



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ”**

**«ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ
ΜΗΧΑΝΟΔΗΓΟΥΣ ΜΕΣΩΝ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ»**

ΠΑΥΛΟΣ ΘΑΝΑΣΙΑΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε

MSc Υγιεινή και Ασφάλεια της Εργασίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Εισαγωγή Σελ.3

- Ορισμός Μυοσκελετικών Παθήσεων (ΜΣΠ) Σελ.4

- Επικράτηση των ΜΣΠ Σελ.7

- Έκθεση μηχανοδηγών σε ολοσωματικές δονήσεις Σελ.12

- Μελέτη No.1 Σελ.17

- Μελέτη No.2 Σελ.30

- Μελέτη No.3 Σελ.39

- Μελέτη No.4 Σελ.44

- Εργονομία Σελ.47

- Συμπεράσματα - Προτάσεις Σελ.58

- Παραπομπές – Βιβλιογραφία Σελ.64

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή έχει σκοπό να αναδείξει την ιδιαίτερη συσχέτιση μιας κατηγορίας επαγγελματικών ασθενειών με τους οδηγούς οχημάτων σταθερής τροχιάς. Συγκεκριμένα, θα παρουσιαστούν τα στοιχεία εκείνα που δείχνουν τον αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης μυοσκελετικών παθήσεων στους μηχανοδηγούς. Αρχικά, θα δούμε πως ορίζονται οι επαγγελματικές ασθένειες, αναλύοντας ιδιαίτερες τις μυοσκελετικές παθήσεις και τα αίτια τους.

Στη συνέχεια, παραθέτοντας διεθνείς εξειδικευμένες μελέτες (Ηνωμένες Πολιτείες, Νέα Ζηλανδία κλπ.) θα διαπιστώσουμε πως τα αίτια αυτά συνδέονται με το επάγγελμα του μηχανοδηγού. Τέλος, θα παρατεθούν τα μέτρα που προτείνονται για πρόληψη και ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στην υγεία των εργαζομένων στο σιδηρόδρομο.

Επαγγελματικές ασθένειες - Μυοσκελετικές Παθήσεις

Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (W.H.O) ορίζει ως επαγγελματικές διαταραχές της υγείας τα αποτελέσματα ενός αριθμού παραγόντων προερχόμενων από τις διαδικασίες, το περιβάλλον και τη φύση της εργασίας. Οι παράγοντες αυτοί συμβάλλουν σημαντικά, σε ποικίλο βαθμό, στην πρόκληση επαγγελματικών ασθενειών.

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε) ορίζει ως επαγγελματική ασθένεια οποιαδήποτε βλάβη προκαλείται στη υγεία του εργαζόμενου, λόγω της εργασίας της οποίας εκτελεί.

Η επαγγελματική ασθένεια ορίζεται με δύο διαφορετικούς τρόπους. Σύμφωνα με την Ιατρική επιστήμη, επαγγελματική ασθένεια είναι η νόσος που σχετίζεται με τους κινδύνους στους οποίους εκτέθηκε ο πάσχων λόγω της εργασίας του.

Με άλλα λόγια, οφείλονται στις ιδιαίτερες συνθήκες της εργασίας και τους κινδύνους (βλαπτικούς παράγοντες) που ενδεχόμενα εκτίθεται ο εργαζόμενος. Ο δεύτερος ορισμός βασίζεται στην ασφαλιστική πραγματικότητα (σύστημα) της κάθε χώρας.

Στην Ελλάδα, μόνο το ίδρυμα Κοινωνικών Ασφαλίσεων (Ι.Κ.Α) διαθέτει μια λίστα με 52 αναγνωρισμένες επαγγελματικές ασθένειες. Η τελευταία αναθεώρηση της λίστας αυτής έγινε το 1978.

Στη χώρα μας, λοιπόν, η αναγνώριση και η ακόλουθη αποζημίωση της αποκαλούμενης «επαγγελματικής νόσου» υπάγεται στο άρθρο 40 του Κανονισμού του Ι.Κ.Α, (ΦΕΚ 132/12.2.1979). Στον κατάλογο αυτό των επαγγελματικών ασθενειών περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων οι εξής «μυοσκελετικές παθήσεις» που οφείλονται σε επαγγελματική έκθεση:

- Νόσοι εκ μεταβολών της ατμοσφαιρικής πίεσεως
- Παθήσεις οφειλόμενες εις μηχανικές δονήσεις
- Επαγγελματικός σπασμός
- Βλάβαι μηνίσκων των μεταλλωρύχων
- Απόσπασης εξ υπερφορτώσεως των ακανθωδών αποφύσεων.

Ορισμός Μυοσκελετικών Παθήσεων (ΜΣΠ)

Είναι γνωστό από παλιά ότι η εργασία μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την υγεία. Τρεις αιώνες πριν (το 1717), ο Ιταλός γιατρός Bernardino Ramazzini, πατέρας της ιατρικής της εργασίας, αναγνώρισε τη σχέση μεταξύ της εργασίας και ορισμένων διαταραχών του μυοσκελετικού συστήματος ως αποτέλεσμα απότομων και ακανόνιστων κινήσεων του σώματος ή δουλεύοντας σε άβολες στάσεις.

Ο όρος «μυοσκελετικές παθήσεις» (**ΜΣΠ**) αναφέρεται σε προβλήματα υγείας που επηρεάζουν τους μυς, τους τένοντες, τους συνδέσμους, τους χόνδρους, το αγγειακό σύστημα, τα νεύρα ή άλλους μαλακούς ιστούς και αρθρώσεις του μυοσκελετικού συστήματος [1]. Καθώς ανήκουν στην μεγάλη οικογένεια των επαγγελματικών ασθενειών προκαλούνται ή επιδεινώνονται κυρίως από την ίδια την εργασία και μπορούν να επηρεάσουν τα άνω και κάτω άκρα, τον αυχένα, τους ώμους και την οσφυϊκή χώρα.

Οι περισσότερες ΜΣΠ που σχετίζονται με την εργασία είναι συσσωρευτικές παθήσεις, που οφείλονται στην επαναλαμβανόμενη έκθεση σε καταπονήσεις

υψηλής ή χαμηλής έντασης για μεγάλη χρονική περίοδο. Έχουμε πλέον σαφείς ενδείξεις ότι οι επαγγελματικοί παράγοντες αποτελούν μέρος της πολυδιάστατης αιτιολογίας για την εμφάνιση τους [2]. Ωστόσο, οι ΜΣΠ μπορούν επίσης να είναι οξείς τραυματισμοί, π.χ. κατάγματα, που επέρχονται στη διάρκεια ενός ατυχήματος.

Οι επαγγελματικές μυοσκελετικές διαταραχές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων υγείας που συνδέονται με την επαναλαμβανόμενη και επίμονη εργασία. Τα ΜΣΠ μπορούν να κυμαίνονται από δυσφορία, μικρούς πόνους έως πιο σοβαρές ιατρικές καταστάσεις που μπορούν να οδηγήσουν έως και τη μόνιμη αναπηρία. Κάθε χρόνο εκατομμύρια Ευρωπαίοι εργαζόμενοι παρουσιάζουν κάποια ΜΣΠ.

Οι πιο γνωστές μυοσκελετικές παθήσεις είναι οι πόνοι της οσφυϊκής χώρας και οι διαταραχές των άνω άκρων που σχετίζονται άμεσα με την εργασία. Το πρώτο συνδέεται κυρίως με τους χειρωνακτικούς χειρισμούς ενώ οι κύριοι παράγοντες κινδύνου για το δεύτερο είναι η επανάληψη της εργασίας και η λανθασμένη στάση του σώματος. Σήμερα, οι ΜΣΠ των κάτω άκρων αναγνωρίζονται επίσης ως διαταραχές που μπορεί να συνδέονται με την επαγγελματική δραστηριότητα.

Οι ΜΣΠ αντιπροσωπεύουν σημαντικό ποσοστό των αιτιών απουσιασμού από την εργασία. Αυτό επιβεβαιώνεται από τις εθνικές και ευρωπαϊκές μελέτες, οι μυοσκελετικές διαταραχές έχουν τεράστιο αντίκτυπο στην απουσία από την εργασία. Μάλιστα, ένα υψηλό ποσοστό χαμένων εργασιακών ημερών στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλεται σε μυοσκελετικές ασθένειες. Αυτό δίνει μεγάλη έμφαση στη στοχοθέτηση στρατηγικών για την σύντομη επιστροφή στην εργασία.

Η αναγνώριση των μυοσκελετικών παθήσεων που σχετίζονται με την εργασία στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Για να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά οι μυοσκελετικές παθήσεις πρέπει καταρχήν να «αναγνωριστούν» ως επαγγελματικές παθήσεις. Ευρωπαϊκά Ινστιτούτα όπως το Ευρωκοινοβούλιο, η τριμερής Συμβουλευτική Επιτροπή για την Υγεία και την Ασφάλεια στην Εργασία, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή

Τυποποίησης έχουν δραστηριοποιηθεί για την αναγνώριση των μυοσκελετικών παθήσεων στην Ευρώπη.

Στις 22 Μαΐου 1990 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατάρτισε τον ευρωπαϊκό κατάλογο επαγγελματικών ασθενειών (90/326/ΕΟΚ). Στον κατάλογο αυτό περιλαμβάνονται οι παρακάτω μυοσκελετικές παθήσεις:

- Οστεοαρθρικές ασθένειες των χεριών και των καρπών που προκαλούνται από μηχανικές δονήσεις.
- Ασθένειες των περιαρθρικών θυλάκων λόγω πίεσης.
- Ασθένειες που οφείλονται σε υπερένταση των τενόντων ελύτρων.
- Ασθένειες που οφείλονται σε υπερένταση του ενδοτενοντίου.
- Ασθένειες που οφείλονται σε υπερένταση των μυϊκών και τενόντιων καταφύσεων.
- Βλάβες του μηνίσκου ύστερα από εκτεταμένες περιόδους εργασίες σε γονατιστή θέση.
- Παράλυση των νεύρων λόγω πίεσης [3].

Τον Σεπτέμβριο του 2003 δημιουργήθηκε η νέα σύσταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε αντικατάσταση της προηγούμενης (90/326/ΕΟΚ). Η επιτροπή αυτή συνιστά στα κράτη μέλη να εισάγουν το συντομότερο δυνατό στις νομοθετικές, κανονιστικές ή διοικητικές πράξεις τους τον νέο ευρωπαϊκό κατάλογο επαγγελματικών ασθενειών. Στον συμπληρωματικό κατάλογο ασθενειών της Ευρωπαϊκής Ένωσης βρίσκονται οι "Δισκοπάθειες της ραχιαίας και οσφυϊκής σπονδυλικής στήλης, προκαλούμενες από επανειλημμένες κατακόρυφες δονήσεις ολοκλήρου του σώματος" [4]. Επίσης, και το Διεθνές Γραφείο Εργασίας (ILO) συμπεριλαμβάνει τις ΜΣΠ στον Κατάλογο Επαγγελματικών Παθήσεων [5].

Οι μυοσκελετικές παθήσεις που σχετίζονται με επαναλαμβανόμενες και επίπονες συνθήκες εργασίας εξακολουθούν να αντιπροσωπεύουν ένα από τα μεγαλύτερα εργασιακά προβλήματα στις επιχειρήσεις.

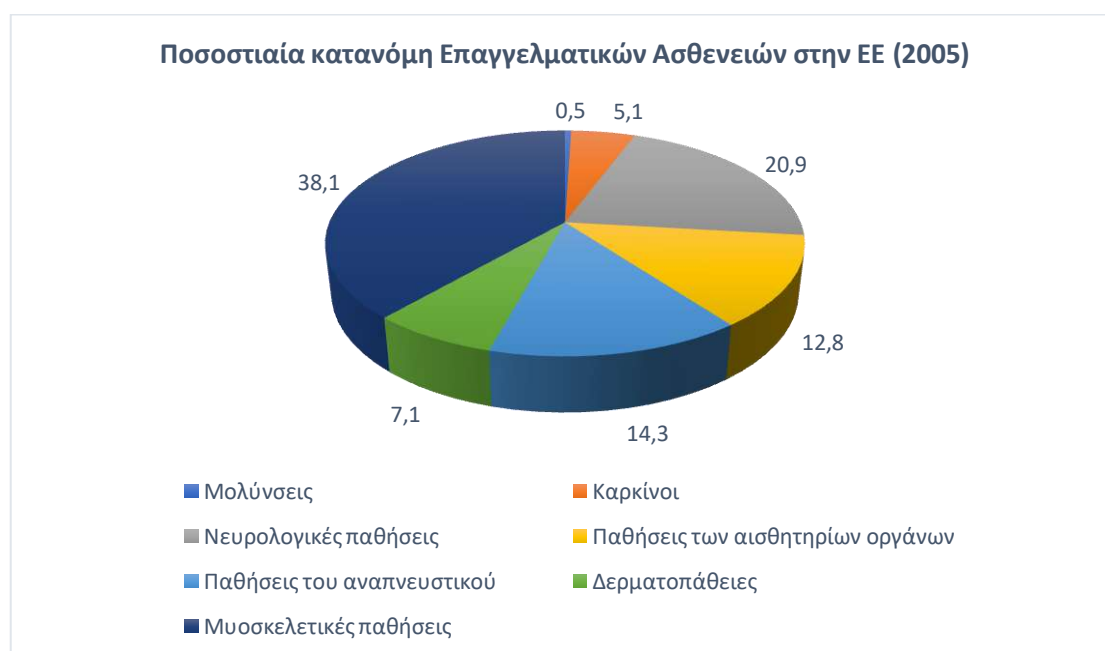
Παρά τις ποικίλες προσπάθειες για τον έλεγχο τους, συμπεριλαμβανομένων εργονομικά σχεδιασμένων αλλαγών, των προγραμμάτων κατάρτισης των εργαζομένων, των οργανωτικών τροποποιήσεων των μεθόδων εργασίας,

οι επαγγελματικές μυοσκελετικές διαταραχές αντιπροσωπεύουν τεράστιο σε μέγεθος πρόβλημα τόσο για τον εργαζόμενο όσο για τους εργοδότες και τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης.

Επικράτηση των ΜΣΠ

Η κυριότερη επαγγελματική ασθένεια των ευρωπαϊκών εργαζομένων είναι οι ΜΣΠ. Σύμφωνα με τα στοιχεία της έκτης Ευρωπαϊκής έρευνας για τις συνθήκες εργασίας (που διεξήχθη σε 35 χώρες: ΕΕ28 συν Αλβανία, ΠΓΔΜ, Μαυροβούνιο, Νορβηγία, Σερβία, Τουρκία και Ελβετία) σχεδόν οι μισοί Ευρωπαίοι εργαζόμενοι πάσχουν από ΜΣΠ που σχετίζονται με την εργασία. Αυτό σημαίνει ότι περίπου 75-80 εκατομμύρια εργαζόμενοι ανέφεραν ότι πάσχουν από επαγγελματικές μυοσκελετικές παθήσεις.

Μεταξύ των αναγνωρισμένων επαγγελματικών ασθενειών, η υψηλότερη συχνότητα εντοπίζεται στην ομάδα των μυοσκελετικών προβλημάτων (σχήμα 1).



Σχήμα 1

Οι ΜΣΠ αποτελούν σημαντική αιτία απουσιασμού από την εργασία. Συνολικά, το 61% των ατόμων που αναφέρουν μια ΜΣΠ πήρε αναρρωτική άδεια. Περίπου το 35% ανέφερε πως βγήκε σε αναρρωτική άδεια για λιγότερο από ένα μήνα και το 26% ανέφερε αναρρωτική άδεια για τουλάχιστον ένα μήνα.

Αυτό σημαίνει ότι περίπου 60% του συνόλου των βραχυπρόθεσμων (<1 μήνα) και μακροχρόνιων (≥ 1 μήνα) απουσιών ασθενείας στην ΕΕ των 27 λόγω επαγγελματικών ασθενειών αποδίδεται σε μυοσκελετικές ασθένειες σύμφωνα με την Έρευνα Εργατικού Δυναμικού (2007). Μάλιστα, το ποσοστό επανεμφάνισης κυμαίνεται από 20% έως 44% εντός ενός έτους στον ενεργό πληθυσμό. Μόνο τα "ατυχήματα" έχουν υψηλότερη κατάταξη από τις ΜΣΠ.

Ο υψηλός επιπολασμός των ΜΣΠ έχει σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο. Οι συνέπειες είναι διπτές: για τους εργοδότες και για τους εργαζόμενους. Οι μυοσκελετικές ασθένειες ρίχνουν την αποδοτικότητα της επιχείρησης λόγω απώλειας παραγωγικότητας. Επιπλέον, αυξάνουν τα κοινωνικά έξοδα, δηλαδή, την αποζημίωση των εργαζομένων, τα ιατρικά και τα διοικητικά έξοδα

Το κόστος των μυοσκελετικών παθήσεων ως ποσοστό του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ)

Εκτιμάται ότι στην Βρετανία το συνολικό κόστος των επαγγελματικών μυοσκελετικών παθήσεων ανά έτος ήταν το 1995/1996 5.6-5.8 δισ. στερλίνες, ποσό το οποίο αντιστοιχεί στο 0.79-0.82 του ΑΕΠ της Βρετανίας.

Στη Γερμανία οι συνολικές απώλειες εξαιτίας των μυοσκελετικών παθήσεων που σχετίζονται με την εργασία αγγίζει το 0,61% του ΑΕΠ.

Στη Φιλανδία το συνολικό κοινωνικό και οικονομικό κόστος των μυοσκελετικών παθήσεων εκτιμήθηκε το 1996 στο ποσοστό 1% περίπου του ΑΕΠ.

Στη Δανία το κόστος των επαγγελματικών μυοσκελετικών παθήσεων εκτιμήθηκε το 1992 στο 1,150 εκατ. Ευρώ [6].

Τέλος, ένα ακόμα χαρακτηριστικό παράδειγμα του συνολικού αντισταθμιζόμενου κόστους των συνεπειών των ΜΣΠ είναι αυτό των Ηνωμένων Πολιτειών. Συγκεκριμένα, μόνο για πόνους στην οσφυϊκή χώρα το κόστος αυτό ανήλθε το 1986 σε 11,1 δισεκατομμύρια δολάρια [7,8].

Επικράτηση των παραγόντων κινδύνου των ΜΣΠ

Τα αίτια των μυοσκελετικών παθήσεων είναι συνήθως πολυπαραγοντικά και υπάρχουν πολλοί επαγγελματικοί κίνδυνοι για τους διάφορους τύπους ΜΣΠ.

Οι εργαζόμενοι είναι γενικά εκτεθειμένοι σε διάφορους παράγοντες ταυτόχρονα και η αλληλεπίδραση όλων αυτών είναι συχνά άγνωστη. Κάποια ΜΣΠ αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου και προκαλούνται από ένα συνδυασμό παραγόντων κινδύνου που δρουν ταυτόχρονα σε μια περιοχή των αρθρώσεων ή του σώματος, με συνεργική δράση.

Μέχρι τώρα ο βιολογικός μηχανισμός παθογένειας που προκαλεί την ανάπτυξη της πλειοψηφίας των επαγγελματικών ΜΣΠ είναι άγνωστος. Διάφορα μοντέλα έχουν προταθεί για να εξηγήσουν τους βιολογικούς μηχανισμούς. Λόγω της διαφορετικότητας μεταξύ των εργαζομένων, είναι αδύνατο να εκτιμηθεί η πιθανότητα ανάπτυξης επαγγελματικών ΜΣΠ σε ατομικό επίπεδο. Όπως λένε συνήθως οι γιατροί: "Δεν υπάρχουν ασθένειες, αλλά ασθενείς".

Αίτια των Μυοσκελετικών Παθήσεων

- Παρατεταμένες, επαναλαμβανόμενες ή επίπονες στάσεις του σώματος. Οι λανθασμένες στάσεις του σώματος ασκούν υπερβολική δύναμη στις αρθρώσεις και υπερφορτώνουν τους μύες και τους τένοντες γύρω από την άρθρωση που επιβαρύνεται. Οι αρθρώσεις του σώματος λειτουργούν αποτελεσματικά όταν κάνουν κινήσεις μεσαίου εύρους. Ο κίνδυνος για ΜΣΠ αυξάνεται όταν οι αρθρώσεις εκτελούν κινήσεις εκτός του μεσαίου εύρους κατά επαναλαμβανόμενο τρόπο ή για παρατεταμένες χρονικές περιόδους χωρίς επαρκή χρόνο αποκατάστασης. Μια εργασία θεωρείται συχνά επαναλαμβανόμενη εάν πραγματοποιείται σε κύκλους των 30 δευτερολέπτων ή λιγότερο [9].
- Υπερβολική Δύναμη: Πολλές εργασίες απαιτούν υψηλό φορτίο δύναμης από το ανθρώπινο σώμα. Η μυϊκή προσπάθεια αυξάνεται ανάλογα με την απαιτούμενη δύναμη με συνέπεια να αυξάνεται αντίστοιχα η κόπωση που μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση κάποιου μυοσκελετικού προβλήματος.

- Κραδασμοί χειρός - βραχίονα, ολοσωματικές δονήσεις, μηχανική συμπίεση μυών και κρύο.
- Ψυχοκοινωνικοί παράγοντες (π.χ. ρυθμός εργασίας, αυτονομία, μονοτονία, κύκλος εργασίας/ανάπαυσης, απαιτήσεις εργασίας, κοινωνική υποστήριξη από τους συναδέλφους και εργασιακή αβεβαιότητα).
- Μεμονωμένοι παράγοντες (π.χ. ηλικία, φύλο, επαγγελματικές δραστηριότητες, αθλητικές δραστηριότητες, οικιακές δραστηριότητες, ψυχαγωγικές δραστηριότητες, κατανάλωση αλκοόλ/καπνού και πιθανώς προϋπάρχουσες ΜΣΠ).

Κραδασμοί/δονήσεις και ΜΣΠ

Οι κραδασμοί, δηλαδή οι ταλαντώσεις γύρω από ένα σταθερό σημείο, μπορούν να εισέλθουν στο σώμα από οποιοδήποτε σημείο που έρχεται σε επαφή με μια δόνηση και περιλαμβάνει τα χέρια (κραδασμοί στα χέρια-βραχίονες), πόδια, γλουτοί και μέση (ολοσωματικοί κραδασμοί). Οι ανεπιθύμητες επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με την έκθεση σε κραδασμούς εξαρτώνται εν μέρει από το κύριο σημείο εισόδου στο σώμα. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να τεκμηριωθεί η προέλευση της επαγγελματικής έκθεσης καθώς και της οδού μετάδοσης. Για παράδειγμα, κατά την οδήγηση ενός οχήματος ένας εργαζόμενος εκτίθεται σε κραδασμούς χειρός - βραχίονα μέσω επαφής με το τιμόνι, με ολοσωματικές δονήσεις μέσω του καθίσματος και με δόνηση που μεταδίδεται στα πόδια από το πάτωμα.

Οι επιδράσεις στην υγεία που σχετίζονται με τις ολοσωματικές δονήσεις έχουν τεκμηριωθεί πολλαπλώς και περιλαμβάνουν πόνο στην οσφυϊκή χώρα, εκφυλισμό της σπονδυλικής στήλης, προβλήματα στον αυχένα, πονοκεφάλους, ναυτία, προβλήματα του γαστρεντερικού συστήματος, διαταραγμένο ύπνο και δυσλειτουργίες του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Ο βαθμός του προβλήματος που ενδέχεται να προκληθεί από έκθεση σε κραδασμούς είναι μεταβλητός και εξαρτάται από το μέγεθος, τη συχνότητα και τη διάρκεια της έκθεσης σε αυτούς. Χαρακτηριστικά, ο πόνος στην οσφυϊκή χώρα είναι το πιο συνηθισμένο παράπονο μεταξύ των εργαζομένων που εκτίθενται σε ολοσωματικές δονήσεις.

Κάποιες μελέτες έχουν εξετάσει τις επιπτώσεις των τμηματικών κραδασμών στους σκελετικούς μυς. Οι μεμονωμένη έκθεση σε κραδασμούς δεν φαίνεται να επηρεάζει τη μορφολογία των σκελετικών μυών. Ωστόσο, η επανειλημμένη έκθεση σε δονήσεις έχει ως αποτέλεσμα τον εκφυλισμό των μυϊκών ινών.

Πειράματα που έγιναν σε ποντίκια έδειξαν ότι η ατροφία των σκελετικών μυών συνοδεύεται επίσης από αδυναμία των άκρων που οδηγεί τελικά σε δυσκολία στο περπάτημα. Αν συμβαίνουν στους ανθρώπους παρόμοιες μεταβολές στους σκελετικούς μύες και τα περιφερικά νεύρα, είναι λογικό να υποθέσουμε ότι θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μυϊκή αδυναμία και μακροπρόθεσμες αλλαγές στην κινητική λειτουργία.

Μηχανοδηγοί και Μυοσκελετικές παθήσεις

Ως έναυσμα για τις μελέτες που συσχετίζουν τις ΜΣΠ με τους οδηγούς των μέσων σταθερής τροχιάς υπήρξε η παρατήρηση ότι ένας μεγάλος αριθμός μηχανοδηγών επισκέπτονται γιατρούς αναφέροντας μυοσκελετικά προβλήματα και ειδικότερα στην οσφυϊκή χώρα [10,11]. Ένα σημαντικό ποσοστό απουσιασμού των μηχανοδηγών και γενικά των οδηγών μέσων σταθερής τροχιάς οφείλεται σε μυοσκελετικά προβλήματα υγείας.

Τα δυο κύρια αίτια που προκαλούν την τόσο συχνή εμφάνιση των ΜΣΠ στους οδηγούς μέσων σταθερής τροχιάς εστιάζονται στο αποτέλεσμα επίπονων στάσεων του σώματος κατά την εργασία (εργονομικά προβλήματα στους θαλάμους μηχανοδήγησης) και στην αυξημένη-παρατεταμένη έκθεση σε κραδασμούς και δονήσεις.

Οι μηχανοδηγοί είναι εκτεθειμένοι σε δονήσεις με κυρίαρχη συχνότητα τα 4.2 Hz. Αυτή η συχνότητα προκαλεί συντονισμό στη σπονδυλική στήλη και τη λεκάνη, γεγονός που δείχνει ότι οι μηχανοδηγοί διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο να αντιμετωπίσουν προβλήματα στην μέση μετά από παρατεταμένη έκθεση σε κραδασμούς [12].

Στην συνέχεια παραθέτουμε μελέτες που έχουν γίνει πάνω στα δυο αυτά αίτια.

Ειδικά στο θέμα των κραδασμών έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές αξιόλογες μελέτες σε εθνικό επίπεδο, ενώ κάποιες από αυτές έχουν γίνει σε σύγκριση με άλλους κλάδους εργαζομένων προκειμένου να τεκμηριωθεί πληρέστερα ο αυξημένος κίνδυνος που διατρέχουν οι μηχανοδηγοί.

ΕΚΘΕΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΟΔΗΓΩΝ ΣΕ ΟΛΟΣΩΜΑΤΙΚΕΣ **ΔΟΝΗΣΕΙΣ**

Αρχικά, θα κάνουμε μια σύντομη ανασκόπηση σχετικά με τους κραδασμούς/δονήσεις και πως πραγματοποιούνται οι μετρήσεις στον εργασιακό χώρο.

Οι δονήσεις είναι μηχανικές ταλαντώσεις που μεταφέρονται μέσω στέρεων σωμάτων και χαρακτηρίζονται από φυσικά μεγέθη, τα κυριότερα των οποίων είναι:

- Η περίοδος (T)
- Η συχνότητα (ν), με μονάδα μέτρησης τα *Hertz (Hz)*
- Το πλάτος, που εκφράζεται σε *cm*
- Η ταχύτητα που μετριέται σε *cm/sec* και η επιτάχυνση που μετριέται σε *m/sec²*

Ο μηχανισμός με τον οποίο επιδρούν οι μηχανικές δονήσεις στον ανθρώπινο οργανισμό είναι σύνθετος και συνάρτηση πολλών μεταβλητών.

Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε ακριβώς τα αποτελέσματα των δονήσεων/κραδασμών στον εργαζόμενο, πρέπει να εξετάσουμε αφενός μεν τους τρόπους μεταφοράς των δονήσεων/κραδασμών στο ανθρώπινο σώμα και τη βιολογική απάντηση του οργανισμού, αφετέρου δε τα φυσικά χαρακτηριστικά του φαινομένου.

Η μεταφορά μηχανικής ενέργειας (δονήσεων/κραδασμών) στο ανθρώπινο σώμα πραγματοποιείται κυρίως:

- I. Διαμέσου της “επιφάνειας στήριξης” του σώματος στο μέσο που δονείται
- II. Διαμέσου του άξονα χειρός – βραχίονα όταν ο εργαζόμενος χειρίζεται διάφορα κρουστικά ή περιστρεφόμενα εργαλεία.

Η μηχανική ενέργεια και τα φυσικά μεγέθη που τη χαρακτηρίζουν (πλάτος, ταχύτητα, επιτάχυνση) αποτελούν το “συντελεστή καταπόνησης” όχι μόνο των οργάνων και ιστών που βρίσκονται σε άμεση επαφή με την πηγή της ενέργειας, αλλά και των οργάνων και ιστών στα οποία η ενέργεια μεταφέρεται διαμέσου των ενδιάμεσων δομών.

Επίσης σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση των κραδασμών στον οργανισμό αποτελεί το φάσμα συχνοτήτων των μηχανικών δονήσεων. Το ανθρώπινο σώμα αντιδρά διαφορετικά στις χαμηλές και στις υψηλές συχνότητες.

Στις δονήσεις με χαμηλή συχνότητα (1-2 Hz) το ανθρώπινο σώμα αντιδρά σαν ομοιογενής μάζα, ενώ στις δονήσεις με υψηλή συχνότητα (πάνω από 20 Hz) αντιδρά σαν ένα σύνθετο σύστημα αποτελούμενο από διαφορετικά μέρη, το καθένα με ιδιαίτερη συμπεριφορά ανάλογη των φυσικών χαρακτηριστικών που το διακρίνουν, όπως η ελαστικότητα και η αδράνεια.

Η επίδραση των δονήσεων στον ανθρώπινο οργανισμό, μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες και διαταραχές στις φυσιολογικές λειτουργίες, καθώς και διαφορετικές ανατομικές αλλοιώσεις ως συνέπεια συνεχών μικροτραυματισμών των μαλακών ιστών.

Επίσης, προκαλούνται ψυχολογικές διαταραχές, που είναι ικανές να επηρεάσουν αρνητικά τη γενικότερη κατάσταση της ψυχικής ευεξίας του ατόμου, μειώνοντας την ικανότητα αντίδρασης του οργανισμού στα εξωτερικά ερεθίσματα και κατά συνέπεια αυξάνοντας τις πιθανότητες πρόκλησης ατυχήματος.

Οι δονήσεις που επιδρούν σε όλο το ανθρώπινο σώμα εντάσσονται στο φάσμα των χαμηλών (0-2 Hz) και μέσων συχνοτήτων (2-20 Hz). Η επαγγελματική έκθεση αφορά κύρια στους οδηγούς μέσων μεταφοράς.

Πλήττουν τους εργαζόμενους που βρίσκονται τόσο στην όρθια όσο και στην καθιστική στάση, προκαλώντας την εμφάνιση διαφόρων συμπτωμάτων όπως κυρίως:

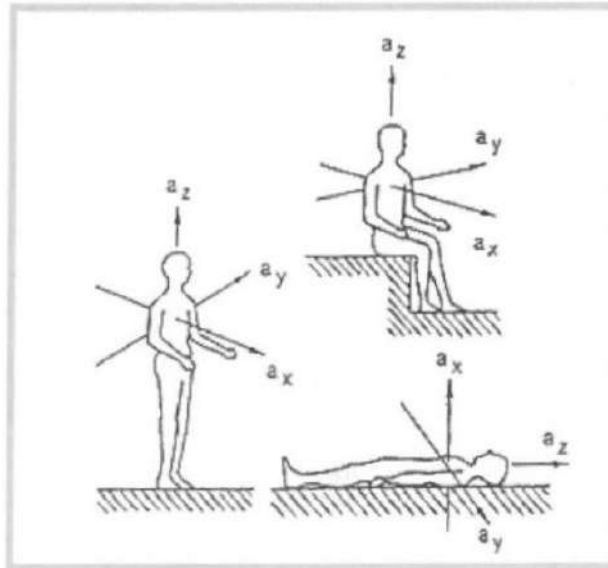
- ναυτία
- υπέρταση
- διαταραχές καρδιακού ρυθμού
- δυσκολίες στη χώνεψη
- γενική δυσφορία
- δύσπνοια
- διαταραχές στην ισορροπία και τις κινήσεις
- βλάβες της σπονδυλικής στήλης

Οι δονήσεις που εντάσσονται στο φάσμα των υψηλών συχνοτήτων (μεταξύ 10-50 Hz), προσβάλλουν τα οστά και τις αρθρώσεις κυρίως των άκρων και της σπονδυλικής στήλης προκαλώντας εκφυλιστικές τάσεις του σκελετού, ως συνέπεια μικροτραυματισμών των ιστών.

Μεθοδολογία μετρήσεων

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με επιταχυνσιόμετρο, ειδική μονάδα μέτρησης δονήσεων και το σχετικό λογισμικό. Το σύστημα βαθμονομείται στην αρχή και στο τέλος των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις των δονήσεων ολόκληρου του σώματος πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας τα φίλτρα στάθμισης που προβλέπονται από το πρότυπο αναφοράς [2631-1 (1997)]. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο οι τρεις ορθογώνιοι άξονες x,y,z αντιστοιχούν στις πλευρές του σώματος εμπρός/πίσω, πλάγια και σπονδυλική στήλη (Σχήμα 2):



Σχήμα 2

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται επιτρέπουν τη μέτρηση του μέσου όρου των επιταχύνσεων (εκφρασμένου σε m/s^2)

- κατά τους τρεις άξονες x,y,z και του διανυσματικού τους αθροίσματος
- του μέγιστου επιπέδου της δόνησης για κάθε άξονα (τιμή rms - μέση τετραγωνική τιμή)
- της μέγιστης τιμής στιγμιαίας μέτρησης για κάθε άξονα (Peak)
- του ελάχιστου επιπέδου για κάθε άξονα.

Αν η ολική ημερήσια έκθεση στη δόνηση σε ένα δεδομένο σώμα αποτελείται από μερικές εκθέσεις με διαφορετικές μέσες τετραγωνικές επιταχύνσεις, τότε η ισοδύναμη και σταθμισμένη ως προς τη συχνότητα συνιστώσα της επιτάχυνσης σε αυτόν τον άξονα πρέπει να καθορίζεται σύμφωνα την παρακάτω εξίσωση:

$$(a_{keq}) = [1/T * \sum_{i=1}^n (a_{ki})^2 * T_i]^{1/2} \quad T = \sum_{i=1}^n T_i$$

Όπου:

T = Ολική διάρκεια ημερήσιας έκθεσης

a_{ki} = i -οστή συνιστώσα της μέσης τετραγωνικής επιτάχυνσης (σταθμισμένη ως προς τη συχνότητα) με διάρκεια T_i

Οριακές τιμές επαγγελματικής έκθεσης

Δεν υπάρχουν θεσμοθετημένες οριακές τιμές επαγγελματικής έκθεσης σε δονήσεις, οι Αμερικανοί Βιομηχανικοί Υγιεινολόγοι (ACGIH), προτείνουν για το 2004 τις εξής τιμές για οκτάωρη επαγγελματική έκθεση:

Άξονας z: $0,315 \text{ m/s}^2$

Άξονες x-y: $0,315 (0,224 * 1,4) \text{ m/s}^2$

Σε περίπτωση που οι άξονες των δονήσεων έχουν παρόμοιες τιμές επιτάχυνσης, είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιήσουμε το διανυσματικό άθροισμα των δονήσεων A_{wt} (ή a_v) όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω τύπο:

$$A_{wt} = \sqrt{(1,4 * a_{wx})^2 + (1,4 * a_{wy})^2 + (a_{wz})^2}$$

Με μία συνιστώμενη τιμή δράσης $0,5 \text{ m/s}^2$ (δανεισμένη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή).

Επίσης η ευρωπαϊκή επιτροπή με την οδηγία 2002-44-EK προτείνει τα εξής:

Η εκτίμηση της στάθμης έκθεσης στους κραδασμούς εξετάζεται ως η ισοδύναμη συνεχής επιτάχυνση για περίοδο 8 ωρών, η οποία υπολογίζεται ως η υψηλότερη του μετρήσιμων τιμών της επιτάχυνσης των σταθμισμένων κατά συχνότητα επιταχύνσεων κατά τους τρεις ορθογώνιους άξονες:

$$(1,4 * A_{wx} - 1,4 * A_{wy} - A_{wz})$$

- Η ημερήσια τιμή έκθεσης η οποία ανάγεται σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών καθορίζεται σε $1,15 \text{ m/s}^2$
- Η ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών, καθορίζεται σε $0,5 \text{ m/s}^2$

Παραθέτουμε τον συνοπτικό Πίνακα 1 οριακών τιμών:

ACGIH	Ορθογώνια συντεταγμένη (x-y-z)	Επιτάχυνση $m * s^{-2}$	Πρότυπο
Οριακή τιμή	Υψηλότερη των τιμών	0,315 (z) 0,224 (x-y)	ISO 2631/1 (1985) ANSI S3.18 (1979)
Τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης	Άθροισμα των τιμών	0,50	ISO 2631/1 (1985) ANSI S3.18 (1979)
Οδηγία 2002/44/ΕΚ	Ορθογώνια συντεταγμένη (x-y-z)	Επιτάχυνση $m * s^{-2}$	Πρότυπο
Οριακή τιμή	Υψηλότερη των τιμών	1,15	ISO 2631-1 (1997)
Τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης	Υψηλότερη των τιμών	0,50	ISO 2631-1 (1997)

Πίνακας 1

Πρώτα θα παραθέσουμε μια έρευνα έκθεσης σε ολοσωματικούς κραδασμούς/δονήσεις που πραγματοποιήθηκε στις Η.Π.Α σε κινητήριες μονάδες των Αμερικανικών Σιδηροδρόμων.

Μελέτη Νο.1

Μελετήθηκε η έκθεση των μηχανοδηγών σε ολοσωματικές δονήσεις καθώς και η απόσβεση -μέσω των καθισμάτων- των κραδασμών σε 22 κινητήριες μονάδες των Η.Π.Α (κατασκευασμένες από το 1959 έως το 2000). Η έρευνα έγινε κατά τη διάρκεια της συνήθους καθημερινής εργασίας των μηχανοδηγών και σύμφωνα με τις διεθνείς οδηγίες μετρήσεων (που αναφέρθηκαν παραπάνω). Οι μετρήσεις των κραδασμών έγιναν στο επίπεδο τριών αξόνων (με μέση διάρκεια χρόνου 155 λεπτών και εύρος χρόνου μεταξύ 84-383 λεπτών) τόσο στο κάθισμα του μηχανοδηγού όσο και συγκριτικά στο δάπεδο της μηχανής.

Εκτός από τη βασική εκτίμηση των κραδασμών (a_w rms), καταγράφηκαν επίσης, το διανυσματικό άθροισμα δονήσεων των τριών αξόνων μέτρησης (A_{wt} ή a_v), η μέγιστη τιμή παροδικών δονήσεων ($MTVV/a_w$),

το άθροισμα προσλαμβανόμενων δονήσεων -ανά 8ωρο- ($VDV/(a_w T^{\frac{1}{4}})$) και ο παράγοντας πραγματικής μεταδόσεως των κραδασμών μέσω του καθίσματος στον μηχανοδηγό (**SEAT**). Γίνεται επίσης αναφορά στις φασματικές πυκνότητες ισχύος.

Η μελέτη αφορούσε μηχανοδηγούς τόσο εμπορικών όσο και επιβατικών αμαξοστοιχιών. Επίσης, μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα της απόσβεσης κραδασμών των διαφορετικών τύπων καθισμάτων στις κινητήριες μονάδες που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Αφορμή για την έρευνα αυτή αποτέλεσε, εν μέρει, η παρατήρηση ότι σε μια εξειδικευμένη κλινική μελέτης επαγγελματικών ασθενειών ένας μεγάλος αριθμός μηχανοδηγών ανέφεραν ενοχλήσεις χαμηλά στην περιοχή της μέσης, ενώ επιπλέον καταγράφηκαν μορφές αναπηρίας που σχετίζονται με το μυοσκελετικό σύστημα της πλάτης.

Γενικά, στην αμερικανική σιδηροδρομική βιομηχανία -στην οποία απασχολούνται περίπου 25.000 μηχανοδηγοί- παρατηρείται έλλειψη δημοσιευμένων μελετών που σχετίζονται με τους εργονομικούς παράγοντες

και τις επιπτώσεις των κραδασμών στο σώμα των σιδηροδρομικών υπαλλήλων.

Το Εθνικό Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (NIOSH) αναγνωρίζει τις ολοσωματικές δονήσεις ως παράγοντα επαγγελματικού κινδύνου για μυοσκελετικές διαταραχές της μέσης, εξίσου μάλιστα με τους υπόλοιπους γνωστούς παράγοντες όπως της ανύψωση βαριών-ογκωδών αντικειμένων, την έντονη κίνηση, τη βαριά σωματική εργασία και τις επίπονες στάσεις εργασίας.

Στα οχήματα σταθερής τροχιάς έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζονται σχετικά μεγάλοι πλευρικοί κραδασμοί λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών αλληλεπίδρασης των ιδίων των οχημάτων με τις σιδηροτροχιές. Γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τα οδικά οχήματα στα οποία κατά το παρελθόν έχουν αναφερθεί κραδασμοί κυρίως ως προς στον κάθετο άξονα z [13,14,15].

Στην τρέχουσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε σύγχρονος εξοπλισμός μέτρησης κραδασμών σύμφωνα με τις τρέχουσες κατευθυντήριες γραμμές για την εκτίμηση έκθεσης σε ολοσωματικές δονήσεις.

Υπάρχουν δύο βασικά σχέδια καμπίνας που χρησιμοποιούνται στις κινητήριες σιδηροδρομικές μονάδες: η παραδοσιακή καμπίνα με διαγώνια μπροστινά/αριστερά -ως προς τον μηχανοδηγό- χειριστήρια και ο σύγχρονος σχεδιασμός με τον πίνακα ελέγχου μπροστά από τον χειριστή.

Ο κάθε ένας από αυτούς τους σχεδιασμούς της καμπίνας δημιουργεί κι ένα διαφορετικό περιβάλλον εργασίας για τον μηχανοδηγό όσον αφορά τις λειτουργικές απαιτήσεις και την στάση του σώματος (καμπυλότητα και στρέψη της σπονδυλικής στήλης). Τα καθίσματα είναι βιδωμένα επάνω σε βάσεις που με τη σειρά τους είναι βιδωμένες στο δάπεδο της καμπίνας.

Οι μετρήσεις των κραδασμών/δονήσεων έγιναν σύμφωνα με τις οδηγίες του προτύπου ISO 2631-1 (1997) [16]. Η επιτάχυνση των κραδασμών μετρήθηκε στους τρεις άξονες κατεύθυνσης πάνω στο αφρώδες υλικό του καθίσματος και στο δάπεδο κοντά στην βάση του καθίσματος.

Αναλύθηκε μία περιοχή συχνοτήτων, όπως συνιστάται για την εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία, από 0,5 έως 80 Hz.

Οι τρεις αισθητήρες επιτάχυνσης στο κάθισμα (χαμηλής μάζας πιεζοανθεκτικοί Endevco, τύπου 7265A-HS (εικόνα 1), ευαισθησία 25 mv/g με πλήρη κλίμακα 20 g) τοποθετήθηκαν αρχικά σε έδρανα από ημιαστικό υλικό και έπειτα πάνω στην επιφάνεια του καθίσματος -εκεί που κάθεται ο μηχανοδηγός- έτσι ώστε ταυτόχρονα να μετράνε τους κραδασμούς που επιδρούν στο ανθρώπινο σώμα αλλά και πηγή των κραδασμών στους τρεις άξονες (x,y,z).

Οι μετατροπείς (Endevco, Type 7265A-HS) που μετρούσαν τους κραδασμούς του κινητηρίου οχήματος τοποθετήθηκαν σε ένα μεταλλικό κλωβό ο οποίος συγκολλήθηκε στο δάπεδο της καμπίνας. Τα ληφθέντα σήματα των κραδασμών/δονήσεων καταγράφηκαν από ένα ψηφιακό καταγραφέα (TCD-D7 16 καναλιών PCM) και αναλύθηκαν με τη χρήση ενός επεξεργαστή σημάτων και ενός κατάλληλου ενισχυτή (PSC 16, KMT).

Η επεξεργασία του σήματος, οι υπολογισμοί όπως και η ανάλυση των κραδασμών (πλάτος δονήσεων, οι a_w τιμές και η ανάλυση των συχνοτήτων) έγιναν με τα ακόλουθα εξαρτήματα:

έναν ταχογράφο (TA 11, Gould), έναν στατιστικό αναλυτή σημάτων (μοντέλο 4426, Brüel & Kjaer) και ένα ολοσωματικό φίλτρο στάθμισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 2631-1 (1997) για τους τρεις άξονες μέτρησης (GA-KÖ-FI, BIA).

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε κι ένας αναλυτής συχνότητας (μοντέλο 35670A, Hewlett Packard).

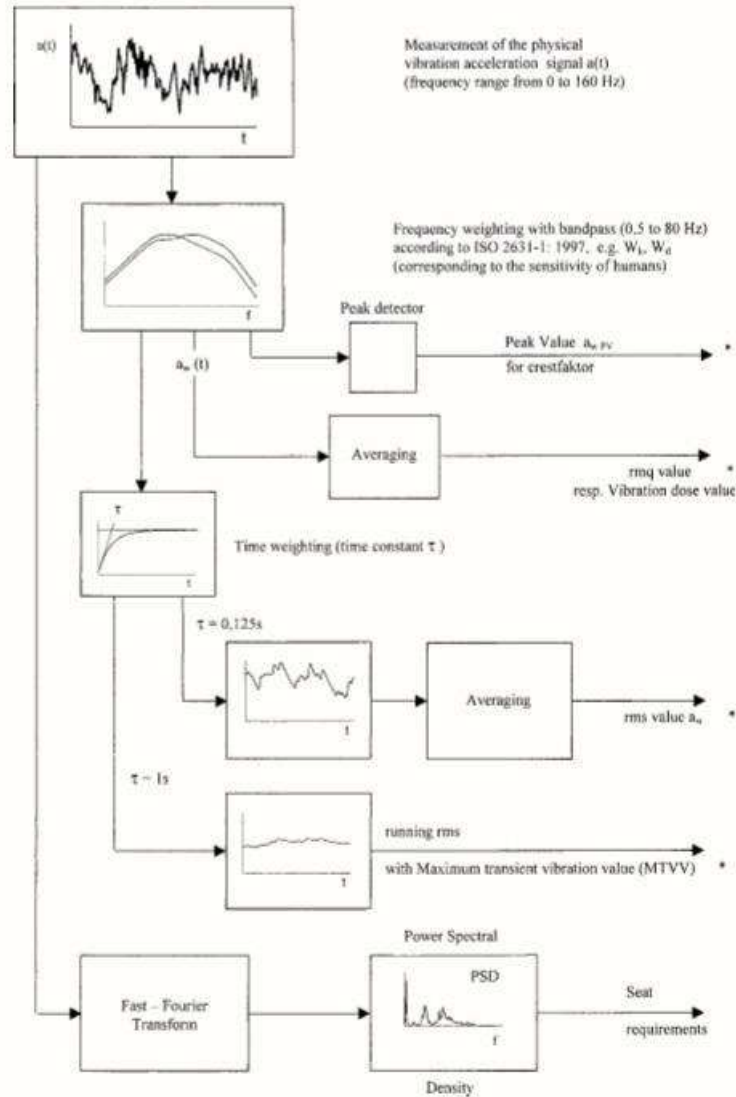


Εικόνα 1

Η διάρκεια των μετρήσεων κράτησε αρκετές ώρες και εξαρτήθηκε από τον χρόνο που χρειαζόταν ο μηχανοδηγός να ολοκληρώσει την υπηρεσία του, δηλαδή, από την ανάληψη υπηρεσίας μέχρι και την άφιξη στο μηχανοστάσιο περιορισμού (Πίνακας 1).

Η διάρκεια της μέτρησης (με μέσο όρο τα 155 λεπτά της ώρας, κυμάνθηκε από 84 λεπτά έως 383 λεπτά) κρίνεται ως ικανοποιητική για να εξασφαλίσει λογική στατιστική ακρίβεια καθώς και ότι οι καταγεγραμμένοι κραδασμοί είναι ενδεικτικοί της έκθεσης του μηχανοδηγού κατά τη διάρκεια μιας συνηθισμένης βάρδιας του.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 3) παρουσιάζεται ένα συνοπτικό σχεδιάγραμμα της συνδεσμολογίας βάση της οποίας που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις και ο τρόπος που εξάχθηκαν οι τιμές των μεγεθών που μας αφορούν:



Σχήμα 3

Οι μετρήσεις έγιναν κατά την καθημερινή/συνήθη διαδρομή τόσο εμπορικών όσο και επιβατικών αμαξοστοιχιών σε μεγάλο φάσμα σιδηροδρομικών εταιρειών των Ηνωμένων Πολιτειών. Χρησιμοποιήθηκαν τόσο κύριες γραμμές όσο και παρακαμπτήριες γραμμές, με την μέγιστη ταχύτητα των αμαξοστοιχιών να ποικίλλει ανάλογα με το καθορισμένο για την κάθε διαδρομή που γινόταν οι μετρήσεις όριο, καθώς και τα χαρακτηριστικά της κάθε κινητήριας μονάδας.

Οι μηχανοδηγοί που συμμετείχαν είχαν εύρος ενεργής υπηρεσίας στον σιδηρόδρομο μεταξύ 10 και 30 ετών.

Παρέμεναν κατά την διάρκεια των μετρήσεων καθισμένοι, αποφεύγοντας όσο το δυνατόν τις περιπτώσεις κινήσεις ώστε να αποφευχθούν τα σφάλματα, όμως είχαν την εντολή να κάνουν τους συνήθεις χειρισμούς. Από τις ληφθείσες μετρήσεις αφαιρέθηκαν πιθανά σφάλματα και ασαφή σήματα πριν η ανάλυση των δεδομένων.

Ο στόχος της μελέτης δεν ήταν συσχετίσει την ταχύτητα της αμαξοστοιχίας με τους κραδασμούς αλλά να μελετήσει την έκθεση σε κραδασμούς χρησιμοποιώντας μια ποικιλία κινητήριων μονάδων και διαδρομών (με ποικίλους τύπους γραμμών, όπως: συνεχώς συγκεκολλημένες σιδηροτροχιές, με ξύλινους, μεταλλικούς ή ολόσωμους στρωτήρες, γραμμές υψηλών ταχυτήτων κοκ).

Η μέση ταχύτητα παρέμεινε στις οριακές ταχύτητες όπως έχουν οριστεί από την κάθε σιδηροδρομική εταιρεία, αλλά δεν μετρήθηκε εξειδικευμένα καθώς η συσχέτιση ταχύτητας-κραδασμών δεν αποτελούσε αντικείμενο της συγκεκριμένης μελέτης.

Ο λόγος των κραδασμών στη επιφάνεια του καθίσματος του μηχανοδηγού προς τους κραδασμούς στο σημείο στερέωσης του καθίσματος περιγράφεται ως ο παράγοντας πραγματικής μεταδόσεως των κραδασμών μέσω του καθίσματος στον μηχανοδηγό (SEAT) σύμφωνα με το πρότυπο ISO 10326-1: 1992 [17]

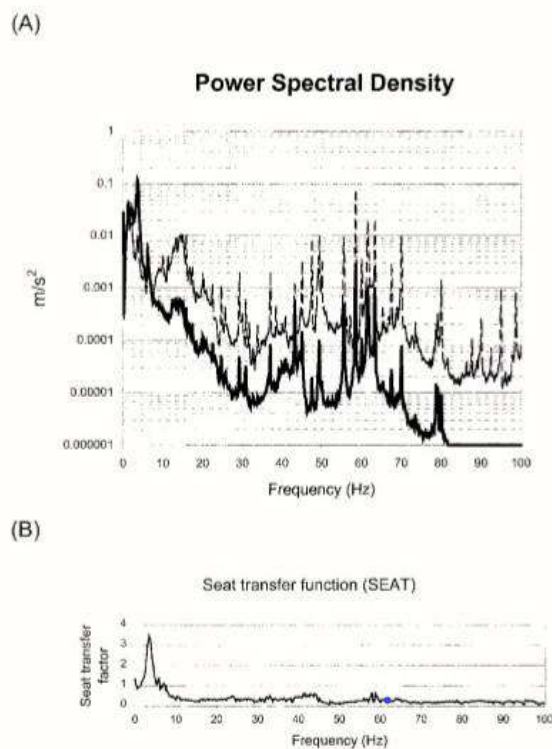
Ο παράγοντας SEAT ουσιαστικά δείχνει την ικανότητα του καθίσματος να μειώνει τις δονήσεις που προκαλούνται από το όχημα (είσοδος) και την πραγματική στάθμη κραδασμών που μεταδίδεται στο επίπεδο των γλουτών του χειριστή (έξοδος). Μια τιμή 1 υποδεικνύει ότι όλοι οι κραδασμοί εισόδου θα μεταφερθούν χωρίς καμία απόσβεση, ενώ μια τιμή >1 θα έδειχνε ενίσχυση των μεταδιδόμενων δονήσεων στους γλουτούς και τη σπονδυλική στήλη του μηχανοδηγού.

Άλλο ένα μέγεθος που βοηθά να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα του καθίσματος στην απόσβεση δονήσεων είναι οι φασματικές πυκνότητες ισχύος (PSD) σε ένα εύρος συχνοτήτων από 0 έως 80 Hz. Η σχέση των τιμών PSD μεταξύ της επιφάνειας του καθίσματος και του σημείου έδρασης του καθίσματος παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα απόσβεσης κραδασμών.

Γενικά, τα σωστά σχεδιασμένες θέσεις έχουν συχνότητα συντονισμού που είναι τουλάχιστον 1,4 φορές χαμηλότερη από την κυρίαρχη συχνότητα συντονισμού του οχήματος στο όποιο εδράζεται το κάθισμα.

Ένα τυπικό PSD διάγραμμα καθίσματος μαζί με την συνάρτηση του παράγοντα SEAT παρουσιάζεται παρακάτω (Σχήμα 4):

(Η συμπαγής γραμμή δείχνει τους κραδασμούς στην επιφάνεια του καθίσματος και η διακεκομμένη γραμμή δείχνει τους κραδασμούς στο επίπεδο του δαπέδου της μηχανής)



Σχήμα 4

Επιπλέον, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 2631-1 (1997) οι κρίσιμες τιμές έκθεσης σε κραδασμούς, μετά τις οποίες πρέπει να αναζητηθούν πρόσθετα μέτρα προστασίας και επαναξιολόγηση της κατάστασης, δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\frac{MTVV}{a_w} = 1.5$$

$$\frac{VDV}{a_w \cdot T^{1/4}} = 1.75$$

Συνολικά έγιναν 22 μετρήσεις κραδασμών σε αμαξοστοιχίες (από τα οποίες οι οκτώ ήταν σε επιβατικά τρένα) τόσο στο επίπεδο του δαπέδου του θαλάμου μηχανοδήγησης όσο και στο επίπεδο του καθίσματος του μηχανοδηγού. Μέσος χρόνος δειγματοληψίας ήταν τα 155 λεπτά με μέγιστη ταχύτητα τα 120 χαω.

Παρακάτω στον Πίνακα 2 αναφέρονται τα μοντέλα των κινητηρίων μονάδων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα, το έτος κατασκευής, η ισχύς τους και πόσες μηχανές από τον κάθε τύπο βρίσκονται κατά το χρόνο των μετρήσεων εν υπηρεσία.

Πληροφορίες για τις κινητήριες μονάδες και τον τύπο των καθισμάτων

A/A	Τύπος Μηχανής	Αριθμός Μηχανής	Έτος κατασκευής	Ισχύς (hp)	Κατασκευαστής	Αριθμός μονάδων εν υπηρεσία
1	AC4400CW	UP6886	1998	4400	GE	1800
2	SD90/43AC	UP8066	1996	4300	GM EMD	410
3	D9 40C		1995	4000	GE	125
4	SW1500		1959	1500	GM EMD	807
5	F40PH		1978	3000	GM EMD	278
6	P32 AC-DM		1998	3200	GE	36
7	SD751	CN5676	1996	4000	GE	200
8	GP40	106	1967	3000	GM EMD	2400
9	GP38	2000	1966	2000	GM EMD	3000
10	GP40	6673	1967	3000	GM EMD	2400
11	GP40	3106	1967	3000	GM EMD	2400
12	GP40	106	1966	3000	GM EMD	2400
13	GP40	6673	1967	3000	GM EMD	2400
14	GP9	886	1959	1750	GM EMD	
15	GP38	51	1970	2000	GM EMD	3000
16	F40PH	268	1976	3000	GM EMD	450
17	AEM-7(H/A)	917	1981	7000	ASEM/EMD	52
18	P32 AC-DM	707	1998	3200	GE	36
19	AEM-7(H/A)	906	1980	7000	ASEM/EMD	52
20	HS "Acela" (H/A)	661	2000	7000	Bombardier	
21	P32 AC-DM	716	1998	3200	GE	36
22	GP40-2	SP7600	1974	3000	GM EMD	2400

Πίνακας 2

Σε συνέχεια του Πίνακα 2 παρατίθεται ο χρόνος δειγματοληψίας, ο τύπος της αμαξοστοιχίας (Εμπορική (ΕΜ)/Επιβατική (ΕΠ)), η μέγιστη ταχύτητα κατά τη διάρκεια της μέτρησης, ο τύπος έδρασης του καθίσματος, η θέση των χειριστηρίων (Μπροστά/Πλάι-Αριστερά), ο τύπος των χειριστηρίων, το υλικό κατασκευής του καθίσματος και αν υπήρχε μηχανισμός ανάρτησης ή όχι:

(Συνέχεια του Πίνακα 2)

Χρόνος δειγματοληψίας	Τύπος αμαξίας	Μέγιστη ταχύτητα (μλ/ώρα)	Έδραση καθίσματος	Θέση χειριστηρίων	Τύπος χειριστηρίων	Υλικό καθίσματος	Σύστημα απόσβεσης κραδασμών
242	Εμπορική	50	Δάπεδο	Εμπρός	USSC 9002-1001		ΝΑΙ
383	ΕΜ	50	Δάπεδο	Εμπρός	USSC 9002-1001		ΝΑΙ
98	ΕΜ	40	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
98	ΕΜ	20	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
101	Επιβατική	78	Δάπεδο	Αριστερά	USSC 9002-1001		ΝΑΙ
106	ΕΠ	72	Δάπεδο	Εμπρός	USSC 9002-1001		ΝΑΙ
326	ΕΜ	50	Πλευρικά	Αριστερά	Baultier		ΝΑΙ
103	ΕΜ	30	Πλευρικά	Αριστερά	Jagger		ΝΑΙ
103	ΕΜ	30	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
146	ΕΜ	30	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
148	ΕΜ	30	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
154	ΕΜ	30	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
141	ΕΜ	30	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
88	ΕΜ	30	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
112	ΕΜ	30	Δάπεδο	Αριστερά	TRIAX TTC 202		ΟΧΙ
137	ΕΠ	70	Δάπεδο	Αριστερά	USSC 9002-1001		ΟΧΙ
84	ΕΠ	90	Δάπεδο	Εμπρός	USSC 9002-1001		ΟΧΙ
124	ΕΠ	75	Δάπεδο	Εμπρός	BeGe		ΝΑΙ
158	ΕΠ	90	Δάπεδο	Εμπρός		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ
163	ΕΠ	120	Δάπεδο	Εμπρός	USSC 9800-2000011-000		ΝΑΙ
98	ΕΠ	75	Δάπεδο	Εμπρός	USSC 90/2-200003-002	Αφρός/Ξύλο	ΝΑΙ
306	ΕΜ	50	Πλευρικά	Αριστερά		Αφρός/Ξύλο	ΟΧΙ

Ο σχεδιασμός των καθισμάτων και ο τρόπος έδρασης στο δάπεδο διέφερε μεταξύ των μηχανών που έγιναν οι μετρήσεις. Οι νεότερες κατασκευαστικά μονάδες διέθεταν καθίσματα με περισσότερες ρυθμίσεις όπως για παράδειγμα ρύθμιση ύψους, θέσης εμπρός/πίσω και γωνία στήριξη πλάτης.

Επιπλέον διέθεταν βραχίονες στήριξης των χεριών και κάποιο είδος συστήματος απόσβεσης κραδασμών. Ενώ οι παλαιότερες μηχανές που έχουν κατασκευαστεί πριν από τα μέσα της δεκαετίας του 70 έχουν συνήθως στρογγυλά καθίσματα αποτελούμενα από αφρώδη υλικά επενδυμένα με βινύλιο τα οποία επιτρέπουν ελάχιστες ρυθμίσεις στον μηχανοδηγό. Παρατηρήθηκε ότι πολλά καθίσματα ήταν χαλαρά στα σημεία στήριξης τους στο δάπεδο είτε λόγω κακού σχεδιασμού, είτε λόγω έλλειψης συντήρησης, είτε ακόμα λόγω κάποιας βλάβης του καθίσματος.

Αυτά τα προβληματικά καθίσματα μάλιστα παρουσίαζαν μεγάλη αστάθεια κατά την κίνηση της αμαξοστοιχίας ή τις κινήσεις του μηχανοδηγού. Στις κινητήριες μονάδες που τα χειριστήρια βρισκόταν αριστερά ως προς το κάθισμα προκαλούνταν στροφή της σπονδυλικής στήλης του μηχανοδηγού κατά τον χειρισμό. Αυτή η στάση σώματος επηρεάζει τον άξονα του σώματος σε οριζόντιο και κάθετο επίπεδο.

Ανεξάρτητα από την ηλικία ή τον τύπο κατασκευής τους όλοι οι τύποι των καθισμάτων φαίνεται ότι δεν μειώνουν τους κραδασμούς. Μάλιστα, πολλά από τα καθίσματα προκάλεσαν *την αύξηση* των δονήσεων κατά την οριζόντια και κατακόρυφη κατεύθυνση. Ακόμα και ελεγχόμενο κάθισμα με ανάρτηση νεότερης γενιάς δεν είχε αποτελεσματικότητα στην απόσβεση των δονήσεων συχνότητας μικρότερης των 8 Hz. Αντίθετα, όλα τα καθίσματα που δοκιμάστηκαν συνεισφέρουν στην αύξηση των δονήσεων από 0 έως 8Hz, ανεξάρτητα από την ηλικία ή τον τύπο κατασκευής. Αυτή είναι μια ιδιαίτερα σημαντική περιοχή συχνοτήτων γιατί σε αυτή εμφανίζει ευαισθησία το κατώτερο τμήμα της σπονδυλικής στήλης. Σημειώνεται ότι το εύρος συχνοτήτων που μετρήθηκε επικαλύπτεται από την συχνότητα συντονισμού της κατώτερης σπονδυλικής στήλης (που κυμαίνεται από τα 4 έως 12 Hz).

Η βασική στάθμη κραδασμών (a_w rms) ήταν κατά τον διαμήκη άξονα x $0,18 \frac{m}{sec^2}$, κατά τον εγκάρσιο άξονα y $0,28 \frac{m}{sec^2}$ και κατά τον κάθετο άξονα z $0,32 \frac{m}{sec^2}$. Το μέσο διανυσματικό άθροισμα των τριών αξόνων ήταν $0,59 \frac{m}{sec^2}$ (μέε εύρος από 0,27 έως 1,44). Οι συντελεστές κορυφής ήταν γενικά ίσοι ή μεγαλύτεροι του 9 στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα.

Η μέση τιμή του ($MTVV/a_w$) ήταν στους αντίστοιχους άξονες μέτρησης: 5,3 (x), 5,1 (y) και 4,8 (z), ενώ οι μέσες τιμές του ($VDV/(a_w T^{1/4})$) κυμαίνονταν από 1,32 έως 2,3 (άξονας x), 1,33 έως 1,7 (Άξονας y) και 1,38 έως 1,86 (άξονας z), που γενικά υποδηλώνουν υψηλά επίπεδα κραδασμών. Η μέση τιμή του παράγοντα πραγματικής μεταδόσεως των κραδασμών μέσω του καθίσματος (SEAT) ήταν 1,4 (x) και 1,2 (y) και 1 (z), γεγονός που αποδεικνύει γενική αναποτελεσματικότητα οποιουδήποτε συστήματος ανάρτησης των καθισμάτων. Αρκετές μετρήσεις τιμών των ($MTVV/a_w$) και ($VDV/(a_w T^{1/4})$) ξεπέρασαν τις οριακές τιμές (1.5 και 1.75, αντιστοίχως) που προβλέπονται από το πρότυπο ISO 2631-1 (1997) για την υγεία και την άνεση του εργαζομένου. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν υψηλή συχνότητα ισχυρών κραδασμών/δονήσεων σε όλους τους άξονες μέτρησης. Παρακάτω παρατίθεται ο συνοπτικός Πίνακας 3 με τις μετρήσεις για το κάθε μέγεθος που μας αφορά:

Αποτελέσματα μετρήσεων στις Κινητήριες μονάδες																
Α/Α	a_w (Κάθισμα)			a_v	a_w (Δάπεδο)			SEAT			$MTVV/a_w$			$VDV/a_w T^{1/4}$		
	x	y	z		x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Άξονας																
1	0,13	0,15	0,32	0,42	0,1	0,12	0,37	1,3	1,1	0,9	7,1	6,7	7,03			
2	0,15	0,23	0,50	0,63	0,1	0,18	0,32	1,5	0,8	1,6	5,3	7,7	7,1			
3	0,07	0,14	0,16	0,27	0,04	0,11	0,18	1,4	1,3	0,9	4	5,7	3,3	1,42	1,53	1,42
4	0,21	0,24	0,25	0,51	0,12	0,18	0,27	1,8	1,3	0,9	4,3	5,3	3,9			
5	0,13	0,24	0,38	0,54	0,1	0,2	0,27	1,3	1,2	1,1	3,8	4,1	4,6	1,32	1,33	1,38
6	0,12	0,30	0,41	0,61	0,07	0,26	0,34	1,2	1,2	0,8	3,2	4,6	4,3			
7	0,19	0,17	0,40	0,54	0,1	0,14	0,35	1,9	1,2	1,1	5,3	5,2	5,6	1,91	1,54	1,79
8	0,11	0,37	0,31	0,62	0,1	0,36	0,34	1,1	1,0	0,9	4,1	3,8	3,2	1,56	1,38	1,41
9	0,39	0,53	0,36	0,99			0,32			1,1	10,7	4,4	4			
10	0,10	0,34	0,25	0,56	0,09	0,3	0,28	1,1	1,1	0,9	3,5	2,9	3,6	1,52	1,37	1,44
11	0,43	0,51	0,29	0,98			0,3			1,0	5,4	4,8	5,5			
12	0,12	0,39	0,32	0,65	0,1	0,36	0,33	1,2	1,1	1,0	4,2	3,6	3,5	1,52	1,38	1,46
13	0,72	0,71	0,26	1,44							4,4	3,9	4,6			
14	0,08	0,14	0,14	0,27	0,06	0,12	0,23	1,3	1,2	0,6	5,6	5	4	2,3	1,61	1,48
15	0,25	0,26	0,23	0,55			0,21			1,1	8,3	7,6	4,4			
16	0,10	0,22	0,30	0,45	0,06	0,2	0,34	1,7	1,1	0,9	4,7	4,5	4,2			
17	0,07	0,18	0,24	0,36	0,07	0,15	0,23	1,0	1,2	1,0	3,6	4,9	3,7	1,6	1,63	1,57
18	0,07	0,23	0,39	0,55	0,06	0,19	0,43	1,3	1,2	0,9	6,06	4,7	5,44	1,57	1,59	1,63
19	0,11	0,19	0,35	0,46	0,11	0,15	0,33	1,0	1,3	1,1	5,83	6,87	5,25	1,73	1,69	1,86
20	0,08	0,21	0,34	0,47	0,06	0,18	0,32	1,2	1,2	1,1	6,87	5,12	5,26	1,72	1,47	1,71
21	0,11	0,23	0,40	0,54	0,06	0,2	0,54	1,9	1,2	0,7	4,44	5,06	4,8	1,44	1,57	1,61
22	0,12	0,18	0,38	0,51							5,56	6,26	8,64	1,62	1,7	1,75
Μέση τιμή	0,18	0,28	0,32	0,59	0,08	0,2	0,315	1,4	1,2	1,0	5,26	5,12	4,81			
Διάμεσος	0,12	0,23	0,32	0,54	0,09	0,18	0,32	1,3	1,2	1,0	5	4,95	4,5			
Ελάχιστη	0,07	0,14	0,144	0,27	0,05	0,11	0,18	1,0	0,8	0,6	3,2	2,9	3,2	1,32	1,33	1,38
Μέγιστη	0,72	0,71	0,50	1,44	0,12	0,36	0,54	1,9	1,3	1,6	10,7	7,7	6,64	2,3	1,7	1,86
Τυπική απόκλιση	0,15	0,14	0,09	0,26	0,02	0,02	0,08	0,3	0,1	0,2	1,76	1,25	1,36			

Πίνακας 3

Συμπεράσματα

Στη μελέτη αυτή μετρήθηκαν 22 θάλαμοι μηχανοδήγησης κατά τη διάρκεια τυπικών δρομολογίων. Διαπιστώθηκε ότι οι κραδασμοί που μεταδόθηκαν στο κατώτερο τμήμα της σπονδυλικής στήλης του μηχανοδηγού είχαν παρόμοιες τιμές κατά τον εγκάρσιο και τον κάθετο άξονα, ενώ εμφανίστηκαν σημαντικά αυξημένοι κατά τον διαμήκη άξονα συγκριτικά με τα όρια που ορίζονται από το πρότυπο ISO 2631-1 (1997). Η μέση τιμή των κραδασμών ήταν $0,32 \frac{m}{sec^2}$ κατά τον κάθετο άξονα και εμφανίζεται να είναι ίση ή μικρότερη σε σχέση με τα δεδομένα που ισχύουν για τα οδικά οχήματα [18]. Παρόλα αυτά οι μετρήσεις παρουσιάζουν χαρακτηριστικές διαφορές για τα σιδηροδρομικά οχήματα σε σύγκριση με τα οδικά οχήματα (εντός κι εκτός δρόμου).

Τα δεδομένα αυτά υποδηλώνουν ότι η παρουσία του μηχανοδηγού εντός της μηχανής χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλό φορτίο σημάτων κραδασμών (κορυφές επιτάχυνσης) προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι τιμές των κάθετων και των πλευρικών κραδασμών των σιδηροδρομικών κινητήριων μονάδων είναι παρεμφερείς. Τα χρησιμοποιούμενα καθίσματα των κινητήριων μονάδων (νέων ή παλαιών) που δοκιμάστηκαν εμφανίζονται ανεπαρκή για να μειώσουν τους ενδεχομένως επιβλαβείς κραδασμούς που μεταδίδονται στον χειριστή. Μάλιστα, τα παλαιότερα καθίσματα ειδικότερα δεν διαθέτουν βασικά εργονομικά χαρακτηριστικά όσον αφορά τη δυνατότητα ρύθμισης και στήριξης της στάσης του σώματος.

Παρόλο που οι μετρηθείσες βασικές τιμές δονήσεων ενδέχεται να παραμένουν κάτω από ένα δεδομένο όριο κατωφλιού σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση, συμπεραίνουμε ότι από μόνες τους οι μετρήσεις κραδασμών δεν είναι επαρκείς για την εκτίμηση του ενδεχόμενου κινδύνου για την υγεία.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση βρίσκεται σε τελική φάση έγκρισης μίας οδηγία που προβλέπει την ιατρική παρακολούθηση και την λήψη μέτρων πρόληψης αν οι βασικές τιμές κραδασμών υπερβαίνουν το προτεινόμενο όριο των $0,5 \frac{m}{sec^2}$ για 8 ωρών διάρκεια εργασίας [19,20,21].

Οι διαταραχές στην υγεία θεωρείται ότι επηρεάζονται από τις μέγιστες τιμές κραδασμών.

Όμως είναι δυνατόν να υποτιμηθούν τα αποτελέσματα εφόσον για την εξαγωγή συμπερασμάτων χρησιμοποιούνται μόνο μέθοδοι που αναφέρονται μόνο στις μέσες τιμές των μετρήσεων.

Γενικά τα αυξημένα επίπεδα έκθεσης σε δονήσεις και κραδασμούς, καθώς και η χρονική διάρκεια έκθεσης σε αυτούς, έχουν συσχετιστεί με αύξηση των μυοσκελετικών και άλλων διαταραχών. Παρόλα αυτά δεν έχει καθοριστεί κάποιο κατώτατο όριο μηδενικής επίδρασης στην υγεία καθώς και ποσοτική σχέση μεταξύ κραδασμών και των δυσμενών επιπτώσεων στον εργαζόμενο.

Μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες υπάρχουν περίπου τα 7 εκατομμύρια εργαζόμενοι που εκτίθενται σε ολοσωματικές δονήσεις οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία, μειωμένες επιδόσεις, μειωμένη επαγρύπνηση και να εκτεθούν σε κίνδυνο της υγείας και της ασφάλεια τους.

Γενικά, η μακροχρόνια έκθεση σε ολοσωματικούς κραδασμούς έχει συσχετιστεί με διαταραχές της μέσης και της ράχης (εκφυλισμό της σπονδυλικής στήλης, κήλη δίσκων) [18]. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει και συσχετισμούς με διαταραχές του γαστρεντερικού και του νεφρικού συστήματος, μυοσκελετικές διαταραχές του αυχένα και των ώμων, προβλήματα του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος, του κυκλοφορικού και του αμφιβληστροειδούς. Η ανθρώπινη σπονδυλική στήλη φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στους κραδασμούς για την περιοχή συχνοτήτων από 4 ως 12Hz (περιοχή συντονισμού). Η σπονδυλική στήλη ενός καθισμένου εργαζόμενου επιβαρύνεται περισσότερο. Κατά συνέπεια έκθεση σε αυτήν την περιοχή συχνοτήτων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του βλαπτικού παράγοντα. Εμπειρογνώμονες σε θέματα κραδασμών-δονήσεων προειδοποιούν ότι πρέπει να αποφεύγεται υπερβολική και παρατεταμένη έκθεση σε ολοσωματικούς κραδασμούς. Το ανθρώπινο σώμα δεν μπορεί να αναπτύξει αντοχή ή να εκπαιδευτεί να αντέχει σε τέτοιου είδους δονήσεις. Ακόμα και προγράμματα “επαγγελματικής εκπαίδευσης σε βαριά εργασία” δεν είναι κατάλληλα για την πρόληψη των δυσμενών επιδράσεων από χώρους εργασίας με υψηλά επίπεδα κραδασμών [22].

Όσον αφορά την έκθεση σε κραδασμούς δεν υπάρχουν ανεξάρτητα και ακριβή δεδομένα για την αξιολόγηση της τυπικής διάρκειας της βάρδιας των μηχανοδηγών.

Βασισμένοι σε πληροφορίες επιτροπών υγιεινής και ασφάλειας καθώς και των σχετικών σωματείων θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι ένας μεγάλος αριθμός μηχανοδηγών εργάζεται για περισσότερες από 40 ώρες την εβδομάδα και το κάνει αυτό για περισσότερο από 20 χρόνια, είτε λόγω των εσωτερικών κανονισμών των σιδηροδρομικών εταιρειών είτε για λόγους μισθολογικών αναγκών. Σύμφωνα με τον ομοσπονδιακό νόμο των Ηνωμένων Πολιτειών πρέπει να υπάρχει ένας ελάχιστος χρόνος ξεκούρασης 8 ωρών ανάμεσα στις βάρδιες τον μηχανοδηγών.

Στην τρέχουσα μελέτη το μέσο διανυσματικό άθροισμα των κραδασμών που μετρήθηκε για το σύνολο των 22 κινητηρίων μονάδων των Αμερικανικών σιδηροδρόμων ήταν περίπου $0,6 \frac{m}{sec^2}$. Σύμφωνα με το προτεινόμενο όριο δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης που είναι $0,5 \frac{m}{sec^2}$ (για οκτάωρη διάρκεια εργασίας) θα ήταν εύλογο με την βοήθεια της ιατρικής της εργασίας να ληφθούν επικεντρωμένα μέτρα παρακολούθησης και προστασίας από τους κραδασμούς.

Μελέτη Νο.2

Ενώ η προηγούμενη μελέτη εστίασε στη μέτρηση των κραδασμών στον χώρο εργασίας έχοντας ως δείγμα 22 κινητήριες μονάδες των αμερικανικών σιδηροδρόμων, η επόμενη μελέτη που παραθέτουμε έχει ως δείγμα 2546 μηχανοδηγούς. Μάλιστα, το σύνολο αυτό συγκρίνεται με μια ομάδα 798 ατόμων που δεν έχει άμεση σχέση με το σιδηρόδρομο. Στην μελέτη αυτή έγιναν μετρήσεις κραδασμών στον θάλαμο μηχανοδήγησης αλλά επιπρόσθετα χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο που δόθηκε και στις δυο ομάδες εργαζομένων.

Ο σκοπός αυτής της συγκριτικής επιδημιολογικής μελέτης είναι η αξιολόγηση παραγόντων σχετικών με τον μηχανοδηγό και την εργονομία του θαλάμου οδήγησης καθώς και την πιθανή αλληλεπίδραση τους με την έκθεση των εργαζομένων σε ολοσωματικούς κραδασμούς [23,24]. Τα ευρήματα αυτής μελέτης συγκρίθηκαν με τις απαντήσεις πολιτικών μηχανικών που εργάζονταν στο υπουργείο μεταφορών της νέας Υόρκης και οι οποίοι δεν ήταν εκτεθειμένοι σε παρόμοιου τύπου κραδασμούς.

Η έρευνα βασίστηκε σε μια ομάδα τυχαία επιλεγθέντων Αμερικανών και Καναδών μηχανοδηγών (n=2546 σε σύνολο 38,208) και μια ομάδα σύγκρισης η οποία αποτελούνταν από πολιτικούς μηχανικούς εργαζόμενους σε καθιστική εργασία (n=798). Το ποσοστό ανταπόκρισης στο ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε ανήλθε σε 47% (n=1195) για τους μηχανοδηγούς και 41% (n=323) για την ομάδα σύγκρισης. Τα δημογραφικά δεδομένα της μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4:

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

	Μηχανοδηγοί		Ομάδα σύγκρισης			
	(%)	n	(%)	n		
Φύλο: Άρρενες	97,7	1041	91,3	300		
Καυκάσιοι	86,2	1102	76,0	317		
Έχουν δεύτερη εργασία	12,5	971	6,5	309		
Εκτίθενται σε Ολοσωματικές δονήσεις στη δεύτερη εργασία	7,1	1102	3,5	317		
Κάπνιζαν τακτικά στο παρελθόν	62,5	1059	21,1	279		
Καπνίζουν τώρα	22,1	1102	3,5	317		
	Μηχανοδηγοί			Ομάδα σύγκρισης		
	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	n	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	n
Ηλικία (έτη)	46,97	8,82	1071	44,41	9,34	304
Έτη εργασίας από την πρόσληψη	22,42	10,52	1073	17,00	8,31	226
Έτη εργασίας ως μηχανοδηγός	17,56	9,96	987	17,00	8,31	226

Πίνακας 4

Η πλειοψηφία των μηχανοδηγών και των πολιτικών μηχανικών ήταν άρρενες και Καυκάσιοι, αν και στην ομάδα σύγκρισης υπήρχαν περισσότερες γυναίκες και περισσότεροι μη Καυκάσιοι. Το δείγμα των μηχανοδηγών είχε μεγαλύτερο μέσο όρο ηλικίας (47 έναντι 44,4 έτη) και είχε περισσότερα χρόνια εργασιακού βίου, μετρώντας από τη στιγμή της πρόσληψης 22,4 χρόνια έναντι 17 ετών εργασίας.

Ένα μικρό δείγμα των μηχανοδηγών ανέφερε ότι είχε δεύτερη εργασία, μάλιστα, το μέγεθος του δείγματος εκείνων που εργάζονταν σε δεύτερη δουλειά ήταν συγκριτικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των πολιτικών μηχανικών (12,5% έναντι 6,5%). Υπήρχε, λοιπόν, μεγαλύτερη πιθανότητα έκθεσης των μηχανοδηγών σε ολοσωματικούς κραδασμούς στην δεύτερη εργασία. Και στις δύο ομάδες αναφέρθηκε έκθεση σε ολοσωματικούς κραδασμούς εκτός εργασίας που οφείλονταν κυρίως στον χειρισμό οδικών οχημάτων.

Το ερωτηματολόγιο καταρτίστηκε από ερωτήσεις που είχαν χρησιμοποιηθεί και επικυρωθεί στο παρελθόν, όπως το «Τυποποιημένο Σκανδιναβικό ερωτηματολόγιο για την ανάλυση μυοσκελετικών συμπτωμάτων», το Βρετανικό ερωτηματολόγιο έκθεσης σε κραδασμούς που ανέπτυξε ο Όμιλος Palmer και Griffin με το Πανεπιστήμιο του Southampton και την έρευνα κραδασμών της Ιατρικής Σχολής του Mount Sinai [25,26,27].

Οι μετρήσεις των ολοσωματικών κραδασμών έγιναν σύμφωνα με το πρότυπο ISO 2631-1 (1997) σε 51 Κινητήριες μονάδες των Αμερικανικών σιδηροδρόμων στα πλαίσια της καθημερινής/συνήθους λειτουργίας τους με διάρκεια μετρήσεων που κυμαινόταν από 4 έως 16 ώρες.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5:

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΟΛΟΣΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΕΣ ΕΛΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

<i>Βασικές Τιμές Δονήσεων</i>													
	$a_w (m/s^2)$			Δνσμ.άθροισμα	SEAT			$MTVV/a_w$			$VDV/a_w T^{1/4}$		
	x	y	z		av	x	y	z	x	y	z	x	y
<i>n</i>	51	51	51	51	43	43	43	51	51	51	46	46	46
<i>Μέση τιμή</i>	0,13	0,23	0,29	0,48	1,39	1,21	0,97	7,32	6,12	5,66	1,87	1,66	1,69
<i>Ελάχιστη</i>	0,05	0,05	0,09	0,13	1,00	1,03	0,61	3,20	2,90	3,20	1,44	1,37	1,44
<i>Μέγιστη</i>	0,72	0,71	0,50	1,44	2,19	1,51	1,56	26,16	14,38	10,29	4,27	2,48	2,09
<i>Τυπική απόκλιση</i>	0,11	0,12	0,08	0,21	0,28	0,10	0,16	4,18	2,13	1,70	0,56	0,20	0,17

Πίνακας 5

Στις μετρήσεις αυτές παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές της βασικής εκτίμησης κραδασμών a_w ήταν για τις τρεις κατευθύνσεις x , y , z 0.13, 0.23 και $0.29 \frac{m}{sec^2}$ αντίστοιχα. Το μέσο διανυσματικό άθροισμα a_v ήταν $0.48 \frac{m}{sec^2}$ με εύρος τιμών από 0.13 έως $1.44 \frac{m}{sec^2}$. Οι μέσες τιμές παροδικών δονήσεων $MTVV/a_w$ ήταν $7.32 \frac{m}{sec^2}$ στον άξονα x , $6.12 \frac{m}{sec^2}$ στον άξονα y και $5.66 \frac{m}{sec^2}$ στον άξονα z . Το άθροισμα προσλαμβανομένων κραδασμών $(VDV/(a_w T^{\frac{1}{4}}))$ -όπου T η διάρκεια της μέτρησης σε second- κυμαινόταν μεταξύ 1.44 και $4.27 \frac{m}{sec^2}$ στον άξονα x , 1.37 και $2.48 \frac{m}{sec^2}$ στον άξονα y και τέλος 1.44 και $2.09 \frac{m}{sec^2}$ στον άξονα z . Αυτές οι μετρήσεις γενικά δείχνουν την ύπαρξη συχνών κραδασμών μεγάλης έντασης.

Στις σιδηροδρομικές μηχανές τα επίπεδα κραδασμών στον κάθετο z και τον εγκάρσιο y άξονα παρουσιάζουν γενικά παρόμοιες τιμές, πράγμα που αποτελεί μοναδικό χαρακτηριστικό των οχημάτων σταθερής τροχιάς συγκριτικά με τα οδικά οχήματα.

Οι υπολογισθέντες αναλογίες του παράγοντα μεταδόσεως κραδασμών μέσω του καθίσματος SEAT ήταν 1,4 (x - άξονας) 1,2 (y - άξονας) και 1 (z - άξονας) υποδεικνύοντας ότι τα χρησιμοποιούμενα καθίσματα όχι μόνο δεν μειώνουν/αποσβένουν αλλά κατά το πλείστον μεγεθύνουν τους κραδασμούς που μεταδίδονται στο ανθρώπινο σώμα, ιδιαίτερα κατά τον οριζόντιο άξονα.

Επίσης -όπως φαίνεται στον παραπάνω Πίνακα 5- οι υπολογισθέντες συντελεστές $MTVV$ και VDV ήταν πάνω από τις κρίσιμες αναλογίες του πρότυπου ISO 2631-1:1997, γεγονός που υποδηλώνει ότι μετρήθηκαν σχετικά υψηλοί, συχνοί και ακανόνιστοι κραδασμοί στην επιφάνεια των καθισμάτων καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου μέτρησης.

Το εύρος συχνοτήτων των δονήσεων που μετρήθηκαν ήταν κοντά στην περιοχή συχνοτήτων συντονισμού της ανθρώπινης σπονδυλικής στήλης, εκεί δηλαδή που παρουσιάζεται η υψηλότερη ευαισθησία (1-10Hz).

Ο μέσος βαθμός μετάδοσης των κραδασμών μέσω του καθίσματος (SEAT) αποδεικνύει την αναποτελεσματικότητα των συστημάτων ανάρτησης και απόσβεσης των καθισμάτων.

Παρατηρείται ότι οι τιμές των κραδασμών σε μια μηχανή τρένου τόσο κατά τον εγκάρσιο όσο και κατά τον κάθετο άξονα είναι παρόμοιες. Αυτό μάλιστα φαίνεται να είναι αποκλειστικό χαρακτηριστικό των σιδηροδρομικών οχημάτων.

Τα επίπεδα των κραδασμών που μετρήθηκαν ξεπερνούν της “κρίσιμες τιμές για την υγεία” όπως αυτές περιγράφονται στις σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες και στο πρότυπο ISO 2631-1 του 1997.

Μάλιστα, η έκθεση σε τέτοιου είδους κραδασμούς φαίνεται να είναι και η πιο επιζήμια για την υγεία.

Οι παρακάτω Πίνακες 6 και 7 περιέχουν στατιστικά στοιχεία των απαντήσεων που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο της έρευνας:

Παράπονα σχετιζόμενα με την υγεία				
	Μηχανοδηγοί		Ομάδα σύγκρισης	
	(%)	n	(%)	n
Πονοκέφαλος	23,6	1047	15,5	284
Αίσθημα εξάντλησης	59,1	1055	25,4	284
Κακή διάθεση	36,5	1040	14,9	281
Προβλήματα πέψης	34,5	1036	16,4	281
Εργασιακή «πίεση»	59,0	1043	24,6	282
Θόρυβος σε κεφάλι και αυτιά (σφύριγμα, βόμβος) για περισσότερο από 5'	32,7	1048	8,7	277

Πίνακας 6

Βλάβες στη μέση και αναφορές των εργαζομένων για μυοσκελετικά προβλήματα υγείας				
	Μηχανοδηγοί		Ομάδα σύγκρισης	
	(%)	N	(%)	n
Πόνος μέσης διάρκειας μεγαλύτερης της μιας ημέρας κατά το τελευταίο έτος	75,3	1075	41,3	305
Πόνος στη μέση την προηγούμενη εβδομάδα	70,4	798	50,4	123
Πόνος κάτω από τα γόνατα	36,4	793	19,2	120
Προβλήματα στη μέση περισσότερες από 3 φορές το χρόνο	83,2	794	64,2	123
Προβλήματα στη μέση διάρκειας >1 εβδομάδας	57,8	789	46,0	124
Διάγνωση ή θεραπεία για προβλήματα μέσης	37,9	781	39,8	118
Αναφορά προβλημάτων μέσης στον ιατρό εργασίας της επιχείρησης	26,3	791	7,7	104
Πόνος μέσης που αντανάκλαται κάτω από τα γόνατα	19,8	776	4,2	119
Λήψη φαρμακευτικής αγωγής για πόνους την μέση	25,2	787	11,6	121
Απουσιασμός λόγω προβλημάτων στη μέση	2,3	769	1,7	2
<i>Σοβαρός μυοσκελετικός πόνος κατά το προηγούμενο έτος που εμπόδιζε την καθημερινή δραστηριότητα</i>				
Γόνατα	17,5	981	13,5	297
Γλουτοί	16,5	980	6,7	298
Ώμοι	24,0	881	9,1	285
Αυχέννας	26,1	885	8,2	281

Πίνακας 7

Από το ερωτηματολόγιο προκύπτει ότι στην περίοδο του τελευταίου έτους που προηγήθηκε της μελέτης το 75% των μηχανοδηγών ανέφερε πόνο στο ισχίο διάρκειας τουλάχιστον μίας ημέρας, όταν το αντίστοιχο ποσοστό στην ομάδα σύγκρισης έφτασε στο 41%.

Τα ποσοστά αυχενικών προβλημάτων και των προβλημάτων στους ώμους ήταν επίσης σημαντικά ψηλότερα στους μηχανοδηγούς. Από τις απαντήσεις των μηχανοδηγών (με μέσο όρο απασχόλησης τα 22,4 έτη) φάνηκε ότι η αρχαιότητα στην εργασία συνδέεται με υψηλότερο ποσοστό κινδύνου για επίμονο πόνο στην πλάτη.

Γενικά, για κάθε 10 χρόνια απασχόλησης στον σιδηρόδρομο, για τα επίπεδα δονήσεων που μετρήθηκαν, ο κίνδυνος για ΜΣΠ αυξάνεται κατά 38%. Οι μηχανοδηγοί με τις απαντήσεις τους έδειξαν ότι έχουν σοβαρά παράπονα από τον θάλαμο εργασίας τους (Πίνακας 8).

Εκτός από το υψηλό επίπεδο κραδασμών, εξέφρασαν δυσαρέσκεια για τον εργονομικό σχεδιασμό της καμπίνας οδήγησης και τα καθίσματα (έλλειψη ρυθμίσεων και ανεπάρκεια απόσβεσης κραδασμών).

Τα χαρακτηριστικά και η αξιολόγηση των καθισμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 8:

Χαρακτηριστικά καθισμάτων και Αξιολόγηση καθισμάτων

	Μηχανοδηγοί		Ομάδα σύγκρισης	
	(%)	n	(%)	n
Χαρακτηριστικά καθίσματος				
Υποβραχιόνιο	82,3	1011	89,1	313
Στήριξη μέσης	78,7	1043	90,3	310
Ρυθμιζόμενη στήριξη οσφυϊκής χώρας	30,5	1026	14,7	299
Σύστημα αερανάρτησης	11,1	1026	37,4	297
Κάθισμα στρογγυλό, τύπου «σκαμνάκι»	20,0	985	23,1	303
Υποπόδιο	34,1	954	5,6	305

(Συνέχεια του Πίνακα 8) Αξιολόγηση καθίσματος (Εύρος: 1=εξαιρετικό έως 4=απαράδεκτο)

Αξιολόγηση καθίσματος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	n	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	n
Άνεση	3,10	0,76	1050	2,40	0,69	307
Ρυθμισσιμότητα	3,15	0,78	1049	2,72	0,79	299
Υποπόδιο	3,51	0,72	982	3,44	0,76	174
Ευκολία περιστροφής	3,09	0,84	1043	1,96	0,79	302
Υποβραχιόνια	3,06	0,79	1029	2,22	0,75	297
Χώρος για τα πόδια	3,02	0,86	1042	2,23	0,83	291

Πίνακας 8

Η πλειοψηφία των μηχανοδηγών ανέφεραν ότι στους θαλάμους μηχανοδήγησης διέθεταν καθίσματα με υποστήριξη των βραχιόνων και κάποιο είδος στήριξης της μέσης. Συνολικά το 11,1% ανέφερε ότι χρησιμοποιούσαν καθίσματα τα οποία είχαν κάποιο είδος ανάρτησης ενώ ένα 20% ανέφερε ότι δούλευε σε καθίσματα παλαιού τύπου χωρίς ανάρτηση για απόσβεση των κραδασμών. Συνολικά, οι μηχανοδηγοί αξιολόγησαν τα καθίσματα τους ιδιαίτερος χαμηλά σε σχέση με την ομάδα σύγκρισης. Επίσης, απάντησαν ότι ήταν καθισμένοι περίπου 7 ώρες την ημέρα, διάστημα σημαντικά μεγαλύτερο σε διάρκεια από τον μέσο όρο των 4,32 ωρών ανά ημέρα που ανέφεραν πολιτικοί μηχανικοί.

Επιπρόσθετα οι μηχανοδηγοί δήλωσαν ότι είχαν δυσφορία από κραδασμούς κατά μέσο όρο 3,73 ωρών ανά βάρδια έναντι 0,52 ωρών της ομάδας των μηχανικών.

Συγκριτικά με την ομάδα των πολιτικών μηχανικών ένας σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό μηχανοδηγών δήλωσε ότι ένιωσε έντονους πόνους σε γόνατά, γλουτούς και ώμους σε μια χρονική περίοδο ενός έτους (24% έναντι 9,1%) (Πίνακας 7). Το ένα τέταρτο των μηχανοδηγών ανέφερε πόνο στον αυχένα και τους ώμους και το ένα έκτο πόνους στους γλουτούς και στα γόνατά που τους εμπόδιζαν να δουλέψουν ή τους δυσκόλεψαν σε άλλες δραστηριότητες εκτός δουλειάς. Οι αριθμοί αυτοί ήταν έως και τρεις φορές μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους της ομάδας σύγκρισης.

Η πιθανότητα να εμφανισθούν προβλήματα στην οσφυϊκή χώρα ήταν τετραπλάσια στους μηχανοδηγούς, τα συμπτώματα μάλιστα χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ένταση και συχνότητα και περιλάμβαναν ισχιακό πόνο (σύμπτωμα που συνδέεται με τον πόνο της μέσης). Επιπλέον, μέσα σε ένα έτος διπλασιάστηκε το ποσοστό των μηχανοδηγών που κατέφευγαν σε φαρμακευτική αγωγή για τα προβλήματα της μέσης.

Οι απαντήσεις των μηχανοδηγών στο ερωτηματολόγιο της έρευνας δείχνουν σημαντικά μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανίσουν πόνους στους ώμους ή στην οσφυϊκή χώρα σε σχέση με την ομάδα σύγκρισης.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι οι ολοσωματικοί κραδασμοί από μόνοι τους ή σε συνδυασμό με την καθιστική/επίπονη στάση εργασίας είναι παράγοντες που συνεισφέρουν σε αυξημένο ποσοστό εμφάνισης μυοσκελετικών παθήσεων. Παρόλο που και οι δύο ομάδες που μελετήθηκαν στην έρευνα εργάζονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε καθιστική στάση, μόνο οι μηχανοδηγοί ήταν εκτεθειμένοι διαρκώς σε σχετικά έντονες ολοσωματικές δονήσεις και κραδασμούς όπως έδειξαν οι μετρήσεις στους χώρους εργασίας [24]. Υπάρχουν όμως και οι συνθήκες του εργασιακού περιβάλλοντος που συμβάλλουν αρνητικά στη υγεία των μηχανοδηγών, ένας τέτοιος παράγοντας φαίνεται να είναι η επίπονη στάση εργασίας που οφείλεται στα ίδια τα καθίσματα, τα οποία δεν έχουν ρυθμισημότητα, δεν παρέχουν επαρκή στήριξη της μέσης και των βραχιόνων ή ακόμα και η τοποθέτηση τους σε σχέση με τα χειριστήρια της μηχανής δημιουργεί έναν πολύ στενό και άβολο εργασιακό χώρο.

Άλλος ένας παράγοντας που συμβάλλει στη εμφάνιση μυοσκελετικών παθήσεων στους μηχανοδηγούς είναι ο ανεπαρκής χρόνος ξεκούρασης. Είναι χαρακτηριστικό ότι πολλοί αναφέρουν ότι εργάζονται περισσότερες από 8 h στο πλαίσιο μίας τυπικής βάρδιας. Μάλιστα, μπορεί να τους ζητηθεί να εργαστούν οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, αρκεί να έχει τηρηθεί η νομική απαίτηση του ελάχιστου ορίου των 8 h ξεκούρασης μεταξύ δύο διαδοχικών βαρδιών.

Δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία σχετικά με τον μέσο όρο ωρών εργασίας των μηχανοδηγών αλλά γνωρίζουμε ότι υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφοροποιήσεις οι οποίες μπορούν να κυμαίνονται από λιγότερες των 35 ωρών έως και περισσότερες από 50 ώρες ανά εβδομάδα. Μέλη σωματείων των μηχανοδηγών καταγγέλλουν ότι είναι συνηθισμένο φαινόμενο να υπάρχουν στον σιδηρόδρομο προγράμματα εργασίας 50 ή ακόμα και 60 ωρών ανά εβδομάδα.

Γενικά, η μακρόχρονη έκθεση σε ολοσωματικούς κραδασμούς συνδέεται με πόνους στην οσφυϊκή χώρα και διαταραχές της μέσης (εκφυλιστικές αλλοιώσεις της σπονδυλικής στήλης, κήλες δίσκων, πόνους των ισχίων). Μερικές μελέτες επίσης έχουν δείξει συσχέτισμό των κραδασμών με παθήσεις του γαστρεντερικού και του νεφρικού συστήματος, προβλήματα του αυχένα και των ώμων, προβλήματα του αναπαραγωγικού συστήματος των γυναικών και του περιφερειακού κυκλοφορικού συστήματος [28,29].

Συνοπτικά, μελέτη κατέδειξε ότι στους μηχανοδηγούς εμφανίζεται ιδιαίτερα αυξημένη η πιθανότητα εκδήλωσης παθήσεων της σπονδυλικής στήλης και της οσφυϊκής χώρας.

Μελέτη Νο.3

Η επόμενη μελέτη πραγματοποιήθηκε στον σιδηρόδρομο της Νέας Ζηλανδίας. Στην έρευνα αυτή λήφθηκαν μετρήσεις κραδασμών στον χώρο των ελκτικών μηχανών και χρησιμοποιήθηκε επιπροσθέτως ερωτηματολόγιο. Οι μηχανοδηγοί στη συνέχεια συγκρίθηκαν με μια ομάδα υπαλλήλων που εργαζόταν στον σιδηρόδρομο αλλά σε διαφορετικούς κλάδους παραγωγής. Στο σύνολο τους και οι 516 μηχανοδηγοί των σιδηροδρόμων της Νέας Ζηλανδίας κρίθηκαν επιλέξιμοι για τη μελέτη. Επίσης, επιλέχθηκαν με τυχαία δειγματοληψία 1.032 συμμετέχοντες από τους υπόλοιπους σιδηροδρομικούς κλάδους. Εκτός από τους διευθυντικά στελέχη και τους υπαλλήλους γραφείου που εξαιρέθηκαν, όλοι οι υπόλοιποι συμπεριλαμβανομένων των εργαζομένων στα μηχανοστάσια, των μηχανικών συνεργείου, των υπαλλήλων σηματοδότησης, των υπευθύνων γραμμής και του κλάδου κυκλοφορίας θεωρήθηκαν κατάλληλοι να συμπεριληφθούν στη ομάδα σύγκρισης.

Η ειδοποιός διαφορά με την προηγούμενη μελέτη είναι ότι η ομάδα αναφοράς αποτελείται από σιδηροδρομικούς και όχι απλά κάποιους εργαζόμενους που κάνουν καθιστική εργασία

Τα ποιοτικά στοιχεία σχετικά με την έκθεση των μηχανοδηγών σε κραδασμούς αξιολογήθηκαν από δεδομένα που συλλέχθηκαν από διάφορους τύπους ελκτικών μηχανών, αμαξοστοιχιών, καθισμάτων και γραμμών.

Από τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν ελήφθησαν απαντήσεις από συνολικά 868 εργαζόμενους (57%), από αυτούς οι 340 ήταν μηχανοδηγοί (66%) και οι 528 διαφόρων ειδικοτήτων (52%). Η πλειοψηφία του δείγματος (97,6%) ήταν άνδρες.

Το ερωτηματολόγιο βασίστηκε σε αντίστοιχα ερωτηματολόγια που έχουν προηγουμένως χρησιμοποιηθεί στη Σκανδιναβία και την Κεντρική Ευρώπη για τους χειριστές οχημάτων και το σιδηροδρομικό προσωπικό [30].

Στον παρακάτω Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα δημογραφικά δεδομένα της έρευνας:

Δημογραφικά/Ψυχοκοινωνικά στοιχεία της έρευνας

Μεταβλητές	Μηχανοδηγοί				Ομάδα αναφοράς			
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	n	(%)	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	n	(%)
Ηλικία	48,5	7,6			44,9	9,4		
BMI	28,1	4,3			28,3	5,8		
Μη καπνιστής			164	48,7			223	42,4
Καπνιστής			52	15,4			154	29,3
Πρώην καπνιστής			121	35,9			149	28,3
Δυναμική/έντονη δραστηριότητα (ώρες/εβδομάδα)	5,0	6,0			5,9	8,1		
Ψυχοκοινωνικοί παράγοντες εργασιακού χώρου								
Μου αρέσει ο χώρος εργασίας			207	62,0			370	71,0
Δεν μου αρέσει ο χώρος εργασίας/Ουδέτερος			127	38,0			151	29,0
Μου αρέσει η εργασία μου			224	66,8			335	64,1
Δεν μου αρέσει η εργασία μου/Ουδέτερος			111	33,2			118	35,9

Πίνακας 9

Από την έρευνα προκύπτει σαφώς ότι οι μηχανοδηγοί αντιμετώπισαν συχνότερα, σοβαρότερα και μεγαλύτερης διάρκειας επεισόδια πόνων στον αυχένα.

Η καταγραφή των κραδασμών πραγματοποιήθηκε με τα όργανα HAVPro της Quest Technologies (Εικόνα 2) πιστοποιημένα σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 8041 τύπου 1 (Economidou, WI). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η συνδεσμολογία μέτρησης ολοσωματικών δονήσεων του μοντέλου 072-003 (ένα αφαιρούμενο επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων ενσωματωμένο σε ένα ελαστικό μαξιλαράκι).

Η συσκευή τοποθετήθηκε στην επιφάνεια του καθίσματος μηχανοδήγησης και κατέγραφε τις δονήσεις στους 3 τυποποιημένους άξονες: κατά τον διαμήκη άξονα (x), εγκάρσια (y) και στον κάθετο άξονα (z).

Ένας ερευνητής συνόδευε τους μηχανοδηγούς σε κάθε διαδρομή μετρήσεων, σταματώντας προσωρινά τη μέτρηση εάν ο μηχανοδηγός έπρεπε να εγκαταλείψει το κάθισμα και να ξεκινώντας πάλι όταν η αμαξοστοιχία επανακτούσε την πορεία της.



Εικόνα 2

Η κατεύθυνση των δονήσεων ενδέχεται να είναι σημαντική και δεν υπάρχει αντικειμενικά σωστός τρόπος συνδυασμού των μετρήσεων στους 3 άξονες του επιπέδου. Στην πραγματικότητα, κάθε συνδυασμός μπορεί κάλλιστα να είναι μοναδικός, ιδιαίτερα στα σιδηροδρομικά οχήματα, τα οποία εμφανίζουν τον ιδιαίτερο συνδυασμό κάθετων και πλευρικών δονήσεων [31].

Η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζει ως "τιμή έκθεσης για ανάληψη δράσης" το $0,5 \frac{m}{sec^2}$ ή 9,1 *VDV* (*Vibration Dose Value*) και ως "οριακή τιμές έκθεσης" το $1,15 \frac{m}{sec^2}$ ή 21 *VDV*.

Στη μελέτη η τιμή κραδασμών που μετρήθηκε κατά τον άξονα z υπερέβαινε την "τιμή έκθεσης για ανάληψη δράσης" *VDV*. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι ο συνδυασμός κίνησης και κραδασμών στις σιδηροδρομικές ελκτικές μονάδες συμβάλλει άμεσα ώστε οι μηχανοδηγοί να εμφανίζουν συχνότερα πόνους στον αυχένα όπως και πόνους στη οσφυϊκή χώρα.

Επιπολασμός και Δριμύτητα πόνων Οσφυϊκής χώρας και Αυχένα										
	Πόνοι οσφυϊκής χώρας (LPB)					Πόνοι αυχένα (NP)				
	Μηχανοδηγοί		Ομάδα αναφοράς		Σχετικός κίνδυνος (OR)	Μηχανοδηγοί		Ομάδα αναφοράς		Σχετικός κίνδυνος (OR)
Επιπολασμός	n	(%)	n	(%)	(OR)	n	(%)	n	(%)	(OR)
Σε όλο τον εργασιακό βίο										
Όχι	45	13,4	77	14,8		92	27,4	213	40,4	
Ναι	291	86,6	443	85,2	0,83	247	72,6	314	59,6	1,64
Ετησίως										
Όχι	29	10,2	54	12,9		122	35,8	272	51,5	
Ναι	254	89,8	363	87,1	1,04	217	64,2	256	48,5	1,91
Εβδομαδιαία										
Όχι	149	56,2	253	64,2		119	55,9	157	60,9	
Ναι	116	43,8	141	35,8	1,44	94	44,1	101	39,1	1,33
Συχνότητα κατά το προηγούμενο έτος										
<2 φορές	71	32,1	150	67,9		54	26,1	93	38,9	
>3 φορές	183	63,1	213	48,7	1,77	153	73,9	146	61,1	1,92
Δριμύτητα (Μετρημένη σε μια οπτική αναλογική κλίμακα των 100mm)										
<50	158	60,5	252	67,0		139	66,2	203	79,9	
>50	103	39,5	124	33,0	1,28	71	33,8	51	20,1	2,03
Διάρκεια										
<7 ημέρες	133	51,0	226	58,7		107	50,2	171	66,5	
>8 ημέρες	128	49,0	159	41,3	1,36	106	49,8	86	33,5	2,09

Πίνακας 10

Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τα δεδομένα επιπολασμού των πόνων στην οσφυϊκή χώρα (LPB) και στον αυχένα (NP). Η συνολικός και ο ετήσιος επιπολασμός των LBP για τους μηχανοδηγούς ήταν 86,6% και 89,8% αντίστοιχα, με παρόμοια κατανομή με εκείνη της ομάδας σύγκρισης.

Ο αντίστοιχος επιπολασμός για τα NP ήταν μικρότερος: 72,6% και 64,2%. Όμως ο λόγος των σχετικών πιθανοτήτων/σχετικός κίνδυνος (OR) εμφάνισης μυοσκελετικής πάθησης ήταν και για τις δυο ομάδες εργαζομένων σημαντικά

αυξημένος, 1,64 και 1,91 αντιστοίχως. Οι μηχανοδηγοί ανέφεραν πόνους στην οσφυϊκή χώρα (LBP) σε ποσοστό 43,8% εντός της προηγούμενης εβδομάδας, υψηλότερη μεν από την ομάδα αναφοράς, αλλά όχι δε σημαντικά. Ο εβδομαδιαίος επιπολασμός των πόνων στον αυχένα (NP) σε μηχανοδηγούς και στους υπόλοιπους σιδηροδρομικούς ήταν συγκριτικά 44,1% και 39,1%. Είναι σύνηθες φαινόμενο η εμφάνιση LBP και NP στους μηχανοδηγούς, με το 63,1% να αναφέρει 3 ή περισσότερα επεισόδια LBP κατά το παρελθόν έτος με το αντίστοιχο ποσοστό εμφάνισης πόνων στον αυχένα να ανέρχεται στο 73,9% για την ίδια περίοδο.

Επιπτώσεις στην εργασία από τις Μυοσκελετικών παθήσεις										
	Πόνοι οσφυϊκής χώρας					Πόνοι αυχένα				
	Μηχανοδηγοί		Ομάδα αναφοράς		Σχετικός κίνδυνος (OR)	Μηχανοδηγοί		Ομάδα αναφοράς		Σχετικός κίνδυνος (OR)
Επιπολασμός	n	(%)	n	(%)		n	(%)	n	(%)	
Απουσιασμός										
Όχι	207	78,1	338	85,1		186	87,3	232	89,9	
Ναι	58	21,9	59	14,9	1,74	27	12,7	26	10,1	1,40
Εναλλακτική εργασία										
Όχι	127	94,7	363	91,4		201	94,4	243	94,6	
Ναι	145,3		348,6		0,64	12	5,6	14	5,4	1,47
Ικανότητα για εργασία με πόνους										
Κανονικά	127	94,6	198	51,7		120	57,7	168	65,1	
Νιώθοντας επιπλέον πόνο	112	43,4	153	39,9	1,19	76	36,5	81	31,4	1,43
Αδύνατη η κανονική εργασία λόγω του πόνου	19	7,4	32	8,4	0,91	12	5,8	9	3,5	2,85
Διάρκεια της ακαταλληλότητας για εργασία										
0 ημέρες	146	57,5	234	62,6		159	76,1	186	74,4	
1-7 ημέρες	77	30,3	104	27,8	1,38	33	15,8	57	22,8	0,79
8-30 ημέρες	20	7,9	25	6,7	1,55	11	5,3	4	1,6	4,07
>30 ημέρες	11	4,3	11	2,9	2,42	6	1,8	3	1,2	4,17

Πίνακας 11

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται η επίδραση στην εργασία των μυοσκελετικών παθήσεων. Οι μηχανοδηγοί ήταν πιο πιθανό να πάρουν άδεια απουσιασμού λόγω πόνων στη οσφυϊκή χώρα με ποσοστό 21,9% έναντι 14,9%.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματά μας υποδεικνύουν μια μέτρια μεν, αλλά σημαντικά συχνότερη δε νοσηρότητα λόγω μυοσκελετικών παθήσεων στους μηχανοδηγούς. Οι πόνοι στην οσφυϊκή χώρα φαίνεται να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ταλαιπωρία των εργαζομένων τόσο κατά την εργασία όσο και εκτός αυτής. Από την άλλη οι πόνοι στον αυχένα φαίνεται να έχουν λιγότερο σημαντικές επιπτώσεις και στις δύο ομάδες εργαζομένων.

Μελέτη Νο. 4

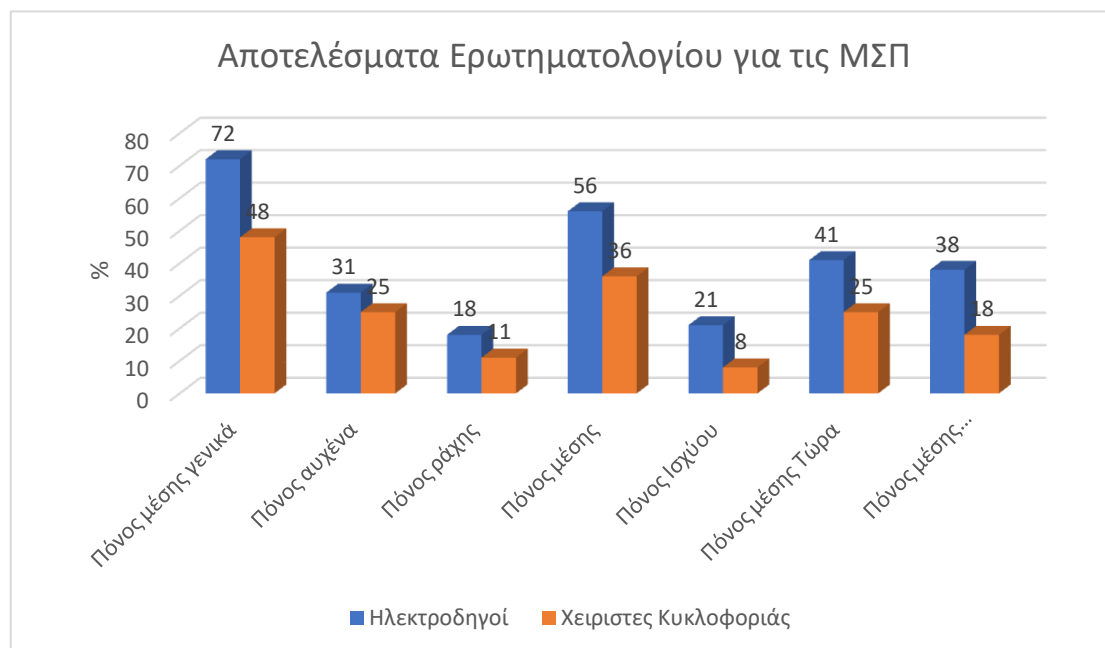
Ακόμα μια έρευνα που επιβεβαιώνει ότι οι οδηγοί μέσω σταθερής τροχιάς παρουσιάζουν συχνότερα συμπτώματα μυοσκελετικών παθήσεων είναι αυτή που πραγματοποιήθηκε το 1989 στο μετρό της Νέας Υόρκης.

Το χειμώνα του 1989 στο Μετρό απασχολούνταν 2910 ηλεκτροδηγοί τρένων και 507 χειριστές κυκλοφορίας. Οι χειριστές κυκλοφορίας επελέγησαν ως συγκριτική ομάδα εργαζομένων επειδή ενώ δεν εκτίθενται σε ολοσωματικές δονήσεις, τα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά, το εργασιακό τους ιστορικό και η εργασιακή ευθύνη είναι παρόμοιες με εκείνες των ηλεκτροδηγών. Άλλωστε και των δυο ομάδων η εργασία χαρακτηρίζεται ως καθιστική.

Συνολικά αναλύθηκαν 584 ερωτηματολόγια, 492 από ηλεκτροδηγούς μετρό και 92 από χειριστές κυκλοφορίας.

Η αξιολόγηση της έκθεσης σε ολοσωματικούς κραδασμούς αποκάλυψε κάθετες και πλευρικές δονήσεις σε τιμές που σαφώς υπερβαίνουν τα όρια για δωρη εργασία όπως ορίζονται από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης ISO [32]. Για να διερευνηθεί η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των ολοσωματικών δονήσεων και των συχνών αναφορών των χειριστών των τρενών για μυοσκελετικές παθήσεις, διεξήχθη μια συγκριτική έρευνα.

Στο σχήμα 5 παρουσιάζονται με τα ευρήματα της έρευνας σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στις δυο ομάδες εργαζομένων [33]:



Σχήμα 5

Το κύριο εύρημα στη μελέτη ήταν ένας σημαντικά υψηλότερος επιπολασμός των διαφόρων τύπων μυοσκελετικών συμπτωμάτων/παθήσεων μεταξύ των ηλεκτροδηγών σε σύγκριση με την ομάδα αναφοράς. Συγκεκριμένα, οι ηλεκτροδηγοί του μετρό είχαν σχεδόν τετραπλάσιο κίνδυνο ανάπτυξης ισχιακού πόνου.

Οι μηχανοδηγοί είχαν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά καταγραφών σε κάθε κατηγορία του ερωτηματολογίου σε σχέση με την ομάδα αναφοράς (τους χειριστές τηλεδιοίκησης).

Σχεδόν τα $\frac{3}{4}$ (72%) των μηχανοδηγών διαμαρτυρήθηκαν για επαναλαμβανόμενο πόνο στον αυχένα, πόνο στην πλάτη, πόνο στη μέση ή και συνδυασμό όλων των παραπάνω. Ειδικότερα πόνος στην οσφυϊκή χώρα αναφέρθηκε από το 56% των μηχανοδηγών έναντι 36% των χειριστών τηλεδιοίκησης. Τα ποσοστά αναφορών για πόνο στον αυχένα ήταν 31% έναντι 24% αντιστοίχως.

Κατά την διάρκεια της έρευνας οι μηχανοδηγοί ανέφεραν πόνους στην πλάτη και την οσφυϊκή χώρα σε ποσοστό 41% έναντι 25% των χειριστών τηλεδιοίκησης.

Υπάρχουν όμως και άλλες μελέτες που επιβεβαιώνουν τα μέχρι τώρα ευρήματα. Θα αναφερθούμε σε κάποιες από αυτές επιγραμματικά.

Σε μια προγενέστερη έρευνα στους φινλανδικούς σιδηροδρόμους έγιναν μετρήσεις σε δύο τύπους μηχανών, μιας ντιζελοκίνητης με μέγιστη ταχύτητα 120 χαω και μια ηλεκτρικής αντίστοιχα με 140 χαω. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι οι κραδασμοί στο κάθισμα ήταν στο “όριο μειωμένης επαγγελματικής καταπόνησης” σύμφωνα με το πρότυπο ISO 2631/1 του 1985 [34]. Τα αποτελέσματα εκείνης της μελέτης δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα με την παρούσα μελέτη καθώς άλλαξαν οι μέθοδοι στάθμισης και υπολογισμών στο νεότερο πρότυπο ISO 2631-1 του 1997.

Επιπλέον, στην φιλανδική μελέτη παρατηρήθηκε από τις μετρήσεις ότι τα καθίσματα δεν μειώνουν τους εγκάρσιους κραδασμούς. Κατά συνέπεια δονήσεις χαμηλών συχνοτήτων μεταφέρονται στη σπονδυλική στήλη του μηχανοδηγού. Γνωρίζουμε ότι αυτές ειδικά οι συχνότητες είναι οι πιο επιβλαβείς για την υγεία.

Υπάρχουν αναφορές για προβλήματα στη μέση των μηχανοδηγών σε μία γαλλική μελέτη ήδη από το 1954 [35]. Αντίστοιχες μελέτες έγιναν από τον επικεφαλής γιατρό εργασίας του ελβετικού σιδηροδρόμου στα τέλη της δεκαετίας του 1960 [36] αλλά και στην Σλοβακία στη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 [37].

Υπάρχουν μικρός αριθμός μελετών με θέμα τις επιπτώσεις πλευρικών και συνδυαστικών κραδασμών. Παρόλα αυτά εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι συνδυασμός από διαμήκεις και πλευρικούς κραδασμούς προκαλεί ένα υψηλό επίπεδο δυσανεξίας στον οργανισμό. Τα οχήματα σταθερής τροχιάς εμφανίζονται πολύ πιο “ευάλωτα” στο να παράγουν πλευρικές δονήσεις απ’ ό,τι οχήματα οδικής χρήσης.

Ο Γάλλος καθηγητής ρευματολογίας Louyot P. ανέφερε ότι από 156 μηχανοδηγούς που εξετάστηκαν το 20% ανέφερε ότι είχε οσφυϊκούς πόνους. Επίσης από 78 μηχανοδηγούς με μέσο όρο εργασίας μεταξύ 7 και 8 ετών που εξετάστηκαν ακτινολογικά το 80% από αυτούς παρουσίασε εκφυλιστικές αλλαγές στην σπονδυλική στήλη [38].

Ο Σκανδιναβός καθηγητής Hannunkari ανέφερε ότι σε μετρήσεις στην επιφάνεια του καθίσματος του μηχανοδηγού οι πλευρικοί κραδασμοί ξεπέρασαν το συνιστώμενο όριο κατά το πρότυπο ISO για 8ωρη εργασία σε συχνότητες χαμηλότερες των 10Hz και οι τιμές μειωτοποιήθηκαν στις δύομιση ώρες στη συχνότητα των 2Hz. Επίσης, μετρήθηκε σε ορισμένα καθίσματα συχνότητα συντονισμού από 1 έως 2Hz [39].

Οι πιο συχνές παρατηρούμενες παθήσεις μεταξύ των μηχανοδηγών ήταν εκείνης της οσφυϊκής χώρας, η υπέρταση και τα δερματικά προβλήματα. Επίσης, οι μηχανοδηγοί εξέφραζαν συχνότερα παράπονα κυρίως για υπερβολική ψυχολογική πίεση, εξάντληση, ακατάστατο ωράριο εργασίας, υψηλό θόρυβο και κραδασμούς

Με τη βοήθεια ερωτηματολογίου ο καθηγητής Netterstrom συνέκρινε της απαντήσεις των μηχανοδηγών σε σχέση με μια ομάδα διοικητικών υπαλλήλων σιδηροδρόμου και βρήκε ότι πρώτοι είχαν πολύ υψηλότερο ποσοστό εμφάνισης ασθενειών της σπονδυλικής στήλης καθώς και προβλημάτων ακοής [40].

Σε μια ακτινολογική αξιολόγηση 76 σιδηροδρομικών η καθηγήτρια ιατρικής Arnavtona-Bulat βρήκε πως τα μεγαλύτερα ποσοστά οσφυϊκών ασθενειών, αυχενικής σπονδύλωσης και σπονδυλαρθρίτιδας εμφανιζόταν στον κλάδο των μηχανοδηγών -σε σχέση με τους υπόλοιπους σιδηροδρομικούς- [37]. Μάλιστα, συνέδεσε αυτά τα ευρήματα με την επίδραση των κραδασμών και ειδικότερα των δονήσεων κατά τον οριζόντιο και εγκάρσιο άξονα.

Τέλος, υπάρχει μια εξαιρετικά αναλυτική μελέτη σχετική με τις επιπτώσεις των δονήσεων/κραδασμών στην υγεία των εργαζομένων επί των αμαξοστοιχιών που έχει εκπονηθεί από τον τεχνικό ασφάλειας του ΟΣΕ Αδαμάκη Ιωάννη [53].

ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ

Ο δεύτερος εξ ίσου σοβαρός παράγοντας που συμβάλλει στην επιβάρυνση των μηχανοδηγών, προκαλώντας την συχνή εμφάνιση μυοσκελετικών προβλημάτων είναι τα προβλήματα εργονομίας στον χώρο εργασίας τους, την καμπίνα μηχανοδήγησης.

Αρχικά παρατίθεται μια γενική περιγραφή του θέματος εργονομία και στη συνέχεια θα εξεταστούν τα δεδομένα από τις σχετικές μελέτες.

Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση Εργονόμων (IEA), «Εργονομία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των εργαζομένων ανθρώπων και των υπολοίπων στοιχείων ενός συστήματος εργασίας, η οποία εφαρμόζει θεωρητικές αρχές, δεδομένα και μεθόδους για τον σχεδιασμό της εργασίας, με στόχο την προαγωγή της υγείας των εργαζομένων και την βελτιστοποίηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος» [41].

Σκοπός της εργονομίας είναι ο σχεδιασμός/επανεξέταση των στοιχείων που διαμορφώνουν το παραγωγικό ή εργασιακό σύστημα, κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι συνθήκες εργασίας να βελτιστοποιούνται προσαρμοζόμενες στα βιολογικά, φυσιολογικά, ψυχολογικά και κοινωνιολογικά χαρακτηριστικά του εργαζόμενου [42].

Ένα από τα κυριότερα εργονομικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι οδηγοί μέσων σταθερής τροχιάς είναι οι επίπονες στάσεις του σώματος. Η στάση του σώματος καθορίζει το ποιες μυϊκές ομάδες θα δραστηριοποιηθούν για την εκτέλεση μιας εργασίας. Οι επίπονες στάσεις εργασίας αυξάνουν τη σωματική προσπάθεια για την εκτέλεση μιας δραστηριότητας καθόσον αναγκάζουν μικρές μυϊκές ομάδες να κινητοποιούνται περισσότερο.

Η εντονότερη προσπάθεια των αδύναμων μικρών μυϊκών ομάδων να εκτελέσουν το έργο των μεγάλων μυϊκών ομάδων αυξάνει την κόπωση του εργαζόμενου.

Η απαιτούμενη μυϊκή δύναμη αυξάνεται σε στάσεις που περιλαμβάνουν πλάγια κάμψη ή συστροφή της σπονδυλικής στήλης [43]. Οι μελέτες μέσω ηλεκτρομυογραφημάτων κατά τον Basmajian [44] καταδεικνύουν την ανταγωνιστική δραστηριότητα των μυών του κορμού και την επακόλουθη αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό των δίσκων στις άβολες στάσεις. Τα υψηλά επίπεδα μυϊκής ανταγωνιστικής δραστηριότητας και η παράλληλη αύξηση στην εσωτερική πίεση των σπονδυλικών δίσκων εξηγούν τη σχέση μεταξύ άβολων στάσεων και πόνων στη οσφυϊκή χώρα.

Στις επίπονες στάσεις εργασίας περιλαμβάνονται το επαναλαμβανόμενο ή παρατεταμένο τέντωμα, οι στροφές και η κάμψη του κορμού εμπρός, εργασία πάνω από το επίπεδο της κεφαλής, γονάτισμα ή σκυφτή εργασία.

Οι στάσεις επηρεάζουν αρκετές περιοχές του σώματος όπως π.χ. τα χέρια, τους καρπούς, τους ώμους, τον αυχένα, τη μέση και τα γόνατα.

Οι επίπονες στάσεις εργασίας ενδέχεται να προκληθούν από το λανθασμένο σχεδιασμό της θέσης εργασίας, του εξοπλισμού, των εργαλείων καθώς και από τις ακατάλληλες καθιστικές συνήθειες του εργαζόμενου.

Μονότονα Επαναλαμβανόμενες Κινήσεις

Επιπλέον οι κινήσεις που κάνουν οι μηχανοδηγοί κατά την εκτέλεση της εργασίας τους είναι περιορισμένες και συχνά επαναλαμβανόμενες. Στην επαναλαμβανόμενη εργασία οι ίδιες κινήσεις εκτελούνται ξανά και ξανά χρησιμοποιώντας τις ίδιες ομάδες μυών, τενόντων ή αρθρώσεων.

Η συχνότητα επανάληψης των κινήσεων μπορεί να επηρεαστεί από το ρυθμό της εργασίας, τον χρόνο ανάπαυσης (το πλήθος και τη διάρκεια των διαλυμάτων για μυϊκή χαλάρωση) καθώς και τον αριθμό διαφορετικών καθηκόντων προς εκτέλεση.

Αρχές εργονομικού σχεδιασμού μιας θέσης εργασίας

Η εργασία του μηχανοδηγού απαιτεί την παρουσία του σε ένα θάλαμο οδήγησης για μεγάλο χρονικό διάστημα, πράγμα που καθιστά απαραίτητη μια εργονομικά μελετημένη θέση εργασίας. Ο καλός σχεδιασμός μιας θέσης εργασίας έχει μεγάλη σημασία για την παραγωγικότητα του εργαζόμενου, την άνεση καθώς και την πρόληψη επαγγελματικών μυοσκελετικών παθήσεων.

Οι θέσεις εργασίας πρέπει να σχεδιάζονται έχοντας υπόψη τον εργαζόμενο και τα εργασιακά καθήκοντα που θα εκτελεστούν ώστε η εργασία να γίνεται αποτελεσματικά και άνετα.

Ορισμένοι γενικοί κανόνες για το εργονομικό σχεδιασμό μιας θέσης εργασίας είναι οι παρακάτω:

- Θα πρέπει να σχεδιάζεται με βάση τα ανθρωπομετρικά δεδομένα των χρηστών. Να υπάρχει αρκετός χώρος για το κεφάλι, τον κορμό, τα άνω και κάτω άκρα. Οι διαστάσεις της θέσεως εργασίας καθορίζονται από τα μεγαλόσωμα άτομα.
- Να αποφεύγονται οι επίπονες στάσεις εργασίας, π.χ. κάμψη ή στροφή του κορμού ή της κεφαλής, συνδυασμένη στροφή και άρση βάρους ή άρση βάρους πάνω από το επίπεδο των ώμων. Πρέπει να αποφεύγονται επίσης, το τέντωμα των χεριών μπροστά ή στο πλάι καθώς και κάμψη του καρπού σε επαναλαμβανόμενες κινήσεις.
- Να υπάρχει αρκετός χώρος ώστε τα κάτω άκρα να μπορούν να τεντώνονται εντελώς. Επίσης, να υπάρχει προσαρμοζόμενο υποπόδιο ώστε τα πόδια να μην αιωρούνται.
- Ο σχεδιασμός της θέσης να επιτρέπει στον εργαζόμενο να μπορεί να αλλάζει εύκολα στάση. Ο Griffing [45] σημείωσε ότι η προκαλούμενη - λόγω θέσης- κούραση ενός καθήμενου εργαζόμενου μειώνεται όταν μεταβάλλεται συχνά η στάση της εργασίας.

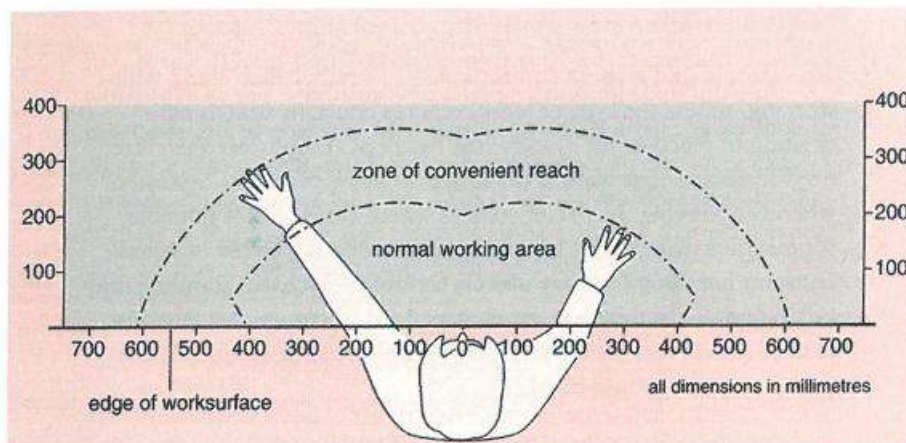
Εργονομικές οδηγίες για εργασία σε καθιστή θέση

Σύμφωνα με τον Magora [46,47], υπάρχει αυξημένος κίνδυνος να παρουσιαστεί οσφυϊκός πόνος σε καθιστικές εργασίες.

Ο μηχανοδηγός εκτελεί κατά κύριο λόγο καθιστική εργασία, πρέπει λοιπόν να ισχύουν κάποιοι γενικοί εργονομικοί κανόνες για το σχεδιασμό των καθισμάτων και του χώρου μηχανοδήγησης:

- Σωστή καθιστή θέση σημαίνει ότι ο εργαζόμενος κάθεται άνετα.
- Να μπορεί ο εργαζόμενος να έχει πρόσβαση σε ολόκληρη την επιφάνεια εργασίας χωρίς να χρειάζεται να τεντώνεται ή να στρίβει.

- Τα εργασιακά καθήκοντα που εκτελούνται συχνά θα πρέπει να βρίσκονται κοντά έτσι ώστε να αποφεύγονται επίπονες στάσεις εργασίας (Σχήμα 6).
- Το ύψος του καθίσματος θα πρέπει να είναι ρυθμιζόμενο ώστε να φέρνει στην επιφάνεια εργασίας περίπου στο ίδιο επίπεδο με τους αγκώνες.
- Η σπονδυλική στήλη πρέπει να διατηρεί τα φυσιολογικά της κυρτώματα και η ώμοι είναι χαλαροί.
- Ολόκληρη η επιφάνεια των πελμάτων των ποδιών να ακουμπά στο πάτωμα ή στο κατάλληλο υποπόδιο.
- Το κάθισμα να έχει υποστήριγμα για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης.
- Το μπροστινό άκρο του καθίσματος να ρυθμίζεται ώστε να επιτυγχάνεται μια ελαφρά κλίση προς τα εμπρός.



Σχήμα 6

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τις μελέτες για την μεγάλη συχνότητα εμφάνισης μυοσκελετικών παθήσεων στους οδηγούς μέσω σταθερής τροχιάς, δείχνουν ότι οι γενικοί κανόνες που εξετάστηκαν παραπάνω δυστυχώς στην πράξη δεν τηρούνται. Αναλυτικότερα:

- Προβλήματα της μέσης λόγω παρατεταμένης ακινησίας και «αφύσικης» στάσης που προκαλείται από τον περιορισμένο χώρο για τους χειριστές στις παλαιότερες κυρίως κινητήριες μονάδες.

Οι μηχανοδηγοί προσπαθούν να χωρέσουν στην καμπίνα «όπως-όπως» με αποτέλεσμα την εμφάνιση οσφυαλγίας ή δισκοπάθειας.

- Προβλήματα στις αρθρώσεις του δεξιού χεριού (καρπός, αγκώνας, ώμος) λόγω στατικού φορτίου κατά την διάρκεια της οδήγησης. Συνήθως απαιτείται διαρκής άσκηση πίεσης στο μοχλό του επιταχυντή (Εικόνα 9), που σε κάποιες μηχανές είναι ψηλότερα κατά περίπου 30cm από το επίπεδο του βραχίονα με αποτέλεσμα το χέρι του μηχανοδηγού να παραμένει αιωρούμενο, χωρίς στήριξη του αγκώνα και με κάμψη του καρπού προς τα κάτω, πράγμα που έχει ως επακόλουθο την εμφάνιση συνδρόμου καρπιαίου σωλήνα και επικονδυλίτιδας (σύνηθες για όσους οδηγούν με μοχλικό σύστημα). Η απόσταση των χειριστηρίων από τους βραχίονες του μηχανοδηγού φαίνεται καθαρά στην εικόνα 3.



Εικόνα 3

- Προβλήματα στις αρθρώσεις των γονάτων λόγω της παρατεταμένης ακινησίας. Επίσης, καθώς τα πόδια είναι συνεχώς λυγισμένα προκαλείται κακή κυκλοφορία του αίματος, ενώ οι πιο υψηλότεροι αντιμετωπίζουν προβλήματα και στους μηρούς, από την συνεχή επαφή τους με το κάτω μέρος της βάσης των χειριστηρίων.

- Στην παρακάτω Εικόνα 4 φαίνεται ο περιορισμένος χώρος για τα πόδια του χειριστή καθώς και η φθορά στο κάτω μέρος της τράπεζας χειριστηρίων από την πολυετή επαφή με τα κάτω άκρα των ψηλότερων μηχανοδηγών.



Εικόνα 4

Όπως προαναφέραμε η εργασία του μηχανοδηγού είναι καθιστική και απαιτεί για μεγάλα χρονικά διάστημα ακινησία. Αν λάβουμε υπόψη πως ο μηχανοδηγός πραγματοποιεί στη βάρδια του μέχρι και 4 συνεχόμενες διαδρομές, που συνεπάγεται 3,5 ώρες στην ίδια στάση, έχοντας μόνο μικρά κενά (μέχρι δηλαδή να αλλάξει καμπίνα στους τερματικούς σταθμούς) για να μπορέσει να κινηθεί, να τεντώσει/χαλαρώσει τους μυς και τις αρθρώσεις, μπορούμε να καταλάβουμε τα προβλήματα πρακτικής και ιατρικής φύσεως που ανακύπτουν.

Πάνω από μία ώρα παραμονή στην ίδια θέση εργασίας δημιουργεί έντονη δυσφορία στον εργαζόμενο κάνοντας σημαντική την ανάγκη ενός σωστού καθίσματος.

Το κάθισμα στον θάλαμο μηχανοδήγησης, κινείται πάνω σε μία στερεωμένη στο δάπεδο βάση, και οφείλει να παρέχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Να κρατάει το σώμα σε ουδέτερη στάση (τα ισχία πρέπει να σχηματίζουν γωνία 115 – 120° μοιρών με τον υπόλοιπο κορμό ώστε να επιβαρύνεται λιγότερο η μέση).
- Να ρυθμίζεται η σκληρότητα της βάσης του καθίσματος ανάλογα με το βάρος του οδηγού για καλύτερη στήριξη του σώματος και αύξηση της δυνατότητας απορρόφησης των κραδασμών (να διαθέτει αντικραδασμικό μηχανισμό).
- Να προσφέρει στήριξη στην οσφυϊκή μοίρα ώστε να ελαχιστοποιεί τα σημεία πίεσεως και να έχει την κατάλληλη αντιολισθητική επένδυση.
- Να διαθέτει διαφορετικούς τρόπους ρύθμισης ώστε να προσαρμόζεται στο σωματότυπο του οδηγού: ρύθμιση κλίσης της πλάτης, ύψους των υποβραχιόνιων, της βάσης, ρύθμιση περιστροφής και κίνησης μπρος – πίσω ολόκληρου του καθίσματος. Πρέπει να συμβάλλει στην επίτευξη του κατάλληλου ύψους εργασίας (τα χειριστήρια είναι στατικά, δεν ρυθμίζονται, ενώ το κάθισμα είναι δυναμικό).

Στην παρακάτω Εικόνα 5 βλέπουμε ένα σύγχρονο κάθισμα από τους Ελληνικούς σιδηροδρόμους:



Εικόνα 5

Ωστόσο, οι μηχανοδηγοί ανέφεραν δυσκολία στη προσπάθεια σωστής ρύθμισης των καθισμάτων λόγω των δυσπρόσιπων ή φθαρμένων μοχλών ελέγχου, αναγκάζοντας τους να κάθονται προς τα εμπρός ή ελαφρώς πλευρικά και έτσι να μην έχουν επαρκή στήριξη της πλάτης.

Δυστυχώς δεν είναι όλα τα καθίσματα σε άριστη κατάσταση όπως αυτό της Εικόνας 5.

Πολλές φορές λόγω υψηλού κόστους των ανταλλακτικών η συντήρηση των καθισμάτων είναι ελλιπής καθιστώντας το κάθισμα ουσιαστικά μη λειτουργικό καθώς είναι αδύνατο να ρυθμιστεί σωστά (όπως το κάθισμα της εικόνας 4).

Ακόμη και σήμερα χρησιμοποιούνται επίσης καθίσματα παλαιού τύπου (Εικόνα 6). Γνωστά επίσης ως “σκαμνάκια” προσφέρουν στοιχειώδεις ρυθμίσεις και αποτελούνται από απλά μαξιλαράκια αφρώδους υλικού κολλημένα σε ξύλο ως στηρίγματα βραχιόνων-πλάτης

Τα παλιότερα καθίσματα τείνουν να έχουν λιγότερη υποστήριξη για το σώμα καθώς και βασικές μόνο δυνατότητες προσαρμογής.

Μάλιστα, παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια των μελετών στους θαλάμους μηχανοδήγησης ότι τα περισσότερα καθίσματα παλαιού τύπου επέτρεπαν την μετακίνηση του σώματος του μηχανοδηγού κατά τον διαμήκη άξονα με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μεγαλύτερη έκθεση του σώματος στις δονήσεις κατά τον οριζόντιο και κάθετο άξονα.



Εικόνα 6

Παρόλο που τα νεότερης γενιάς καθίσματα έχουν βελτιωμένα εργονομικά χαρακτηριστικά (όπως για παράδειγμα ευκολότερη ρύθμιση της θέσης και του ύψους, στήριξη της οσφυϊκής χώρας, ρύθμιση του πλάτους, στηρίγματα για τους βραχίονες,

ειδικό σχεδιασμό που να υποστηρίζει την στάση του σώματος και κάποιες φορές περίπλοκα συστήματα απόσβεσης κραδασμών) αυτά όπως αποδείχτηκε από τις μετρήσεις δεν φαίνεται να κάνουν κάποια διαφορά ως προς τα επίπεδα κραδασμών που καταγράφηκαν σε σχέση στα παλιότερα καθίσματα.

Οι μηχανοδηγοί ήδη από τη δεκαετία του 1950 έκαναν παράπονα για πόνους στη μέση καθώς και για άβολη θέση εργασίας σε εξειδικευμένες Ευρωπαϊκές μελέτες

Η τυπική διάταξη των χειριστηρίων και του καθίσματος (Εικόνα 7) στις αμερικανικές ελκτικές μονάδες θεωρείται ένας από τους πιθανούς παράγοντες συμβολής στην καταπόνηση και τον τραυματισμό των μηχανοδηγών. Μάλιστα οι μηχανές αυτές λόγω της αξιοπιστίας τους χρησιμοποιούνται από μεγάλο αριθμό σιδηροδρομικών εταιρειών διεθνώς, μεταξύ των οποίων και στην Ελλάδα.



Εικόνα 7

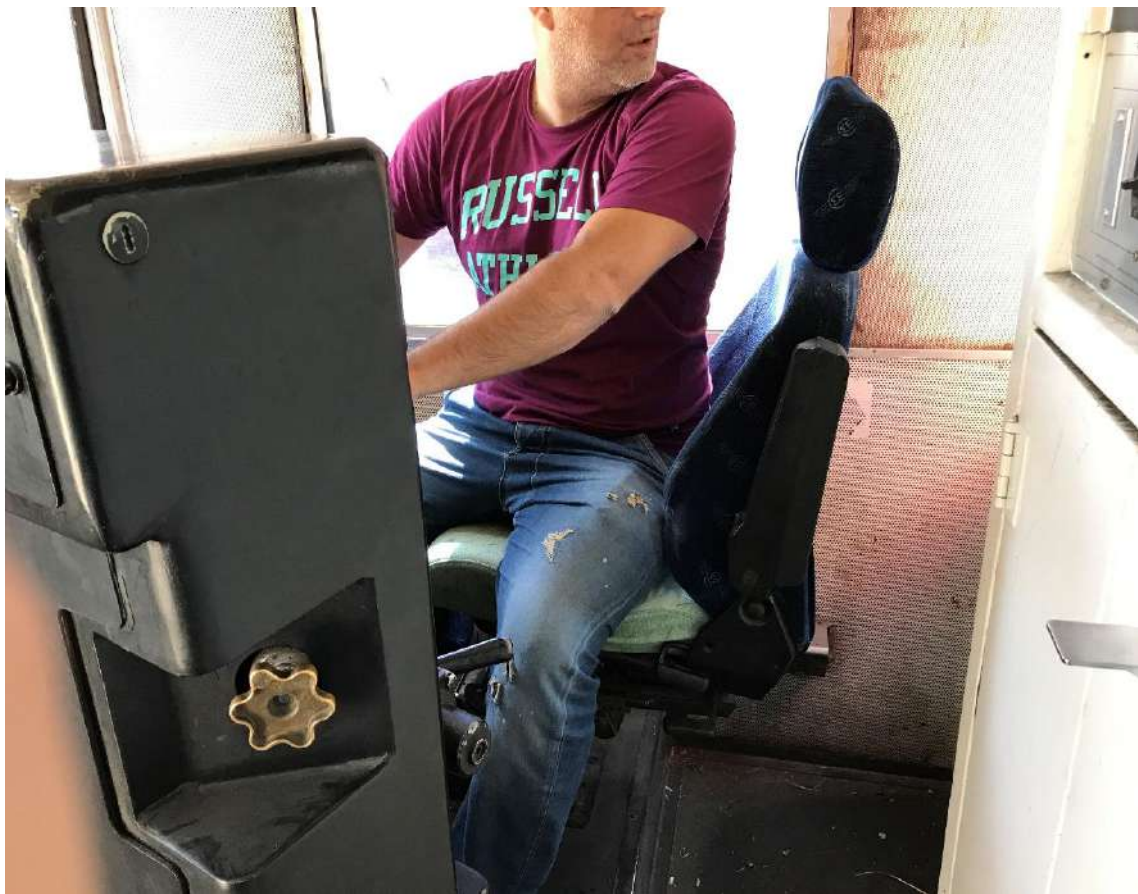
Οι μηχανές ελιγμών λειτουργούν αμφίδρομα (με κατεύθυνση εμπρός-πίσω) και ο χειριστής πρέπει να προσαρμόζει το κάθισμα και να αλλάζει συχνά τη θέση του για τις διαφορετικές κατευθύνσεις οδήγησης (Εικόνα 8).

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ελιγμών, οι στάσεις του σώματος του μηχανοδηγού αλλάζουν συχνά ώστε να διατηρεί οπτική επαφή με τους αρμόδιους υπαλλήλους (κλειδούχοι) και τα οχήματα που μετακινούνται (βαγόνια) κι αυτό συνήθως έχει ως αποτέλεσμα άβολες στάσεις του σώματος ενώ παράλληλα ο μηχανοδηγός δέχεται κραδασμούς/δονήσεις.

Στις παλαιότερες μηχανές ο σχεδιασμός της καμπίνας επιβάλλει στον χειριστή να στρέφει προς τα εμπρός και αριστερά (σε γωνία περίπου 30° έως 90°) το σώμα του για να οδηγήσει (Εικόνα 3).

Αυτό προκαλεί στρέψη και κάμψη της σπονδυλικής στήλης του χειριστή.

Στις νεότερες μηχανές με την κονσόλα των χειριστηρίων μπροστά από τον μηχανοδηγό της έχουν μειωθεί οι απαιτήσεις στις κινήσεις του σώματος (Εικόνα 9).



Εικόνα 8



Εικόνα 9

Τέλος, υπάρχουν κινητήριες μονάδες τόσο ανεπαρκείς εργονομικά που προκειμένου να έχει ο μηχανοδηγός καθαρό οπτικό πεδίο πρέπει εξ αρχής να υιοθετήσει μια μη ουδέτερη στάση του κορμού και του λαιμού.

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι υπάρχουν πολλοί εργονομικοί παράγοντες που λειτουργούν σωρευτικά εις βάρος της υγείας των οδηγών μέσω σταθερής τροχιάς [48]. Η εργασία του μηχανοδηγού είναι καθιστική με μεγάλα διαστήματα ακινησίας. Συνήθως, οι χειριστές περνούν πολλές ώρες στο εσωτερικό της καμπίνας οδήγησης (8-12 ώρες την ημέρα) και για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου βρίσκονται σε καθιστή θέση (περίπου 7 ώρες/βάρδια).

Πολλοί μηχανοδηγοί αντιμετωπίζουν καθημερινά την υποχρέωση να εργάζονται σε στενούς και άβολους θαλάμους οδήγησης, πράγμα που τους αναγκάζει να έχουν λυγισμένα τα κάτω άκρα και να υιοθετούν επίπονες στάσεις εργασίας (λόγω στρέψης και κάμψης της σπονδυλικής στήλης).

Σε πολλές περιπτώσεις λόγω της διάταξης του χώρου οδήγησης χρειάζεται να τεντώνουν το σώμα τους ή να στρέφουν αυχένα και κορμό σε κλίση έως και 90° προκειμένου να έχουν την κατάλληλη ορατότητα ή πρόσβαση στους μοχλούς χειρισμών.

Άλλες πάλι φορές το τροχαίο υλικό που έχουν στη διάθεση τους διαθέτει παλαιού τύπου καθίσματα δίχως ρυθμίσεις ή απόσβεση κραδασμών. Ακόμα όμως και σε μηχανές με σύγχρονα καθίσματα, παρατηρείται συχνά αυτά να είναι προβληματικά ή και μη λειτουργικά λόγω ελλιπούς συντήρησης.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες παίζουν συνδυαστικά με τους κραδασμούς πολύ σημαντικό ρόλο συνολικά στην αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης μυοσκελετικών παθήσεων στους μηχανοδηγούς.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τα παραπάνω, οι μηχανοδηγοί βρισκόμενοι στο θάλαμο οδήγησης είναι κατά κύριο λόγο εκτεθειμένοι σε κραδασμούς/δονήσεις, δουλεύοντάς σε παρατεταμένα στατική και -πολλές φορές- επίπονη στάση εργασίας. Αποδεικνύεται ότι υπάρχει αρνητική συνέργεια μεταξύ των κραδασμών και της στάσης του σώματος του εργαζόμενου [49].

Για τη διαχείριση των παραγόντων κινδύνου είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη αυτή η αλληλεπίδραση και όχι να επικεντρωνόμαστε σε έναν μόνο παράγοντα κινδύνου.

Οι μελέτες που παρατέθηκαν καταδεικνύουν ότι μηχανοδηγοί έχουν υψηλότερα ποσοστά απουσιασμού και προβλημάτων στην οσφυϊκή χώρα ή τον αυχένα απ' ό,τι οι ομάδες σύγκρισης (πολιτικοί μηχανικοί και άλλοι κλάδοι σιδηροδρομικών) που έχουν πολύ χαμηλότερα επίπεδα έκθεσης σε κραδασμούς/δονήσεις και σαφώς λιγότερα εργονομικά θέματα.

Καθώς ο επιπολασμός των μυοσκελετικών παθήσεων στους μηχανοδηγούς είναι υψηλός, πρέπει να αναζητηθούν οι κατάλληλες λύσεις. Με βάση την Ευρωπαϊκή Οδηγία 89/391 [50] η στρατηγική που πρέπει να ακολουθηθεί για την πρόληψη των ΜΣΠ ξεκινάει με την απομόνωση και αποφυγή των κινδύνων που αποτελούν τα αίτια των μυοσκελετικών ασθενειών (προληπτική εργονομία). Έπειτα επισημαίνονται οι κίνδυνοι που δεν μπορούν να αποφευχθούν και γίνεται προσπάθεια μείωσης των επιπτώσεων τους.

Στόχος είναι η καταπολέμηση των αιτιών στην πηγή τους. Εν προκειμένω, οι προσπάθειες πρέπει να επικεντρωθούν στην καλύτερη προσαρμογή του χώρου εργασίας στον άνθρωπο. Ειδικότερα προς την κατεύθυνση της απόσβεσης των κραδασμών και της εργονομικής διαμόρφωσης του θαλάμου μηχανοδήγησης. Ωστόσο, η καμπίνα μηχανοδήγησης και η εργασία του μηχανοδηγού απαιτεί εξειδικευμένη τεχνολογία προκειμένου να μελετηθούν κατάλληλα μέτρα ελέγχου και βελτίωσης.

Τα σιδηροδρομικά οχήματα παράγουν έναν σημαντικό και επαναλαμβανόμενο αριθμό κραδασμών/δονήσεων σε όλους στους άξονες του επιπέδου. Οι δονήσεις και οι κραδασμοί είναι μοναδικοί στα σιδηροδρομικά οχήματα και προκαλούνται ή σχετίζονται στενά με έναν συνδυασμό παραγόντων που περιλαμβάνει το πλαίσιο της κινητήριας μονάδας, τα συστήματα αναρτήσεως του θαλάμου οδήγησης, τους ηλεκτρικούς ή diesel κινητήρες υψηλής ισχύος, την αλληλεπίδραση μεταξύ τροχών και γραμμής, τις χαλαρές συνδέσεις μεταξύ των οχημάτων, τις ταχύτητες, την κατάσταση της γραμμής και τη συντήρηση της, καθώς επίσης την εκπαίδευση των μηχανοδηγών, την εμπειρία τους ή ακόμα ο τρόπος που κάνουν τους χειρισμούς.

Όπως καταδεικνύουν οι μελέτες, οι κραδασμοί που βιώνει ο μηχανοδηγός είναι επίσης αποτέλεσμα της ανταπόκρισης του καθίσματος στις εισερχόμενες δονήσεις στην καμπίνα οδήγησης.

Οι ολοσωματικές δονήσεις έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό και θεωρούνται ένας σημαντικός παράγοντας συμβολής στους πόνους και τις παθήσεις της οσφυϊκής χώρας. Παρόλο που σήμερα οι διαθέσιμες πληροφορίες θεωρούνται ανεπαρκείς για να καθοριστεί μία συγκεκριμένη σχέση μεταξύ έκθεσης στους κραδασμούς και επιπτώσεων στον οργανισμό, γνωρίζουμε από αρκετές επιδημιολογικές μελέτες ότι όσο εντονότεροι είναι οι κραδασμοί και όσο μεγαλύτερη η διάρκεια έκθεσης σε αυτούς τόσο πιθανότερο είναι να υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία [51].

Επί του παρόντος δεν υπάρχει κάποια πάθηση η οποία να οφείλεται αποκλειστικά στις ολοσωματικές δονήσεις, αλλά μεταξύ εκείνων των εργαζομένων που εκτίθενται σε κραδασμούς αναφέρεται σταθερά ένα υψηλό ποσοστό πόνων στη μέση, αρχικές εκφυλιστικές αλλαγές της σπονδυλικής στήλης (όπως η οσφυϊκή σπονδύλωση και η οστεοχόνδρωση) και κήλες δίσκων της οσφυϊκής χώρας.

Διάφοροι παθολογικοί μηχανισμοί θεωρούνται ύποπτοι για την εμφάνιση φθορών στους σπονδύλους. Για παράδειγμα, η μηχανική υπερφόρτωση λόγω των κραδασμών προκαλεί συνεχή συμπίεση και έκταση των δομικών στοιχείων της σπονδυλικής στήλης με αποτέλεσμα την φθορά των ιστών.

Ειδικά σε έναν καθήμενο χειριστή οι ενδοσπονδυλικές πιέσεις είναι σημαντικά μεγαλύτερες. Έχει αναφερθεί ότι παρατεταμένη έκθεση σε δονήσεις προκαλεί κούραση των μυών της σπονδυλικής στήλης.

Βασιζόμενοι στις εκτιμήσεις των μελετών που παρατέθηκαν συμπεραίνουμε ότι ο μηχανοδηγός (σύμφωνα με τα όρια του προτύπου ISO 2631-1) θα έπρεπε κατά μέσο όρο να μην εκτίθεται σε κραδασμούς για περισσότερο από 3 h και 44 λεπτά [17]. Παρόλα αυτά η πραγματική έκθεση ενός μηχανοδηγού είναι γύρω στις 6:30 ώρες, ενώ κάποιες φορές ξεπερνά τις 8 h. Συμπέρασμα ιδιαίτερωσ ανησυχητικό.

Τα αποτελέσματα των μελετών αναδεικνύουν και δικαιολογούν την αναγκαιότητα για εργονομικές αλλαγές έτσι ώστε να βελτιωθούν οι εργασιακές συνθήκες των θαλάμων οδήγησης.

Αυτό συμπεριλαμβάνει την θέση που τοποθετούνται τα χειριστήρια, οι οθόνες ελέγχου και επικοινωνίας, τα εξαρτήματα επικοινωνίας και η τοποθέτηση του καθίσματος. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι οι εργονομικές βελτιώσεις των οδικών οχημάτων τις τελευταίες δεκαετίες έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωση της έκθεσης των οδηγών σε κραδασμούς, κυρίως χάρις τον καλύτερο σχεδιασμό των καμπινών των οχημάτων και των καθισμάτων τους.

Σημαντικό ρόλο στη πρόληψη τέτοιων φαινομένων θα είχε ένας εργονομικός σχεδιασμός του θαλάμου οδήγησης που θα προωθούσε τη ορθή στάση του σώματος σε συνδυασμό με εργονομικά μελετημένα καθίσματα που θα παρείχαν αποτελεσματική απόσβεση των κραδασμών.

Παράγοντες όπως τα επίπεδα θορύβου, τα οπτικά ερεθίσματα, η θερμοκρασία και υγρασία καθώς και η ενδεχόμενη παρουσία ατμοσφαιρικών ρύπων (τα καυσαέρια των κινητήρων diesel) αλληλοεπιδρούν με τους προσλαμβανόμενους κραδασμούς από το σώμα του μηχανοδηγού. Οι σύγχρονοι θάλαμοι μηχανοδήγησης έχουν μεν ενσωματωμένα συστήματα κλιματισμού, παρατηρήθηκε όμως ότι από τα στόμια εξαερισμού εκπέμπεται κρύος αέρας κατευθείαν πάνω στους μύες του σώματος του χειριστή, το οποίο μπορεί επίσης να επηρεάσει δυσμενώς το μυοσκελετικό σύστημα.

Σημαντικός παράγοντας για την εξαγωγή συμπερασμάτων είναι οι πραγματικές ημερήσιες περιόδους έκθεσης σε κραδασμούς και η ενδεχόμενη σωρευτική έκθεση σε αυτούς σε διάστημα από 10 έως και 20 χρόνια. Ο εργονομικός έλεγχος καθώς και οι στρατηγικές πρόληψης στους θαλάμους μηχανοδότησης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν αυτούς τους παράγοντες αν και ένας βελτιωμένος σχεδιασμός της καμπίνας και των καθισμάτων μπορεί να αποδειχθεί βραχυπρόθεσμα ωφέλιμος ώστε να μειώσει τη συνολική έκθεση σε κραδασμούς και δονήσεις ολόκληρου του σώματος.

Επιπρόσθετες επιδημιολογικές μελέτες καθώς και μετρήσεις έκθεσης σε βλαπτικούς παράγοντες θα αποδειχθούν χρήσιμες για τη συγκέντρωση περισσότερων πληροφοριών σχετικά με τις εργονομικές συνθήκες και τους κινδύνους στους σιδηροδρόμους.

Οι εργονομικές απαιτήσεις του ανθρώπου όπως η άνεση, η ευκολία των χειρισμών και ιδιαίτερα η προστασία από επιβλαβείς κραδασμούς και δονήσεις, φαίνεται να μην παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην τρέχουσες εξελίξεις στον σχεδιασμό των θαλάμων, των χειριστηρίων των μηχανών και των καθισμάτων [52].

Πρέπει να οριστεί ένα οριακό σημείο έκθεσης καθώς οι οσφυϊκοί και οι αυχενικοί πόνοι δεν είναι απλές διαταραχές. Ο ορισμός ενός τέτοιου ορίου είναι ζωτικής σημασίας είτε αυτό θα αφορά την συχνότητα έκθεσης, είτε την ένταση ή και τον συνδυασμό αυτών των παραγόντων. Αυτό, άλλωστε, θα καταστήσει τα αποτελέσματα των σχετικών μελετών συγκρίσιμα. Για παράδειγμα, ένας κοινός χαρακτηριστικός δείκτης είναι η εμφάνιση μυοσκελετικών πόνων για περισσότερες από 3 φορές το χρόνο που διαρκούν περισσότερο από μια εβδομάδα.

Είναι επιτακτική ανάγκη να καθοριστούν νέα πρότυπα με βάση σύγχρονα δεδομένα, στα οποία θα ενημερώνονται/εκπαιδεύονται οι εργαζόμενοι και με τα οποία θα σχεδιάζονται οι θέσεις /χώροι εργασίας.

Εξάλλου, τα περισσότερα όρια των προτύπων κατά ISO έχουν καθορισθεί με υγιείς, νεαρούς ανθρώπους και βασίζονται σε εργαστηριακές έρευνες δίχως την πολυπλοκότητα των συνθηκών των πραγματικών χώρων εργασίας.

Για παράδειγμα, στην διαμόρφωση του προτύπου ISO 2631-1 δεν λήφθηκαν υπόψιν συνιστώσες όπως θόρυβος, κακός κλιματισμός του χώρου, κακή στάση σώματος και στρες λόγω των σφιχτών χρονοδιαγραμμάτων.

Επί του παρόντος, η τεχνική επιτροπή ISO ετοιμάζει ένα ειδικό πρότυπο (ISO 2631-4:2001) για την μέτρηση και ανάλυση των κραδασμών σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα για τα σιδηροδρομικά οχήματα.

Το ισχύον πρότυπο ISO 2631-1 πρέπει να εκσυγχρονιστεί ως προς την αξιολόγηση των δονήσεων/κραδασμών στα σιδηροδρομικά οχήματα καθώς αυτά παρουσιάζουν μοναδική συμπεριφορά σε σύγκριση με τα υπόλοιπα οχήματα.

Μόνο πρόσφατα εκδόθηκαν κατευθυντήριες γραμμές από την τεχνική επιτροπή ISO για την αξιολόγηση της άνεσης των επιβατών και των πληρωμάτων των αμαξοστοιχιών.

Στην εργασία αυτή υπογραμμίστηκαν οι ιδιαιτερότητες της εργασίας του μηχανοδηγού, παρατέθηκαν επιδημιολογικές μελέτες με θέμα την επίδραση των κραδασμών/δονήσεων στους οδηγούς μέσω σταθερής τροχιάς και δόθηκαν σημαντικές πληροφορίες ως προς τα εργονομικά προβλήματα που απαντώνται στους θαλάμους οδήγησης των σιδηροδρομικών κινητηρίων μονάδων.

Η μείωση του επαγγελματικού κινδύνου για τον μηχανοδηγό σημαίνει ότι πρωταρχικά πρέπει να μειωθούν οι κραδασμοί, ειδικά των πλευρικοί και οι κάθετοι. Απαιτούνται λοιπόν, τεχνικές παρεμβάσεις όπως ο εκσυγχρονισμός και η συχνή συντήρηση του τροχαίου υλικού και των σιδηροδρομικών γραμμών. Αναγκαιότητα είναι η καλύτερη εργονομική μελέτη στην φάση του σχεδιασμού των θαλάμων μηχανοδήγησης με ενεργή συμμετοχή των εργαζομένων. Ως μέτρο πρόληψης προτείνεται η χρήση ορθοπεδικά σχεδιασμένων καθισμάτων με σύστημα ανάρτησης προς απόσβεση των κραδασμών που θα επιτρέπουν τη βέλτιστη στήριξη και έλεγχο της στάσης του σώματος.

Είναι προτιμότερο οι σιδηροδρομικές εταιρείες να παρέχουν το κατάλληλο κάθισμα εγκαίρως και όχι να περιμένουν να αρχίσουν τα συμπτώματα ΜΣΠ ή ο απουσιασμός από την εργασία.

Προτείνεται επίσης η τακτική παρακολούθηση της υγείας των μηχανοδηγών με παράλληλη εκπαίδευση τους ως προς τις επιπτώσεις της έντασης και της διάρκειας των δονήσεων στο ανθρώπινο σώμα.

Τέλος, κρίνεται απαραίτητο να μειωθεί ο χρόνος έκθεσης των εργαζομένων στους κραδασμούς μέσω κατάλληλων διαλειμμάτων, λιγότερες ώρες υπερωριών και μεγαλύτερες περιόδους ανάπαυσης μεταξύ των βαρδιών. Άλλωστε, οι υγιείς εργαζόμενοι μειώνουν το κόστος λειτουργίας μιας εταιρείας αυξάνοντας παράλληλα στην παραγωγικότητα, με αποτέλεσμα να είναι όλοι κερδισμένοι.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Andersson G.B.J., Fine L.J., Silverstein BA., "Musculoskeletal Disorders. In: Occupational Health, recognizing and preventing Work-related disease", Third edition, Levy B., and Wegman D.H., 1995.
2. "Musculoskeletal Disorders (MSDs) and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck".
3. EE L 160 της 26.6.1990.
4. EE L 238 της 25.9.2003, σ. 28-34.
5. "Musculoskeletal disorders added to ILO list of occupational diseases", Newsletter no 2 2003. <http://www.arbetslivsinstitutet.se/workinglife/02-2/05.asp>
6. "Inventory of socio-economic information about work-related musculoskeletal disorders in the Member States of the European Union European Agency for Safety and Health at Work"
7. Bureau of National Affairs Inc (BNA). Back injuries: costs, causes and prevention. Washington, DC: BNA, 1988.
8. Webster B, Snook S. The cost of compensable low back pain. J Occup Med 1990; 32:13
9. John A. Volpe National Transportation System Center: Human Factors Guidelines for Locomotive Cabs (PB 99127037, 1–197). Springfield, Va.: National Technical Information Service, 1998.
10. Johanning, E.: Evaluation and management of occupational low back disorders. Am. J. Ind. Med. 37:94–111 (2000).
11. Waddell, G., and A.K. Burton: Occupational health guidelines for the management of low back pain at work: Evidence review. Occup. Med. (Lond) 51:124–135 (2001).
12. Johanning, E., D.G. Wilder, P.J. Landrigan, and M.H. Pope: Whole-body vibration exposure in subway cars and review of adverse health effects. J. Occup. Med. 33:605–612 (1991).
13. Bongers, P.M., and H.C. Boshuizen: Back Disorders and Whole-Body Vibration At Work. The Hague: Cip-Gegevens Koninklijke Bibliotheek, 1990.
14. Hulshof, C., and B.V. van Zanten: Whole-body vibration and low back pain. A review of epidemiologic studies. Int. Arch. Occup. Environ. Health 59:205–220 (1987).
15. Dupuis, H., and G. Zerlett: Whole-body vibration and disorders of the spine. Int. Arch. Occup. Environ. Health 59:323–336 (1987).
16. International Organization for Standardization(ISO): Mechanical Vibration and Shock—Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. Part 1: General Requirements (ISO 2631-1), 2nd ed. [Standard] Geneva: ISO, 1997.
17. International Organization for Standardization(ISO): Mechanical Vibration: Laboratory Method for Evaluating Vehicle Seat Vibration. Basic Requirements (ISO 10326-1). [Standard] Geneva: ISO, 1992.
18. Bovenzi, M., and C.T. Hulshof: An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986–1997). Int. Arch. Occup. Environ. Health 72:351–365 (1999).

19. 13. Amended proposal for a council directive on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risk arising from physical agents: Individual directive in relation to Article 15 of Directive 89/391/EEC. Off. J. Eur. Communities (C 230):3–29 (1994).
20. Christ, E.: European standardization in the framework of the machinery directive: Aims and strategies. Cent. Eur. J. Public Health 4(1): 79–82 (1996).
21. Johanning, E.: Whole-body vibration—call for occupational medical surveillance and prevention. J. Occup. Environ. Med. 39:1031–1033 (1997).
22. Wasserman, D.E., D.G. Wilder, M.H. Pope, M. Magnusson, A.R. Aleksiev, and J.F. Wasserman: Whole-body vibration exposure and occupational work-hardening. J. Occup. Environ. Med. 39:403–407 (1997).
23. E. Sorainen, E. Ryttonen, Whole-body vibration of locomotive engineers, American Industrial Hygiene Association Journal 60 (3) (1999) 409–411.
24. E. Johanning, S. Fischer, E. Christ, B. Goeres, P. Landsbergis, Whole-body vibration exposure study in US railroad locomotives—an ergonomic risk assessment, American Industrial Hygiene Association Journal (Fairfax, Va.) 63 (4) (2002) 439-446.
25. I. Kuorinka, B. Jonsson, A. Kilbom, H. Vinterberg, F. Biering-Sorensen, G. Andersson, K. Jorgensen, Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms, Applied Ergonomics 18 (3) (1987) 233–237.
26. K.T. Palmer, B. Haward, M.J. Griffin, H. Bendall, D. Coggon, Validity of self-reported occupational exposures to hand transmitted and whole-body vibration, Occupational Environmental Medicine 57 (4) (2000) 237–241.
27. E. Johanning, Back disorders and health problems among subway train operators exposed to whole-body vibration, Scandinavian Journal of Work Environment and Health 17 (6) (1991) 414-419.
28. Dupuis, H., and G. Zerlett, Whole Body Vibration and Disorders of the Spine. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Vol. 59, No. 4, 1987, pp. 323-336.
29. Bovenzi, M., and G.T. Hulshof, An Updated Review of Epidemiologic Studies on the Relationship Between Exposure to Whole-Body Vibration and Low-Back Pain (1986-1997). *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Vol. 72, No. 6, 1999, pp. 351-365.
30. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al. Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*. 1987; 18:233–237.
31. Johanning E, Wilder DG, Landrigan PJ, Pope MH. Whole-body vibration exposure in subway cars and review of adverse health effects. *J Occup Med*. 1991; 33:605–612.
32. International Organization for Standardization (ISO). Evaluation of human exposure to whole-body vibration: part 1: general requirements. Geneva: ISO, 1985. (ISO 2631.)
33. Baecke JAH, Burema J, Frijters JEN. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr* 1982;36: 936-942.
34. Sorainen, E., and E. Ryttonen: Whole-body vibration of locomotive engineers. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 60:409–411 (1999).
35. Le rachis des chauffeurs de locomotives. *Rev. Rheum. Mal. Osteoartic.* 21:727–734 (1954).
36. Serati, A.: Seat Design for Locomotive Engineers and Fork Lift Drivers. Bern, Switzerland: Swiss Federal Railroads, 1967.

37. Arnautova-Bulat, S.: [The effect of vibration on the spine of railroad workers]. *Arh Hig Rada Toksikol* 30:259–266 (1979).
38. Louyot P, DeRen G, Jouret. *Le rachis des chauffeurs de locomotives*. Lille: Association de Medicine du Tra vail du Nord. 1954.
39. I. Hannunkari, M. Heino, E. Jarvinen, R. Ketola, P. Makela, R. Makinen, R. Niemela, T. Partanen, J. Starck, P. Tikka, working conditions and health of locomotive engineers of the Finnish State Railways, *Zeitschrift fur die Gesamte Hygiene* 23 (10) (1977) 734–738.
40. Netterstrom, B., L.S. Paludan and P. Laursen, Health of Railroad Engine Drivers (in Danish), *Ugeskrift for Laeger*, Vol. 145, No.25, 1983, PP. 1969-1974.
41. International Ergonomics Association, 2000.
42. Μαρμαράς Ν., “Εισαγωγή στην Εργονομία”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας, Αθήνα 2002.
43. Pope MH, Andersson GBJ, Broman H, Svensson M, Zetterberg D. 1986. Electromyographic studies of the lumbar trunk musculature during the development of axial torques. *J. Orthop. Res.* 4:288–97.
44. Basmajian JV. 1978. *Muscles Alive. Their Functions Revealed by Electromyography*, ed. JV Basmajian, pp. 1–26. Baltimore, MD: Williams Wilkins.
45. Griffing JP. 1960. The occupational back. In *Modern Occupational Medicine*, ed. Anderson, pp. 219–27. Philadelphia: Lea Febinger.
46. Magora A. 1972. Investigation of the relation between low back pain and occupations: 3. Physical requirements: sitting, standing, and weight lifting. *Indus. Med.* 41:5–9.
47. Magora A. 1974. Investigation of the relation between low back pain and occupation: 6. Medical history and symptoms. *Scan. J. Rehabil. Med.* 6:81–88.
48. M.H. Pope, K.L. Goh, M.L. Magnusson, Spine ergonomics, *Annual Review of Biomedical Engineering* 4 (2002) 49–68.
49. Okunribido OO, Magnusson M, Pope MH. The role of whole body vibration, posture and manual materials handling as risk factors for low back pain in occupational drivers. *Ergonomics*. 2008; 51:308– 329.
50. The European Parliament and the Council of the European Union. *On the Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (Vibration)*. Brussels: The European Parliament and the Council of the European Union; 2002:13–19.
51. Brinkmann P, Pope MH. Effects of repeated loads and vibration. In: Weinstein JN, Wiesel SW, ed. *The lumbar spine*. Philadelphia, PA: Saunders Company, 1990: 171-87
52. J. Jankovich, Human factors survey of locomotive cabs, FRA-OPP-71-1, 157-73, Federal Railroad Administration Washington, DC, USA, 6-30-0072, 1972.
53. Ι. Αδαμάκη. *Επιπτώσεις των Δονήσεων – Κραδασμών στην Υγεία των Εργαζομένων επί Αμαξοστοιχιών. Διπλωματική εργασία του προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Υγιεινή και Ασφάλεια της Εργασίας, Αλεξανδρούπολη Ελλάδα 2009*