξηση της ενδοπνευμονικής φλεβο - αρτηριακής παράκαμψης (shunt)

Η ενδοπνευμονική φλεβο-αρτηριακή παράκαμψη (shunt), αναφέρεται στο βαθμό της πρόσμειξης του μικτού φλεβικού αίματος με το οξυγονωμένο αίμα των πνευμονικών τριχοειδών και συμπεριλαμβάνει το ανατομικό ή αληθές shunt, αλλά και τη φλεβική πρόσμειξη που προκύπτει από τις κυψελιδικές περιοχές με πολύ χαμηλό λόγο V/Q (6). Το shunt οφείλεται στην πρόσμειξη φλεβικού αίματος απευθείας στο αρτηριακό σκέλος της κυκλοφορίας, όπως συμβαίνει σε παθολογικές καταστάσεις. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι συγγενείς καρδιοπάθειες και οι πνευμονικές ατελεκτασίες, όπου παρατηρούνται περιοχές με λόγο V/Q μηδενικό, όπου υπάρχουν κυψελίδες που δεν αερίζονται αλλά εξακολουθούν να αιματώνονται (4,7).

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι και σε αυτή τη περίπτωση, όπως και στη διαταραχή της σχέσης V/Q, η υποξυγοναιμία χαρακτηρίζεται από αυξημένη κυψελιδο-αρτηριακή διαφορά του O₂. Η διαφορά τους έγκειται στην ανταπόκριση στη θεραπεία με O₂. Στην περίπτωση του βραχυκυκλώματος (shunt) η υποξυγοναιμία παρουσιάζει ανθεκτικότητα ακόμη και με χορήγηση O₂ περιεκτικότητας 100% (6).

Διαταραχή διάχυσης (diffusion) οξυγόνου

Μια σπάνια αιτία υποξυγοναιμίας, όπως χαρακτηρίζεται από τους Belda και Soro (4), αποτελεί η διαταραχή της διάχυσης των αερίων δια της τριχοειδοκυψελιδικής μεμβράνης. Στην περίπτωση αυτή η μείωση της διάχυσης του O₂ οφείλεται στην καταστροφή των κυψελίδων της κυψελιδικής μεμβράνης ή των τριχοειδών. Οι συχνότερες αιτίες είναι η πνευμονική ίνωση και οι μικροεμβολισμοί εξαιτίας δρεπανοκυτταρικής αναιμίας (μείωση επιφάνειας τριχοειδών) (4,8).

Κυψελιδικός υποαερισμός

Ένα όχι ασυνήθιστο αίτιο υποξυγοναιμίας είναι ο κυψελιδικός υποαερισμός που προκαλείται είτε από την εκτόπιση του οξυγόνου από το CO₂ που συσσωρεύεται στις κυψελίδες στις περιπτώσεις υποαερισμού, είτε από τη συνολική ελάττωση του κατά λεπτόν αερισμού από την επίδραση αναισθητικών φαρμάκων, ή τη χορήγηση μικρού όγκου αναπνοής σε περιπτώσεις διασωληνωμένων ασθενών (4). Εντούτοις έχει επισημανθεί από αντίστοιχες μελέτες ότι το συχνότερο αίτιο διαταραχής της οξυγόνωσης κατά τη διάρκεια της αναισθησίας είναι η αύξηση της φλεβικής

πρόσμειξης, η οποία αποδίδεται στις διαταραχές αερισμού/ αιμάτωσης (V/Q) από την επίδραση της αναισθησίας και την αύξηση του αληθούς ενδοπνευμονικού shunt, δηλαδή των περιοχών του πνεύμονα που αιματώνονται αλλά δεν αερίζονται (9). Πρωτεύοντα ρόλο στον παθοφυσιολογικό αυτό μηχανισμό διαδραματίζουν η ελάττωση της λειτουργικής υπολειπόμενης χωρητικότητας των πνευμόνων, η σύγκλειση των μικρών αεραγωγών και η ανάπτυξη ατελεκτασιών στα εξαρτώμενα τμήματα των πνευμόνων. Οι επιπλοκές αυτές παρατηρούνται σε άλλοτε άλλο βαθμό σε χειρουργημένους ασθενείς (9).

2.2.2 Τύπου II αναπνευστική ανεπάρκεια

Η τύπου II αναπνευστική ανεπάρκεια χαρακτηρίζεται από αύξηση της PaCO₂ > 45 mm Hg και εκδηλώνεται από ανεπάρκεια ενός ή περισσότερων τμημάτων της αναπνευστικής αντλίας (respiratory pump failure), όπως ανεπάρκεια του αναπνευστικού κέντρου, των αναπνευστικών μυών, του θωρακικού κλωβού, των νευρομυϊκών οδών, και δευτερογενώς από κόπωση μετά από αύξηση του αναπνευστικού έργου ή ως επιπλοκή πρωτοπαθούς βλάβης του πνευμονικού παρεγχύματος (4).

Ανεπάρκεια ενός ή περισσότερων τμημάτων της αναπνευστικής αντλίας

Η ελάττωση του κυψελιδικού αερισμού είναι δυνατόν να προκληθεί σε ασθενείς με φυσιολογικές μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα και σχετίζεται με ελάττωση της αναπνευστικής διέγερσης από βλάβες στο αναπνευστικό κέντρο του προμήκη, από βλάβες του νωτιαίου μυελού και σε διαταραχή των περιφερικών νευρών. Παράδειγμα της τελευταίας διαταραχής αποτελεί το Guillain – Barre σύνδρομο. Συχνά, η μείωση της νευρικής ώσης συναντάται σε βλάβη στις νευρομυϊκές συνάψεις, όπως στη μυασθένεια ή σε βλάβες στους αναπνευστικούς μύες, όπως στις μυοπάθειες. Η ανεπάρκεια τμημάτων της αναπνευστικής αντλίας είναι αρκετή και ικανή να προκαλέσει μείωση του κυψελιδικού αερισμού και υπερκαπνία (4).

Αύξηση του αναπνευστικού έργου

Κυψελιδικός υποαερισμός παρατηρείται σε ασθενείς που παρουσιάζουν αυξημένο έργο αναπνοής λόγω αύξησης των αντιστάσεων των αεροφόρων οδών που προκύπτει από απόφραξη των ανώτερων ή περιφερικών αεραγωγών. Η απόφραξη μπορεί να προκληθεί από συγγενή ή επίκτητα ανατομικά αίτια (βρογχομαλάκυνση), από την παρουσία ξένου σώματος, από την παρουσία βλέννης (κυστική ίνωση) ή από λειτουργικές αιτίες (σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας, ARDS) (4). Τέλος, αυξημένο έργο αναπνοής προκαλείται σε αυτούς που παρουσιάζουν ελάττωση της ευενδοτότητας του πνεύμονα ή/και του θωρακικού τοιχώματος (4).

Βλάβη του πνευμονικού παρεγχύματος

Κυψελιδικός υποαερισμός μπορεί να προκύψει από βλάβες του πνευμονικού παρεγχύματος, όπου παρατηρείται καταστροφή του τοιχώματος των κυψελίδων και διαταραχή των ελαστικών δυνάμεων που συγκρατούν ανοικτούς τους μικρούς αεραγωγούς. Αυτός ο περιορισμός στην επιφάνεια ανταλλαγής των αερίων προκαλεί αύξηση της κυψελιδοτριχοειδικής διαφοράς. Οι βλάβες του πνευμονικού παρεγχύματος, ανεξάρτητα από το αίτιο που τις προκάλεσε, θα οδηγήσουν τελικά τόσο σε αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου I, όσο και σε ανεπάρκεια τύπου II (4).

2.3 ΑΙΤΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ

Η ΑΑ μπορεί να προκύψει από μια ποικιλία νοσημάτων. Αυτά μπορεί να σχετίζονται με πρωτοπαθή παθολογία του πνεύμονα ή να έχουν εξωπνευμονική προέλευση. Συχνά η αιτιολογία της ΑΑ είναι πολυπαραγοντική, οφείλεται δηλαδή σε νοσήματα που συνδυάζουν προσβολή του αναπνευστικού συστήματος και άλλων συστημάτων όπως του κεντρικού νευρικού και του καρδιαγγειακού συστήματος που άμεσα ή έμμεσα επηρεάζουν την αναπνευστική λειτουργία. Τα νοσήματα αυτά συχνά προκαλούν διαταραχές που επηρεάζουν τους μύες, τα νεύρα, τα οστά ή τους ιστούς που υποστηρίζουν την αναπνοή ή μπορεί να προσβάλλουν άμεσα τους πνεύμονες (10).

Ποικίλα νοσήματα που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τη φυσιολογία της αναπνοής μπορεί να αποτελέσουν αίτιο εκδήλωσης ΑΑ (**Πίνακας 1**). Από τα

νοσήματα του πνευμονικού παρεγχύματος που εκδηλώνονται με ΑΑ συνηθέστερα είναι η πνευμονία, το σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας (ARDS), η κυστική ίνωση

και το άσθμα. Παραδείγματα νοσημάτων που δευτερογενώς επηρεάζουν το αναπνευστικό σύστημα είναι η μυϊκή δυστροφία, η πολιομυελίτιδα, ο τέτανος, η πολλαπλή σκλήρυνση, η μυασθένεια Gravis, το σύνδρομο Guillain-Barre, η μυοπάθεια από στεροειδή. Νοσήματα που σχετίζονται με το ΚΝΣ, όπως λοιμώξεις του ΚΝΣ, αυξημένη ενδοκράνια πίεση, κεντρική υπνική άπνοια, κεντρικού τύπου κυψελιδικός υποαερισμός ή νοσήματα νωτιαίου μυελού, όπως το τραύμα και η εγκάρσια μυελίτιδα, αποτελούν επίσης αίτια ΑΑ. Τέλος, δεν είναι ασυνήθιστη η εκδήλωση ΑΑ σε βλάβες του θωρακικού τοιχώματος που προκύπτουν από ασθένειες, όπως η κυφοσκολίωση και η παχυσαρκία (10,11).

Πίνακας 1. Συνηθέστερα αίτια αναπνευστικής ανεπάρκειας

Νοσήματα που αφορούν το αναπνευστικό κέντρο

- Πρωτοπαθής κυψελιδικός υποαερισμός
- Αναισθησία

Νοσήματα που ελαττώνουν τη δράση των στοιχείων που κινούν το θώρακα

- Μυασθένεια
- Βλάβη του νωτιαίου μυελού
- Πολιομυελίτιδα

Νοσήματα των πνευμόνων και των αεροφόρων οδών

- Σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας (ARDS)
- Πνευμονία
- Χρόνια βρογχίτιδα
- Βρογχικό άσθμα
- Κυστική ίνωση
- Πνευμονική ίνωση

Νοσήματα του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ)

- Κεντρική υπνική άπνοια
- Βλάβες ΚΝΣ
- Σύνδρομο Guillain Barre

Νοσήματα νευρομυϊκής σύναψης

- Μυασθένεια Gravis
- Αλλαντίαση
- Σύνδρομο Eaton Lambert

2.4 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

Οι επιδημιολογικές μελέτες για την ΑΑ είναι περιορισμένες και ο λόγος είναι η ετερογένεια των αιτιών και του μεγάλου φάσματος των κλινικών εκδηλώσεων (12). Μελέτες στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ), αναδεικνύουν ότι ο αριθμός των νοσηλειών λόγω ΑΑ αυξήθηκε από 1.007.549 το 2001 σε 1.917.910 το 2009. Την ίδια περίοδο παρατηρήθηκε μείωση της θνητότητας από 27,6% σε 20,6% (12). Η θνητότητα λόγω ΑΑ σχετίζεται συχνά με την συνολική κατάσταση υγείας ενός ατόμου και τη δυνητική ανάπτυξη δυσλειτουργίας συστηματικού οργάνου που μπορεί να εμφανιστεί σε μια οξεία νόσο (12).

Συχνή αιτία ΑΑ είναι οι λοιμώξεις αναπνευστικού συστήματος, με κυριότερο εκπρόσωπο τη λοίμωξη κατώτερου αναπνευστικού. Η πνευμονία είναι η σημαντικότερη αιτία θανάτου σε παιδιά ηλικίας <5 ετών, που αντιπροσωπεύει περίπου 922.000 θανάτους ετησίως. Η επίπτωση της ΑΑ στον παιδιατρικό πληθυσμό είναι αντιστρόφως ανάλογη της ηλικίας, καθώς τα 2/3 των περιπτώσεων εμφανίζονται κατά το πρώτο μεταγεννητικό έτος της ζωής του παιδιού και ακολούθως κατά τη νεογνική περίοδο (2).

2.5 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Η αρχική αξιολόγηση και αναζωογόνηση των παιδιών με επικείμενη αναπνευστική δυσλειτουργία έχει θεμελιώδη σημασία για την πρόγνωση και τη θεραπεία. Η αντιμετώπιση του ασθενούς απαιτεί την ταχεία αξιολόγηση-αναζωογόνηση και μετέπειτα την εφαρμογή της κατάλληλης θεραπευτικής αγωγής. Η έγκαιρη αρχική αξιολόγηση και αναζωογόνηση και η βέλτιστη εν συνεχεία διαχείριση της κατάστασης του ασθενούς, απαιτεί τη χρήση μιας δομημένης στρατηγικής προσέγγισης η οποία περιλαμβάνει α) την αρχική αξιολόγηση και σταθεροποίηση του πάσχοντα, β) τη δευτερογενή αξιολόγηση και επείγουσα αντιμετώπιση της κατάστασης, γ) την επανεκτίμηση και την οριστική θεραπεία και δ) την περαιτέρω διαχείριση ανάλογα με το αίτιο της ΑΑ (13). Η αρχική αξιολόγηση των παιδιών με επικείμενη αναπνευστική δυσλειτουργία, έχει θεμελιώδη σημασία για την πρόγνωση αλλά και τη θεραπεία και βασίζεται στο διαγνωστικό αλγόριθμο που περιέχει τον μνημοτεχνικό κανόνα της αγγλικής αλφαβήτου ABCDE, καθώς τα γράμματα

αντιστοιχούν σε *A: Airway, B: Breathing, C: Circulation, D: Disability, E: Exposure* (13).

A: Airway (Αεραγωγός)

Η βατότητα του αεραγωγού αποτελεί προϋπόθεση για τη διατήρηση της ζωής, συνεπώς η εξασφάλιση της καλής λειτουργίας είναι πρωταρχικής σημασίας. Η αρχική εκτίμηση των παιδιών με πιθανή αναπνευστική ανεπάρκεια, περιλαμβάνει την αξιολόγηση της λεκτικής επικοινωνίας, γεγονός που αντανακλά τη βατότητα και την προστασία του αεραγωγού, την επάρκεια της αναπνοής και της εγκεφαλικής λειτουργίας. Εάν το παιδί αδυνατεί να ανταποκριθεί, τότε ο κλινικός ιατρός έρχεται αντιμέτωπος με χαμηλό επίπεδο συνείδησης και με επαπειλούμενο αεραγωγό.

Με την ολοκλήρωση της αξιολόγησης, εάν υπάρχει υποψία μερικής ή ολικής απόφραξης του αεραγωγού πραγματοποιούνται χειρισμοί προστασίας του αεραγωγού ώστε να απομακρυνθεί κάθε κίνδυνος απειλητικός για τη ζωή (13-14).

B: Breathing (Αναπνοή-Αερισμός)

Η διατήρηση ανοικτού αεραγωγού δεν εξασφαλίζει απαραίτητα και τον επαρκή αερισμό ο οποίος αναφέρεται στην ανταλλαγή των αερίων: τη μεταφορά του οξυγόνου στους ιστούς και ταυτόχρονα την απομάκρυνση από αυτούς του διοξειδίου του άνθρακα. Ο έλεγχος της αναπνοής περιλαμβάνει την ακρόαση, την επίκρουση, την ψηλάφηση και την επισκόπηση. Απαραίτητο είναι η κλινική εκτίμηση της αναπνοής να συμπληρώνεται με την παλμική οξυμετρία (pulse oximetry) για την αρχική εκτίμηση και τη συνεχή παρακολούθηση της αναπνευστικής επάρκειας (13-14).

Ανεπαρκής οξυγόνωση του παιδιού επιβάλλει την παροχή οξυγόνου με μάσκα προσώπου, σε περίπτωση όπου ασθενής διατηρεί αυτόματη αναπνοή, είτε την – στον αερισμό με ασκό – προσωπίδα ή με ενδοτραχειακή διασωλήνωση. Τελικώς, αφού εξασφαλισθεί η βατότητα του αεραγωγού και ο αερισμός, πραγματοποιείται λήψη αερίων αρτηριακού αίματος με σκοπό να εκτιμηθεί η αναπνευστική κατάσταση του παιδιού ή η αποτελεσματικότητα της μηχανικής υποστήριξης της αναπνοής (13-14).

C: Circulation (Κυκλοφορία)

Στην πορεία της αρχικής εκτίμησης, κρίσιμη είναι η αξιολόγηση της κυκλοφορίας. Αυτή πραγματοποιείται με έλεγχο της καρδιακής συχνότητας, της αρτηριακής πίεσης και του χρόνου τριχοειδικής επαναιμάτωσης (13-14).

D: Disability (Νευρολογική εκτίμηση)

Τελικό αλλά κρίσιμο σημείο της αρχικής εκτίμησης των πασχόντων παιδιών αποτελεί η αξιολόγηση της νευρολογικής επάρκειας με την εκτίμηση του επιπέδου συνείδησης χρησιμοποιώντας την κλίμακα Γλασκόβης (GCS, Glasgow Coma Scale). Για τον υπολογισμό του βαθμού της νευρολογικής επάρκειας, γίνεται έλεγχος των κορών, όπως το μέγεθος, η ισομετρία τους και η αντίδρασή τους στο φως, εν συνεχεία αξιολογείται η δυνατότητα επικοινωνίας του παιδιού και τέλος γίνεται έλεγχος της στάσης του σώματος και των κινητικών αντανακλαστικών (**Πίνακας 2**) (13-14).

Πίνακας 2. Κλίμακα Γλασκόβης για παιδιά (κατά 15).

1) Άνοιγμα ματιών	αυθόρμητα (4) στους ήχους (3) στον πόνο (2) δεν ανοίγει μάτια (1)
2) Προφορική απάντηση	κατάλληλες για την ηλικία (5) κραυγές (4) ευερεθιστότητα (3) ανησυχία λήθαργος (2) καμία (1)
3) Κινητική αντίδραση	κατάλληλα για την ηλικία (6) εντοπίζει στον πόνο (5) κάμψη στον πόνο (4) σπαστική κάμψη (3) έκταση (2) καμία (1)
Ελάχιστη βαθμολογία: 3, μέγιστη:15. Κώμα σε σκορ <8 και εγκεφαλικός θάνατος σε σκορ 3. Υποστήριξη (ΜΕΘ Παιδών) χρειάζεται σε σκορ 7-9.	

Η GCS υπολογίζεται σε 2ο χρόνο, μετά από την εκτίμηση και ενδεχόμενη παρέμβαση στον αεραγωγό (A), στον αερισμό (B) και στην κυκλοφορία (C). Σε περιπτώσεις ασθενών με υποξυγοναιμία ή υπόταση, η βαθμολογία GCS επηρεάζεται αρνητικά.

E: Exposure (Εκθεση)

Μετά την εξασφάλιση των ζωτικών λειτουργιών, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος της θερμοκρασίας του σώματος και εξέταση του χρώματος ή άλλων αλλοιώσεων του δέρματος ή τραυματικών βλαβών του ασθενούς.

Η ολοκλήρωση της αρχικής αξιολόγησης και αναζωογόνησης σηματοδοτεί την έναρξη της δεύτερης αξιολόγησης / επανεκτίμησης και επείγουσας θεραπείας (όπως για παράδειγμα θεραπεία λαρυγγίτιδας, άσθματος, πνευμονίας, ARDS, ξένου σώματος κλπ). Ακολουθεί η επανααξιολόγηση, η οριστική θεραπεία, η σταθεροποίηση ή η μεταφορά του ασθενούς εφόσον κριθεί απαραίτητο (13-14).

2.6 ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ

Η ΑΑ στον παιδιατρικό πληθυσμό διαφέρει από αυτήν των ενηλίκων λόγω της παρουσίας διακριτών ηλικιακών διαφορών. Υπάρχουν σημαντικές φυσιολογικές και ανατομικές διαφορές που καθιστούν τα παιδιά πιο ευάλωτα στην ανάπτυξη ΑΑ. Παράλληλα βέβαια καθιστούν τη μελέτη της νόσου δυσκολότερη σε αυτή την ηλικιακή ομάδα (17).

Το ανοσολογικό σύστημα των παιδιών δεν είναι πλήρως αναπτυγμένο, γεγονός που καθιστά τα παιδιά πιο ευάλωτα στις λοιμώξεις. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ύπαρξη ανατομικών διαφορών. Στα παιδιά οι κυψελίδες βρίσκονται υπό ανάπτυξη μέχρι και την ηλικία των 8 ετών, σε αντίθεση με τους ενήλικες όπου είναι πλήρως ανεπτυγμένες. Μια ακόμη σημαντική ανατομική διαφορά συναντάται στην ανατομία του λάρυγγα ο οποίος στα παιδιά είναι στενότερος και διαφέρει σε θέση και σχήμα. Επίσης, στα παιδιά παρατηρείται αυξημένη ικανότητα έκκρισης βλέννης λόγω του αυξημένου αναλογικά αριθμού βλεννοποιών αδένων (17).

Τέλος, μια ακόμη διαφορά που συναντάται μεταξύ παιδιών και ενηλίκων είναι ότι στα παιδιά παρατηρείται υψηλή διατασιμότητα (elastance) του θώρακα, χαμηλή ευενδοτότητα (compliance) των πνευμόνων, αυξημένη αντίσταση των αεραγωγών, χαμηλή λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (FRC), και ασθενέστεροι αναπνευστικοί μύες (17-18).

3. ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΑ ΘΩΡΑΚΟΣ

Η Α/α θώρακα είναι η απλούστερη και η πιο άμεσα διαθέσιμη απεικονιστική μέθοδος προκειμένου να εκτιμηθεί η έκταση και η βαρύτητα πιθανής πνευμονικής νόσου. Για τα πάσχοντα παιδιά στις ΜΕΘ Παίδων η Α/α διενεργείται επί κλίνης, με φορητό μηχάνημα. Η επί κλίνης Α/α θώρακα, παρ' όλους τους διαγνωστικούς περιορισμούς και τα τεχνικά προβλήματα που παρουσιάζει, αποτελεί την πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδο για την παρακολούθηση της πορείας των ασθενών με ΑΑ. Η χρησιμότητα και η αξία της εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό, τόσο από τη σωστή τοποθέτηση του ασθενή όσο και από τις τεχνικές παραμέτρους της ακτινογραφίας και παρουσιάζει μια σειρά δυσκολιών, μερικές από τις οποίες είναι: η δυσκολία ελέγχου διασποράς της ακτινοβολίας, το ευρύ φάσμα πυκνοτήτων που θα πρέπει να απεικονιστούν, η αδυναμία του ασθενή να συνεργαστεί (ιδιαίτερα όταν τα παιδιά είναι μικρής ηλικίας), η μηχανική υποστήριξη της αναπνοής που πολλές φορές εφαρμόζεται σε ασθενείς με ΑΑ (19). Λόγω των παραπάνω περιορισμών, όσον αφορά στην ΑΑ, τα ευρήματα της μεθόδου και ο προσδιορισμός της βαρύτητας της νόσου έχουν αρχίσει να αμφισβητούνται λόγω της χαμηλής της ευαισθησίας (19). Για το λόγο αυτό, η Α/α θώρακα συχνά συνδυάζεται με ΥΧ ή ΥΤ αποτελώντας την απλούστερη μέθοδο για την απεικόνιση του πνευμονικού παρεγχύματος και των γειτονικών δομών σε ασθενείς με ΑΑ (16).

Η Α/α παρέχει τη δυνατότητα στον ιατρό να παρακολουθήσει παθολογικές καταστάσεις των πνευμόνων ή τυχόν πνευμονικές επιπλοκές, τα όργανα του μεσοθωρακίου και το θωρακικό τοίχωμα. Ειδικότερα, στην απλή ακτινογραφία θώρακος, διακρίνονται πυκνώσεις κυψελιδικού τύπου, οι οποίες προκύπτουν από αντικατάσταση του αέρα των κυψελίδων από υλικό πυκνότητας μαλακών μορίων (υγρό, φλεγμονή, αίμα ή άλλα συστατικά) δίχως απώλεια όγκου παρεγχύματος. Επίσης, μέσω της ακτινογραφίας, είναι δυνατή η ανίχνευση ατελεκτασιών (συρρίκνωση πνευμονικού παρεγχύματος), μια κατάσταση που είναι συνήθης στα παιδιά λόγω των ιδιοτήτων των πνευμόνων τους. Επιπρόσθετα ευρήματα σε καταστάσεις ΑΑ περιλαμβάνουν την καθολική σκίαση ημιθωρακίου/ημιθωρακίων, την παρουσία ξένου σώματος, τη διάχυτη θολή ύαλο και τα είδη διαφυγής αέρα (20). Συνήθως είναι δυνατή η διάγνωση συγκεκριμένων αιτιών ΑΑ όπως η πνευμονία, ο πνευμοθώρακας, και το πνευμονικό οίδημα (3).

4. ΥΠΕΡΗΧΟΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΘΩΡΑΚΟΣ

Η ΥΧ αποτελεί απλή, ταχεία εξέταση, η οποία καλύπτει όλα σχεδόν τα οργανικά συστήματα του ασθενούς, είναι χαμηλού κόστους και με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας (21-22). Οι πρώτες προσπάθειες υπερηχογραφικής απεικόνισης του πνεύμονα καταγράφονται πριν από τρεις δεκαετίες. Το γεγονός της αεροπλήθειας του πνεύμονα και της ανάκλασης των ηχητικών κυμάτων από την παρουσία των οστών του θωρακικού κλωβού αποτέλεσε σημαντικό περιορισμό.

Τα τελευταία χρόνια, όμως, η αξία του θωρακικού υπερηχογραφήματος επαναπροσδιορίστηκε. Η μέθοδος έχει όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή στην εκτίμηση παθήσεων του πνεύμονα, συμπεριλαμβανομένης της ΑΑ. Η ΥΧ χρησιμοποιείται ευρέως στην καθημερινή κλινική πρακτική των ΜΕΘ Παίδων λόγω της δυνατότητας εξέτασης σε πραγματικό χρόνο των ασθενών, της δυνατότητας καθημερινής παρακολούθησης πασχόντων παιδιών επί κλίνης χωρίς ακτινική επιβάρυνση και επιπλέον λόγω της χαμηλής ευαισθησίας της ακτινογραφίας θώρακα επί κλίνης για μικρής έκτασης βλάβες (21-22).

Τα σημαντικότερα υπερηχοτομογραφικώς ανιχνεύσιμα ευρήματα που σχετίζονται με ΑΑ είναι οι εκτεταμένες πυκνώσεις-ατελεκτασίες, ο πνευμοθώρακας, το πνευμονικό οίδημα, το πνευμονικό εμπύημα και η υπεζωκοτική συλλογή (άνηχη παραπνευμονική ή με ήχους/διαφραγμάτια) (20).

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

Η Υπολογιστική Τομογραφία (ΥΤ) εισήχθη στην ιατρική διαγνωστική τη δεκαετία του 1970 και έφερε επανάσταση στο χώρο. Ξεκίνησε από τις ΗΠΑ και το πρώτο όργανο που μελετήθηκε με αυτήν ήταν ο εγκέφαλος. Η μέθοδος έτυχε ταχέως καθολικής αποδοχής, κυρίως για το ότι δεν προκαλεί καμία ταλαιπωρία στους ασθενείς και έχει μεγάλη διαγνωστική ακρίβεια (23).

Με την ΥΤ γίνονται εγκάρσιες τομές της περιοχής του σώματος που εξετάζεται, δηλαδή τομές κάθετες προς τον επιμήκη άξονα του σώματος. Εκτός από τον εγκέφαλο και τη σπονδυλική στήλη, άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως σε εξετάσεις πνευμόνων και μαλακών μορίων, παρέχοντας μια απεικονιστική-διαγνωστική μέθοδο για την ΑΑ με υψηλή διαγνωστική αξία και ευαισθησία (23). Η

ΥΤ δίνει τη δυνατότητα οπτικοποίησης βλαβών στον πνεύμονα, στο θωρακικό τοίχωμα, το μεσοθωράκιο και τον υπεζωκότα.

Τα σημαντικότερα ευρήματα με τη μέθοδο αυτή είναι ατελεκτασίες, εικόνα θολής υάλου, πυκνώσεις, υπεζωκοτικές συλλογές, ενώ καταστάσεις που προσβάλλουν τον διάμεσο πνευμονικό ιστό προκαλώντας παχύνσεις μεσολοβιδίων διαφραγματίων, μικροόζους, κυστικές αλλοιώσεις, βρογχεκτασίες και περιοχές θολής υάλου διαγιγνώσκονται καλύτερα ή αποκλειστικά με ΥΤ (20). Λόγω της πολλαπλάσιας ακτινικής επιβάρυνσης από μία ΥΤ σε σχέση με μία Α/α, και λόγω της αυξημένης ευαισθησίας στην ιοντίζουσα ακτινοβολία που χαρακτηρίζει τα παιδιά, είναι σημαντικό η ΥΤ να διενεργείται περιορισμένα, συμπληρωματικά της Α/ας και μόνο σε περιπτώσεις απόλυτης ένδειξης, ιδίως στον παιδιατρικό πληθυσμό (16).

6. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ

Η Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού, ή όπως είναι περισσότερο γνωστή η Μαγνητική Τομογραφία (ΜΤ), είναι μια μη επεμβατική διαγνωστική απεικονιστική μέθοδος, που χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό μαγνητικών πεδίων και της τεχνολογίας των υπολογιστών, ώστε να παράγει λεπτομερείς εικόνες από οποιοδήποτε όργανο του σώματος, συμπεριλαμβανομένων των μυών, των αγγείων και του λίπους. Με τη χρήση του μαγνητικού τομογράφου είναι δυνατή η λήψη πληροφοριών σχετικά με τη βιοχημική σύσταση των ιστών, καθώς πέρα από τις εικόνες των οργάνων δίνει τη δυνατότητα κατασκευής φασμάτων, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό τον έγκαιρο εντοπισμό διαφόρων βιοχημικών αλλαγών στα όργανα ενδιαφέροντος (24).

Η ΜΤ αποτελεί πολύτιμη μέθοδο μελέτης του ΚΝΣ, ενός συστήματος που υποστηρίζει την αναπνοή αλλά η εφαρμογή του ως εξέταση ρουτίνας του θώρακα είναι περιορισμένη και έχει προταθεί εναλλακτικά της ετήσιας ΥΤ σε συνεργάσιμα παιδιά με κυστική ίνωση (25). Οι λόγοι είναι πολλοί: αφενός η ΜΤ είναι μια χρονοβόρα μέθοδος, γεγονός που αποτρέπει την εφαρμογή της σε παιδιά με ΑΑ που δεν είναι ιδιαίτερα συνεργάσιμα, ενώ η χρήση της απαιτεί την απομάκρυνση του ασθενή από το ασφαλές περιβάλλον της ΜΕΘ Παιδών, γεγονός που καθιστά την εφαρμογή της μεθόδου απαιτητική και επισφαλή.

Σε αναπνευστικά επιβαρυσμένους και μη κατεσταλμένους ασθενείς, υπάρχει μερική υποβάθμιση της ποιότητας των εικόνων από ψευδοκαταχωρήσεις κίνησης (24,

26). Το υψηλό κόστος της διαγνωστικής αυτής μεθόδου είναι επίσης σημαντικό (16). Η ΜΤ, όπως και η ΥΧ παρέχει τη δυνατότητα πολλών επαναλήψεων μια και οι ασθενείς δεν επιβαρύνονται με αθροισόμενη ακτινοβολία, όπως συμβαίνει στην Α/α και στην ΥΤ (24).

7. ΒΡΟΓΧΟΣΚΟΠΗΣΗ

Η βρογχοσκόπηση, αποτελεί μια σύγχρονη διαγνωστική μέθοδο, η οποία επιτρέπει τον ενδοσκοπικό έλεγχο των αεραγωγών και του κεντρικού πνεύμονα (27). Η βρογχοσκόπηση διενεργείται με τη χρήση ενός λεπτού εύκαμπτου σωλήνα επισκόπησης, το οποίο καλείται βρογχοσκόπιο, διαθέτει κάμερα στο άκρο του και επιτρέπει τον άμεσο επισκοπικό έλεγχο της βατότητας των αεραγωγών (έμμεσα των πνευμόνων) και τη διενέργεια ενδοσκοπικών επεμβάσεων όπως βιοψιών, αφαίρεσης σωματιδίων, λήψεως βρογχοκυψελιδικού εκπλύματος. Η βρογχοσκόπηση εφαρμόζεται ως συμπληρωματική διαγνωστική μέθοδος και ιδιαίτερα όταν τα αποτελέσματα της ακτινογραφίας θώρακος ή/και της αξονικής τομογραφίας θώρακος είναι παθολογικά για καταστάσεις όπως η εισρόφηση ξένου σώματος (27).

Η βρογχοσκόπηση στις περιπτώσεις των παιδιών με ΑΑ στη ΜΕΘ Παίδων έχει πολύ συγκεκριμένες ενδείξεις. Η χρήση της περιορίζεται κυρίως σε περιπτώσεις λοιμώξεων από άγνωστους μικροβιακούς παράγοντες για τη λήψη επιλεγμένου υλικού, στη διάνοιξη επίμονων ατελεκτασιών λόγω υπερέκκρισης βλέννης στους αεραγωγούς και απόφραξης στον αεραγωγό, στον έλεγχο με βιοψία σε περιπτώσεις ενδοαυλικών όγκων ή πάχυνσης των βρόγχων, σε βρογχοεκτασίες, στον αποκλεισμό παρουσίας ξένου σώματος (3, 20). Αν και στα μειονεκτήματα της μεθόδου αναφέρεται η χρήση αναισθητικού στους ασθενείς, συνήθως οι ασθενείς με ΑΑ στη ΜΕΘ Παίδων είναι ήδη σε καταστολή και μηχανικό αερισμό (27).

8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (scoring systems)

Ο ρόλος της απεικόνισης στη διάγνωση και παρακολούθηση (monitoring) νοσημάτων αναπνευστικού έχει εμπλουτιστεί με κλίμακες αξιολόγησης της βαρύτητας με βάση απεικονιστικά κριτήρια. Με τη χρήση κλίμακας βαθμονόμησης έχει επιχειρηθεί να αξιοποιηθούν οι απεικονιστικές αλλοιώσεις του πάσχοντος αναπνευστικού συστήματος ως δείκτες βαρύτητας νόσου, ως διαγνωστικοί ή προγνωστικοί δείκτες (28). Κλίμακες βαθμονόμησης έχουν προταθεί από σημαντικό αριθμό μελετών ωστόσο φαίνεται να επικεντρώνονται κυρίως σε ενήλικες και λιγότερο σε παιδιά και για μια ποικιλία νόσων (29).

Ο Taylor και οι συνεργάτες του κατασκεύασαν μία πεντάβαθμη κλίμακα αξιολόγησης της βαριάς οξείας λοίμωξης αναπνευστικού ανάλογα με την ύπαρξη διαφορετικών ακτινολογικών προτύπων. Η κλίμακα αυτή προτάθηκε ως κατάλληλο εργαλείο περιγραφής της βαρύτητας της νόσου το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί από ακτινολόγους και μη, επιτρέποντας τη χρήση της βαθμονόμησης αυτής σε επιδημιολογικές μελέτες (28).

Κλίμακες βαθμονόμησης των ευρημάτων στην Α/α και στην ΥΤ έχουν προταθεί για το άσθμα παιδιών κι ενηλίκων, για τα πρόωρα μικρού βάρους γέννησης νεογνά και για την κυστική ίνωση (29-33). Σε παιδιά με κυστική ίνωση η ΥΤ υψηλής ευκρίνειας μπορεί να ανιχνεύσει πρώιμες μορφολογικές ανωμαλίες της πνευμονικής νόσου, ακόμη και σε παιδιά με φυσιολογικά αποτελέσματα σπιρομέτρησης (27). Ο Loeve και οι συνεργάτες απέδειξαν ότι η βαθμονόμηση των εικόνων ΥΤ υψηλής ευκρίνειας του θώρακα, σύμφωνα με το σύστημα βαθμολόγησης Brody για την κυστική ίνωση (28), μπορούσε να προβλέψει τη μελλοντική σοβαρότητα της πνευμονικής νόσου. Ο Ichikado K και οι συνεργάτες του βαθμονόμησαν της ΥΤ υψηλής ευκρίνειας σε σύνδρομο αναπνευστικής δυσχέρειας και την ανέδειξαν σε εργαλείο πρόγνωσης θνητότητας στους ενήλικες (34). Από όσο γνωρίζουμε δεν έχει αναφερθεί κλίμακα βαθμονόμησης για την απεικόνιση της ΑΑ στα παιδιά ανεξάρτητα από το υποκείμενο αίτιο.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΣΚΟΠΟΣ

Να διερευνηθεί ο βαθμός της συμβολής της απεικόνισης του αναπνευστικού συστήματος με απλή ακτινογραφία, ΥΧ, ΥΤ, ΜΤ, καθώς και της βρογχοσκόπησης, στη διάγνωση, παρακολούθηση, διαχείριση και έκβαση παιδιών με οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια που νοσηλεύτηκαν στη ΜΕΘ Παίδων.

Να δημιουργηθούν κλίμακες βαρύτητας των απεικονιστικών αλλοιώσεων που απαντώνται στον παιδιατρικό θώρακα ξεχωριστά για τις απλές ακτινογραφίες, την ΥΤ και την ΜΤ.

Να συσχετιστούν τα απεικονιστικά ευρήματα και η βαθμονόμηση των κλιμάκων απεικονιστικής βαρύτητας με κλινικούς και εργαστηριακούς δείκτες βαρύτητας στα πλαίσια της αξιολόγησής τους ως εργαλεία διαγνωστικής προσέγγισης, θεραπευτικής διαχείρισης και πρόγνωσης της έκβασης.

2. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 ΕΙΔΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μια αναδρομική μελέτη διερεύνησης της συμβολής των σύγχρονων μεθόδων απεικόνισης στη διάγνωση και παρακολούθηση παιδιών με οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια (ΑΑ).

2.2 ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν όλα τα παιδιά που νοσηλεύτηκαν στη ΜΕΘ Παίδων ΠαΓΝΗ από τον Ιανουάριο του 2014 έως και τον Ιούνιο του 2018 λόγω ΑΑ. Η συλλογή των δεδομένων ήταν ανώνυμη, καθώς αποκλειστικά αναγραφόταν ο μοναδικός για κάθε ασθενή αριθμός μητρώου για λόγους αντιστοίχισης.

2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΤΗΚΑΝ

Καταγράφηκαν από τον φάκελο των ασθενών δημογραφικά, κλινικά κι εργαστηριακά δεδομένα για κάθε ασθενή: φύλο, ηλικία, προέλευση ασθενούς (Ελληνας, τουρίστας ή μετανάστης), μηχανικός αερισμός και η διάρκεια μηχανικής υποστήριξης αναπνοής σε ημέρες, συν-νοσηρότητα (όγκοι ή χρόνιες

νόσοι/σύνδρομα), αιτία νοσηλείας/αρχική διάγνωση, ημέρες νοσηλείας στη ΜΕΘ Παίδων και ημέρες νοσηλείας στο νοσοκομείο μετά την έξοδο από τη ΜΕΘ Παίδων, τελική διάγνωση εξόδου, έκβαση (επιβίωση ή όχι στη μονάδα ή κατά τη διάρκεια νοσηλείας στο νοσοκομείο). Επιπλέον καταγράφηκαν θεραπευτικά σχήματα που χρησιμοποιήθηκαν, όπως αντιβίωση, αγγειοδραστικοί παράγοντες, καθώς και επεμβατικές θεραπείες, όπως χειρουργικές επεμβάσεις στον θώρακα, τοποθέτηση θωρακοσωλήνα με ή χωρίς χορήγηση ινωδολυτικών παραγόντων.

Μελετήθηκαν οι θετικές καλλιέργειες από το βρογχικό υγρό/έκπλυμα και από το αίμα. Καταγράφηκαν αναλυτικά οι επιπλοκές από το καρδιαγγειακό, κεντρικό νευρικό, ουροποιητικό και γαστρεντερικό σύστημα και οι παρεμβάσεις που τυχόν έγιναν, όπως για παράδειγμα εξωνεφρική κάθαρση. Πραγματοποιήθηκε αναλυτική καταγραφή αερίων αίματος και οξεοβασικής ισορροπίας (PaO_2 mm Hg, $PaCO_2$ mm Hg HCO_3 mmol/L, base excess, FiO_2 , paO_2/FiO_2) με τις αντίστοιχες συνθήκες αερισμού (αυτόματη ή μηχανικά υποστηριζόμενη αναπνοή) την ημέρα της εισαγωγής και την ημέρα με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία.

2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΟΣΗΛΕΙΑ

Το πρώτο στάδιο συλλογής των δεδομένων περιλάμβανε την καταγραφή των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των παιδιών που νοσηλεύτηκαν με ΑΑ στη ΜΕΘ Παίδων ΠαΓΝΗ κατά την εισαγωγή τους καθώς και την ημέρα με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία, όπως αυτή ορίζεται από τη χορηγούμενη συγκέντρωση O_2 , τις παραμέτρους του αναπνευστήρα στην περίπτωση του μηχανικού αερισμού και του λόγου PaO_2/FiO_2 . Η χειρότερη κλινική εικόνα ορίστηκε με βάση τις ανάγκες των παιδιών σε οξυγόνο, τη μηχανική υποστήριξη, το pH αρτηριακού αίματος και από το λόγο PaO_2/FiO_2 που αποτέλεσε δείκτη βαρύτητας της αναπνευστικής ανεπάρκειας. Τα χαρακτηριστικά των ασθενών που μελετήθηκαν συνοψίζονται στον **πίνακα 3**. Επιπρόσθετα καταγράφηκαν οι κλινικές παράμετροι που σχετίζονται με τη βαρύτητα της νόσου (PELOD, PELOD PREDICTED MORTALITY SCORE, PRISM, PRISM PREDICTED MORTALITY SCORE).

Πίνακας 3. Παράμετροι που καταγράφηκαν στα παιδιά της ΜΕΘ Παίδων με αναπνευστική ανεπάρκεια.

Δημογραφικά στοιχεία (φύλο, ηλικία)
Αρχική και τελική διάγνωση
Έκβαση
Θνητότητα
Ημέρες νοσηλείας
Επιπλοκές
Θεραπεία (αντιβιοτικά, ινóτροπα, κατασταλτικά, μυοχαλαρωτικά, τραχειοστομία, χειρουργείο στο θώρακα)
Βαθμός αναπνευστικής υποστήριξης (επεμβατικός και μη επεμβατικός μηχανικός αερισμός) και δείκτες οξυγόνωσης και αερισμού (pH) στην εισαγωγή και την ημέρα με τη χειρότερη κλινική εικόνα του ασθενή
Εργαστηριακά ευρήματα

2.5 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Εν συνεχεία, καταγράφηκαν ο αριθμός των απλών ακτινογραφιών, των ΥΧ, ΥΤ, ΜΤ ανά ασθενή κατά τη διάρκεια της νοσηλείας του στη ΜΕΘ Παίδων και το εάν η αρχική απεικόνιση ανήκε στο κέντρο νοσηλείας ή είχε προέλευση από άλλο κέντρο.

Όσον αφορά στις απλές ακτινογραφίες αρχικά πραγματοποιήθηκε ολιγόωρο εκπαιδευτικό φροντιστήριο από την εξειδικευμένη παιδοακτινολόγο (Μ.Ρ.) στην εξειδικευμένη εντατικολόγο παιδίατρο (Σ.Η.), ειδικευόμενη παιδιατρικής στον πρώτο χρόνο ειδικότητας (Β.Κ.) και στον ειδικευόμενο ακτινολογίας (Α.Κ.). Το φροντιστήριο αφορούσε τη διαγνωστική προσέγγιση όλων των πιθανών ευρημάτων στις ακτινογραφίες θώρακα καθώς επίσης και εκπαίδευση στη βαθμονόμηση των ακτινογραφιών σύμφωνα με το τροποποιημένο ακτινογραφικό σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας έτσι ώστε να αποφασιστούν τα κριτήρια της παθολογίας και ορθής εκτίμησης των ευρημάτων.

Ανασύρθηκαν για κάθε ασθενή η Α/α εισόδου και η Α/α την χειρότερη ημέρα νοσηλείας στη ΜΕΘ Παίδων βάσει των κριτηρίων που προαναφέρθηκαν.

Αναζητήθηκαν από κοινού (in consensus) και καταγράφηκαν από τους Β.Κ. και Μ.Ρ. ευρήματα στις ακτινογραφίες εισόδου όπως : πυκνώσεις, ατελεκτασίες, θολή ύαλος, υπεζωκοτική συλλογή, διαφυγή αέρα, υποδόριο εμφύσημα, νόσος/διεύρυνση μεσοθωρακίου, μάζες, λεμφαδένες, όγκοι, ξένο σώμα, ευρήματα από οστά και ανώτερη κοιλία, παθήσεις βρόγχων (βρογχεκτασίες, ξένο σώμα, συμπίεση, αποκοπή, παχύνσεις βρόγχων). Βαθμονομήθηκε η τεχνική επάρκεια των Α/ών εισόδου και σημειώθηκε η καταλληλότητα της θέσης ενδοτραχειακών και άλλων καθετήρων καθώς και τραχειοσωλήνων.

Όσον αφορά τις ΥΤ ανασύρθηκαν από το αρχείο του Νοσοκομείου και τα ευρήματα μελετήθηκαν από κοινού αναδρομικά και σε συμφωνία από 2 μελετητές. Αξιολογήθηκαν βάση της κλίμακας βαθμονόμησης απεικονιστικής βαρύτητας από 2 μελετητές από την παιδίατρο πρώτου χρόνου ειδικότητας και την εξειδικευμένη παιδοακτινολόγο (Β.Κ. και Μ.Ρ.) σε συμφωνία, δεδομένα που αφορούσαν ΥΤ θώρακα οποιαδήποτε ημέρα και αν διενεργήθηκε. Μελετήθηκε η συμβολή της ΥΤ στην διαγνωστική τεκμηρίωση ή/και στην τροποποίηση της τρέχουσας θεραπευτικής προσέγγισης δηλαδή το εάν τα αποτελέσματα της ΥΧ εξέτασης παρείχαν νέες πληροφορίες ή αν άλλαξε η διαχείριση/θεραπεία του ασθενούς μετά την απεικόνιση.

Καταγράφηκαν ο αριθμός των ΥΧ που είχαν σημειωθεί στο φύλλο νοσηλείας του ασθενούς ανά ασθενή, αν υπήρχαν ή όχι κατηγοριοποιημένα τα απεικονιστικά ευρήματα (πυκνώσεις με αεροβρογχόγραμμα χωρίς νέκρωση ή με πιθανή νέκρωση, άνηχη ή σύνθετη υπεζωκοτική συλλογή, διαφυγή αέρα, νόσος μεσοθωρακίου, άλλα ευρήματα με αυξημένη ηχοανακλαστικότητα παρεγχύματος) και το εάν τα αποτελέσματα της ΥΧ εξέτασης παρείχαν νέες πληροφορίες ή αν άλλαξε η διαχείριση/θεραπεία του ασθενούς μετά την απεικόνιση.

Η ίδια μεθοδολογία ακολουθήθηκε για τις βρογχοσκοπήσεις, καταγράφηκε ο αριθμός τους, τα ευρήματα (συμπίεσεις βρόγχων, αποκοπές βρόγχων, παχύνσεις βρόγχων, ξένο σώμα, βρογχεκτασίες) και κατά πόσο τα ευρήματα αυτά προσέφεραν νέες πληροφορίες για την αλλαγή της διάγνωσης ή την τροποποίηση της θεραπείας του ασθενούς.

2.6 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σχεδιάστηκε ένα πρότυπο τροποποιημένο score βαρύτητας με βάση τα απεικονιστικά ευρήματα που αναμένονται σε μεγάλο φάσμα παθολογίας χωριστά για τις Α/ες, την ΥΤ θώρακα, και για τη ΜΤ (28,29). Στους πίνακες που ακολουθούν, περιγράφονται αναλυτικά, τα απεικονιστικά κριτήρια βαθμονόμησης της βαρύτητας της νόσου για τη κάθε μέθοδο χωριστά, με στόχο να σταδιοποιηθεί η βαρύτητα της νόσου (Πίνακες 4, 5, 6).

Πίνακας 4. ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΚΟ SCORE¹ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ
1 = φυσιολογική ακτινογραφία
2 = κατά τόπους, ατελεκτασίες/μικροατελεκτασίες-δισκοειδείς ατελεκτασίες ή ήπια παγίδευση αέρα ή επίταση βρογχαγγειακής σκιαγράφησης /διάμεσο πρότυπο ετερόπλευρα ή αμφοτερόπλευρα ή διάχυτη παγίδευση αέρα μόνο ή ακτινοσκιερό ξένο σώμα
3 = εστιακή πύκνωση με/χωρίς κύστη ή με/χωρίς ατελεκτασία όλου του λοβού εστιακή παγίδευση αέρα σε ένα λοβό ή τμήμα ή διάχυτη παγίδευση αέρα αμφοτερόπλευρα με επιπλέον ευρήματα
4 = πολυεστιακές πυκνώσεις/διηθήματα ή εικόνα διαφυγής αέρα ή μεγάλη υπεζωκοτική συλλογή ετερόπλευρα, ή ατελεκτασία όλου του πνεύμονα
5 = διάχυτη σκίαση πνευμόνων, διάχυτη θολή ύαλος ή μεγάλες εμμένουσες διαφυγές αέρα παρά τους καθετήρες ή υπεζωκοτικές συλλογές που απαιτούν καθετήρα παραχέτευσης και είναι αμφοτερόπλευρες

¹ Modified from Taylor et al. BMC Medical Imaging , 2015.

Πίνακας 5. YT SCORE² ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ
1 = φυσιολογική YT, φυσιολογική πυκνότητα πνευμόνων
2 = κατά τόπους ατελεκτασίες ή παγίδευση αέρα ή θολή ύαλος χωρίς βρογχιολεκτασία
3 = εστιακή πύκνωση με/χωρίς κύστη ή με/χωρίς ατελεκτασία όλου του λοβού εστιακή παγίδευση αέρα σε ένα λοβό ή τμήμα ή διάχυτη παγίδευση αέρα μόνο ή θολή ύαλος με βρογχεκτασίες /βρογχιολεκτασίες
4 = πολυεστιακές πυκνώσεις/διηθήματα ή εικόνα διαφυγής αέρα ή μεγάλη υπεζωκοτική συλλογή ετερόπλευρα ή πύκνωση με βρογχεκτασίες /βρογχιολεκτασίες
5 = διάχυτη σκίαση πνευμόνων διάχυτη θολή ύαλος ή μεγάλες εμμένουσες διαφυγές αέρα παρά τους καθετήρες ή υπεζωκοτικές συλλογές που απαιτούν καθετήρα παροχέτευσης αμφοτερόπλευρα ή πρότυπο μελικηρήθρας (honeycombing)

Πίνακας 6. MT SCORE² ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ
1 = φυσιολογική MT, φυσιολογικό σήμα πνευμόνων σε T1 και T2
2 = κατά τόπους ατελεκτασίες ή παγίδευση αέρα ή θολή ύαλος χωρίς βρογχιολεκτασία
3 = εστιακή πύκνωση με/χωρίς κύστη ή με/χωρίς ατελεκτασία όλου του λοβού εστιακή παγίδευση αέρα σε ένα λοβό ή τμήμα ή διάχυτη παγίδευση αέρα μόνο ή θολή ύαλος με βρογχεκτασίες /βρογχιολεκτασίες
4 = πολυεστιακές πυκνώσεις/διηθήματα ή εικόνα διαφυγής αέρα ή μεγάλη υπεζωκοτική συλλογή ετερόπλευρα ή πύκνωση με βρογχεκτασίες /βρογχιολεκτασίες
5 = διάχυτη σκίαση πνευμόνων διάχυτη θολή ύαλος ή μεγάλες εμμένουσες διαφυγές αέρα παρά τους καθετήρες ή υπεζωκοτικές συλλογές που απαιτούν καθετήρα παροχέτευσης αμφοτερόπλευρα ή πρότυπο μελικηρήθρας (honeycombing)

Βάσει των κριτηρίων απεικονιστικών score των ακτινογραφιών (**Πίνακας 4**), οι μελετητές της έρευνας αναζήτησαν και βαθμονόμησαν ανεξάρτητα τα απεικονιστικά ευρήματα σε όλες τις διαθέσιμες ακτινογραφίες θώρακος εισαγωγής

² Modified from Ichikado et al, Radiology 2005.

και πλέον επιδεινωμένης αναπνευστικής λειτουργίας, κατόπιν του ολιγόωρου εκπαιδευτικού φροντιστηρίου :

- ✓ B.K., ειδικευόμενη παιδίατρος στον πρώτο χρόνο ειδικότητας
- ✓ M.P., εξειδικευμένη παιδοακτινολόγος
- ✓ Σ.Η., εξειδικευμένη παιδίατρος εντατικολόγος
- ✓ Α.Κ., ειδικευόμενος ακτινολογίας

με στόχο να συγκριθεί η βαθμονόμηση των ευρημάτων κάθε μεθόδου από κάθε ιατρό διαφορετικής ειδικότητας και εμπειρίας, ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχει σύγκλιση γνωματεύσεων η οποία οδηγεί σε κοινή διάγνωση και θεραπεία.

Επιπρόσθετα, μελετήθηκαν και καταγράφηκαν σε συμφωνία από δύο μελετητές (B.K., M.P.) τα ευρήματα των λοιπών απεικονιστικών εξετάσεων και βαθμονομήθηκαν τα ευρήματα από τις διαθέσιμες ΥΤ και ΜΤ σύμφωνα με τα κριτήρια βαθμονόμησης ΥΤ και ΜΤ score (Πίνακες 5,6).

Τα ακτινογραφικά σκορ της εισαγωγής και της χειρότερης μέρας συσχετίστηκαν με δείκτες κλινικής βαρύτητας της νόσου, διάρκεια νοσηλείας, διάρκεια μηχανικού αερισμού και έκβασης, και διερευνήθηκε το κατά πόσο το υψηλό σκορ σχετίζεται με την επιβαρυσμένη κλινική κατάσταση. Επιπλέον, μελετήθηκε κατά πόσο η μεταβολή στο ακτινολογικό σκορ των δύο ημερών συσχετίζεται με τη βαρύτητα της νόσου και τη διάρκεια του μηχανικού αερισμού. Όσον αφορά στη βαθμονόμηση των ευρημάτων ΥΤ συσχετίστηκε με τις ημέρες μηχανικού αερισμού. Τέλος, μελετήθηκε κατά πόσο κάθε επιπρόσθετη απεικονιστική μέθοδος και η βρογχοσκόπηση προσφέρουν νέες πληροφορίες στη διάγνωση ή οδηγούν στην τροποποίηση του τρέχοντος θεραπευτικού σχήματος.

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των δεδομένων με χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 25. Οι ποσοτικές μεταβλητές με κανονική κατανομή περιγράφηκαν με τη μέση τιμή (mean \pm Standard Error) και οι μη κανονικής κατανομής με τη διάμεση τιμή (median, IQR 25-75%).

Για τη σύγκριση ποσοτικών μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν δοκιμασίες t-test και ANOVA (παραμετρικές), Mann-Whitney και Kruskal-Wallis (μη παραμετρικές), ενώ για ποιοτικές μεταβλητές η δοκιμασία χ^2 διορθωμένη κατά Fisher (Fisher exact test). Χρήση επιπλέον στατιστικών μεθόδων για τη σύγκριση μεταβλητών έγινε μετά το τέλος της συλλογής των δεδομένων (αναλύσεις συσχέτισης, ευαισθησίας, ειδικότητας). Το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας σε όλες τις περιπτώσεις ορίστηκε σε τιμή κριτηρίου p μικρότερη του 0.05.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν 104 ασθενείς που νοσηλεύτηκαν στη ΜΕΘ Παίδων ΠαΓΝΗ από τον Ιανουάριο του 2014 έως τον Ιούλιο του 2018 με αιτία εισόδου την αναπνευστική ανεπάρκεια.

5. ΑΣΘΕΝΕΙΣ

Τα χαρακτηριστικά των ασθενών παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 7. Η μέση ηλικία ήταν $5,44 \pm 0,58$ έτη, αγόρια 68 (65,4%), κορίτσια 36 (34,6%). Η μέση διάρκεια νοσηλείας ήταν $15,1 \pm 2,09$ ημέρες, η συν-νοσηρότητα 39,5% και η αδρή θνητότητα 5,8%. Από το σύνολο των ασθενών, οι 62 (59,6%) χρειάστηκαν μηχανική υποστήριξη της αναπνοής με μέση διάρκεια $10,8 \pm 2,04$ ημέρες. 100 (96,2%) ασθενείς έλαβαν αντιβιοτική κάλυψη, 17 (16,3%) χειρουργήθηκαν στο θώρακα και 38 (36,5%) εμφάνισαν επιπλοκές από το καρδιαγγειακό σύστημα (Πίνακας 7).

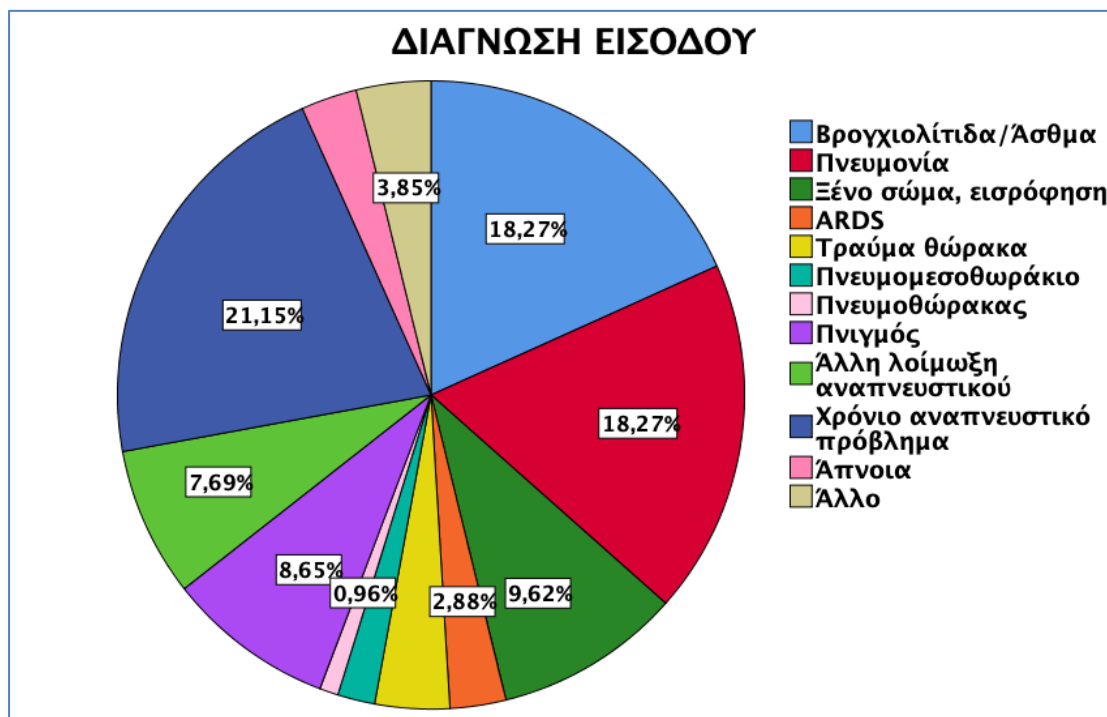
Πίνακας 7. Δημογραφικά και κλινικά χαρακτηριστικά ασθενών.

Δημογραφικά και κλινικά στοιχεία ασθενών μελέτης (n=104)	
Ηλικία (έτη), mean ± SE	5,44 ± 0,589
Φύλο (Αγόρια/Κορίτσια), n (%)	68/36 (66/34)
Διάρκεια Νοσηλείας (ημέρες), mean ± SE	15,1 ± 2,09
Συν-νοσηρότητα, n (%)	41 (39,5%)
Θνητότητα, n (%)	6 (5,8%)
Μηχανικός Αερισμός, n (%)	62 (59,6%)
Ημέρες στο Μηχανικό Αερισμό (mean ± SE)	10,85 ± 2,04
Χορήγηση Αντιβιοτικών, n (%)	100 (96,2%)
Ινóτροπα, n (%)	87 (83,7%)
Κατασταλτικά, n (%)	53 (51%)
Τραχειοστομία, n (%)	11 (10,6%)
Μυοχαλαρωτικά, n (%)	18 (17,3%)
Μη Επεμβατικός Μηχανικός Αερισμός, n (%)	10 (9,6%)
Χειρουργείο θώρακος, n (%)	87 (83,7%)
Καρδιακές Επιπλοκές, n (%)	38 (36,5%)
PELOD ³ Score, mean ± SE	6,68 ± 0,91
PELOD Predicted Mortality Score (%), mean ± SE	8,22 ± 1,57
PRISM ⁴ Score, mean ± SE	5,10 ± 1,27
PRISM Predicted Mortality Score (%), mean ± SE	8,61 ± 1,574

³ PELOD : *Pediatric Logistic Organ Dysfunction*,

⁴ PRISM : *Pediatric Risk of Mortality*

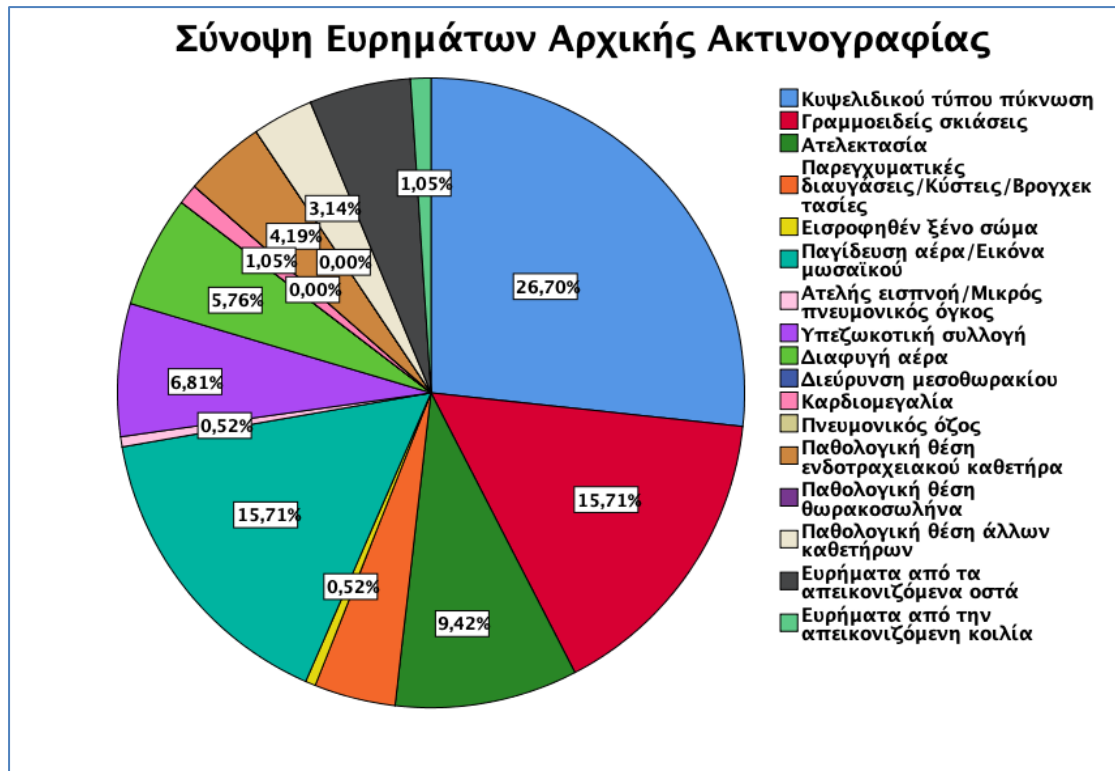
Κατά την εισαγωγή στη ΜΕΘ Παίδων το μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενών διαγνώστηκε με οξεία επί χρόνιας αναπνευστική ανεπάρκεια (22 ασθενείς, 21,15%), βρογχικό άσθμα ή βρογχιολίτιδα (19 ασθενείς, 18,27%) και πνευμονία (19 ασθενείς, 18,27%), ενώ σε μικρότερο ποσοστό τα παιδιά νοσηλεύτηκαν για άλλες αιτίες (ξένο σώμα, τραύμα θώρακα, διαφυγή αέρα, άπνοια.) (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Κλινική διάγνωση κατά την εισαγωγή.

6. ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΩΡΑΚΟΣ

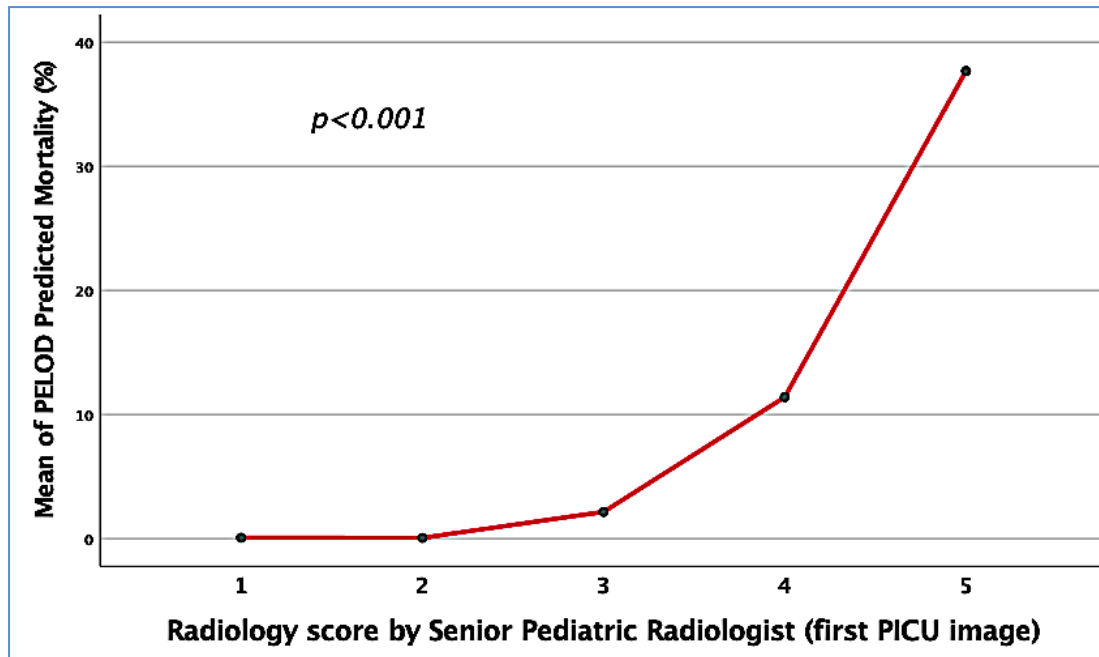
Η μελέτη των ακτινογραφιών θώρακος στην εισαγωγή στη ΜΕΘ Παίδων ανέδειξε συχνότερα πυκνώσεις κυψελιδικού τύπου (26,7%), γραμμοειδείς σκιάσεις (15,71%), ατελεκτασία (9,42%) και παγίδευση αέρα (15,71%) (Εικόνα 3). Σε ποσοστό 4,19% αποδείχθηκε λάθος θέση ενδοτραχειακού σωλήνα και σε ποσοστό 3,14% λάθος θέση άλλου καθετήρα.



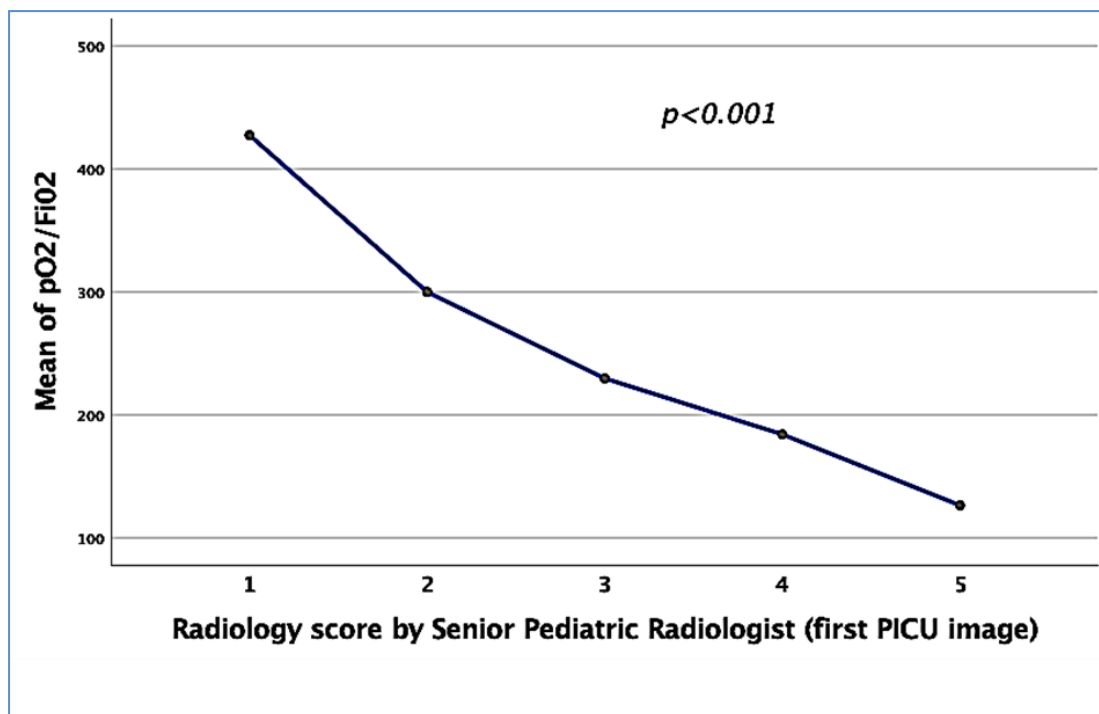
Εικόνα 3. Απεικονιστικά ευρήματα ακτινογραφιών θώρακος. Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν ποσοστά με αυτού του τύπου βλάβες επί των ακτινογραφιών που βαθμονομήθηκαν.

ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΩΡΑΚΟΣ – Βαθμός Βαρύτητας Νόσου

Η βαρύτητα της νόσου συσχετίστηκε σε βαθμό στατιστικά σημαντικό με το ακτινογραφικό σκορ AA κατά την είσοδο του ασθενούς στη ΜΕΘ Παίδων (ANOVA, $p < 0,001$) και συγκεκριμένα η αύξηση του ακτινογραφικού σκορ AA αυξανόταν με την αντίστοιχη αύξηση της μέσης τιμής του σκορ προβλεπόμενης θνητότητας (**Εικόνα 4**). Παρόμοιες αυξητικές τάσεις με την αύξηση του ακτινογραφικού σκορ AA παρουσίασαν το PRISM σκορ και η διάρκεια νοσηλείας και μηχανικού αερισμού. Αντίθετα, όσο το ακτινογραφικό σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας αυξανόταν ο λόγος PaO_2/FiO_2 μειωνόταν (ANOVA, $p < 0,001$) (**Εικόνα 5**).



Εικόνα 4. Διακύμανση της μέσης τιμής του κλινικού σκορ βαρύτητας (PELOD) σε συνάρτηση με το ακτινογραφικό σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας την ημέρα εισαγωγής στη ΜΕΘ Παιδών.

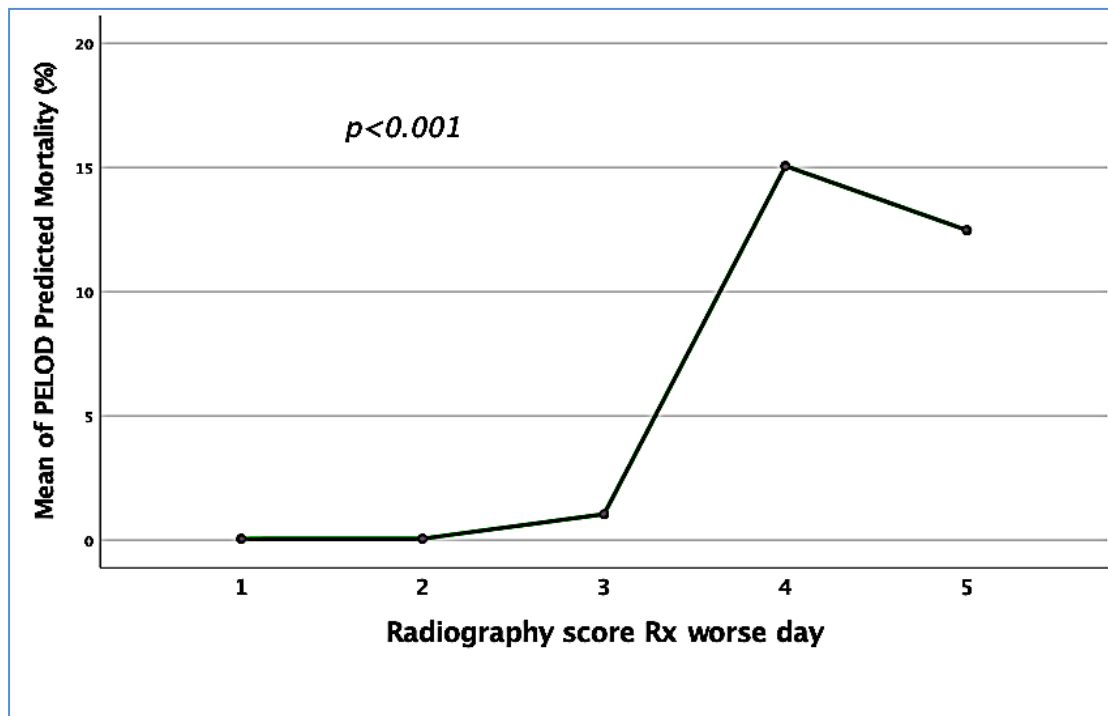


Εικόνα 5. Διακύμανση της μέσης τιμής PaO₂/FiO₂ σε συνάρτηση με το ακτινογραφικό σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας την ημέρα εισαγωγής στη ΜΕΘ Παιδών.

Όσον αφορά στην ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών, οι ασθενείς με ARDS, πνευμονία, πνιγμό ή πνευμοθώρακα, καθώς και οι ασθενείς που υποβλήθηκαν σε μεγάλο συνολικό αριθμό ακτινογραφιών ανεξαρτήτου αιτιολογίας, ή προϋπήρχε της εισαγωγής μια παθολογική ακτινογραφία, εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο ακτινογραφικό σκορ (χ^2 , $p < 0,001$). Η διασωλήνωση πριν την εισαγωγή, η υποστήριξη της αναπνοής με μηχανικό αερισμό, η παρουσία τραχειοστομίας, τα είδη των απομονωθέντων μικροοργανισμών σε καλλιέργειες βρογχικών εκκρίσεων, και η συν-νοσηρότητα, δε συσχετίστηκαν με το ακτινογραφικό σκορ AA των ασθενών.

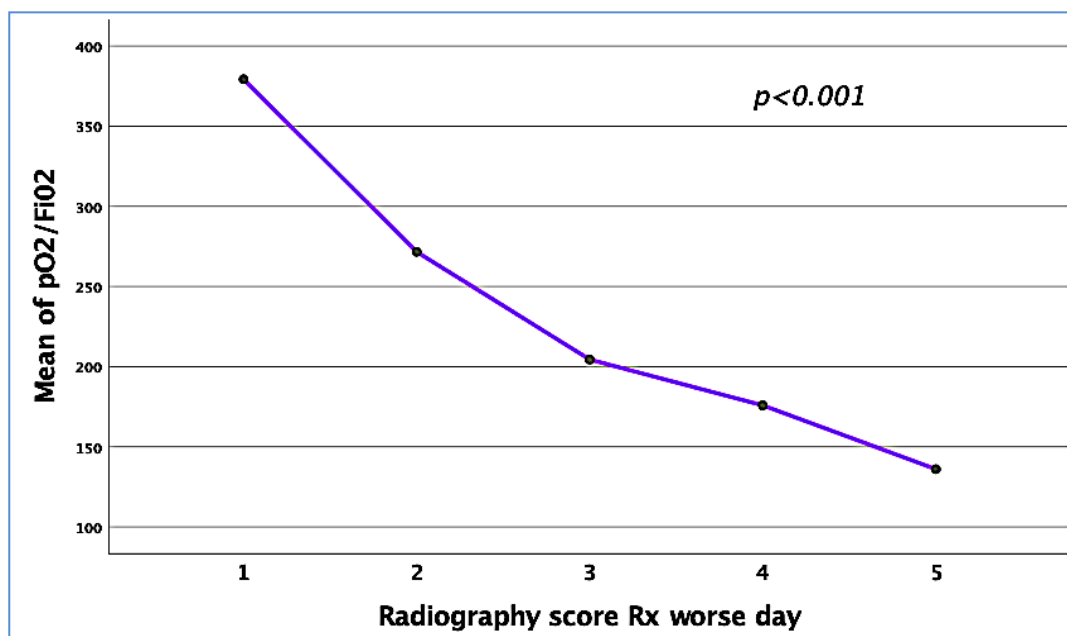
ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΩΡΑΚΟΣ - Χειρότερη Ημέρα Νοσηλείας

Την ημέρα νοσηλείας με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία του ασθενή, το ακτινογραφικό σκορ AA συσχετίστηκε θετικά με το σκορ κλινικής βαρύτητας (PELOD) και αντίστοιχης προβλεπόμενης θνητότητας (PELOD Predicted mortality) (ANOVA, $p < 0,001$) (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Διακύμανση της μέσης τιμής της προβλεπόμενης θνητότητας βάσει του κλινικού σκορ βαρύτητας (PELOD) σε συνάρτηση με το ακτινογραφικό σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας την ημέρα νοσηλείας με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία.

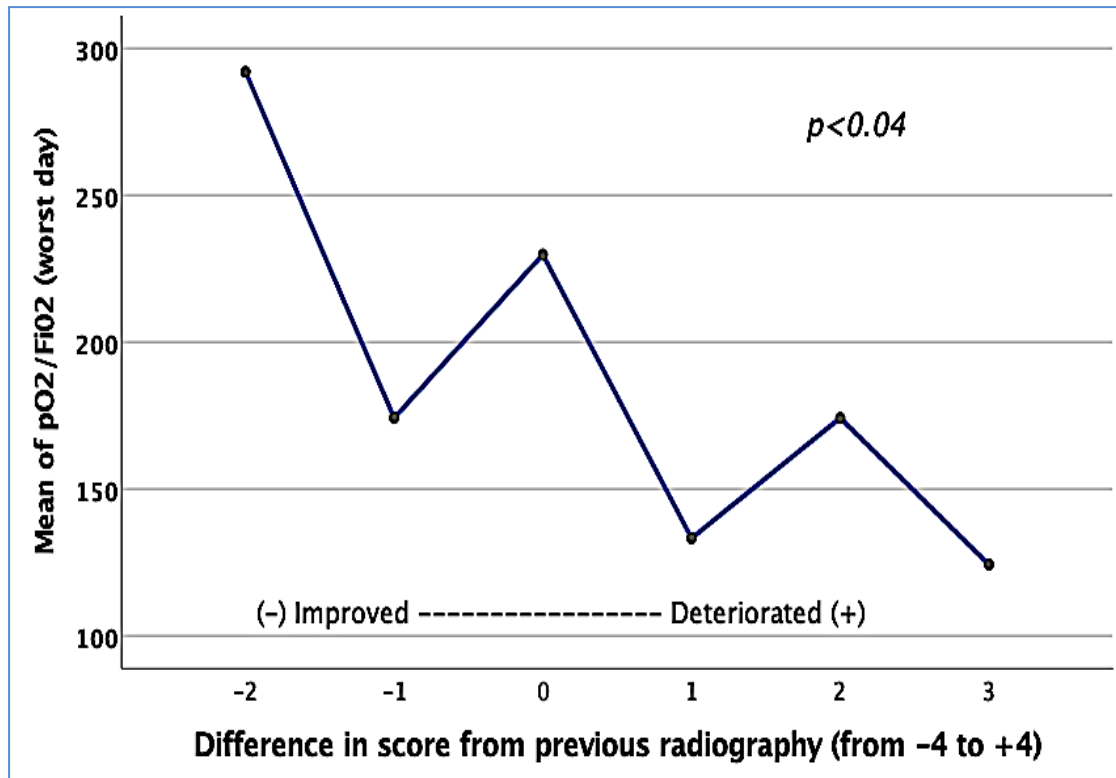
Αντίθετα, οι χαμηλές τιμές PaO₂/FiO₂ σε ασθενείς με βαριά αναπνευστική ανεπάρκεια συσχετίστηκαν αντίστροφα με τα υψηλά ακτινογραφικά σκορ (ANOVA, p<0,001) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Διακύμανση της μέσης τιμής PaO₂/FiO₂ σε συνάρτηση με το ακτινογραφικό σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας την ημέρα νοσηλείας με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία.

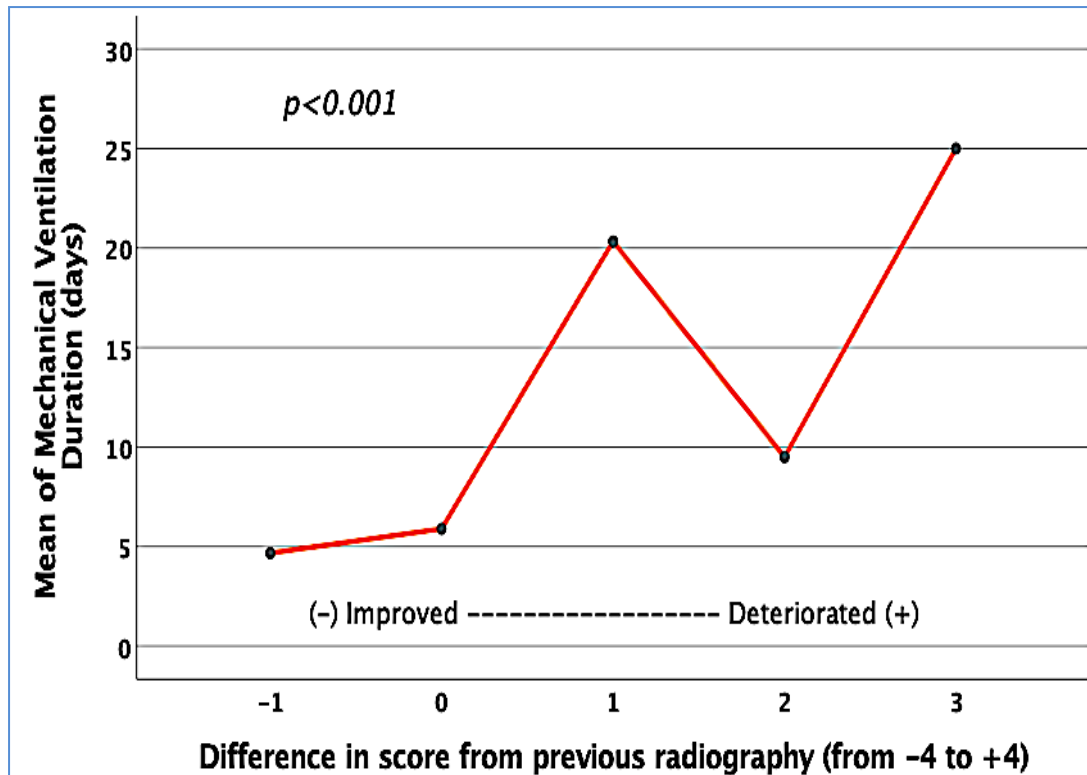
Μεταβολή του ακτινογραφικού σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας μεταξύ της ακτινογραφίας θώρακος εισαγωγής και της α/ας την χειρότερη ημέρα νοσηλείας

Η μεταβολή των ακτινολογικών ευρημάτων και κατ' επέκταση του ακτινογραφικού σκορ AA σε ακτινογραφίες θώρακος που διενεργήθηκαν την ημέρα εισαγωγής στη ΜΕΘ Παίδων και την ημέρα νοσηλείας με τη μεγαλύτερη επιδείνωση της αναπνευστικής λειτουργίας συσχετίστηκε θετικά με την κλινική πορεία επιδείνωσης. Συγκεκριμένα, ασθενείς με χαμηλή μέση τιμή PaO₂/FiO₂ σημείωσαν επιδεινωμένα ακτινογραφικά σκορ (Εικόνα 8) ενώ η τάση βελτίωσης ή επιδείνωσης της μέσης τιμής PaO₂/FiO₂ συσχετίστηκε σημαντικά με αντίστοιχη τάση βελτίωσης ή επιδείνωσης του ακτινογραφικού σκορ (ANOVA, p<0,04).



Εικόνα 8. Σύγκριση μέσης τιμής PaO₂/FiO₂ και μεταβολής ακτινογραφικού σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας μεταξύ της ακτινογραφίας θώρακος εισαγωγής και της ημέρας επιδείνωσης αναπνευστικής λειτουργίας.

Επιπλέον, ασθενείς με ακτινολογικά ευρήματα πυκνώσεων ή πλευριτικών συλλογών συσχετίστηκαν σημαντικά με το ακτινογραφικό σκορ που εμφάνισαν την πλέον επιβαρυσμένη, όσον αφορά την αναπνευστική λειτουργία, ημέρα νοσηλείας τους (χ^2 , $p < 0,001$). Σε επιμέρους αναλύσεις που έγιναν, ο μικρότερος χρόνος παραμονής στον αναπνευστήρα συσχετίστηκε με μια αρνητική διαφορά ανάμεσα στα ακτινογραφικά σκορ μεταξύ της ακτινογραφίας θώρακος εισαγωγής και της αντίστοιχης της ημέρας με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία (ANOVA, $p < 0,001$), ενδεικτική βελτίωσης στην πορεία νοσηλείας (**Εικόνα 9**).

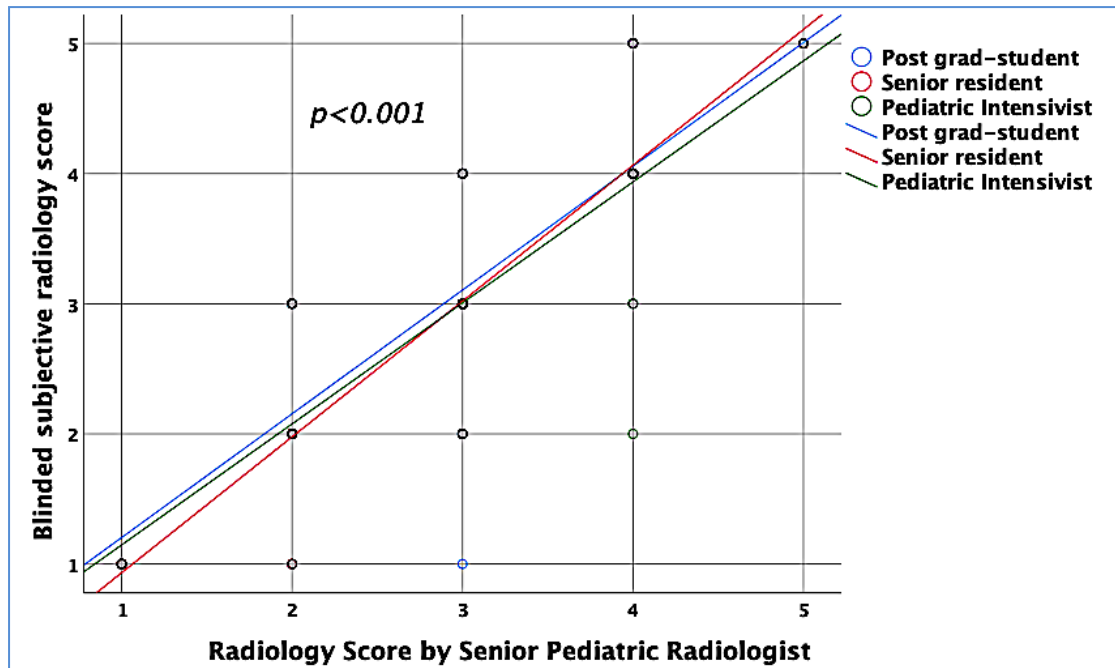


Εικόνα 9. Συσχέτιση διάρκειας μηχανικής υποστήριξης αναπνοής και μεταβολής ακτινογραφικού σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας μεταξύ της ακτινογραφίας θώρακος εισαγωγής και της αντίστοιχης της ημέρας με την πλέον επιδεινωμένη αναπνευστική λειτουργία.

Σύγκριση βαθμονόμησης απλών ακτινογραφιών θώρακα από ανεξάρτητους παρατηρητές

Στα 104 παιδιά που νοσηλεύτηκαν στη ΜΕΘ Παιδών διενεργήθηκαν 283 ακτινογραφίες. Από αυτές βαθμονομήθηκαν με βάση τα κριτήρια βαθμονόμησης που περιγράφηκαν στις μεθόδους οι ακτινογραφικές αλλοιώσεις σε 216 (85 ακτινογραφίες κατά την εισαγωγή, 77 ακτινογραφίες κατά τη χειρότερη μέρα) και οι υπόλοιπες 121 ακτινογραφίες πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της νοσηλείας των παιδιών.

Οι βαθμολογίες του ακτινογραφικού σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας των μη ειδικών δε διέφεραν από εκείνες της ειδικού παιδο-ακτινολόγου και μάλιστα παρατηρήθηκε ισχυρή στατιστική συσχέτιση (Kendall's tau b, $p < 0,001$, Spearman's $p < 0,001$) (Εικόνα 10).

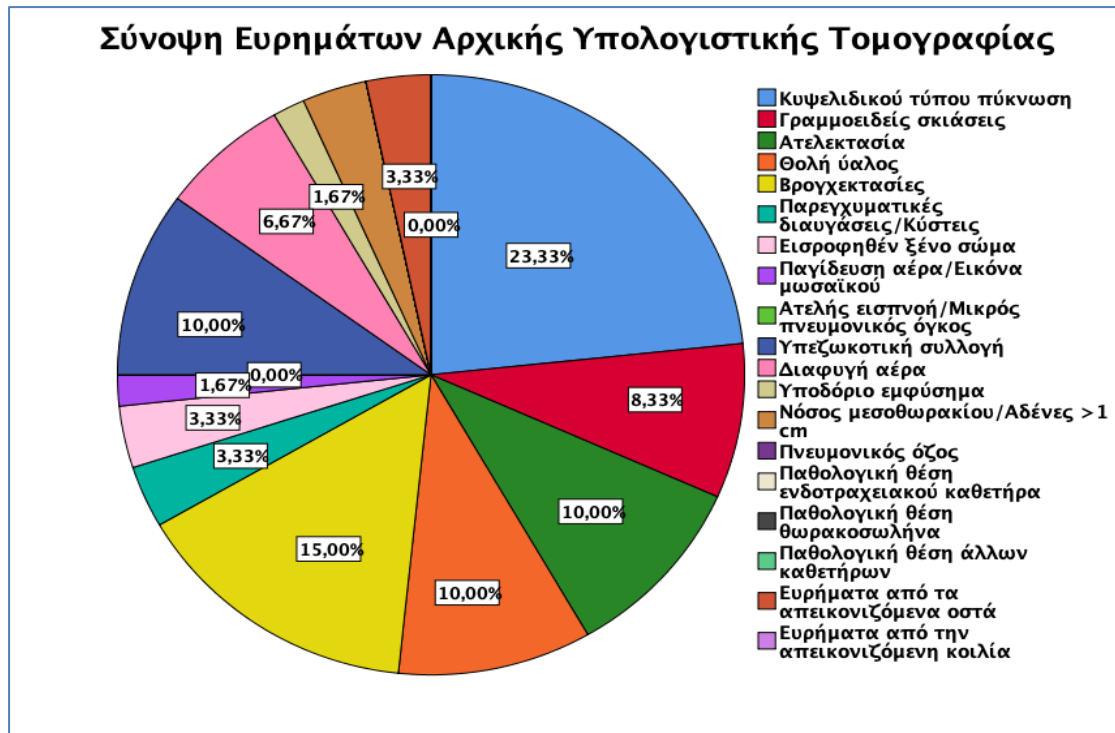


Εικόνα 10. Συσχέτιση βαθμονόμησης ακτινογραφιών ασθενών ΜΕΘ Παίδων με αναπνευστική ανεπάρκεια μεταξύ ανεξάρτητων παρατηρητών.

7. ΥΤ ΘΩΡΑΚΟΣ

19% των ασθενών υποβλήθηκαν σε ΥΤ θώρακα. Συνολικά διενεργήθηκαν 20 ΥΤ θώρακα (18 μελετήθηκαν και βαθμονομήθηκαν ενώ σε δυο ασθενείς υπήρξε ανάγκη επανάληψης ΥΤ). Τα συχνότερα ευρήματα ήταν πυκνώσεις κυψελιδικού τύπου (23,33%) και βρογχεκτασίες / βρογχιολεκτασίες (15%) (Εικόνα 11).

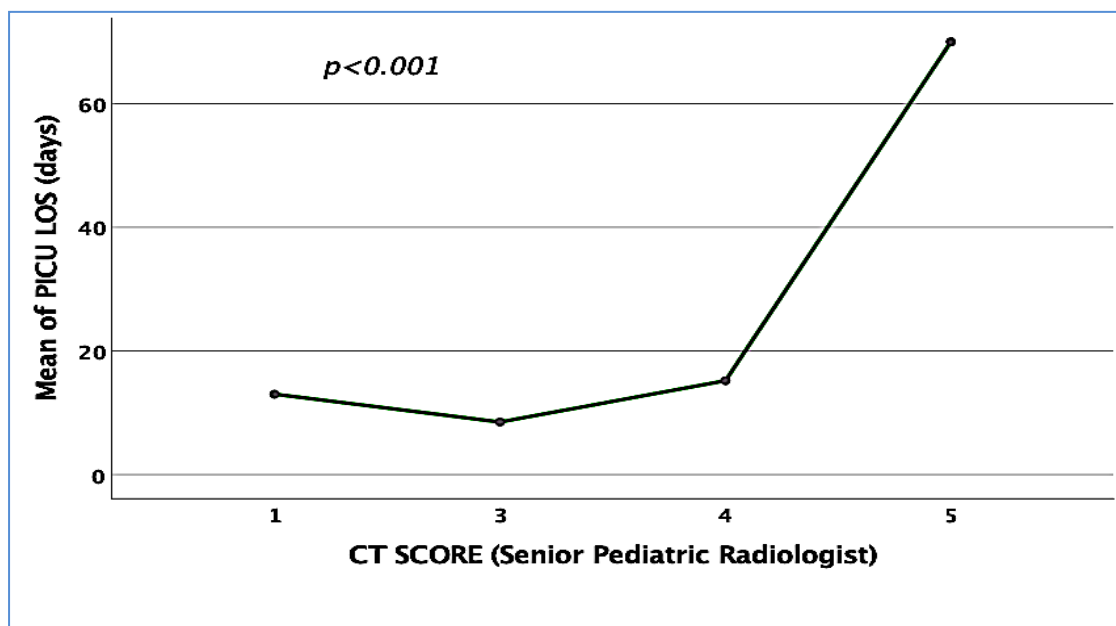
Σε ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών, μεγαλύτερο ΥΤ σκορ ΑΑ παρουσίασαν ασθενείς με μεγαλύτερο ακτινογραφικό σκορ ή με μεγαλύτερη μεταβολή σκορ βαρύτητας, τα κορίτσια και οι ασθενείς με ARDS και πνευμονία (χ^2 , $p < 0,001$). Αντίθετα, δεν διέφεραν ως προς το ΥΤ σκορ, ο συνολικός αριθμός ακτινογραφιών, υπερηχογραφήμάτων ή ΥΤ θώρακα.



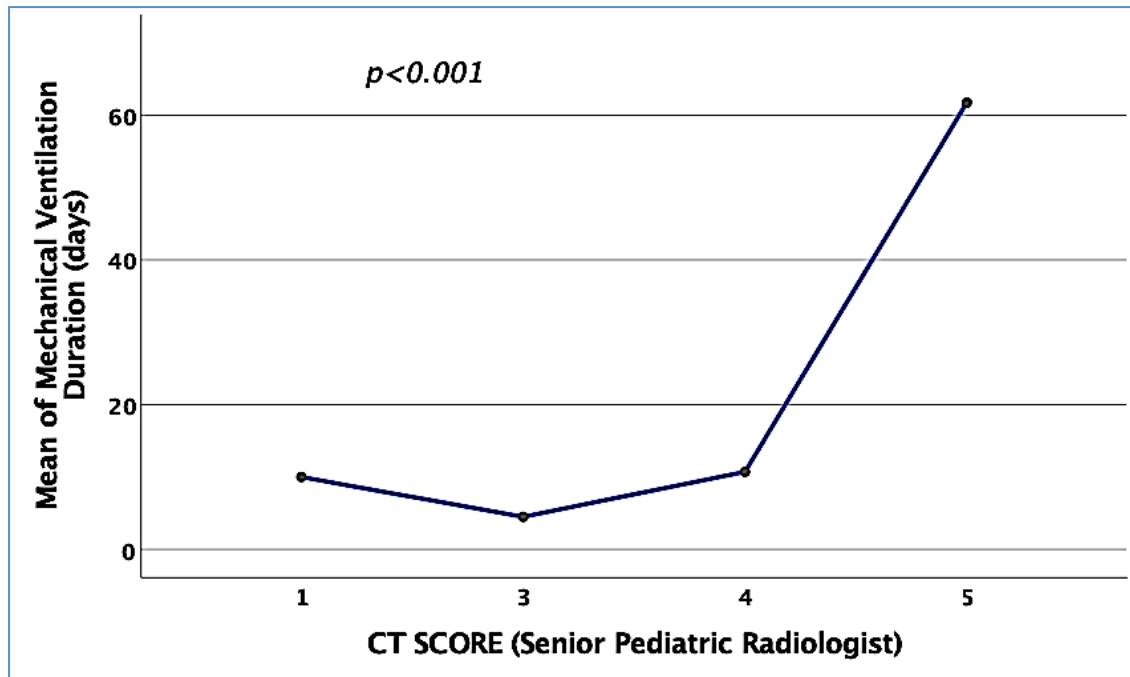
Εικόνα 11. Ευρήματα YT θώρακος Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν ποσοστά με αυτού του τύπου βλάβες στο σύνολο των YT που εξετάστηκαν. Ορισμένες βλάβες συνυπήρχαν στην ίδια απεικόνιση.

YT ΣΚΟΡ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ - Δείκτες έκβασης

Το YT σκορ AA (ANOVA, $p < 0,001$) συσχετίστηκε με τη διάρκεια νοσηλείας (Εικόνα 12) και τη διάρκεια μηχανικού αερισμού (Εικόνα 13).



Εικόνα 12. Διακύμανση μέσου χρόνου διάρκειας νοσηλείας σε συνάρτηση με το YT σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας.



Εικόνα13. Διακύμανση μέσου χρόνου μηχανικού αερισμού σε συνάρτηση με το YT σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας.

8. MRI

Δεν καταγράφηκαν απεικονίσεις MRI στους ασθενείς της μελέτης.

9. ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΗΜΑ ΘΩΡΑΚΟΣ

Το υπερηχογράφημα θώρακος συνέβαλλε κυρίως στην αναγνώριση και παρακολούθηση διαμερισματοποιημένων από διαφραγμάτια ινικής, σύνθετων παραπνευμονικών συλλογών. Τα υπερηχογραφήματα γίνονταν χωρίς παραπεμπτικό ή γραπτή γνώματευση ακτινολόγων, ενώ τα περισσότερα διενεργούνταν από τους ιατρούς της ΜΕΘ Παίδων, με αποτέλεσμα να μην είναι ακριβής και επιβεβαιωμένη η καταγραφή του αριθμού των εξετάσεων και των αντίστοιχων ευρημάτων.

Κυριότερα υπερηχογραφικά ευρήματα αφορούσαν πνευμονία με ΥΧ αεροβρογχόγραμμα (39,02%), άνηχη υπεζωκοτική συλλογή (26,83%) και σύνθετη υπεζωκοτική συλλογή με διαφραγμάτια (21,95%) (**Εικόνα 14**).



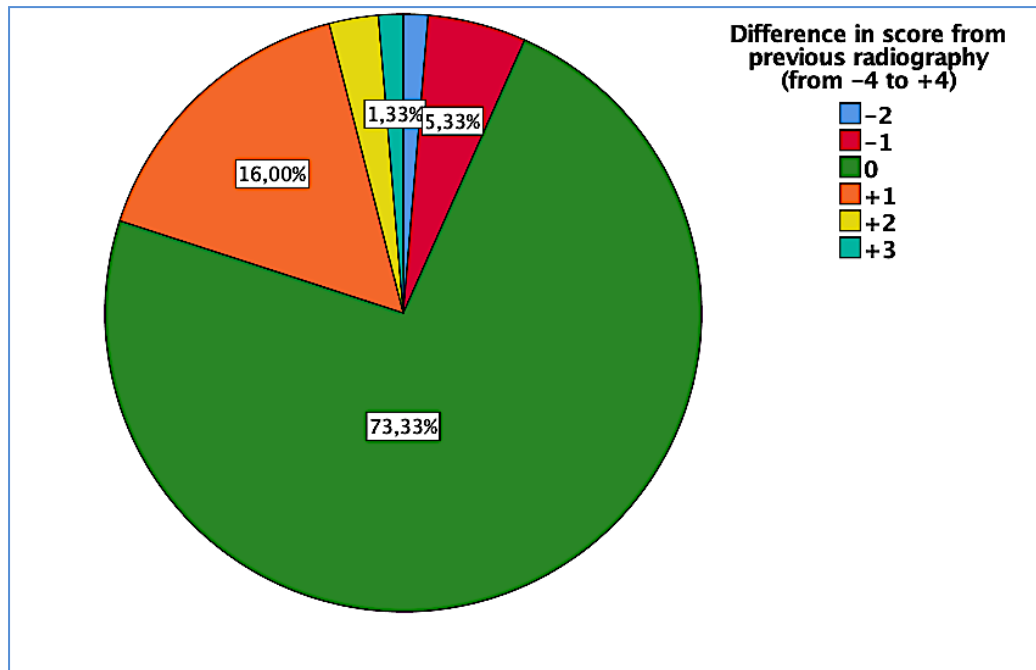
Εικόνα 14. Υπερηχογραφικά ευρήματα θώρακος. Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν ποσοστά με αυτού του τύπου βλάβες στο σύνολο των υπερηχογραφημάτων.

10. ΒΡΟΓΧΟΣΚΟΠΗΣΗ

Η συχνότερη ένδειξη βρογχοσκόπησης αφορούσε ασθενείς με μεταβολή του ακτινογραφικού σκορ, οι οποίοι είχαν δυσερμήνευτη ακτινολογική εικόνα ή μεγαλύτερη προβλεπόμενη θνητότητα (ANOVA, $p < 0,001$).

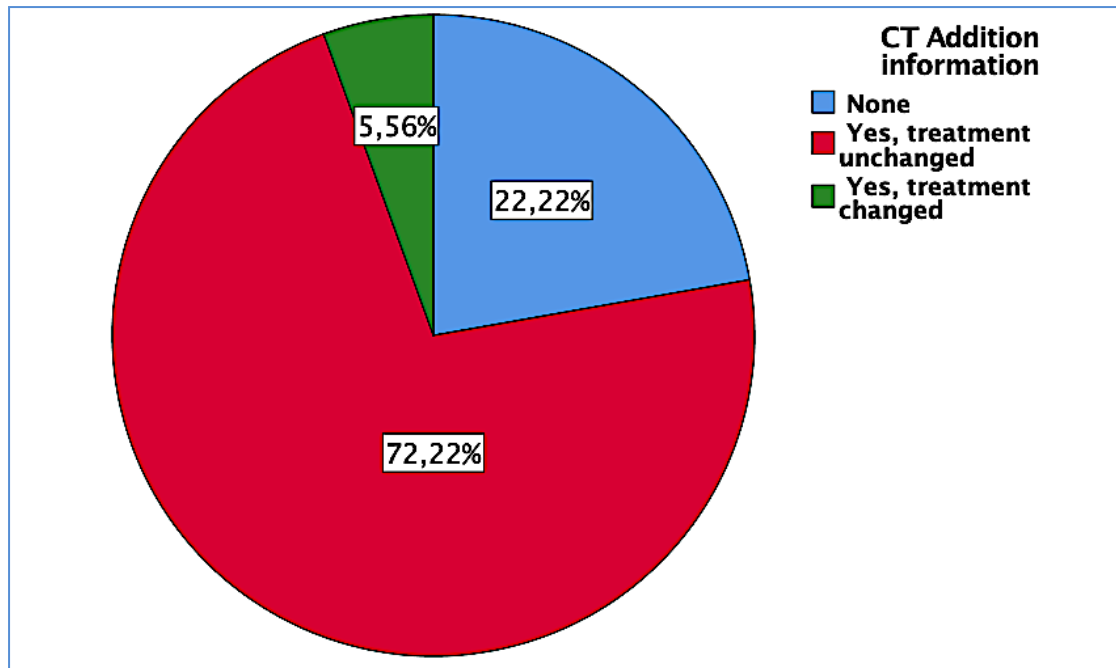
11. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Σε ποσοστό 73,3% οι επαναληπτικές ακτινογραφίες δεν παρουσίασαν σημαντική μεταβολή στο καταγεγραμμένο αποτέλεσμα του ακτινογραφικού σκορ ΑΑ, ενώ το 6,66% αφορούσε βελτίωση των απεικονιστικών ευρημάτων (**Εικόνα 15**).

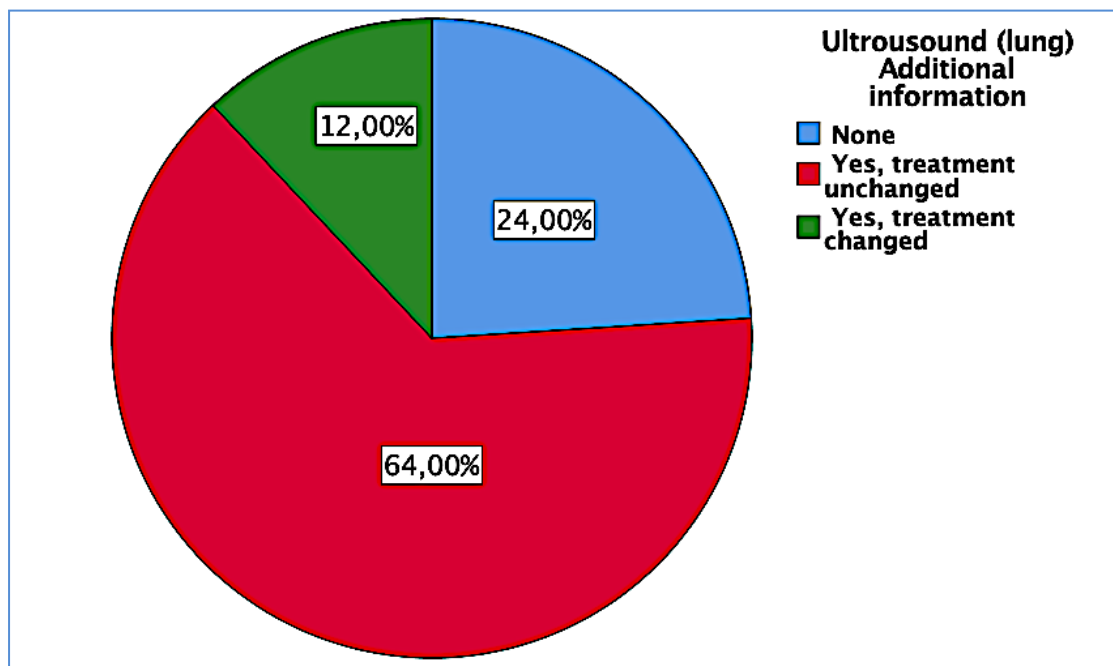


Εικόνα15. Γραφική απεικόνιση των μεταβολών του ακτινογραφικού σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας σε ασθενείς της μελέτης.

Η διενέργεια ΥΤ θώρακα ανέδειξε πρόσθετες (μη γνωστές από προηγούμενη απεικόνιση) πληροφορίες σχετικά με τη διάγνωση της αναπνευστικής ανεπάρκειας σε ποσοστό 72.2%, χωρίς αλλαγή στη διαχείριση του ασθενή, και σε ένα πρόσθετο ποσοστό 5,6% ανέδειξε μη αναμενόμενα ευρήματα που οδήγησαν σε τροποποίηση της ακολουθούμενης αγωγής (**Εικόνα 16**). Τα αντίστοιχα ποσοστά από το υπερηχογράφημα θώρακα ήταν 64% και 12% αντίστοιχα σε μη αναμενόμενα ευρήματα (**Εικόνα 17**). Σε μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης (stepwise, backward) η λήψη της απόφασης για διενέργεια ΥΤ θώρακος συσχετίστηκε με το μεγάλο ακτινογραφικό σκορ ($e^b=3,03$, $p<0,02$) και με το υψηλό ποσοστό προβλεπόμενης θνητότητας ($e^b =1,18$, $p<0,04$). Η συμβολή της διενέργειας ΥΤ στην τροποποίηση της θεραπευτικής διαχείρισης των ασθενών αφορούσε κυρίως την ανεύρεση μη αναμενόμενων πυκνώσεων ($p<0,05$) και σε μικρότερο βαθμό βρογχεκτασιών ($p<0,06$).

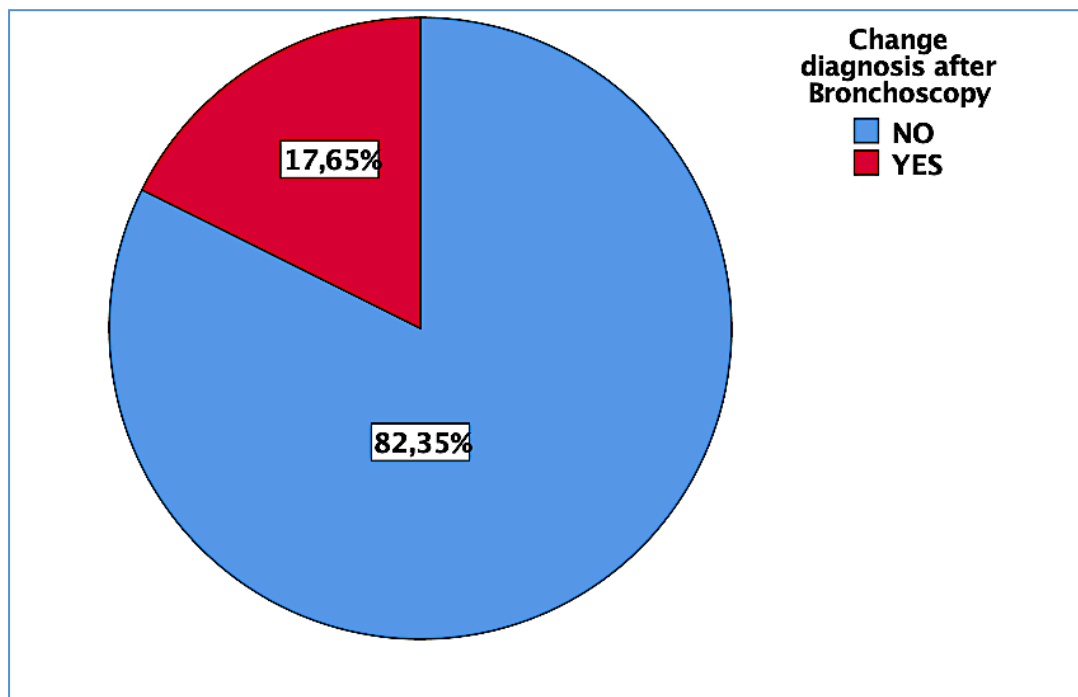


Εικόνα16. Ποσόστωση των πληροφοριών της ΥΤ και της αναθεώρησης της θεραπείας στους ασθενείς της μελέτης



Εικόνα 17. Ποσόστωση των πληροφοριών του υπερηχογραφήματος και της αναθεώρησης της θεραπείας στους ασθενείς της μελέτης.

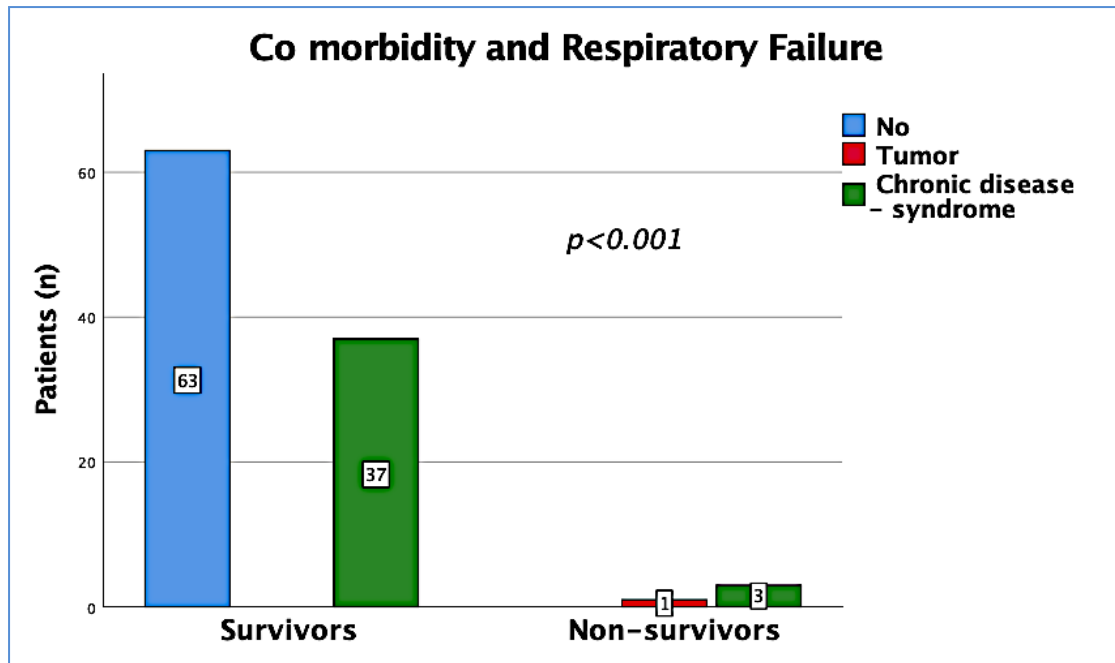
Μη αναμενόμενα ευρήματα επίσης αποκομίσθηκαν από τη διενέργεια βρογχοσκόπησης σε ποσοστό 17,65% (Εικόνα 18).



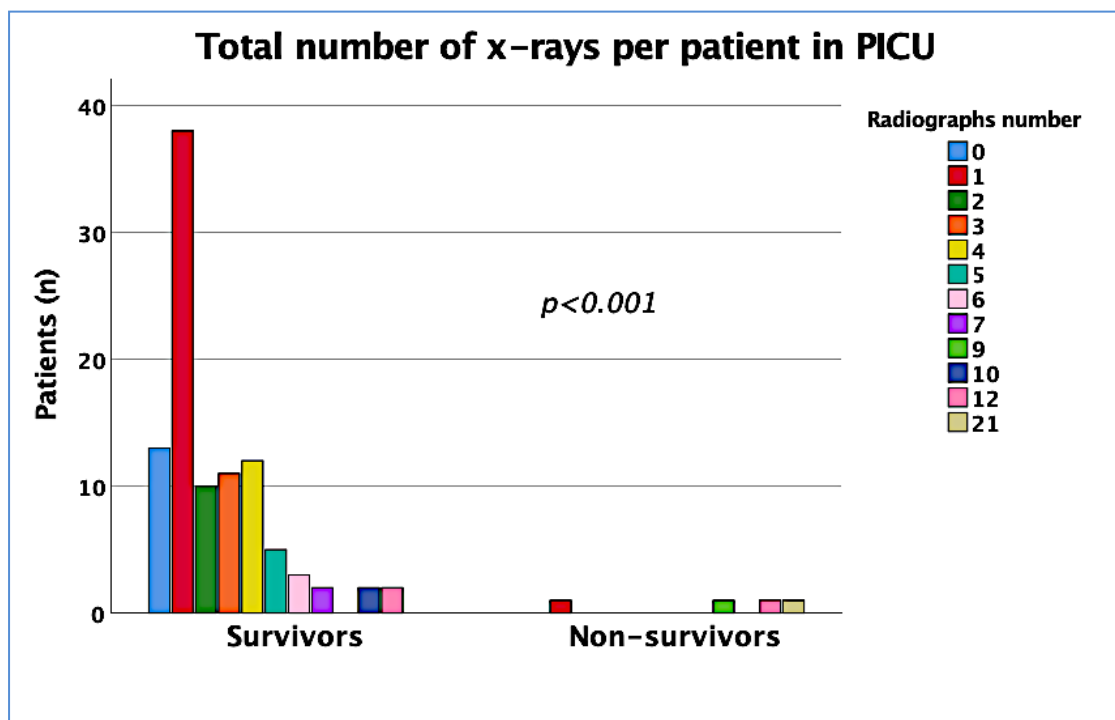
Εικόνα 18. Ποσόστωση πληροφοριών βρογχοσκόπησης και της συμβολής της στη διαγνωστική προσέγγιση των ασθενών της μελέτης.

12. ΕΚΒΑΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η θνητότητα συσχετίστηκε θετικά με ανάγκη υποστήριξης με ινότροπα, με θετικές καλλιέργειες βρογχικών εκκρίσεων και με μεγαλύτερα ποσοστά συννοσηρότητας (Εικόνα 19). Οι ασθενείς αυτοί είχαν υποβληθεί σε μεγαλύτερο αριθμό ακτινογραφιών και ΥΤ (Εικόνα 20) και είχαν μεγαλύτερο ΥΤ σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας με μεγαλύτερη πιθανότητα ανάδειξης νέων απεικονιστικών ευρημάτων (χ^2 , $p < 0,001$). Η θνητότητα δεν συσχετίστηκε με μεγαλύτερο ακτινογραφικό σκορ ΑΑ με ακτινογραφική επιδείνωση, μεγαλύτερο αριθμό υπερηχογραφημάτων ή ανάγκη για διενέργεια υπερηχογραφήματος θώρακος ή βρογχοσκόπησης.



Εικόνα 19. Σχέση της συν-νοσηρότητας με την έκβαση της νόσου στην αναπνευστική ανεπάρκεια.



Εικόνα 20. Η σχέση του συνόλου των ακτινογραφιών θώρακα με την έκβαση της νόσου στην αναπνευστική ανεπάρκεια.

13. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μια πιλοτική ερευνητική προσπάθεια διερεύνησης της συμβολής της απεικόνισης του αναπνευστικού συστήματος στη διάγνωση, παρακολούθηση και έκβαση παιδιών με οξεία ΑΑ σε σχέση με κλινικούς και εργαστηριακούς δείκτες. Οι απεικονιστικές μέθοδοι που εξετάστηκαν ήταν οι ακτινογραφίες θώρακος, ΥΧ, ΥΤ και MRI θώρακος αλλά και βρογχοσκοπήσεις που έγιναν σε ασθενείς που νοσηλεύτηκαν σε ΜΕΘ Παιδών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι σε παιδιατρικούς ασθενείς με αναπνευστική ανεπάρκεια, η επαναληπτική απεικόνιση του αναπνευστικού συστήματος με ακτινογραφία θώρακος και η επί ενδείξεων διενέργεια ΥΤ ή ΥΧ, συμβάλλει στην ανάδειξη σημαντικών νέων πληροφοριών και ενδεχομένως σε τροποποίηση της θεραπευτικής αγωγής. Ιδιαίτερης κλινικής σημασίας είναι η δυναμική των τροποποιημένων κλιμάκων βαρύτητας των ακτινογραφικών και ΥΤ αλλοιώσεων, όπως αποτυπώθηκε στα αποτελέσματα της μελέτης αυτής, καθώς οι νέες αυτές κλίμακες που δημιουργήθηκαν και εξετάστηκαν πιλοτικά στη φάση αυτή, θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα αξιόπιστο εργαλείο διαγνωστικής τεκμηρίωσης και παρακολούθησης της ΑΑ σε παιδιατρικούς ασθενείς. Τέλος, ενθαρρυντικό της αξιοπιστίας των προτεινόμενων τροποποιημένων κλιμάκων είναι το εύρημα της συμπτωματικής βαθμονόμησης τους από ανεξάρτητους ιατρούς μετά από βραχεία εκπαίδευσή τους.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί πρωτοποριακή εργασία, αφού για πρώτη φορά έχει δημιουργηθεί, χρησιμοποιηθεί και συσχετισθεί το κατάλληλα διαμορφωθέν ακτινογραφικό και ΥΤ σκορ με δείκτες ΑΑ. Το τροποποιημένο αυτό σκορ παρουσίασε αξιόπιστη διαγνωστική εφαρμογή από ανεξάρτητους παρατηρητές και συσχετίστηκε με κλινικές παραμέτρους που έχουν άμεση σχέση με τη νοσηλεία, τη θεραπεία και την έκβαση των ασθενών. Το ακτινογραφικό σκορ αναπνευστικής ανεπάρκειας που δημιουργήσαμε περιελάμβανε ένα μεγάλο φάσμα ευρημάτων έτσι ώστε να είναι πιο ακριβής η βαθμονόμηση των ακτινογραφιών (φυσιολογική, ατελεκτασίες/ μικροατελεκτασίες, παγίδευση αέρα ετερόπλευρα ή αμφοτερόπλευρα, πυκνώσεις εστιακές ή πολυεστιακές, πλευριτική συλλογή ετερόπλευρη/ αμφοτερόπλευρη, ανάγκη καθετήρα, ξένο σώμα, θολή ύαλος, διάχυτες ή μη σκιάσεις). Η διαμόρφωση του προτεινόμενου σκορ τροποποιεί εκείνο του Taylor και συνεργατών που είχαν εφαρμόσει μια πεντάβαθμη κλίμακα αξιολόγησης της βαριάς οξείας λοίμωξης αναπνευστικού, η οποία περιλάμβανε μόνο φυσιολογικό παρέγχυμα,

ατελεκτασία/παγίδευση αέρα, εστιακή /πολυεστιακή πύκνωση και κυψελιδικές αλλαγές (28). Στην παρούσα μελέτη το ακτινογραφικό σκορ βαρύτητας, στην εισαγωγή και τη φάση αναπνευστικής επιδείνωσης, φάνηκε να αντανακλά αξιόπιστα τόσο τη βαρύτητα της νόσου και τον βαθμό αναπνευστικής ανεπάρκειας, (PaO_2/FiO_2), όσο και την έκβαση (διάρκεια μηχανικής υποστήριξης αναπνοής και νοσηλείας).

Η χρησιμότητα της ακτινογραφίας θώρακος στην ΑΑ έχει μελετηθεί στο παρελθόν. Συγκεκριμένα, ο Henschke και συνεργάτες αναλύοντας προοπτικά τις ακτινογραφίες θώρακος 1100 ασθενών ΜΕΘ Παίδων κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση των ημερήσιων ελέγχων με Α/α, αν και συχνά παρουσιάζει τεχνικούς περιορισμούς, φαίνεται να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σε ασθενείς με πολλαπλές συσκευές και ταχέως εξελισσόμενα ευρήματα (35). Αυτό επιβεβαιώνεται από ευρήματα της δικής μας μελέτης, στην οποία η μεταβολή του τροποποιημένου ακτινογραφικού σκορ ΑΑ σε ακτινογραφίες θώρακος συσχετίστηκε με αντίστοιχη μεταβολή βελτίωσης ή επιδείνωσης του κλινικού σκορ βαρύτητας αναπνευστικής νόσου, δεικτών αναπνευστικής ανεπάρκειας και διάρκειας παραμονής στον αναπνευστήρα. Οι Wallet και συνεργάτες (36) σε μια πρόσφατη μελέτη έδειξαν ότι η ψηφιακή ακτινογραφία θώρακα είναι σε θέση να προβλέψει μια τροποποίηση του προσλαμβανόμενου όγκου του πνεύμονα σε διαφορετικά επίπεδα θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης (PEEP) μέσω μιας μεταβολής της πυκνότητας στις ψηφιακά επεξεργασμένες ακτινογραφίες θώρακα. Έτσι, ο ρόλος της ακτινογραφίας στο ARDS δεν φαίνεται να είναι ξεπερασμένος, κάτι που υποστηρίζει και η παρούσα μελέτη.

Αναφορικά με τη σημασία των απεικονίσεων που διενεργήθηκαν, οι ακτινογραφίες θώρακος φαίνεται ότι έδωσαν τις περισσότερες πληροφορίες καθώς έγιναν στους περισσότερους ασθενείς κατά την είσοδο τους στη ΜΕΘ Παίδων, ανεξαρτήτως ηλικίας και βαρύτητας νόσου. Ο Quasney και συνεργάτες κατά την αξιολόγηση ακτινογραφιών θώρακος ρουτίνας σε ΜΕΘ Παίδων διαπίστωσαν ότι το 45% των ακτινογραφιών αυτών οδήγησαν σε 1 ή περισσότερες παρεμβάσεις, εκ των οποίων οι περισσότερες έγιναν σε παιδιά ≤ 10 kg, σε παιδιά με 2 ή περισσότερες συσκευές και σε αυτά που υπήρχε υποκείμενο καρδιοαναπνευστικό νόσημα/πρόβλημα (37). Η απλή ακτινογραφία αποτελεί αδιαμφισβήτητα την εξέταση εκλογής για την απεικόνιση του θώρακα, με το σύνολο των λοιπών σύγχρονων απεικονιστικών μεθόδων να στοχεύουν στην παρακολούθηση της νόσου, λόγω

μικρότερης ή καθόλου ακτινοβολίας, ή στην περαιτέρω διευκρίνιση διαγνωστικών προβλημάτων, γεγονός που αποδεικνύεται και στη δική μας μελέτη.

Εκτός από την απλή ακτινογραφία θώρακος, σύγχρονες απεικονιστικές μέθοδοι συμπληρώνουν τη μελέτη παθήσεων του αναπνευστικού. Το διαθωρακικό υπερηχογράφημα είναι εξέταση απλή, ταχεία, χαμηλού κόστους και ακίνδυνη σε ήδη επιβαρυσμένους παιδιατρικούς ασθενείς με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας. Η ΥΤ δίνει τη δυνατότητα οπτικοποίησης βλαβών στον πνεύμονα, στο θωρακικό τοίχωμα, το μεσοθωράκιο και τον υπεζωκότα. Τα σημαντικότερα ευρήματα με την ΥΤ είναι ατελεκτασίες, εικόνα θολής υάλου, πυκνώσεις, υπεζωκοτικές συλλογές, ενώ καταστάσεις που προσβάλλουν τον διάμεσο πνευμονικό ιστό προκαλώντας παχύνσεις μεσολοβιδίων διαφραγματίων, μικροόζους, κυστικές αλλοιώσεις, βρογχεκτασίες και περιοχές θολής υάλου διαγιγνώσκονται καλύτερα ή αποκλειστικά με ΥΤ (20).

Η ΜΤ συνδυάζει την έντονη απεικονιστική αντίθεση των μαλακών ιστών και άλλων δομών του θώρακα, και αποτελεί συμπληρωματικό απεικονιστικό εργαλείο των άλλων μεθόδων. Όπως υποστηρίζουν και τα ευρήματα της παρούσας σειράς ασθενών, η ΜΤ δεν αποτελεί επείγουσα εξέταση, αλλά δευτερεύουσα εξέταση που χρησιμεύει σε δύσκολα κλινικά προβλήματα που απαντώνται στην καθημερινή ρουτίνα και σπανίως στα παιδιά της ΜΕΘ Παίδων, όπως η εκτίμηση του μεσοθωρακίου, των μαλακών μορίων και του θωρακικού τοιχώματος (25). Αν και η ΜΤ υπερτερεί σε σχέση με την ΥΤ λόγω μη έκθεσης των ασθενών σε ακτινοβολία, είναι εξέταση χρονοβόρα και απαιτητική όσον αφορά τον έλεγχο ασταθών ασθενών με ΑΑ που υποστηρίζονται με μηχανικό αερισμό, απαιτώντας σημαντική εμπειρία των θεραπόντων και εξασφάλιση υψηλής τεχνολογίας εξοπλισμού συμβατού με το μαγνητικό πεδίο.

Η χρήση του διαθωρακικού ΥΧ κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια ως απεικονιστική διαγνωστική μέθοδος στην εντατική παρακολούθηση και έγκαιρη διάγνωση παθολογικών καταστάσεων στις ΜΕΘ Παίδων, όπως η πνευμονία, η ατελεκτασία, οι διάχυτες πνευμονοπάθειες, ο πνευμοθώρακας και η υπεζωκοτική συλλογή. Μελέτες αναφέρουν ότι ενδεχομένως η ΥΧ θα μπορούσε να περιορίσει τον αριθμό των Α/ων στην ανίχνευση πνευμονικής βλάβης σε παιδιά με υποκείμενη λοίμωξη αναπνευστικού, περιορίζοντας την έκθεση τους στην ακτινοβολία, αφού μπορεί να ανιχνεύσει αλλοιώσεις στους πνεύμονες με ευαισθησία και ειδικότητα που φτάνουν το 98% (3). Συγκριτική μελέτη μεταξύ αποτελεσμάτων ακτινογραφίας και υπερηχογραφίας θώρακα σε ασθενείς με αναπνευστική δυσχέρεια ανέδειξε συμφωνία

ευρημάτων των δυο μεθόδων σε μεγάλο βαθμό, ενώ η υπερηχογραφία φάνηκε ακριβέστερη στην ταυτοποίηση της ελεύθερης υπεζωκοτικής συλλογής (5). Επομένως, η ΥΧ αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη διάγνωση ασθενών με δύσπνοια λόγω της εύκολα επαναλήψιμης εξέτασης, δίπλα στο κρεβάτι του βαρέως πάσχοντος παιδιού, χωρίς ακτινοβολία και με δυνατότητες να εδραιωθεί στην καθημερινή πρακτική των ΜΕΘ Παίδων (5).

Πέρα από τις παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος με παθολογικό υπόστρωμα, οι σύγχρονες απεικονιστικές μέθοδοι μπορούν να διαγνώσουν και να εκτιμήσουν ενδεχομένως την έκβαση τραυματισμών του θωρακικού τοιχώματος, του υπεζωκότα, του πνευμονικού παρεγχύματος και των αεραγωγών (4). Η διάγνωση των παραπάνω επιτυγχάνεται με υψηλό βαθμό ακρίβειας με τη μέθοδο της ΥΤ, η οποία φαίνεται να υπερέχει έναντι της απλής ακτινογραφίας. Η υψηλής ποιότητας πολλαπλών και ογκομετρικών μορφοποιημένων εικόνων ΥΤ βελτιώνει σημαντικά την ανίχνευση των τραυματισμών και ενισχύει την κατανόηση των μηχανισμών που σχετίζονται με το τραύμα, γεγονός που επιτρέπει την καλύτερη φροντίδα των ασθενών μετά από τη διάγνωση (4). Μια αρκετά πρόσφατη μελέτη, του 2015, υποστηρίζει ότι μια τυπική ΥΤ απεικόνιση των πνευμόνων επιτρέπει την άριστη αποτύπωση τόσο των φυσιολογικών όσο και των παθολογικών απεικονιστικών προτύπων στο πνευμονικό παρέγχυμα. Ωστόσο, τα αναγνωρισμένα πρότυπα έχουν περιορισμένη ειδικότητα, δε διαγιγνώσκουν πάντοτε την παθολογία σε θεραπευμένο στάδιο και δεν παρέχουν πληροφορίες για την παθοφυσιολογία. Οι περιορισμοί αυτοί αίρονται, σύμφωνα με την έρευνα, εάν χρησιμοποιηθούν ως απεικονιστικές μέθοδοι δυναμικές ΥΤ και MRI πνευμόνων. Οι απεικονίσεις αυτές, είτε εφαρμόζοντας υψηλή διακριτική ικανότητα είτε χωρίς, μελετούν την πνευμονική διάχυση, τη δυναμική της ροής στην πνευμονική αρτηρία και επιτρέπουν την αξιολόγηση του αερισμού σε περιφερικότερα πνευμονικά τμήματα (6).

Στην παρούσα μελέτη μελετήθηκαν 162 ακτινογραφίες θώρακος οι οποίες βαθμονομήθηκαν από τέσσερις ιατρούς διαφορετικών ειδικοτήτων και μεγάλου εύρους εμπειρίας. Τα ακτινογραφικά σκορ ΑΑ της ειδικευόμενης παιδιάτρου στον πρώτο χρόνο ειδικότητας, της ειδικευμένης εντατικολόγου παιδιάτρου και του ειδικευόμενου ακτινολόγου συμφωνούσαν σε μεγάλο βαθμό με το σκορ της εξειδικευμένης παιδοακτινολόγου. Η διαπίστωση αυτή ενισχύει τη σημαντικότητα της εκπαίδευσης στην αξιολόγηση ακτινογραφιών θώρακος με βάση τα κριτήρια του τροποποιημένου ακτινολογικού σκορ. Και οι τρεις μη ειδικοί ακτινολόγοι

συμμετείχαν στο ολιγόωρο φροντιστήριο, γεγονός που έπαιξε σημαντικό ρόλο στη συμφωνία βαθμονόμησης μεταξύ των μελετητών. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει επιπλέον ότι, το τροποποιημένο ακτινολογικό σκορ μετά από στοχευόμενη ολιγόωρη εκπαίδευση μπορεί ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί σε ευρεία βάση ακόμη και από μη έμπειρους μη ειδικούς ιατρούς. Λαμβάνοντας υπόψη τη θετική συσχέτιση του ακτινογραφικού σκορ με το σκορ κλινικής βαρύτητας θα μπορούν να εξαχθούν με βάση το ακτινογραφικό σκορ έγκαιρα και αξιόπιστα συμπεράσματα για την επερχόμενη κλινική πορεία του παιδιατρικού ασθενή. Παρόμοια συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων κατά ζεύγη, χωρίς να προηγηθεί εκπαίδευση πραγματοποίησε και ο Taylor και συνεργάτες (παιδοακτινολόγοι, ακτινολόγοι ενηλίκων, κλινικών ιατρών). Μετά την ανασκόπηση των διαφορών βαθμολογίας αναφοράς από τα ζεύγη κλινικών οι τιμές για τη συμφωνία ακτινολόγου-κλινικών κυμαίνονται από 0,59 έως 0,7 και για την κλινική συμφωνία από 0,97 έως 0,99 (28).

Στην παρούσα μελέτη καταγράφηκε ισχυρή συσχέτιση των σκορ κλινικής βαρύτητας της νόσου (PELOD και PRISM) με το ακτινογραφικό σκορ των ακτινογραφιών εισόδου. Ειδικότερα, μεταβολή του ακτινογραφικού σκορ από τις 4 στις 5 μονάδες αντιστοιχούσε σε κατακόρυφη αύξηση των τιμών της προβλεπόμενης θνητότητας συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη μεταβολή στο ακτινογραφικό σκορ ΑΑ. Ενδεχομένως, το ακτινογραφικό σκορ στη μετάβαση βαθμολογίας 5, που περιλαμβάνει τη διάχυτη σκίαση των πνευμόνων, διάχυτη θολή ύαλο ή μεγάλες εμμένουσες διαφυγές αέρα ή υπεζωκοτικές συλλογές που απαιτούν καθετήρα παροχέτευσης και είναι αμφοτερόπλευρες, αντιπροσωπεύει και κλινικά την πλέον δυσμενή σημειολογία του αναπνευστικού συστήματος. Επιβεβαιωτικό των ως άνω ευρημάτων είναι η διαπίστωση ότι και οι συσχετίσεις του ακτινογραφικού σκορ ΑΑ με το σκορ της προβλεπόμενης θνητότητας την πλέον επιδεινωμένη ημέρα νοσηλείας παρουσίασαν την ίδια θετική σχετική συσχέτιση, με μόνη διαφορά ότι η μέση τιμή του PELOD παρουσίαζε μικρή μείωση μεταξύ των σκορ 4 και 5. Η θεραπευτική παρέμβαση της ΜΕΘ Παίδων που είχε μεσολαβήσει στην αντιμετώπιση της πολυοργανικής ανεπάρκειας και μια πιθανή ανταπόκριση, αντανακλώμενη στο PELOD, θα μπορούσε να ερμηνεύσει το εύρημα αυτό.

Σημαντικό εύρημα της παρούσας μελέτης που για πρώτη φορά περιγράφεται σε παιδιατρικούς ασθενείς αποτελεί η αρνητική συσχέτιση του λόγου PaO_2/FiO_2 με το ακτινογραφικό σκορ. Η βαθμολογία 5 στο σκορ καταδεικνύει σοβαρή παθολογία του πνευμονικού παρεγχύματος που συνδυάζεται με το ARDS ακριβώς όπως και οι

χαμηλές τιμές στο λόγο PaO_2/FiO_2 . Το συγκεκριμένο εύρημα έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μια που προγενέστερες έρευνες δείχνουν ότι οι ακτινογραφίες θώρακος μπορεί να μην έχουν επαρκή στοιχεία για την ανίχνευση της ασθένειας στα πρώιμα στάδια. Η χρησιμότητα και η αξία της εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό, τόσο από τη σωστή τοποθέτηση του ασθενή όσο και από τις τεχνικές παραμέτρους της ακτινογραφίας και παρουσιάζει μια σειρά δυσκολιών, ιδιαίτερα σε ασθενείς με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής (19).

Σε σύγκριση της διαφοράς μεταξύ των ακτινογραφικών σκορ την ημέρα εισαγωγής και της πλέον επιδεινωμένης ημέρας, παρατηρήθηκε ότι οι ασθενείς με αρνητική διαφορά παρουσίασαν βελτίωση στο λόγο PaO_2/FiO_2 και αντίστροφα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπήρχαν περιπτώσεις ασθενών που, παρά το γεγονός ότι ο λόγος PaO_2/FiO_2 μεταβαλλόταν και υπήρχαν νέα απεικονιστικά ευρήματα λόγω επιδείνωσης της κλινικής εικόνας, το ακτινογραφικό σκορ παρέμενε το ίδιο. Στη διεκρίνιση αυτών των περιπτώσεων σημαντική ήταν η συνεισφορά της YT θώρακα του τροποποιημένου YT σκορ AA που περιλάμβανε αρκετές πληροφορίες ώστε να επιτευχθεί η ορθότερη βαθμονόμηση των ευρημάτων. Αντιθέτως, ο Zompatori M και οι συνεργάτες του αναφέρουν ότι όταν επιχειρήθηκε να εφαρμοστεί μια YT κλίμακα αξιολόγησης σε παιδιά και ενήλικες με πνευμονία από μυκόπλασμα που στηρίχτηκε στη βαθμονόμηση της έκτασης των πυκνώσεων, αυτή δε λειτούργησε επαρκώς αφού δεν ανέδειξε στατιστικώς σημαντικές συσχετίσεις με δείκτες φλεγμονής και οξυγόνωσης (30).

Οι επιλεκτικά στοχευμένες YT της έρευνας αυτής, ανέδειξαν σημαντικά νέα στοιχεία τα οποία συνέβαλαν είτε στην αλλαγή της διάγνωσης είτε στην τροποποίηση της θεραπευτικής αγωγής. Η διενέργεια YT θώρακα ανέδειξε πρόσθετες (μη γνωστές από προηγούμενη απεικόνιση) πληροφορίες σχετικά με τη διάγνωση της αναπνευστικής ανεπάρκειας σε ποσοστό 72.2% , χωρίς αλλαγή στη διαχείριση του ασθενή, και σε ένα πρόσθετο ποσοστό 5,6% ανέδειξε μη αναμενόμενα ευρήματα που οδήγησαν σε τροποποίηση της ακολουθούμενης αγωγής. Αξίζει να τονιστεί ότι στην παρούσα μελέτη, σε ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών, μεγαλύτερο YT σκορ AA παρουσίασαν ασθενείς με μεγαλύτερο ακτινογραφικό σκορ ή με μεγαλύτερη μεταβολή σκορ βαρύτητας, τα κορίτσια και οι ασθενείς με ARDS και πνευμονία.

14. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Οι βασικοί περιορισμοί της μελέτης ήταν:

- 1) η αναδρομική φύση της έρευνας, που εμπεριέχει υψηλό βαθμό δυσκολίας ανάκτησης όλων των δεδομένων
- 2) τα δεδομένα συλλέχθηκαν από ένα μόνο κέντρο
- 3) οι ακτινογραφίες θώρακος ήταν ικανοποιητικές σε αριθμό σχετικά με το δείγμα των ασθενών, όμως οι υπόλοιπες απεικονιστικές μέθοδοι ήταν περιορισμένες σε αριθμό καθώς χρησιμοποιούνταν στοχευόμενα και συμπληρωματικά της ακτινογραφίας.

15. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η χρήση των σύγχρονων απεικονιστικών μεθόδων αποτελεί ένα ζήτημα που προβληματίζει την ιατρική κοινότητα. Το ερώτημα «ποια μέθοδος είναι κατάλληλη, τότε και γιατί» δίνει τροφή στην κλινική έρευνα. Το ίδιο ισχύει και για τα απεικονιστικά σκορ, κατά πόσο μπορούν να δώσουν μια αξιόπιστη απάντηση σε ένα ερώτημα σχετικό με τη διάγνωση, τη νοσηλεία και τη θεραπεία των ασθενών. Στην περίπτωση των παιδιατρικών ασθενών, το ερώτημα γίνεται ακόμα πιο περίπλοκο λόγω της ανομοιογένειας που έχουν είτε σε σωματικές διαφορές, είτε σε διαφορές που προκύπτουν από τον βαθμό ωρίμανσής τους.

Η μέτρηση και η συσχέτιση των απεικονιστικών σκορ με κλινικούς και εργαστηριακούς δείκτες αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την πρακτική εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων. Η εισαγωγή ενός νέου σκορ, όπως το τροποποιημένο ακτινογραφικό και ΥΤ σκορ που ερεύνησε η παρούσα μελέτη, μπορεί επίσης να βοηθήσει προς την κατεύθυνση αυτή. Η αξιοπιστία των πρότυπων αυτών μεθόδων βαθμονόμησης θα πρέπει να αξιολογηθεί σε μεγαλύτερες πολυκεντρικές μελέτες και μεγαλύτερο δείγμα παιδιατρικού πληθυσμού.

16. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι τροποποιημένες κλίμακες βαρύτητας ακτινογραφικών και ΥΤ αλλοιώσεων στον παιδιατρικό θώρακα μπορεί να αποτελέσουν αξιόπιστο εργαλείο διαγνωστικής αξιολόγησης και πρόγνωσης έκβασης της ΑΑ, καθώς σχετίζονται με τη βαρύτητα της νόσου, τη διάρκεια νοσηλείας και παραμονής σε μηχανικό αερισμό και με την έκβαση των παιδιών που νοσηλεύονται με ΑΑ σε ΜΕΘ Παίδων.

Η επαναληπτική απεικόνιση του αναπνευστικού συστήματος με ακτινογραφία θώρακος, ΥΤ, και ΥΧ σε παιδιατρικούς ασθενείς με ΑΑ κατά τη νοσηλεία τους ενίοτε συμβάλλει στην προσθήκη νέων πληροφοριών και ενδεχομένως τροποποίηση της θεραπευτικής διαχείρισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Wong J., Jit M., Sultana R., et al. Mortality in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Intensive Care Medicine*. 2017;1(8):109.
2. Friedman ML., Mitu NE. Acute Respiratory Failure in Children – ProQuest. *Paediatric Annals*. 47(7):268-273.
3. Linko R., Okkonen M., Pettilä V., et al. Acute respiratory failure in intensive care units. FINNALI: a prospective cohort study. *Intensive Care Med*. 2009;35(8):1352–61.
4. Belda, FG. Soro, M., Ferrando, C. Pathophysiology of respiratory failure. *Trends in Anaesthesia and Critical Care*. Elsevier. 2013;3(5): 265-269.
5. West JB. Ventilation-Perfusion Relationships. *American Review of Respiratory Disease*. 1977;116(5): 919-943,
6. Moller JT., Johannessen NW., Berg H., Espersen K., Larsen LE. Hypoxaemia during anaesthesia- an observer study. *British Journal of Anaesthesia*. 1991;66(4):437–44.
7. Πατάκας Δ. (2006). Αναπνευστική Ανεπάρκεια. Σε Ου. Αναγνωστοπούλου, Κ. Κάτης, Κ. Κωσταντίνου, Μ. Τούμπης (εκδ.). *Φυσιολογία του Αναπνευστικού Συστήματος* (σελ. 201-210). Αθήνα: Ελληνική Πνευμονολογική Εταιρεία.
8. Hughes JB. (1999). Pulmonary gas exchange. In JBM. Hughes & NB. Pride (eds.), *Lung function test. Physiological principles and clinical applications* (pp. 226-230). 1st ed. Philadelphia, London: Harcourt Brace.
9. Hedenstierna G. (2001). Causes of oxygenation impairment during anesthesia. In JL. Vincent (eds.), *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine* (pp. 44-52). Brussels, Belgium: Springer-Verlag.
10. National Heart, Lung and Blood Institute (2018). Respiratory Failure. Διαθέσιμο: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/respiratory-failure>
- 11 Roussos C., Koutsoukou A. Respiratory failure. *European Respiratory Journal*. 2003; 47(1):3-14.
12. López EB., Díaz JS., López SA., Flórez JV., Olivares PG. Epidemiology and outcome in acute respiratory failure. *Critical Care*. 2008;12(2):493.

13. Thim T., Krarup T., Grove EL., Rohde CV., Lofgren B. Initial assessment and treatment with the Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure (ABCDE) approach. *International Journal of General Medicine*. 2012; 5:117-121.
14. Balas MC., Vasilevskis EE., Burke WJ., et al. Critical care nurses' role in implementing the "ABCDE bundle" into practice. *Critical Care Nurse*. 2012;32(2):35–8, 40–7.
15. Τεντολούρης Ν. (2012). Νευρικό σύστημα. Στο ΒΔ. Στεργίου-Μιχαηλίδη (εκδ.), *Φυσιολογία Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος* (σελ. 25-55). Αθήνα: Παρισσιανού Α.Ε.
16. Gunning, KE. Pathophysiology of Respiratory Failure and Indications for Respiratory Support. *Surgery*. 2003;21(3): 72-76.
17. Smith LS., Zimmerman JJ., Martin TR. Mechanisms of acute respiratory distress syndrome in children and adults: a review and suggestions for future research. *Pediatric Critical Care Med*. 2013;14(6): 641-643.
18. Maurizio Z., Ciccarese, F., Fasano L. Overview of current lung imaging in acute respiratory distress syndrome | European Respiratory Society. *European Respiratory Review*. 2014;23(1): 519-530.
19. Zompatori M., Ciccarese F., Fasano L. Overview of current lung imaging in acute respiratory distress syndrome. *European Respiratory Review*. 2014;23(134):519–30.
20. Αλεξοπούλου Ε., Ανθρακόπουλος Μ., Πρίφτης Κ. (2007). Μονογραφία Παιδιατρικής Πνευμονολογίας. Τεύχος 6. 16^η διημερίδα Παιδιατρικών Αναπνευστικών Παθήσεων. Αθήνα.
21. Lichtenstein D. Lung Ultrasound in the Critically Ill. *Journal of Medical Ultrasound*. 2009;17(3):125-142.
22. Lichtenstein D., Mezière G., Seitz J. The dynamic air bronchogram: A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009;135(6): 1421-1425.
23. Guillerman RP. Imaging of childhood Interstitial Lung Disease. *Pediatrics Allergy Immunol Pulmonol*. 2010;23(1):43-68.
24. Gattinoni L., Tognoni G., Pesenti A., et al. Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *The New England Journal of Medicine*. 2001;345(8):568–573.
25. Biederer J., Beer M., Hirsch W., et al. MRI of the lung (2/3). Why ... when ... how? *Insights Imaging*. 2012;3(4):355-71.

26. Hiles M., Culpan AM., Watts C., Munyombwe T., Wolstenhulme S. Neonatal respiratory distress syndrome: Chest X-ray or lung ultrasound? A systematic review. *Ultrasound*. 2017;25(2):80–91.
27. Koroglu A., Teksan H., Sagr O., Yucel A., Toprak HI. Ersoy, OM. A Comparison of the Sedative, Hemodynamic, and Respiratory Effects of Dexmedetomidine and Propofol in Children Undergoing Magnetic Resonance Imaging. *Anesthesia & Analgesia*, 2006;103(1), 63–67.
28. Taylor E., Haven K., Reed P., et al. A chest radiograph scoring system in patients with severe acute respiratory infection: a validation study. *BMC Medical Imaging*. 2015;15(1): 61-65.
29. Ichikado K., Muranaka H., Gushima Y., et al. Fibroproliferative changes on high-resolution CT in the acute respiratory distress syndrome predict mortality and ventilator dependency: a prospective observational cohort study. *BMJ Open*. 2012;2(2): 545.
30. Zompatori M., Ciccarese C., Fasano L. Overview of current lung imaging in acute respiratory distress syndrome. *European Respiratory Review*. 2014; 23(134): 519-530.
31. Rocker GM., Rose DH., Manhire AR., et al. The radiographic differentiation of pulmonary edema. *British Journal of Radiology*. 1989; 62(739): 582–586.
32. Chiumello D., Froio S., Bouhemad B., Camporota L., Coppola S. Clinical review: Lung imaging in acute respiratory distress syndrome patients - an update. *Critical Care*. 2013;17(6):243.
33. Maconochie I., Greenough A., Yuksel B., Page A., Karani J. A chest radiograph scoring system to predict chronic oxygen dependency in low birth weight infants. *Early Human Development*. 1991;26(1):37-43.
34. Ichikado K., Muranaka H., Gushima Y., et al. Fibroproliferative changes on high-resolution CT in the acute respiratory distress syndrome predict mortality and ventilator dependency: a prospective observational cohort study. *British Medicine Jpurnal Open*. 2012;2(2):545.
35. Henschke C., Pasternack G., Schroeder S., et al. Bedside chest radiography: diagnostic efficacy. *Radiology*. 1983; 149(1):23–26.
36. Wallet F., Delannoy B., Haquin A., et al. Evaluation of recruited lung volume at inspiratory plateau pressure with PEEP using bedside digital chest X-ray in patients with acute lung injury/ARDS. *Respiratory Care*. 2013; 58(3): 416–423.

37. Quasney M., Goodman D., Billow M., et al. Routine Chest Radiographs in Pediatric Intensive Care Units. *Pediatrics*. 2001;107(2):241-248.

