

Τ.Ε.Ι - Πάτρας
Τμήμα: Ηλεκτρολογίας

Πτυχιακή Εργασία

Αριθμός 455

«Διεθνείς κανόνες για ασφάλεια και προστασία των ανθρώπων από πλήγματα κεραυνών. Αναφορά διεθνών κανονισμών, συλλογή πληροφοριών περί ατυχημάτων στην περιοχή της Αχαΐας»

Εισηγητής:
Ε. Πυργιώτη

Σπουδαστές:
Ασημακόπουλος Περικλής
Σωτηρόπουλος Κωνσταντίνος

Πάτρα - Φ 2000



ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	3226
----------------------	------

Πρόλογος

Οι κεραυνοί αποτελούν ένα φυσικό φαινόμενο, με επικίνδυνα αποτελέσματα για την ασφάλεια των ανθρώπων και των κτιρίων.

Ο πρώτος που άνοιξε τον δρόμο της προστασίας από τους κεραυνούς ήταν ο Βενιαμίν Φραγκλίνος που στα 1753 παρουσίασε το «αλεξικέραυνο» ή πιο σωστά το κάθετο ιστό απαγωγής κεραυνών. Η εφεύρεση αυτή, παρ' όλο που διαδόθηκε γρήγορα, δεν παρουσίασε καμία σημαντική εξέλιξη γιατί ακριβώς δεν είχε κατορθωθεί να δοθεί η ερμηνεία του φαινομένου της εκκένωσης των κεραυνών.

Από την στιγμή που κατορθώθηκε να μελετηθούν πλήρως αρκετά φαινόμενα, σχετιζόμενα με τις εκκενώσεις κεραυνών, είχαμε ταχύτατη εξέλιξη στο όλο θέμα της προστασίας από τους κεραυνούς. Πέρα από αυτό, έγινε δυνατή η δημιουργία αρκετών διεθνών κανονισμών για την ασφάλεια και την προστασία των ανθρώπων.

Η πτυχιακή εργασία αποτελείται από επτά κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά από τα είδη των κεραυνών, στην κατανόησή τους και την έννοια του ρεύματος κεραυνού.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρει τις επιπτώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα καθώς και τα διάφορα είδη κτυπημάτων από κεραυνούς.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενή αναφορά στην παθοφυσιολογία και στις περιπλοκές των ατυχημάτων από κεραυνούς.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφοροι τραυματισμοί που προκλήθηκαν από πολλαπλούς κεραυνούς και οι στατιστικές τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο καταγράφονται, οι διεθνείς κανόνες ασφαλείας και ο οδηγός διάσωσης ενάντια στους κινδύνους από κεραυνούς.

Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται δεδομένα τραυματισμών από κεραυνούς.

Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται οι προοπτικές βελτίωσης στην κατανόηση των τραυματισμών από κεραυνούς.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	1
Κεφάλαιο 1	7
Είδη κεραυνών	7
Ρεύμα του κεραυνού και σχετικοί παράμετροι	10
Κεφάλαιο 2	12
Θάνατοι και τραύματα από κεραυνούς	12
2.1 Ιστορική εισαγωγή	12
2.2 Μεταγωγή ηλεκτρισμού στο ανθρώπινο σώμα	17
2.3 Συνέπειες ηλεκτρικού σοκ	20
2.3.1 Γενικές παρατηρήσεις	20
2.3.2 Ινώδης κοιλία καρδιάς	21
2.3.3 Αναπνευστική διακοπή	24
2.4 Είδη χτυπημάτων από κεραυνούς	29
2.4.1 Είδη ρίσκων	29
2.4.2 Άμεσο χτύπημα	30
2.4.3 Επαφή με voltage	32
2.4.4 Έμμεσο χτύπημα	34
2.4.5 Πτώση κεραυνού σε ανοιχτό χώρο	40

Κεφάλαιο 3	43
Παθοφυσιολογία - Περιπλοκές ατυχημάτων από κεραυνούς	43
3.1 Περιγραφή της παθοφυσιολογίας	43
3.2 Εξωτερική ηλεκτρική εκκένωση	44
3.3 Περιπλοκές ατυχημάτων από κεραυνό	45
3.4 Λοιπές περιπλοκές και κλινικές εκδηλώσεις	48
3.5 Επαναφορά (ανάκτηση αισθήσεων)	52
3.6 Συμπερασματικές παρατηρήσεις	53
Κεφάλαιο 4	55
Τραυματισμοί που προκλήθηκαν από πολλαπλούς κεραυνούς - Στατιστικά	55
Εισαγωγή	55
4.2 Το ατύχημα από κεραυνό στην Οhyama κατά τη διάρκεια πεζοπορίας	58
4.3 Οχτώ ατυχήματα που προκλήθηκαν από πολλαπλό χτύπημα κεραυνού	66
4.4 Χαρακτηριστικά των ατυχημάτων από διχαλωτούς κεραυνούς	69
4.5 Προστασία από κεραυνό σε δημόσια σπίτια στο βουνό	70
Κεφάλαιο 5	73
Διεθνής ασφάλεια και οδηγός διάσωσης ενάντια στους κίνδυνους από κεραυνό	73
Εισαγωγή	73

5.2 Πως ο κεραυνός μπορεί να τραυματίσει και να σκοτώσει	75
5.3 Σχεδιασμός εξωτερικών δραστηριοτήτων	80
5.3.1 Εκ των προτέρων σχεδιασμός	80
5.3.2 Ζητήστε πληροφορίες για το συνηθισμένο τύπο του τοπικού καιρού	81
5.3.3 Πληροφορήστε κάποιον για την δραστηριότητά σας και το δρομολόγιό σας.	81
5.3.4 Πάρτε μαζί σας μέσα επικοινωνίας	81
5.4 Αναγνώριση προσέγγισης καταιγίδας	82
5.4.1 Παρακολούθησε την εξέλιξη του καιρού	85
5.4.2 Σ' όλες τις περιπτώσεις μπορεί να εκπλαγείτε	85
5.4.3 Σημάδια της παρουσίας καταιγίδων	85
5.4.4 Υπολογίστε την απόσταση του χτυπήματος του κεραυνού	86
5.4.5 Πότε πρέπει να καλυφθείτε; ...Όσο πιο γρήγορα τόσο το καλύτερο	87
5.5 Επικίνδυνα μέρη	88
5.6 Ασφαλή μέρη ή καταφύγια	89
5.7 Μέσα στην καταιγίδα χωρίς να υπάρχει καταφύγιο τριγύρω	92
5.8 Θέση προστασίας	93
5.9 Ειδικές περιπτώσεις	94
5.10 Πρώτες βοήθειες σε άτομα που χτυπήθηκαν από κεραυνό	95

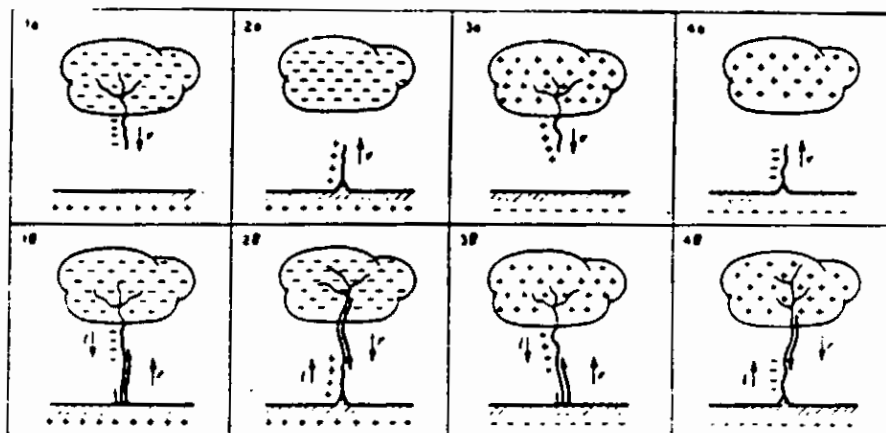
Κεφάλαιο 6	99
Δεδομένα τραυματισμών από κεραυνούς από τη βιβλιογραφία	99
Εισαγωγή	99
6.2 Ιστορικό	100
6.2 Στατιστικά-Επιδημιολογικά δεδομένα σχετικά με τους τραυματισμούς από κεραυνό στη Γαλλία	104
Κεφάλαιο 7	110
Προοπτικές βελτίωσης στην κατανόηση των τραυματισμών από κεραυνούς	110
Συμπεράσματα	112
Βιβλιογραφία	113

Κεφάλαιο 1

Είδη κεραυνών

Ο κεραυνός ξεκινά από σημεία υψηλής πεδιακής έντασης. Δύο ετερόσημα φορτία μέσα στο ίδιο σύννεφο ή σε δύο γειτονικά σύννεφα δημιουργούν στο διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ τους υψηλές πεδιακές εντάσεις που μπορούν να προκαλέσουν μία εκκένωση εσωτερική του νέφους ή ανάμεσα σε δύο σύννεφα. Συγκέντρωση φορτίου ενός προσήμου σε μία θέση του νέφους και το φορτίο αντίθετου προσήμου, που επάγεται εξ' αιτίας του στο έδαφος, δημιουργούν ανάμεσα στο νέφος και το έδαφος μια ζώνη αυξημένων πεδιακών εντάσεων. Οι υψηλότερες εντάσεις μέσα στην ζώνη αυτή, μπορεί να αναπτύσσονται είτε κοντά στο νέφος είτε (σε περίπτωση που το έδαφος παρουσιάζει μια σημαντική προεξοχή) στην πλευρά του εδάφους. Στην πρώτη περίπτωση, η ενδεχόμενη εκκένωση που θα επακολουθήσει θα αρχίσει από το νέφος (με ένα κατερχόμενο οχετό προεκκένωσης), ενώ στη δεύτερη από το έδαφος (με έναν ανερχόμενο οχετό προεκκένωσης).

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ακόλουθες τέσσερις περιπτώσεις διακρίνονται για την έναρξη του οχετού προεκκένωσης του κεραυνού και φαίνονται στο σχήμα 1:



Σχήμα 1. Είδη κεραυνών: «α» ανάπτυξη οχετού προεκκένωσης, «β» συμπλήρωση του αντίστοιχου είδους κεραυνού με οχετό επιστροφής. 1: οχετός προεκκένωσης, τ: οχετός επιστροφής, V: κατεύθυνση μετάδοσης.

- Κατερχόμενος αρνητικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από ένα αρνητικό σύννεφο (περίπτωση 1α).
- Ανερχόμενος θετικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από μία προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα αρνητικό σύννεφο (περίπτωση 2α).
- Κατερχόμενος θετικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από ένα θετικό σύννεφο (περίπτωση 3α).
- Ανερχόμενος αρνητικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα θετικό σύννεφο (περίπτωση 4α).

Αν ο οχετός προεκκένωσης που αναπτύσσεται με έναν από τους τέσσερις πιο πάνω τρόπους γεφυρώσει ολόκληρο το διάκενο σύννεφο-γη, επακολουθεί ο οχετός επιστροφής και έτσι ολοκληρώνεται ένας από τους τέσσερις τύπους κεραυνού, που εικονίζεται στο κατώτερο μέρος του σχήματος 1, στους οποίους δίνονται οι πιο κάτω ορισμοί:

1. Περίπτωση 1β: «κατερχόμενη αρνητική εκκένωση» πηγάζει ένα αρνητικό σύννεφο με ένα κατερχόμενο οχετό προεκκένωσης και αποτελεί τον πιο συνηθισμένο κεραυνό που παρατηρείται στα 90% περίπου των περιπτώσεων.
2. Περίπτωση 2β: «ανερχόμενος θετικός οχετός/αρνητική εκκένωση» πηγάζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα αρνητικό σύννεφο.
3. Περίπτωση 3β: «κατερχόμενη θετική εκκένωση» πηγάζει από ένα θετικό σύννεφο (πολύ σπάνια περίπτωση).
4. Περίπτωση 4β: «ανερχόμενος αρνητικός οχετός/θετική εκκένωση» πηγάζει από μία προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα θετικό σύννεφο.

Η παρακάτω εικόνα (σχήμα 1) των κεραυνών είναι απλοποιημένη. Στην πραγματικότητα, πριν ο οχετός προεκκένωσης συναντήσει το έδαφος ή το νέφος, ένας αντίθετος οχετός αναπτύσσεται από την αντίθετη πλευρά που έρχεται να προϋπαντήσει τον κύριο οχετό προεκκένωσης.

Ρεύμα του κεραυνού και σχετικοί παράμετροι

Όταν ένα αντικείμενο, όπως ένα κτίριο, μία γραμμή σε μία υπόγεια σήραγγα ή ένα αεροπλάνο που πετά, κτυπηθεί από ένα κεραυνό, το μέγεθος της καταπόνησης που θα υποστεί εξαρτάται από το ρεύμα που εκφορτίζεται μέσω αυτού. Έτσι από την άποψη της προστασίας από τους κεραυνούς, το ρεύμα αυτό αντιπροσωπεύει την πιο σημαντική παράμετρο της εκκένωσης του κεραυνού.

Το κύριο ρεύμα που συνοδεύει μία εκκένωση κεραυνού, οφείλεται στον οχετό επιστροφής. Το ηλεκτρικό φορτίο του κατερχόμενου οχετού εξουδετερώνεται από το αντίστοιχο ετερόσημο φορτίο της γης. Το φορτίο αυτό ρέει μέσα από τον αγωγό προεκκένωσης που έχει συνδέσει προηγουμένως το σύννεφο με την γη. Το μέγεθος του ρεύματος που αναπτύσσεται κατά τη ροή του φορτίου αυτού εξαρτάται κατ' αρχήν από το μέγεθος του φορτίου του νέφους αλλά επίσης και από την ταχύτητα με την οποία ο οχετός επιστροφής από τον ήδη ιονισμένο δρόμο που χάραξε ο οχετός προεκκένωσης.

Για την μέτρηση αυτού του ρεύματος όπως και για την απόκτηση μιας αντίληψης για τη μορφή του, τα οποία θα βοηθήσουν να βρεθούν και οι άλλες σχετικές παράμετροι του κεραυνού όπως διάρκεια ροής κλπ., έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι. Οι παλιότερες στηρίζονται σε μία εκτίμηση του ρεύματος που γινόταν από τα θερμικά ή μηχανικά αποτελέσματα που προκαλεί το

πλήγμα του κεραυνού. Έτσι από την τάξη λεπτών μετάλλων ή τα ίχνη πάνω σε λεπτές μεταλλικές επιφάνειες, γίνονταν εκτίμηση της συνολικής ενέργειας του κεραυνού, επίσης εκτίμηση του εύρους του ρεύματος γινόταν από τη σύσφιξη που προκαλεί η ροή του ρεύματος διαμέσου ενός σωλήνα.

Ένας άλλος τρόπος μέτρησης είναι η μέθοδος της μαγνητικής ζεύξης. Η μέθοδος στηρίζεται στο ότι όταν το ρεύμα του κεραυνού διαρρέει ένα αγωγό, σχηματίζεται γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο. Αν τοποθετηθεί κοντά στον αγωγό ένα μαγνητικό υλικό, αυτό θα μαγνητίσει με τη μέγιστη τιμή του πεδίου η οποία εξαρτάται από το μέγιστο ρεύμα που διέρρευσε τον αγωγό. Αν το υλικό παρουσιάζει μεγάλη υστέρηση μπορεί να μεταφερθεί στο εργαστήριο και να παρθούν οι σχετικές μετρήσεις. Τέτοια μαγνητιζόμενα υλικά (magnetic links) τοποθετούνται συνήθως σε επαφή με τα σκέλη μεταλλικών πύργων γραμμών μεταφοράς.

Κεφάλαιο 2

Θάνατοι και τραύματα από κεραυνούς

2.1 Ιστορική εισαγωγή

Μέχρι διακόσια χρόνια πριν, αναφορές για κεραυνούς βρέθηκαν στην ποίηση και στην ερμηνεία της, που βασιζόταν στη μυθολογία.

Ο ερχομός της εμπειρικής επιστήμης, με την ανακάλυψη του Van Musschenbroek, μετέθεσε την αντίληψή μας για τους κεραυνούς στην αρμοδιότητα της επιστήμης. Ο κεραυνός επιδείκνυε παρόμοια χαρακτηριστικά με το στατικό ηλεκτρισμό, και την ίδια στιγμή, τα αποτελέσματα και των δύο στα ζώα και τον άνθρωπο εξερευνούνταν. Ενώ αυτές οι πρόσφατες έρευνες κάνουν «γοητευτική» τη μελέτη, υπάρχουν αρκετές έρευνες που δεν είναι απλά «ιστορικού ενδιαφέροντος», που επιδεικνύουν ένα αριθμό σημαντικών αρχών που αποτελούν τη βάση της πρόσφατης κατανόησης των επιδράσεων του κεραυνού στο ανθρώπινο σώμα. Ειδικότερα, δείχνουν τη σημασία που έχει η διαδρομή ηλεκτρικού ρεύματος που περνά μέσα στο σώμα, το οποίο μας οδηγεί στην ανάλυση των επιπτώσεων που προκαλούνται.

Ένα πείραμα του Φραγκλίνου που καταγράφηκε απ' τον Γουάτσον το (1751), στο οποίο μια κότα υπέστη ηλεκτρικό σοκ, και φαινόταν νεκρή, αλλά συνήρθε με επαναλαμβανόμενα φυσήματα στα πνευμόνια της. Μια πρόσφατη επιτυχία για τεχνητή αναπνοή μετά από ηλεκτρικό σοκ. Η ηλεκτρική διαδρομή από το κεφάλι μέχρι (πιθανώς) τα πόδια θα είχε συμπεριλάβει τον εγκέφαλο και μαζί και το αναπνευστικό κέντρο, το στήθος και μαζί και την καρδιά. Προφανώς, το αναπνευστικό κέντρο, παρέλυσε προσωρινά, δίνοντας ώθηση στην ανάγκη για τεχνητή αναπνοή, αλλά η καρδιά συνέχιζε να χτυπά (ή επανήρθε αυθόρμητα μετά από λίγο) αλλιώς η ανάκτηση των αισθήσεων δε θα ήταν πιθανή.

Σε άλλες περιπτώσεις, γαλοπούλες έχουν βιώσει βίαιους σπασμούς και αφού κείτονταν λίγα λεπτά σαν πεθαμένες (επιδράσεις στον εγκέφαλο), επανήρθαν σε λιγότερο από ένα τέταρτο της ώρας. (Το αναπνευστικό κέντρο ήταν καταπιεσμένο αλλά όχι παραλυμένο για περισσότερο από ένα μικρό χρονικό διάστημα: παρομοίως και η δράση της καρδιάς).

Ο Φραγκλίνος, τυχαία «πήρε» την εκφόρτιση δύο σχεδόν γεμάτων βάζων (κιουπιών) με 6 γαλόνια Leyden απ' το ένα χέρι στο άλλο (Cohen, 1941).

«Φάνηκε σαν ένα ολικό χτύπημα απ' την κορυφή ως τα νύχια, το οποίο ακολούθησε ένα βίαιο γρήγορο τρεμούλιασμα, το οποίο σταμάτησε σταδιακά μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Μόνο μερικά λεπτά αργότερα ανέκτησα τις αισθήσεις μου ώστε να καταλάβω τι

συνέβη. Δεν είδα την αστραπή που προέκυψε απ' τον κινητήριο αγωγό, απ' όπου χτύπησε το πίσω μέρος του κεφαλιού μου, παρόλο που μετά είδα ότι υπήρχε ένα πρήξιμο εκεί σαν σφαίρα πιστολιού. Τα χέρια μου και το πίσω μέρος του λαιμού μου, τα ένιωθα μουδιασμένα και το κόκαλο του θώρακά μου πονούσε για μια βδομάδα, σα να ήταν χτυπημένο».

Εδώ η διαδρομή ηλεκτρικού ρεύματος, από χέρι σε χέρι, δεν περιελάμβανε τον εγκέφαλο (όχι απώλεια αισθήσεων, ούτε διακοπή αναπνοής). Προφανώς το στήθος και η καρδιά ήταν στη ηλεκτρική η διαδρομή, όμως η καρδιά δεν επηρεάστηκε. Ίσως για μερικά λεπτά και όχι στο βαθμό που να προκαλέσει σχετικά συμπτώματα. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι ο Φραγκλίνος ολοκλήρωσε την περιγραφή του ατυχήματος κάνοντας υποθέσεις.

«Δεν γνωρίζω τι επίδραση θα είχε αν το σοκ «περνούσε» μέσα απ' το κεφάλι».

(Αναισθησία; Ίσως μόνιμη διακοπή της αναπνοής;)

Το θάρρος (των υποκειμένων) που λάμβαναν μέρος στα πειράματα, αυξήθηκε, το 1755, όταν ο Φραγκλίνος έγραψε:

«Το εξουθενωτικό χτύπημα 6 αντρών πραγματοποιήθηκε με τα δύο απ' τα μεγάλα κιούπια μου όχι τελείως γεμάτα. Τοποθέτησα το ένα άκρο της εκφορτωμένης ράβδου στο κεφάλι του πρώτου ο οποίος άπλωσε το χέρι του στο κεφάλι του δεύτερου· ο δεύτερος το κεφάλι του στο κεφάλι του τρίτου κάτι που συνεχίστηκε μέχρι

τον τελευταίο, ο οποίος κρατούσε με το χέρι του την αλυσίδα που συνέδεε το εξωτερικό των κιουπιών. Έχοντάς τους σ' αυτή τη θέση, εφάρμοσα το άλλο άκρο της ράβδου στον κινητήριο αγωγό και όλοι οι άντρες έπεσαν μαζί. Όταν σηκώθηκαν ισχυρίστηκαν ότι δεν είχαν αισθανθεί κανένα χτύπημα και αναρωτιόνταν πως είχαν πέσει. Κανείς τους δεν είχε ακούσει κάποιο χτύπο (θόρυβο) ούτε είχε δει κάποιο φως.

Νομίζεις ότι είναι ένα επικίνδυνο πείραμα αλλά μια φορά είχα υποφέρει ο ίδιος, λαμβάνοντας τυχαία, ένα παρόμοιο χτύπημα στο κεφάλι που με πέταξε κάτω χωρίς να με πονά».

Η διαδρομή ηλεκτρικού ρεύματος πέρασε απ' το κεφάλι στο λαιμό και κατά μήκος του ενός χεριού. Περνώντας απ' τον εγκέφαλο μπορούσε να προκαλέσει εφήμερη (παροδική) διαταραχή συνείδησης («όλοι έπεσαν μαζί» «αναρωτήθηκαν πως») αλλά όχι τέτοια που να προκαλέσει σημαντική επίδραση στο αναπνευστικό κέντρο.

Το επόμενο στάδιο αφορούσε κάποιες επιδείξεις «πάρτυ τρικς» με τον αριθμό των αντρών στη σειρά, να αυξάνεται σταδιακά.

«Ο Αββάς Nollet κανόνισε ένα θέαμα ηλεκτρικής εκφόρτισης (εκκένωσης) να πραγματοποιηθεί σε 180 στρατιώτες της φρουράς, οι οποίοι αναπήδησαν στον αέρα ταυτόχρονα ως ένας άνθρωπος. Μια πιο θεαματική παράσταση κανονίστηκε απ' τον ίδιο στο Couvent του Παρισιού. Εκεί, συνάθροισε 700 πιθήκους στη σειρά, όπου ο καθένας ήταν ενωμένος «ηλεκτρικά» με τον

άλλον, μέσω ενός σιδερένιου σύρματος που κρατούσαν στο κάθε χέρι. Το κύκλωμα ολοκληρώθηκε έχοντας τους πιθήκους που βρίσκονταν στο τέλος συνδεδεμένους με τον αρχικό αγωγό και το συμπυκνωτή, με παρόμοιο τρόπο. Τη στιγμή της εκφόρτισης, προς τέρψιν του βασιλιά και της συνοδείας του, παρά την ταλαιπωρία των πιθήκων, οι 700 πίθηκοι αναπήδησαν στον αέρα ταυτόχρονα, καλύτερα και απ' τους χορευτές του μπαλέτου (όπως και οι 180 στρατιώτες). [Cohen, 1941]. Το ρεύμα δεν πέρασε στο κεφάλι και δεν επηρέαστηκαν οι αισθήσεις. Ο μεγαλύτερος αριθμός των αντρών στην αλυσίδα οδήγησε στην μεγαλύτερη αύξηση της ηλεκτρικής αντίστασης, έτσι ώστε το ρεύμα που διαπέρασε το στήθος, δεν επηρέασε την καρδιά.

Ο κεραυνός ήταν τελείως διαφορετικό θέμα. Ένας πειραματιστής, ο καθηγητής Richmann, «πήρε» μια εκφόρτιση κεραυνού απ' το κεφάλι έως τα πόδια και σκοτώθηκε επιτόπου.

«Ο Solokon (ήταν μαζί με τον Richmann) είδε μια σφαίρα μπλε φωτιάς μεγάλη σαν τη γροθιά του να φεύγει απ' τη ράβδο και να κατευθύνεται προς το μέτωπο απ' όπου ξεπετάχτηκαν μερικές σταγόνες αίματος απ' τους πόρους, χωρίς να έχει τραυματιστεί το περιβάλλον δέρμα. Το παπούτσι του αριστερού ποδιού είχε ανοίξει. Αποκαλύπτοντας το πόδι σ' αυτή τη μεριά, βρήκαν ένα μπλε σημάδι, απ' το οποίο συμπέραναν ότι η ηλεκτρική δύναμη του κεραυνού, έχοντας περάσει απ' το κεφάλι, βρήκε διέξοδο πάλι στο πόδι».

Είναι φανερό απ' τα φυσικά αποτελέσματα ότι η σπουδαιότητα του ρεύματος σ' αυτή την περίπτωση ήταν πολύ μεγαλύτερη σε σχέση μ' εκείνη των πάρτι-τρικ.

2.2 Μεταγωγή ηλεκτρισμού στο ανθρώπινο σώμα

Οι προηγούμενες περιπτώσεις που αναφέρθησαν, δείχνουν τη σημασία το μονοπατιού που ακολουθεί το ρεύμα σ' ένα ατύχημα κεραυνού, και είναι χρήσιμο να εξεταστεί περισσότερο.

Παρόλο που η διαδρομή ρεύματος λιγότερου από 1 [mA] μπορεί να επηρεαστεί απ' τους ιστούς του σώματος, έχει αποδειχθεί απ' τον Weeks (1939), -χρησιμοποιώντας αγωγούς συχνότητας εναλλασσόμενου ρεύματος- ότι για μεγαλύτερα ρεύματα, το σώμα συμπεριφέρεται σαν ζελέ λιγότερο ανθεκτικής κατασκευής.

Στο ανέπαφο ζωντανό σώμα, δεν υπάρχει «προτιμητέα» διαδρομή, όπως τα αιμοφόρα αγγεία, τα οποία ακολουθούνται απ' το ρεύμα. Αυτή η σημαντική παρατήρηση επιβεβαιώθηκε σ' ένα πείραμα του Howard (1966), που χρησιμοποίησε απομίμηση εκφόρτισης κεραυνών.

Η ηλεκτρική αντίσταση του σώματος αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος για τους ηλεκτρολόγους μηχανικούς, παρόλο που γιατροί και φυσιολόγοι επικεντρώνονται περισσότερο στο ρεύμα που φαίνεται να σχετίζεται περισσότερο με τα φυσιολογικά αποτελέσματα. Άλλο σημαντικό σημείο, είναι ότι σχεδόν όλες οι

μελέτες πάνω στην αντίσταση του σώματος έχουν διεξαχθεί με τη χρήση αγωγών-συχνότητας ρεύματος παρά με τη χρήση άμεσου ρεύματος.

Καθώς η εφαρμοσμένη τάση αυξάνεται, η ηλεκτρική αντίσταση «πέφτει» σ' ένα μη-γραμμικό σχεδιασμό. Ο ρυθμός πτώσης είναι μεγαλύτερος όταν η εφαρμοσμένη τάση είναι λιγότερο από 100[V]. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να δοθεί προσοχή στις έρευνες που χρησιμοποιείται μεγαλύτερη τάση. Ο Freiburger (1934), δουλεύοντας με πτώματα, ανακάλυψε ότι σε 350[V] η χαμηλή σωματική αντίσταση, κατά μήκος του μονοπατιού απ' το ένα χέρι ως το πόδι, ήταν 1.500[Ω]. Κυμαινόταν από 945-2.100[Ω] σύμφωνα με την αντίσταση.

Στα 500[V] η αντίσταση του σώματος ήταν 1.200[Ω] και κυμαινόταν από 700-1.900[Ω]. Όταν η διαδρομή ρεύματος γινόταν απ' το ένα χέρι ως τα πόδια, η αντίσταση έπεφτε κατά 25%. Αυτά μετρήθηκαν 3 δευτερόλεπτα μετά την εφαρμογή της τάσης· οι αντιστάσεις που μετρήθηκαν αμέσως ήταν περίπου δύο φορές μεγαλύτερες. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, λαμβάνοντας υπόψη την πολύ μικρή διάρκεια εκφόρτισης του κεραυνού. Ο Sam (1966), χρησιμοποιώντας μια ανάλογη μέθοδο στα 220[V], βρήκε ότι η αντίσταση του σώματος στη διαδρομή απ' το ένα χέρι μέχρι και τα δύο πόδια ήταν περίπου 800[Ω].

Απ' αυτές τις δύο τελευταίες μελέτες, βρέθηκε ότι η μεγαλύτερη αναλογία αντίστασης του σώματος ήταν περισσότερο στα μέλη

παρά στον κορμό του σώματος. Αυτό μπορεί να ήταν αναμενόμενο καθώς τα μέλη του σώματος έχουν μικρότερη εγκάρσια τομή.

Χρησιμοποιώντας «φρέσκα» ακρωτηριασμένα μέλη σώματος, οι Carter και Morley (1969) χρησιμοποίησαν αγωγούς-συχνότητας ρεύματος με τάση έως και 500[V], συμπέραναν ότι η αντίσταση του ποδιού ήταν περίπου 350[Ω]. Φαινόταν ότι σε αγωγούς συχνότητας με 200-500[V], η αντίσταση του σώματος απ' το μπράτσο ως το πόδι ήταν περίπου 1000[Ω].

Καθώς σημειώθηκε πιο πάνω, η κυρτότητα που σχετίζει την αντίστασή του σώματος με την εφαρμοσμένη τάση (Freiberger, 1934, Kernan 1950), δείχνει ότι σ' αυτές τις τάσεις (200-500[V]) υπάρχει λίγη αλλαγή στην αντίσταση σώματος. Θα φαινόταν λογικό, έτσι, ν' αποδεχτούμε την αντίσταση σώματος στα 500-1000[Ω] σε τάση παραπάνω από 1000[V].

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στη μελέτη του Dalziel (1953) που αναφέρεται στα ατυχήματα από ακαριαία επίδραση ρεύματος, χρησιμοποιήθηκαν 500[Ω] (αντίσταση σώματος), ενώ ο Berger (1971) στους υπολογισμούς του για τα αποτελέσματα του κεραυνού, υπολόγισε γύρω στα 1000[Ω]. Αυτές όμως ήταν εμπειρικές αξίες που χρησιμοποιήθηκαν από συγγραφείς στους υπολογισμούς τους και δεν είχαν προκύψει από παρατηρήσεις.

2.3 Συνέπειες ηλεκτρικού σοκ

2.3.1 Γενικές παρατηρήσεις

Οι συνέπειες του ηλεκτρισμού μπορούν να χαρακτηριστούν ως άμεσες ή έμμεσες και μπορεί να προκαλέσουν θάνατο. Μια άμεση συνέπεια οφείλεται στο άμεσο «πέρασμα» του ρεύματος, ενώ έμμεσες συνέπειες μπορεί να είναι ένα επακόλουθο μιας συνέπειας που προκάλεσε το ρεύμα. Έτσι, μια ξαφνική μυϊκή σύσπαση που προκαλείται από το πέρασμα του ρεύματος, μπορεί να προκαλέσει μια πτώση με σοβαρούς τραυματισμούς, όπως θλάσεις ή ακόμα και θάνατο, αμέσως ή μετά από ένα διάστημα, από μηχανισμούς που δεν είναι «άτρωτοι» στο ηλεκτρικό σοκ.

Στις παραγράφους 2.3.2 και 2.3.3 θα δούμε ότι ο ηλεκτρικός παράγει τις άμεσες συνέπειές του στο σώμα με τη διαταραχή λειτουργίας, κάτι που δε συνοδεύεται πάντα από αλλαγές στη δομή. Σαν αποτέλεσμα, μια μετα-θανάτια εξέταση (νεκροψία) δεν δείχνει πάντα τον ακριβή μηχανισμό απ' όπου επήλθε ο θάνατος. Η γνώση προέρχεται κυρίως από πειράματα και απ' την εφαρμογή αυτής της γνώσης στις έρευνες πάνω σε ιδιαίτερα ατυχήματα.

Πριν εξεταστούν πιο λεπτομερειακά, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η γνώση που έχουμε όσον αφορά τις συνέπειες του ηλεκτρισμού,

είναι βασισμένη σε πειράματα με ρεύμα υψηλής-συχνότητας. Οι δυο μηχανισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι: η ινώδης κοιλία καρδιάς και η διακοπή της αναπνοής.

2.3.2 Ινώδης κοιλία καρδιάς

Για να επιτευχθεί η λειτουργία άντλησης αίματος απ' την κυκλοφορία, η καρδιά έχει δυο βασικούς θαλάμους άντλησης-έναν για να περνά το αίμα στο σώμα (αριστερή κοιλία), και ο άλλος για να το περνά στους πνεύμονες (δεξιά κοιλία). Τα λεπτά τοιχώματα αυτών των καρδιακών θαλάμων αποτελούνται σχεδόν ολοκληρωτικά από μύες, και είναι η ταυτόχρονη σύσπαση των μυϊκών ινών που κάνουν τις κοιλίες της καρδιάς να κυκλοφορούν το αίμα.

Ένα ηλεκτρικό ρεύμα που περνά απ' την καρδιά μπορεί να διαταράξει το συντονισμό αυτών των μυϊκών ινών έτσι ώστε αντί να συσπώνται ταυτόχρονα, να συσπώνονται ατομικά, η καθεμία στο δικό της ρυθμό. Η κυκλοφορία του αίματος σταματά και ο θάνατος επακολουθεί μετά από 4 λεπτά. Όταν οι μυϊκές ίνες συσπώνονται ξεχωριστά, οι κοιλίες της καρδιάς, αντί να έχουν κανονικές δυνατές συσπάσεις «παλμοί-καρδιάς», τότε έχουν μη κανονικές νευρικές συσπάσεις «ινώδεις παλμοί».

Η γνώση της ποσοτικής άποψης αυτής της συνέπειας, βασίζεται κυρίως σε μελέτες όπου χρησιμοποιείται εναλλασσόμενο ρεύμα

ισχυρής-συχνότητας. Υπάρχουν δυο βασικά σχολεία όπου γίνεται αυτό: του Osyrka (1963) που θεωρεί ότι η ηλεκτρική ποσότητα που καθορίζει τον κίνδυνο είναι η ολική γόμωση (φόρτωση) και των Dalziel-Lee 1968), που θεωρούν ότι ο κίνδυνος σχετίζεται με την ενέργεια. Οι απόψεις του Osyrka έχουν πρόσφατα επανεξεταστεί απ' τους Golde-Lee (1976) και δεν θα ληφθούν πλέον υπόψη. Απ' τις αναλύσεις ερευνών από διαφορετικά γκρουπ συμμετασχόντων, οι Dalziel-Lee (1968), συμπέραναν ότι για σοκ των 8[ms] έως 5[s] διάρκειας, η σχέση ανάμεσα στο ρεύμα που προκαλεί ινώδεις σπασμούς και στη διάρκεια του σοκ μπορεί να αναπαρασταθεί απ' την παρακάτω σχέση:

$$\left(I = \frac{116}{\sqrt{t}} \right)_{8[ms]}^{5[s]}$$

I= ρεύμα που προκαλεί ινώδεις σπασμούς

T= διάρκεια του σοκ σε δευτερόλεπτα.

Πρόσφατα παρατάθηκε η χρονική περίοδος από την πειραματική δουλειά του Scott (1973), ο οποίος έδειξε ότι σε σοκ διάρκειας 60[sec] η έναρξη των ινωδών σπασμών που προκαλεί το ρεύμα ήταν η ίδια όπως και στα 5[sec].

Στο πλαίσιο των ατυχημάτων από κεραυνούς, είναι αξιοπρόσεχτα τρία σημεία. Πρώτα, η μίνιμουμ περίοδος 8[ms] (περίπου 1μιση-κύκλος ρεύματος 60[Hz]) προσεγγίζεται μόνο από ένα ρεύμα κεραυνού με έντονη «ουρά». Δεύτερον, παρόλο που ο αριθμός

των ερευνών με συνεχές ρεύμα είναι λιγότερες, παράγονται παρόμοια αποτελέσματα παρόλο που η αναλογία συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος τα οποία προκαλούν παρόμοιες συνέπειες είναι 5:1 (Dalziel 1953, Augelis 1965). Τρίτον, από μια μελέτη ατυχημάτων που προκλήθηκαν από ωθητικό ρεύμα, ο Dalziel (1953) ισχυρίστηκε ότι η έννοια της ενέργειας που προέκυψε από μελέτες με ρεύμα ισχυρής-συχνότητας, φάνηκε εξίσου εφαρμόσιμη.

Μερικοί συγγραφείς ισχυρίστηκαν ότι με πολύ υψηλά ρεύματα (Kauwenhoven, προσωπική επικοινωνία) και σε μερικά ατυχήματα από κεραυνό (Stephenson, 1974) προκαλείται καρδιακή διακοπή, παρά ινώδεις παλμοί.

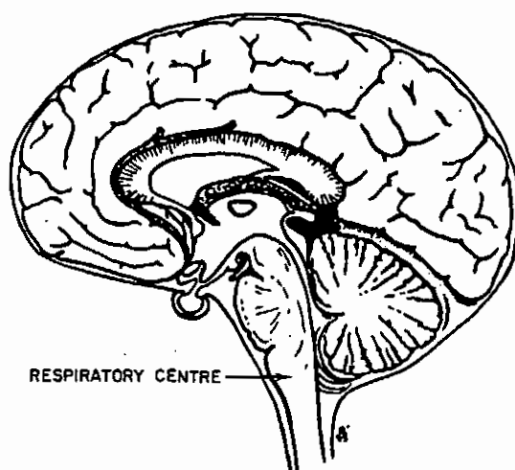
Παρόλο που αυτή η διαφορά μπορεί να είναι θεωρητικού ενδιαφέροντος, η πρακτική αξία για πρώτες βοήθειες δεν είναι σημαντική γιατί η καρδιακή διακοπή και οι ινώδεις παλμοί προκαλούν διακοπή της κυκλοφορίας, η θεραπεία της οποίας απαιτεί εξωτερικό καρδιακό μασάζ. Σε μια σειρά πειραμάτων σε πρόβατα, ο Howard (1966) «κατάφερε» εκφορτώσεις «σαν κεραυνούς» απ' το κεφάλι ως τα πόδια, και ανακάλυψε ότι ο θάνατος επήλθε από κυκλοφοριακή και όχι αναπνευστική διακοπή. Η καρδιά επηρεάστηκε επειδή από εκεί πέρασε το ρεύμα και όχι το αναπνευστικό κέντρο που βρισκόταν στον εγκέφαλο. Υπό αυτές τις συνθήκες των πειραμάτων του, ο Howard βρήκε ότι τα σοκ λιγότερο από 1.760 [joule] δεν προκαλούσαν θάνατο.

2.3.3 Αναπνευστική διακοπή

Ένα ηλεκτρικό σοκ μπορεί να επηρεάσει την αναπνοή με δύο τρόπους. Μπορεί να προκαλέσει διαρκή διακοπή αναπνοής συνεχιζόμενη ακόμα και με την παύση της ροής ρεύματος, ή το πέρασμα του ρεύματος μπορεί να προκαλέσει συσπάσεις στους μύες του στήθους, εμποδίζοντας οποιαδήποτε δράση του αναπνευστικού. Στην τελευταία περίπτωση, η επίδραση αυτή συνεχίζεται μέχρι να περάσει το ρεύμα και επειδή το ρεύμα από κεραυνό ρέει για μερικά δέκατα χιλιοστοδευτερολέπτου, οι συνέπειες που προκαλούνται από μια τόσο σύντομη διακοπή της αναπνοής είναι αμελητέες.

Απ' την άλλη μεριά, ο πρώτος τρόπος -στον οποίο η ανακοπή της αναπνοής συνεχίζει και μετά την παύση του σοκ- απαιτεί περαιτέρω προσοχή.

Υπάρχει ισχυρό επιχείρημα ότι αυτή η συνέπεια προκαλείται μόνο όταν το ρεύμα περνά απ' το αναπνευστικό κέντρο, το οποίο βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο του εγκεφάλου (Σχήμα 1 - Lee και Zoledziowski).

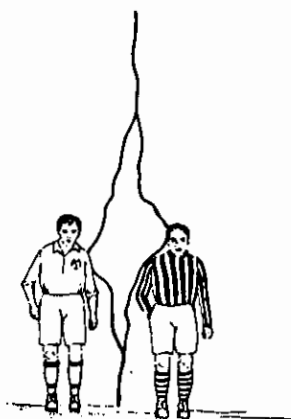


Σχήμα 1. Θέση του αναπνευστικού κέντρου του εγκεφάλου

Ο Ravitch (1961), ανέφερε ένα ατύχημα στο οποίο το θύμα είχε δεχτεί χτύπημα κεραυνού, το οποίο «πέρασε» απ' το ανώτερο σημείο του κεφαλιού μέχρι την αριστερή φτέρνα. Η αναπνοή ανακόπηκε και χρειάστηκε τεχνητή αναπνοή για δύο ημέρες (παρόλο που είναι πιθανό σ' αυτή την περίπτωση, ότι η μεγάλη καθυστέρηση μέχρι να επανέρθει η αναπνοή, μπορεί να οφειλόταν σε δευτερεύουσες συνέπειες).

Σ' ένα ατύχημα που περιγράφηκε απ' τους Lynch-Shorthouse (1949), δυο παίκτες σ' ένα ποδοσφαιρικό αγώνα, στέκονταν πλάι-πλάι, μαρκάροντας ο ένας τον άλλο, όταν χτυπήθηκαν από κεραυνό.

Το σχήμα 2, βασίζεται σ' ένα σκετς που έφτιαξε ένας θεατής και δείχνει το ρεύμα να περνά απ' το κεφάλι στα πόδια των δύο θυμάτων, παρόλο που δεν βρέθηκαν σημάδια καψίματος σε κανένα σώμα. Η ανακοπή της αναπνοής ήταν άμεση, και η αποτυχία τεχνητής αναπνοής -παρόλο που δόθηκε αμέσως- υπονοεί ότι υπήρξε και κάποιος άλλος λειτουργικός παράγοντας. Πιθανόν, επήλθε και ανακοπή της κυκλοφορίας, ίσως απ' την εμφάνιση ινωδών παλμών ή ίσως από μη συστολή.



Σχήμα 2. Άμεσο χτύπημα σε δύο παίκτες ποδοσφαίρου

Σε μια αναφορά ενός ατυχήματος από υψηλής συχνότητας ρεύμα, ο Mc Lach Lan (1930) περιέγραψε πως το θύμα έλαβε ένα σοκ 22[kV] το οποίο πέρασε μέσα απ' το μέτωπό του (πρώτη επαφή) και απ' τα χέρια και τα πόδια (δεύτερη επαφή). Η

αναπνοή του σταμάτησε αμέσως, όμως μετά από τεχνητή αναπνοή (8 ώρες διήρκησε η προσπάθεια), την ανάκτησε πάλι.

Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις, το ρεύμα περνούσε από κάποιο σημείο κοντά στο κέντρο του κεφαλιού μετά απ' το λαιμό και τον κορμό σ' ένα ή περισσότερα άκρα. Έτσι μπορεί να περάσει απ' το αναπνευστικό κέντρο. Απ' την άλλη μεριά, στην ηλεκτροσπασμωδική θεραπεία (την επονομαζόμενη θεραπεία από ηλεκτρικό σοκ για άτομα με συγκεκριμένες νοητικές διαταραχές), ένα ρεύμα υψηλής συχνότητας αρκετών εκατοντάδων milliamperes περνά ανάμεσα απ' τους κροτάφους ενός ανθρώπου για 1 ή 2 δευτερόλεπτα.

Είναι υπερβολικά ασυνήθιστο για την αναπνοή να παραμείνει διακοπτόμενη αφού σταματήσει το ρεύμα.

Έχουν γίνει κάποιες μελέτες για τη σπουδαιότητα του ρεύματος που περνά απ' το αναπνευστικό κέντρο προκαλώντας διακοπή της αναπνοής. Ο Andrevzzi (1959) πειραματίστηκε με ρεύμα 50[Hz] σε κουνέλια χρησιμοποιώντας μια διαδρομή, απ' την άκρη του κεφαλιού έως το σβέρκο. Ανακάλυψε ότι καθώς το σοκ ρεύματος αυξήθηκε απ' τα 200 στα 600 [mA], και καθώς η διάρκεια του σοκ αυξήθηκε απ' τα 5 δευτερ. στα 30 δευτερ., μια αυξανόμενη αναλογία κουνελιών δεν πραγματοποίησε αυθόρμητη ανάκτηση της αναπνοής. Πιο πρόσφατα, ο Kitagawa και οι συνεργάτες του (1972), που επίσης δούλευαν με κουνέλια, κατεύθυναν ωθητικά ρεύματα στο κεφάλι και ανακάλυψαν ότι μια

ελάχιστη ενέργεια 14[J] ή περίπου $5 \times 5 \text{ [Jkg}^{-1}\text{]}$, απαιτούνταν για να προκαλέσει θάνατο από μόνιμη ανακοπή της αναπνοής.

Αυτοί οι δύο τρόποι με τους οποίους μπορεί να προκληθεί ο θάνατος, αναπνευστική ή κυκλοφοριακή ανακοπή, είναι πιο συνηθισμένοι, παρόλο που και οι δύο προκαλούνται από αλλαγές στη λειτουργία, δεν αποδεικνύονται στη νεκροψία.

Έχουν γίνει υποθέσεις για αρκετές πιθανότητες, όπως ένα «οξύ σοκ του νευρικού συστήματος». Αυτές οι υποθέσεις, είναι δύσκολο να τεκμηριωθούν πειραματικά, και δεν υπάρχει αρκετή υποστήριξη γι' αυτές, παρά μόνο ο ισχυρισμός ότι είναι απλά πιθανότητες.

Διάφορες συνέπειες απ' το χτύπημα κεραυνού, όπως εγκαύματα, κατάγματα ή άλλοι τραυματισμοί, μπορεί να προκαλέσουν θάνατο, παρόλο που σε τέτοιες περιπτώσεις, ο θάνατος συνήθως καθυστερεί, και μπορεί να θεωρηθεί ως συνέπεια παρά να αποδοθεί άμεσα στο χτύπημα του κεραυνού.

Τα εγκαύματα και άλλες επιπλοκές από χτύπημα κεραυνού θα τα εξετάσουμε αργότερα. Προς το παρόν θα επικεντρώσουμε την προσοχή μας στους διαφορετικούς τύπους χτυπημάτων από κεραυνούς και την επίδρασή τους στα θύματα.

2.4 Είδη χτυπημάτων από κεραυνούς

2.4.1 Είδη ρίσκων

Αυτά έχουν εξεταστεί λεπτομερειακά σ' ένα πρόσφατο έργο των Golde-Lee (1976) και θα αναφερθούν εδώ εν συντομία. Αν το θύμα χτυπηθεί άμεσα, αρχικά θα άγει όλο το ρεύμα και θα λέμε ότι έλαβε ένα «άμεσο χτύπημα». Καθώς θα δούμε στο 2.4.2, η αντίσταση του σώματος του στη γη μπορεί να υπερβαίνει αυτή του περιβάλλοντος αέρα. Αν το θύμα είναι δίπλα σε κάποιο άλλο αντικείμενο όταν χτυπηθεί από κεραυνό, ένα απ' τα τρία πράγματα μπορεί να συμβούν. Αν το θύμα είναι σε επαφή με το αντικείμενο που γίνεται αγωγός όταν χτυπηθεί, τότε το θύμα υπόκεινται σε επαφή με τάση (αναφέρεται ως «δυναμική επαφή») Prentice (1972). Εάν το θύμα στέκεται κοντά, ένα μέρος του ρεύματος μπορεί να διασχίσει το κενό αέρος και να εκφορτώσει στη γη μέσω του θύματος, όπου σ' αυτή την περίπτωση είναι το θύμα μιας «πλαϊνής αστραπής».

Τέλος, αν βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση απ' το αντικείμενο που χτύπησε ο κεραυνός, μπορεί να παραχθεί στο έδαφος μια αυξημένη τάση κοντά στον κεραυνό.

2.4.2 Άμεσο χτύπημα

Όταν η άκρη του αρχικού χτυπήματος από κεραυνό έχει φτάσει στα 10[m] επάνω απ' τη γη, το πεδίο δύναμης φθάνει σ' ένα σημείο όπου μια μικρή ανοδική ακτίνα να εισαχθεί από ένα κάθετο αγωγό σε επαφή με τη γη (Golde, 1967). Μ' αυτό τον τρόπο, το ρεύμα μπορεί να εισέλθει στο σώμα απ' το κεφάλι (σχ. 3α) και περνώντας απ' το σώμα, να εκφορτωθεί στο έδαφος, μέσω των ποδιών. Αν αρκετά άτομα στέκονται μαζί κοντά, μπορεί να χτυπηθούν όλα, όπως σ' ένα ποδοσφαιρικό επεισόδιο που περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.3. Το άτομο θα πρέπει να φορά ένα μεταλλικό αγωγό που να προεξέχει επάνω απ' το κεφάλι του, που θα σχηματίσει την ανοδική ακτίνα, και η διαδρομή ρεύματος θα περάσει απ' το χέρι που θα κρατά τον αγωγό, στον κορμό (σώματος) και απ' τα πόδια στη γη. Αυτό έχει συμβεί με ομπρέλες (White-White, 1945-Schineiser, 1965) με μπαστούνια του γκολφ (Roberts 1967, Coleman 1969, Nesmith 1971) ή αγροτικές δικράνες (Flammation 1905).

Ο Berger (1971) έκανε μια ενδιαφέρουσα ανάλυση των γεγονότων που μπορεί να συμβούν ότι γίνεται αστραπή. Θεωρεί, μια αντίσταση σώματος των 1000[Ω]. Όταν το ρεύμα εισέρθει στο σώμα φθάνει 1000[A], η τάση απ' το κεφάλι ως τα πόδια γίνεται 1000[kV] και πραγματοποιείται ένα φλας εξωτερικό του σώματος. Το τόξο θα είναι περίπου 2[m] με μια δυνατότητα πτώσης

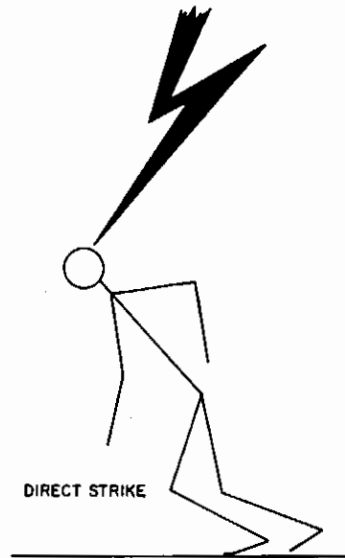
περίπου $20[\text{Vcm}^{-1}]$. Στο τόξο η δυνατότητα διαφοράς κατά μήκος του σώματος φτάνει τα 4 [kV] και το ρεύμα διαμέσω του σώματος πέφτει στα 4 [A] όπου συνεχίζει για όσο πραγματοποιείται η εκφόρτιση, πιθανόν όχι περισσότερο από μερικά δέκατα χιλιοστοδευτερολέπτου.

Καθώς έδειξαν οι Golde-Lee, στην ανάλυση που έκαναν στη δουλειά του Berger, τέτοια ρεύματα και διάρκεια μπορεί ή όχι να προκαλέσουν ινώδεις παλμούς, εξηγώντας έτσι γιατί κάποια θύματα επιζούν.

Υπάρχουν πολλά περιστατικά ν' αποδείξουν ότι εκκενώσεις συμβαίνουν μερικές φορές μεταξύ σώματος και ρούχων, και μερικές φορές εξωτερικά και απ' τα δύο. Σημάδια καψίματος μπορούν να βρεθούν στα ρούχα που σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να είναι καμένα.

Με ηλεκτρικές εκκενώσεις να συμβαίνουν μεταξύ του σώματος και των ρούχων, το ρεύμα του κεραυνού που διατρέχει την επιφάνεια του σώματος, μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να μετατρέψει την υγρασία και τον ιδρώτα του δέρματος σε ατμό. Αν τα ρούχα είναι εφαρμοστά, τότε η πίεση μπορεί να σκίσει τα ρούχα ή τα παπούτσια (Flammarion 1905, Spencer 1932, Roberts 1967, Prentice 1972).

Αποδεικτικά γεγονότα για τις εκκενώσεις υπάρχουν στις «Φιγούρες του Lichtenberg» που περιγράφονται μερικές φορές ως «ομοιώματα-δέντρων».



Σχήμα 3α. Άμεσο χτύπημα

2.4.3 Επαφή με voltage

Ο Prentice (1972) πρόσφατα έδωσε προσοχή σ' αυτήν την πιθανότητα, αποκαλώντας τη δυναμική επαφή. Αν φανταστούμε ένα άτομο ν' αγγίζει ένα δέντρο το οποίο έχει χτυπηθεί από κεραυνό (Σχ. 3β), μια διαφορά δυναμικού U αναπτύσσεται κατά μήκος του σώματος ανάμεσα στο υψηλότερο σημείο στο οποίο αγγίζει το δέντρο και στη γη, καθώς φαίνεται στο σχήμα.

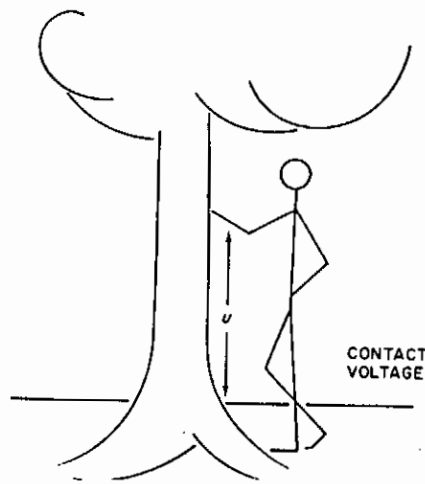
Τέτοια περίπτωση έχει βρεθεί στη Ρώσικη Φιλολογία, την οποία περιγράφει ο Krasnov (1967).

«Δυο γυναίκες βρήκαν καταφύγιο κάτω από ένα ψηλό έλατο το οποίο είχε χτυπηθεί από καταιγίδα. Η μια στεκόταν με την πλάτη κόντρα στο δέντρο. Τα ρούχα της δεν έπαθαν ζημιά, αλλά στο πίσω μέρος του κεφαλιού της απ' τη δεξιά πλευρά, τα μαλλιά της είχαν σημάδια και στάχτη χρώματος γκρι που κάλυπτε μια περιοχή 4x4 [cm]. Στο κέντρο αυτής της περιοχής υπήρχε ζημιά, σαν γδάρισμα του δέρματος 0.5[cm] X 0.8[cm]. Στον κορμό του δέντρου, υπήρχε μια μακρόστενη λωρίδα ζημιάς στο φλοιό 4-6[cm] πλάτους, ξεκινώντας απ' την κορυφή του δέντρου και τελειώνοντας στα 158[cm] απ' το έδαφος. Η άλλη γυναίκα στηριζόταν στο δέντρο με το δεξί της χέρι. Έχασε τις αισθήσεις της για 10-15 λεπτά και δεν μπορούσε να κινήσει τα κάτω άκρα της για 2-3 ώρες. Υπήρχε κάψιμο στο σώμα της μέχρι τα πόδια αλλά έμεινε δυο μέρες στο νοσοκομείο και έγινε καλά και επέστρεψε στη δουλειά της μετά από 10 μέρες.»

Είναι πιθανόν πως η γυναίκα που επέζησε ήρθε σε επαφή με τάση, ενώ η γυναίκα που σκοτώθηκε μια πλάγια αστραπή (παρ. 2.4.4). Μια δραματική αναφορά ατυχήματος σε κλειστό χώρο (επαφή με τάση) αναφέρθηκε από τον Stephenson (1974).

«Ένα αστροπελέκι «φόρτωσε» με ηλεκτρισμό ένα σωλήνα νερού προκαλώντας το θάνατο της Charlotte, στη Βόρεια Καρολίνα, η οποία γέμιζε ένα ποτήρι νερό για ένα απ' τα παιδιά της. Έπεσε στο πάτωμα, και όταν ρωτήθηκε αν ήταν καλά, απάντησε «Όχι, αλλά θα το ξεπεράσω». Πέθανε λίγα λεπτά αργότερα».

Υποθέτοντας πως η γυναίκα άγγιξε τη βρύση τη στιγμή του κεραυνού, αυτό είναι φανερό απόδειξη πως ήρθε σε επαφή με τάση, και η περιγραφή αποδεικνύει την ανακοπή της κυκλοφορίας που προήλθε από μη συστολή ή από ινώδεις παλμούς καρδιάς.

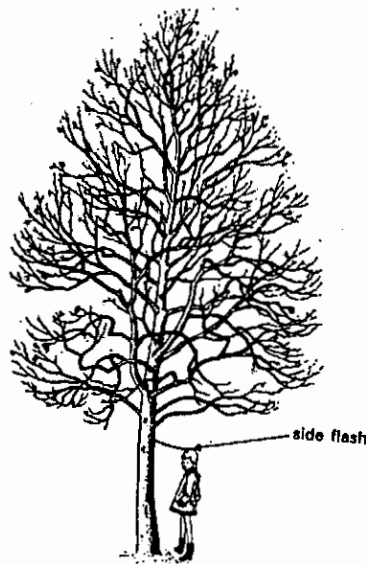


Σχήμα 3β. Επαφή με voltage

2.4.4 Έμμεσο χτύπημα

Όταν ένα δέντρο χτυπιέται από κεραυνό, η αντίσταση κατά μήκος του δέντρου ανάμεσα στο έδαφος και του ανώτερου σημείου στο οποίο ακουμπά το άτομο, είναι μερικά kilo-ohms [$K\Omega$], ενώ το άτομο είναι ουσιαστικά υπό το δυναμικό της γης. Καθώς το ρεύμα του κεραυνού περνά απ' το δέντρο αυξάνεται σε σπουδαιότητα, η διαφορά δυναμικού μεταξύ του εδάφους και του δέντρου

εξισώνεται με το ανθρώπινο κεφάλι, και μπορεί να γίνει μεγαλύτερη απ' τη δύναμη του ηλεκτρικού κλονισμού του κενού αέρος μεταξύ του κορμού του δέντρου και του ανθρώπινου κεφαλιού Σχ.3 (γ).



Σχήμα 3γ. Έμμεσο χτύπημα

Δυο παρόμοια ατυχήματα, ένα απ' την Αμερική και το άλλο απ' την Ολλανδία, περιγράφηκαν σ' ένα χρόνο. Ο Ravitch (1961) περιέγραψε την περίπτωση ενός 10χρονου αγοριού που το είχαν δει να το χτυπά κεραυνός ενώ έκανε ποδήλατο και το μάζεψαν ενώ ήταν αναίσθητο. Υπήρχε μια περιοχή επάνω απ' την πλευρά του κεφαλιού του, όπου υπήρχε ένα μικρό κάψιμο. Είχε επίσης μια

φουσκάλα στην αριστερή πατούσα, η οποία πιθανώς αποτελούσε το σημείο εξόδου του ρεύματος.

Ένα αξιοσημείωτο παρόμοιο ατύχημα συνέβη στην Ολλανδία (Gathier 1960). Ένας στρατιώτης κάνοντας ποδήλατο περνώντας μπροστά από ένα δέντρο χτυπήθηκε από κεραυνό. Αργότερα θυμήθηκε ένα «χτύπημα» και ότι είδε «φωτιά να έρχεται επάνω του απ' το δέντρο» και ότι το τιμόνι του ποδηλάτου είχε ηλεκτριστεί.

Σ' αυτή την περίπτωση, το δέρμα ήταν τελείως ανέπαφο και δεν βρέθηκαν καψίματα. Το παιδί επέζησε μόνο μετά από σκληρή και ηρωική προσπάθεια επαναφοράς του στη ζωή, ενώ ο στρατιώτης ήταν αναισθητός για 15 λεπτά και δεν χρειάστηκε να τον επαναφέρουν στη ζωή.

Στην περίπτωση του στρατιώτη μπορεί να έπαιξε ρόλο, η απουσία του μονοπατιού διαμέσω του κεφαλιού, ένα πιθανόν λιγότερο ισχυρό ρεύμα (που αποδεικνύεται απ' την απουσία καψίματος στο δέρμα) και μερική ροή ρεύματος στο ποδήλατο, και όλα αυτά είχαν σαν αποτέλεσμα να μην προκληθεί μεγάλο κακό.

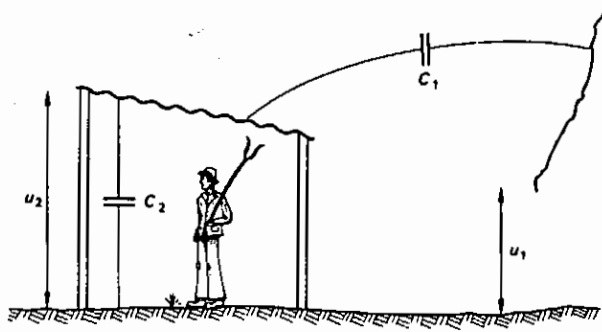
Αναφορές θανάτου ή τραυματισμού σε σκηνές, συχνά προϋποθέτουν ότι τα θύματα έχουν υποστεί πλαϊνή αστραπή. Αρκετές πρόσφατες περιπτώσεις που συνέβησαν έχουν αναφερθεί απ' τον Spenser (1932). Σε μια περίπτωση 7 άντρες βρέθηκαν αναισθητοί σε μια τέντα με δυο ποδήλατα που ήταν κολλημένα στον πάσσαλο της σκηνής.

Όταν ο γιατρός έφτασε αρκετές ώρες αργότερα, οι τρεις ήταν νεκροί, οι άλλοι μπορούσαν να είχαν επανέρθει στη ζωή, αλλά ένας απ' αυτούς πέθανε αργότερα, την ίδια μέρα. Το τελευταίο θύμα και οι 3 επιζώντες τυφλώθηκαν μόνιμα από ουλές καψίματος του κερατοειδή χιτώνα. Το κάψιμο στο πρόσωπο και στα μάτια έδειξαν που είχε συμβεί η πλαϊνή αστραπή απ' τον πάσσαλο της τέντας.

Μια άλλη αναφορά αφορά δυο στρατιώτες, οι οποίοι μπήκαν σε μια σκηνή λίγο πριν τη χτυπήσει κεραυνός (Paterson-Turner, 1944). Ο ένας σκοτώθηκε αμέσως και είχε επιπόλαια καψίματα στον αριστερό ώμο, στο ισχίο και στο μηρό. Ο επιζώντας, που είχε χάσει τις αισθήσεις του για λίγα λεπτά και δε χρειάστηκε να τον συνεφέρουν, είχε καεί μόνο στον αριστερό μηρό. Αν τα καψίματα θεωρηθούν ως τα σημεία εισόδου και περάσματος του ηλεκτρικού ρεύματος στο σώμα, στην μια περίπτωση απ' τον ώμο στο έδαφος και στην άλλη απ' το μηρό στο έδαφος, αυτό το ατύχημα αναπαριστά πολύ καλά τη σημασία του αν η ηλεκτρική διαδρομή περιλαμβάνει ή όχι ζωτικά όργανα όπως η καρδιά. Ένα ατύχημα με παρόμοια χαρακτηριστικά περιγράφηκε πρόσφατα απ' τους Hanson και MacIlwraith (1973). Εφτά παιδιά είχαν βρει καταφύγιο σε μια σκηνή, ο στύλος της οποίας είχε χτυπηθεί. Δεν υπάρχει αναφορά τραυματισμού στους 5 επιζώντες, όμως τα δύο θύματα είχαν καψίματα στην αριστερή πλευρά του προσώπου και κάτω στο σώμα με σημάδια εξόδου του ρεύματος στα δάχτυλα

των ποδιών. Η πλάγια αστραπή πέρασε απ' το στύλο της σκηνής ή απ' το βρεγμένο ύφασμα της σκηνής, και το ρεύμα πέρασε μέσω του εγκεφάλου και του κορμού.

Ένας διαφορετικός τύπος πλαϊνής αστραπής περιγράφεται στο σχ.4.



Σχήμα 4. Πλάγιο χτύπημα που απομονώνεται από μεταλλική στέγη

Δείχνει έναν άντρα να βρίσκεται κάτω από μια υγρή ξύλινη κατασκευή με οροφή από αυλακωτό τσίγκο. Όταν πραγματοποιείται πολύ κοντά χτύπημα κεραυνού η οροφή ανυψώνεται σε ένα δυναμικό U_2 σε σχέση με τη γη:

$$U_2 = U_1 \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

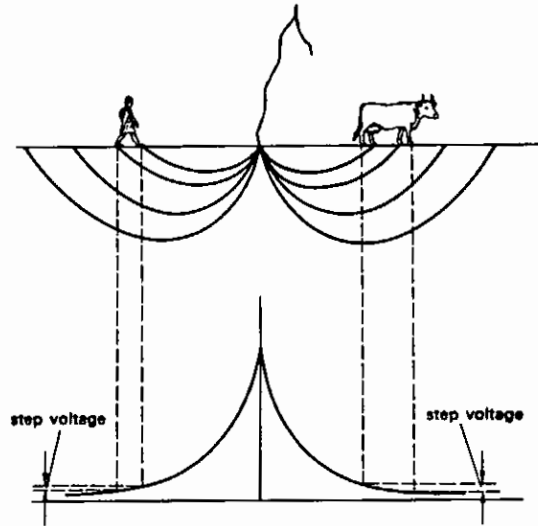
Όταν το χτύπημα μεγαλώνει η διαφορά δυναμικού μεταξύ της στέγης και του κεφαλιού του άντρα μπορεί να μεγαλώσει τόσο

ώστε να προκαλέσει μια ηλεκτρική εκκένωση μεταξύ της σκεπής και του άντρα χωρίς να έχει χτυπηθεί το υπόστεγο.

Τέτοια περίπτωση αναφέρθηκε απ' τον Rees (1965), ενός άντρα που είχε βρει καταφύγιο, κάτω από ένα υπόστεγο τσίγκου, φορώντας αρβύλες με προκαδούρα και πατώντας σε βρεγμένο έδαφος. Μια κοντινή αστραπή κατέστρεψε δυο σειρές larch trees 20 γιάρδες μακριά και έκαψε ένα μέρος του κοντινού αγρού με άχυρο. Το παλτό και το πουκάμισο του άντρα κάηκαν. Είχε εκτεταμένα επιφανειακά καψίματα στην πλάτη ενώ το αριστερό του πόδι και η αριστερή μπότα σχεδόν καταστράφηκαν τελείως. Κοντά, ο γιος του και η νύφη του βρίσκονταν κάτω από ένα άλλο υπόστεγο. Ο άντρας έμεινε αναίσθητος για λίγη ώρα αλλά φαινόταν να μην έχει άλλους τραυματισμούς. Η γυναίκα έπεσε σαν να είχε δεχτεί χτύπημα στο πίσω μέρος του λαιμού και παρουσίασε επιφανειακό κάψιμο στον δεξί ώμο και στο πίσω μέρος του λαιμού με καψίματα (σημάδια εξόδου του ρεύματος) κατά μήκος των οπισθίων. Αυτά εξαφανίστηκαν μέσα σε 24 ώρες. Ο πεθερός και η νύφη έλαβαν σοκ στον κορμό του σώματος και όχι στο κεφάλι. Πιθανώς, η σημασία του ρεύματος ήταν ανεπαρκείς για να προκαλέσει ανακοπή καρδιάς.

2.4.5 Πτώση κεραυνού σε ανοιχτό χώρο

Όταν ο κεραυνός χτυπά σε ανοιχτό χώρο, το ρεύμα εκφορτώνει στη μάζα της γης. Σε ομοιόμορφο έδαφος, η εκφόρτιση πραγματοποιείται με κανονική μορφή, όπως φαίνεται στο σχ.3(δ).



Σχήμα 3δ. Βηματική τάση

Ένα άτομο που βρίσκεται κοντά στο σημείο που χτυπάει ο κεραυνός είναι υποκείμενο σε μια διαφορά δυναμικού μεταξύ ποδιού, σημασίας U που δίνεται απ' τον τύπο:

$$U = i \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{s}{d(d+s)}$$

Όπου i = η ευρύτητα σε αμπέρ του ρεύματος απ' το χτύπημα κεραυνού

ρ = η ανθεκτικότητα του εδάφους [Ohm]

s = βηματική απόσταση [m]

d = η απόσταση μεταξύ του σημείου όπου χτύπησε ο κεραυνός και του πλησιέστερου ποδιού [m]

Στους ανθρώπους αυτή η διαφορά δυναμικού θα προκαλέσει ένα ρεύμα που θα ρέει στα πόδια και στο χαμηλότερο σημείο του κορμού. Όμως, λίγο, αν όχι καθόλου, ρεύμα ρέει είτε στην καρδιά είτε στον εγκέφαλο υπ' αυτές τις συνθήκες (Ferris 1936, Weeks 1939, Lee 1963) και ο θάνατος που προκαλείται από βηματική τάση είναι πολύ σπάνιος.

Ένας αριθμός ατυχημάτων απεικονίζουν βηματική τάση. Ο Arden περιέγραψε ένα επεισόδιο στις ιπποδρομίες του Ascot όταν χτύπησε κεραυνός ένα απ' τα μεταλλικά κιγκλιδώματα. Ένας αριθμός θυμάτων έπεσαν στο έδαφος και ήταν ανήμπορα να σηκωθούν όταν προσπάθησαν να κινήσουν τα άκρα τους. Απ' τα 51 άτομα που οδηγήθηκαν στο νοσοκομείο, 20 κρατήθηκαν μέσα στο νοσοκομείο, όλα παραπονέθηκαν για πόνους στα πόδια. Οι Royer-Gainet (1972) ανέφεραν ότι, όταν μια εκκλησία στη Γαλλία χτυπήθηκε κατά τη διάρκεια μιας λειτουργίας, όλα τα άτομα που στέκονταν κάτω απ' τα υγρά δοκάρια του κυρίως ναού είχαν πέσει και ήταν ανίκανα να σηκωθούν για αρκετά λεπτά, καθώς τα κάτω

άκρα είχαν παραλύσει. Τα άτομα που στέκονταν στο δρύινο χοροστάσι, σώθηκαν γιατί είχαν μόνωση απ' το έδαφος.

Όλοι οι μηχανισμοί του θανάτου έχουν διευκρινιστεί σε σχέση με τα ανθρώπινα ατυχήματα. Όμως, τα ζώα μπορούν να επηρεαστούν με παρόμοιους τρόπους. Οι Golde-Lee (1976) αναλύουν ατυχήματα που έχουν προκληθεί σε ζώα.

Κεφάλαιο 3

Παθοφυσιολογία - Περιπλοκές ατυχημάτων από κεραυνούς

3.1 Περιγραφή της παθοφυσιολογίας

Όλα τα λεπτομερή δεδομένα παρέχονται από διάφορους διεθνείς ειδικούς. Αναλύοντας ένα ατύχημα και τις κλινικές του συνέπειες, ο γιατρός του θύματος, που είναι κεραυνοπαθολόγος, πρέπει να κατανοήσει τις φυσικές αρχές του κεραυνού.

Σ' ότι ακολουθεί, θα θεωρήσουμε μόνο την πιο συνηθισμένη κατάσταση που συμβαίνει στις Ευρωπαϊκές περιοχές, δηλαδή την αρνητική κάθετη τάση της αστραπής μ' ένα επιστρεφόμενο χτύπημα. Αυτό που οι γιατροί περιγράφουν σαν ρεύμα κεραυνού είναι το επιστρεφόμενο χτύπημα του ρεύματος, δηλαδή ένα μη κατευθυνόμενο ωθητικό ρεύμα (25[kA] απ' το 0 έως μερικά [μs]) που ακολουθείται από ένα συνεχές ρεύμα (100[A] για μερικά [ms]).

3.2 Εξωτερική ηλεκτρική εκκένωση

Ο μηχανισμός ενός χτυπήματος κεραυνού σ' ένα άτομο έχει εξηγηθεί από αρκετούς συγγραφείς, (Berger). Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διαφορά δυναμικού κατά μήκος των σημείων επαφής στο σώμα είναι αρκετά υψηλό για να συμβεί ένα αέριο ηλεκτρικό breakdown. Ο χρόνος ανάμεσα στο χτύπημα κεραυνού και στο τρύπημα του σώματος, είναι συνήθως εξαιρετικά σύντομος.

Το ρεύμα φτάνει στο ζενίθ του (περίπου 1000[A]) μέσα σ' ένα ή αρκετά [ms]. Μετά, το μεγαλύτερο μέρος του ρεύματος εκφορτώνεται με τη μορφή μιας εξωτερικής εκκένωσης (στην επιφάνεια του σώματος). Αυτό αποτελεί ένα σωστικό φαινόμενο γιατί μειώνει το εσωτερικό ρεύμα του σώματος σε 3 ή 4 [A] για αρκετά millisecond.

Στην παρουσία μιας πολύ υψηλής τάσης, η συνολική αντίσταση του ανθρωπίνου σώματος είναι τόσο χαμηλή όσο και η εσωτερική αντίσταση (200 - 500 [Ω]).

Για την εφαρμογή αυτού του φαινομένου, το μόνο που χρειάζεται να γνωρίζουμε είναι ότι το ηλεκτρικό breakdown είναι πιθανό να συμβεί όταν το ηλεκτρικό πεδίο στο ανθρώπινο σώμα φτάσει 150-200[kV] ($U=300-400$ [kV]).

Έτσι, ακολουθώντας το νόμο του Ωμ, το ρεύμα φτάνει στο αποκορύφωμα των 1000[A] με $U (300000[V]) / R (300[\Omega]) = I (1000[A])$, σχεδόν ακαριαία το εσωτερικό ρεύμα σώματος μειώνεται και ένα σύντομο «συνεχές» ρεύμα περίπου 3 [A] ρέει στο σώμα, με $U (3000[V]) / R (300[\Omega]) = I (10[A])$ (μάξιμουμ, 3[A] κατά μέσο όρο).

Έτσι, ο γιατρός πρέπει να αναπλάσει η διαδρομή απ' όπου περνά το ηλεκτρικό ρεύμα στο σώμα του θύματος. Μια αναλυτική εξέταση του ασθενή, παρέχει πολλές χρήσιμες πληροφορίες: τα σημεία επαφής με το δέρμα, ή το κρανίο, πρόβλημα στα μαλλιά ή σε κάποιο στόμιο (άνοιγμα), ιδίως στο κεφάλι, κατάσταση εκτίναξης ή και κάθε αντικείμενο που είχε μαζί του ο ασθενής, όταν συνέβη το ατύχημα.

3.3 Περιπλοκές ατυχημάτων από κεραυνό

Ένα ηλεκτρικό ατύχημα μπορεί να προκαλέσει καψίματα με δύο τρόπους. Πρώτον, το ρεύμα που περνά απ' το σώμα θα προκαλέσει κάψιμο παράγοντας αυτό που μερικές φορές αποκαλείται ως «εγκαύματα Joule». Δεύτερον, φλόγες ή θερμά αέρια παράγονται στο ατύχημα, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν κάψιμο του δέρματος και ίσως βαθύτερα καψίματα στους ιστούς, ενώ μερικές φορές μπορεί να συμβούν και τα δύο σ' ένα μόνο ατύχημα.

Επίσης πρέπει να γίνει αναφορά στο φαινόμενο «Φιγούρες του Lichtenberg» που περιγράφονται σαν καψίματα από ιατρικούς παρατηρητές. Δεν είναι πραγματικά καψίματα και εξαφανίζονται μετά από λίγες ώρες. Ο τρόπος παραγωγής αυτών των «σχημάτων» που μερικές φορές αποκαλούνται «σαν δέντρα» ή «δεντρικά σημάδια» περιγράφηκε σύντομα απ' τους Golde-Lee (1976).

Τα εγκαύματα Joule ή καψίματα «ρεύματος», παράγονται απ' τη θερμοκρασία που παράγεται κατά τη ροή του ρεύματος, υπακούοντας στους γνωστούς κανόνες θερμότητας από το ηλεκτρικό ρεύμα. Το χτύπημα από κεραυνό έχει κεντρικό πυρήνα διαμέτρου 1[cm]. Παρόλο που αυτό μπορεί να φτάσει μια θερμοκρασία υψηλότερη από 30000[K], φθίνει σε σχέση με χαμηλές αξίες χρόνου (δέκατα δευτερολέπτου). Επειδή αυτή η παρατεταμένη θερμότητα είναι εξαιρετικά μικρής διάρκειας, το θύμα μπορεί να μην υποφέρει από εκτεταμένα εγκαύματα. Όμως, αυτό που μερικές φορές αποκαλείται «καυτός» κεραυνός μπορεί να δημιουργεί ένα ρεύμα με μακριά «ουρά» κατά τη διάρκεια του οποίου, ρεύματα αρκετών εκατοντάδων αμπερ, μπορεί να ρέουν για αρκετά δέκατα χιλιοδευτερολέπτου. Τέτοιες εκφορτώσεις μπορεί να προξενήσουν φωτιά σε εύφλεκτα υλικά ή εγκαύματα σε ανθρώπους και ζώα.

Η επιφάνεια του δέρματος, ιδιαίτερα όταν είναι υγρή, γενικώς παρουσιάζει την υψηλότερη αντίσταση στη ροή του ρεύματος.

Επίσης, καθώς ο «πυρήνας» του καναλιού του κεραυνού μπορεί να έχει μια αντιπροσωπευτική περιοχή μόνο ενός τετραγωνικού εκατοστόμετρου, το αποτέλεσμα της θερμότητας του εξαιρετικά σύντομου ρεύματος, συγκεντρώνεται σε μια μικρή περιοχή, και έτσι, τα καψίματα στο δέρμα είναι συχνά όταν συμβαίνουν ατυχήματα από κεραυνό.

Σύμφωνα με τη γεωμετρία της αγωγιμότητας του μονοπατιού, μπορεί να βρεθούν στο σημείο εξόδου του ρεύματος απ' το σώμα καθώς και στο σημείο εισόδου.

Έτσι, μερικές φορές συμβάλλουν στην καθιέρωση περάσματος του ηλεκτρικού μονοπατιού μέσω του σώματος. Πρέπει να σημειωθεί όμως, ότι καθώς η αντίσταση του δέρματος μπορεί να ποικίλει, δεν είναι εφικτός ο καθορισμός της σημασίας του ρεύματος που έχει περάσει στο σώμα, από το μέγεθος των εγκαυμάτων (καψιμάτων).

Εξαρτώμενη απ' τη ηλεκτρική διαδρομή, η πυκνότητα ρεύματος και ίσως άλλοι, λιγότερο κατανοητοί παράγοντες, τα εγκαύματα Joule μπορεί να προκαλέσουν βαθιά εγκαύματα στους ιστούς σώματος και πάντα αντιμετωπίζονται με μεγάλη προσοχή απ' τους ειδικούς χειρουργούς που τα θεραπεύουν.

Είναι αξιοσημείωτο, απ' τις αναφορές στα ιατρικά περιοδικά, το γεγονός ότι απ' τα εγκαύματα Joule προκαλούνται σπάνια ζημιές στους ιστούς του σώματος, στις περιπτώσεις ατυχημάτων από κεραυνό.

Δεν είναι ασυνήθιστο για ένα άτομο να επιζήσει μετά από ένα «ηλεκτρικό-σοκ» από ατύχημα με υψηλή τάση (voltage). Πρέπει να σημειωθεί ότι σ' ένα ατύχημα από μια πηγή ενέργειας, το ρεύμα είναι πιθανόν να διαρκέσει περισσότερο σ' ένα ατύχημα από χτύπημα κεραυνού.

3.4 Λοιπές περιπλοκές και κλινικές εκδηλώσεις

Επιπλέον περιπλοκές δεν είναι τόσο συχνές, παρόλο που ένας αριθμός έχει αναφερθεί ως αποτέλεσμα ατυχήματος από κεραυνό.

Όμως, όσο πιο μεγάλο το διάστημα μεταξύ του ατυχήματος και της πρώτης εκδήλωσης κάποιας περιπλοκής τόσο πιο σκεπτικιστικά πρέπει ν' αντιμετωπισθεί. Ο καθένας πρέπει να είναι επιφυλακτικός στις αναφορές σχετικά με ατυχήματα κεραυνού και στην αρχή μιας ασθένειας, η οποία μπορεί να συμβαίνει σ' άλλες περιπτώσεις χωρίς να έχει προηγηθεί ατύχημα από κεραυνό.

Μπορεί να υπάρχει σχέση με ατυχήματα κεραυνού και ασθένειας του νευρικού συστήματος και της καρδιάς. Γι' αυτό το θέμα αξίζει να γίνουν δύο αναφορές. Πρώτον, μπορεί να υπάρχουν ενδείξεις αλλαγών στο ηλεκτροκαρδιογράφημα που δε συνοδεύονται από παθήσεις του θύματος (Weisei, 1941). Το ηλεκτροκαρδιογράφημα, όμως γενικά, επανέρχεται στο κανονικό, παρόλο που μπορεί γι' αυτό να χρειαστεί ένας χρόνος για να γίνει αυτό (Lossnitzer 1973).

Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί απ' τους οποίους μπορεί αυτό να προκληθεί είναι ενδιαφέροντες. Ο Nedlina (1968) υπέδειξε ότι το πέρασμα του ρεύματος απ' την καρδιά μπορεί να επηρεάσει τις στεφανιαίες αρτηρίες που προμηθεύουν αίμα στους καρδιακούς μύες. Οι Hanson-McIlwaith (1973) υπέδειξαν ότι η καρδιά από μόνη της μπορεί μηχανικά να «μελανιάσει» απ' το φυσικό τραύμα του σοκ, παρόλο που άλλοι, π.χ. ο Lossitzer (1973) υπέδειξε ότι τα εξωτερικά στρώματα της καρδιάς φαίνεται να επηρεάζονται, και οι Karobath-Pouilly (1972) έχουν υποστηρίξει ότι το ρεύμα δεν ρέει κατά μήκος των αιμοφόρων αγγείων προς την καρδιά. Αυτό το θέμα είναι ακόμα άλυτο. Δεύτερον, ενώ οι περισσότεροι συγγραφείς αναφέρουν την πιθανότητα στεφανιαίας θρόμβωσης που ακολουθεί ένα ατύχημα από κεραυνό, είναι δύσκολο να βρεθεί μια σημαντική αναφορά γι' αυτό το θέμα.

Καταρράχτης από κρυστάλλινους φακούς στο μάτι και βλάβη στα όργανα της ακοής αποτελούν άλλες περιπλοκές που αναφέρονται συχνά σε σχέση με ατυχήματα από κεραυνό (Golde-Lee, 1976).

Περιληπτική λίστα των αιτιών θανάτου από χτύπημα κεραυνού και οι πιο τυπικές παθολογίες και σημάδια που αναφέρονται στην επιστημονική φιλολογία και στην εμπειρία του συγγραφέα.

Θάνατοι από κεραυνό (~20%):

- ινώδεις παλμοί καρδιακής κοιλότητας
- ασυστολή

- διακοπή των αναπνευστικών κέντρων του εγκεφάλου.
- πολυσυστημική ανεπάρκεια (καθυστέρηση θανάτου)

Καρδιοπνευμονικοί τραυματισμοί:

- αρρυθμίες
- ηλεκτροκαρδιογραφικές αλλαγές
- μυϊοκαρδιακοί τραυματισμοί
- καρδιακή δυσλειτουργία
- πνευμονικό οίδημα, σύνδρομο αναπνευστικής καταπόνησης

Νευρολογικοί και ψυχιατρικοί τραυματισμοί:

- απώλεια αισθήσεων (κώμα)
- αμνησία-σύγχυση-αφασία
- αποπληξία / άγχος
- ηλεκτροεγκεφαλικές διαταραχές
- εγκεφαλικές βλάβες
- κεραυνοπαράλυση
- νευροπάθεια - σύνδρομο πόνου
- τραυματισμός σπονδυλικής στήλης
- ύπνος, διαταραχές μνήμης, ευερεθισμός, διάφορες ψυχικές δυσλειτουργίες, πονοκέφαλοι, φοβία για τους κεραυνούς

- μετατραυματικό στρες

Καψίματα και έντονα σημάδια:

- μικρά βαθιά καψίματα, σημάδια εισόδου - εξόδου
- επαφή, μεταλλική αλυσίδα θερμότητας
- επιπόλαιη (επιφανειακή) γραμμή καψίματος
- αστραπή
- φιγούρες του Lichtenberg, παθογνωμονικά (κορμός, χέρια, ώμοι)

Ρουχισμός, παπούτσια:

- ξεφτισμένα, κομματιασμένα

Αμβλύ τραύμα (έκρηξη):

- κατάγματα (κρανίο, αυχενική σπονδυλική στήλη)
- μώλωπες, εσωτερική αιμορραγία (κεφάλι, στήθος, κοιλιά)

Ακουστικοί και οφθαλμικοί τραυματισμοί:

- βλάβη τυμπανικής μεμβράνης
- κώφωση
- παροδική τύφλωση
- βλάβη κερατοειδούς χιτώνα
- δυσλειτουργίες αμφιφληστροειδούς χιτώνα
- καταρράχτης

3.5 Επαναφορά (ανάκτηση αισθήσεων)

Νωρίτερα σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφησαν οι μηχανισμοί θανάτου από ατυχήματα κεραυνού. Από μια σωστή κατανόηση αυτών, η προσέγγιση της σωστής θεραπείας, μπορεί να προκύψει. Ένα ρεύμα κεραυνού, διασχίζοντας το αναπνευστικό κέντρο στο χαμηλότερο μέρος του εγκεφάλου, μπορεί να οδηγήσει στην διακοπή της αναπνοής, ενώ διασχίζοντας το στήθος μπορεί να επηρεάσει την καρδιά προκαλώντας αναπνευστική ανακοπή. Είναι φυσικά πιθανό, το ρεύμα ν' ακολουθήσει μια διαδρομή μέσω του σώματος που περιλαμβάνει το χαμηλότερο μέρος του εγκεφάλου και του στήθους και έτσι προκαλεί αναπνευστική και καρδιακή ανακοπή.

Η θεραπεία της αναπνευστικής ανακοπής γίνεται με τεχνητή αναπνοή η οποία διδάσκεται ευρέως και περιγράφεται σε εγχειρίδια πρώτης βοήθειας. Η αποτελεσματικότητά της είναι πέρα από κάθε αμφιβολία χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τον ασθενή. Η θεραπεία της κυκλοφοριακής ανακοπής είναι πιο αμφιλεγόμενη. Μέχρι το 1960 δεν υπήρχε εφαρμόσιμη θεραπεία, όταν ο δρ. Kowenhoven, επικεφαλής του τμήματος ηλεκτρολόγων μηχανικών του Πανεπιστημίου της Βαλτιμόρης, περιέγραψε με τους συνεργάτες του, εξωτερικό καρδιακό μασάζ.

Μετά απ' αυτό, αναφορές σοβαρών (και πιθανώς θανατηφόρων) περιπλοκών αυτής της θεραπείας άρχισαν να εμφανίζονται. Ένα

πρόσφατο άρθρο στη Βρετανική Ιατρική Εφημερίδα (1975) είχε τίτλο «Ασύνητη Πρώτη Βοήθεια». Παρόλο που στη Μεγ. Βρετανία, οι οργανώσεις Πρώτης Βοήθειας συνέχιζαν να διδάσκουν τη θεραπεία εξωτερικού καρδιακού Μασάζ, άλλα εγχειρίδια πρώτης βοήθειας είναι πιο προσεκτικά (Gardner-Roylance, 1972).

3.6 Συμπερασματικές παρατηρήσεις

Όλες οι στατιστικές απ' την Αγγλία, την Ουαλία, την Αυστραλία και τις Η.Π.Α., δείχνουν μια σταθερή μείωση θανάτων από ατυχήματα κεραυνών απ' την αρχή του αιώνα. Υπάρχει λίγη αμφιβολία πως αυτό οφείλεται στην μετακίνηση των πληθυσμών απ' την επαρχία στην πόλη. Απ' την άλλη, ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων των ψυχαγωγούντων, έχει σημαντικά αυξηθεί, σχεδόν σίγουρα εξαιτίας της μεγάλης αύξησης του αριθμού των ατόμων που ψυχαγωγούνται εκτός σπιτιού.

Μερικοί αριθμοί απ' την Ουγγαρία (1Rangi, 1962) και απ' την Αυστρία (Karobath, 1971) υποστηρίζουν ότι κατά προσέγγιση, τουλάχιστον δυο άτομα τραυματίστηκαν από κεραυνό για κάθε θανατηφόρο ατύχημα. Με άλλα λόγια, μόνο ένα απ' τα τρία θύματα σε ατύχημα από κεραυνό πέθανε (Golden-Lee, 1976).

Μια πρόσφατη αναφορά των Golden-Lee (1976) καταλήγει ως εξής: «Το πιθανό συμπέρασμα που μπορεί να βγει, παρόλο που η γνώση μας, για τις φυσιολογικές επιπτώσεις του κεραυνού δεν

είναι ολοκληρωμένη, οι μηχανισμοί απ' τους οποίους προκαλείται θάνατος, είναι αρκετά κατανοητοί και οδηγούν σε ορθολογιστική χρήση τεχνητής αναπνοής και εξωτερικού καρδιακού μασάζ (αν και το δεύτερο δεν είναι χωρίς κινδύνους, και έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν η διάγνωση της κυκλοφοριακής ανακοπής είναι βέβαιη). Μπορεί ν' αποτελεί μικρή παρηγοριά η θύμηση ότι ενώ αυτά τα μέτρα πρώτης βοήθειας δεν είναι πάντα επιτυχημένα στα ατυχήματα κεραυνού απ' ότι σ' άλλες συνθήκες. Παρόλο που είναι δραματικές και μερικές φορές τρομακτικές οι επιπτώσεις του κεραυνού, δεν είναι υπερφυσικές και μπορούν να εξηγηθούν υπό το φως της παρούσας ιατρικής γνώσης.

Κεφάλαιο 4

Τραυματισμοί που προκλήθηκαν από πολλαπλούς κεραυνούς - Στατιστικά

Εισαγωγή

Όταν πολλαπλός αριθμός ατόμων βρίσκεται σ' ανοιχτό χώρο με κατάλληλες μεταξύ τους αποστάσεις, ένα προσεγγίζων κανάλι κεραυνού διασπάται σε πολλά παρακλάδια στον αέρα, και φτάνει ανάμεσα σε αρκετά άτομα. Αυτού του είδους ο κεραυνός σκοτώνει ή τραυματίζει αρκετά άτομα και την ίδια στιγμή τραυματίζει μέτρια αρκετά άλλα άτομα. Αυτή είναι έκδηλη διαφορά ενάντια στο άμεσο χτύπημα από αστροπελέκι που σκοτώνει ή τραυματίζει σοβαρά μόνο ένα άτομο, και προκαλεί ελαφριές ή καθόλου βλάβες στα παρακείμενα άτομα.

Αποδείχτηκε ότι όταν διακλαδωτά κανάλια αυτού του τύπου, προσεγγίζουν τα ανθρώπινα σώματα, συνήθως προκαλούν τις ίδιες επιδράσεις που προκαλούν και τα άμεσα χτυπήματα κεραυνού στο ανθρώπινο σώμα.

Με σκοπό να εξασφαλίσει τα απαραίτητα δεδομένα για την έρευνα σχετικά με τα χτυπήματα από κεραυνούς, ο Kitagowa,

πραγματοποίησε πειράματα εκφόρτισης χρησιμοποιώντας ωθητικούς κεραυνούς (1/40 [μs] σε κυματοειδή μορφή). Χρησιμοποιήθηκαν ρευματικές κούκλες ανθρωπίνου μεγέθους και ζώα σε διαφορετικά μεγέθη. Τα κυριότερα αποτελέσματα των πειραμάτων συνοψίζονται στα εξής:

- Όταν η κατανάλωση ενέργειας -που προκαλείται από ρεύμα- στο σώμα των ζώων, υπερβεί μια ορισμένη τιμή αναλόγως με το βάρος του σώματος των ζώων, τότε αυτά πεθαίνουν από καρδιοαναπνευστική ανακοπή.
- Το ενεργειακό κατώφλι θανάτου για κάθε μονάδα βάρους του ζώου είναι $(62.59 + 11.93) \text{ [J/kg]}$
- Η επιφάνεια εκφόρτισης, αναπτύσσει ένα πολύ χαμηλό δυναμικό, βαθμό κλίσεως κατά μήκος των ανθρωπίνων σωμάτων και των σωμάτων των ζώων. Αυτή η δυναμική κλίσεως είναι περίπου το ενάμισο του κανονικού αέρα κατάρρευσης

Όσον αφορά τις επιδράσεις των ατυχημάτων από κεραυνό στους ανθρώπους οι ερευνητές, έχουν πραγματοποιήσει επί τόπου έρευνες, εξετάζοντας τα ακόλουθα θέματα:

1. Τον καιρό και τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες στις οποίες βρίσκονταν τα άτομα όταν χτυπήθηκαν από αστροπελέκια.
2. Ρούχα και άλλα αντικείμενα που φορούσαν ή μετέφεραν.

3. Την ιατρική περίθαλψη που δέχτηκαν και τη βελτίωσή τους.

Όσον αφορά τους νεκρούς, υπάρχουν αστυνομικές καταθέσεις. Οι ερευνητές έχουν συγκεντρώσει δεδομένα 65 ατυχημάτων από κεραυνούς τα τελευταία 30 χρόνια. Τα κύρια αποτελέσματα έχουν ταξινομηθεί στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Αριθμός αστραπών και πληγέντων σε ατυχήματα που έχουν ερευνηθεί

Τύποι ατυχημάτων	Αστραπές	Νεκρά άτομα	Σοβαρά τραυματισμένα άτομα	Άλλα χτυπημένα άτομα
Άμεσο χτύπημα	36	28	8	48
Πλάγιες αστραπές	18	14	10	62
Διχαλωτός κεραυνός	8	9	4	59
Εσωτερικά ατυχήματα	3	0	0	3
<i>Σύνολο</i>	<i>65</i>	<i>51</i>	<i>22</i>	<i>172</i>

Τα συνθετικά αποτελέσματα των πειραμάτων και οι επιτόπου έρευνες συνοψίστηκαν στα εξής:

- Ο θάνατος, γενικά, προκαλείται από καρδιοαναπνευστική ανακοπή και η ενεργειακή διαδρομή θανάτου εφαρμόζεται στο ανθρώπινο σώμα.
- Στην περίπτωση άμεσου χτυπήματος, ένα χτυπημένο άτομο ή πεθαίνει ή τραυματίζεται θανάσιμα. Τα άτομα που βρίσκονται

παραδίπλα τραυματίζονται ελαφρά ή δεν τραυματίζονται καθόλου.

- Όταν το ρεύμα του κεραυνού ρέει στο ανθρώπινο σώμα, εκφορτώσεις πραγματοποιούνται σε διαφορετικά μέρη της επιφάνειας εκφόρτισης. Μερικές φορές η επιφάνεια των εκκενώσεων αναπτύσσεται κατά μήκος ολόκληρου του σώματος απ' το κεφάλι ως το έδαφος. Όταν συμβαίνει η δεύτερη περίπτωση σ' ένα άτομο που έχει χτυπηθεί άμεσα, τότε επιζηεί, παρόλο που το άτομο τραυματίζεται σοβαρά.
- Τα περισσότερα εγκαύματα προκαλούνται απ' το θερμικό τόξο της επιφάνειας εκφόρτισης. Μερικές φορές κατά την είσοδο/ έξοδο απ' το σώμα, η συγκεντρωμένη αγωγιμότητα του ρεύματος προκαλεί έντονα εγκαύματα.

4.2 Το ατύχημα από κεραυνό στην Ohyama κατά τη διάρκεια πεζοπορίας

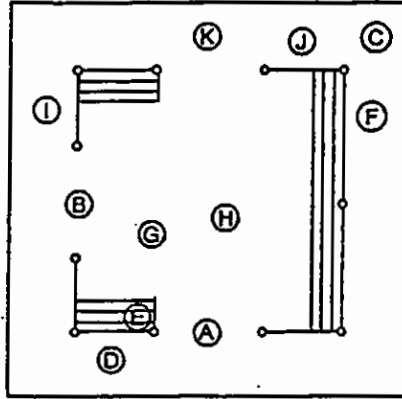
Το πρωινό της 1^{ης} Νοέμβρη 1992 ήταν υπέροχο, ενώ αργότερα ξέσπασε μπόρα συνοδευόμενη από χαλάζι στην κορφή ενός λόφου στην Ohyama στην περιφέρεια της Kanagawa, στη διάρκεια μιας πεζοπορίας. Περίπου 1415 Jst ένα αστροπελέκι χτύπησε μια κρεβατίνα στην κορφή του λόφου. 25 πεζοπόροι ήταν συγκεντρωμένοι σ' αυτό, και πολλοί απ' αυτούς υπέφεραν

από σοβαρά τραύματα, ακόμα και θάνατο. Οι ερευνητές που ανέλυσαν το ατύχημα, διεξήγαγαν τις παρακάτω έρευνες:

Επισκέφτηκαν το σημείο και έκαναν λεπτομερή έρευνα στα ίχνη του ρεύματος του κεραυνού πάνω και γύρω απ' το δέντρο, την ανθεκτικότητα του εδάφους και τις περιβάλλον καταστάσεις (τοπογραφία και γειτονικά δέντρα).

Επισκέφτηκαν τα νοσοκομεία όπου οι πληγέντες μεταφέρθηκαν, και πήραν συνέντευξη τόσο απ' τους ίδιους όσο και απ' τους γιατρούς που τους ανέλαβαν.

Επισκέφτηκαν το Αστυνομικό Τμήμα του Isehara όπου φυλάσσονται ρούχα, παπούτσια κλπ., που φορούσαν τα θύματα, και εξέτασαν τα αντικείμενα αυτά πολύ προσεκτικά.



Σχήμα 1. Θέση των θυμάτων έναντι της κρεβατίνας. (A): 44 άνδρες νεκροί (τόκοι Πανεπ/κό Νοσοκομείο), (B): 54 άνδρες σοβαρά τραυματισμένοι (Τοκai Παν/κο Νοσ.), (C): 20 γυναίκες σοβαρά τραυματισμένες (Isehara Νοσοκ.), (D): 28 άνδρες μετρίως τραυματισμένοι (Isehara Νοσοκ.), (E): 28 άνδρες μετρίως τραυματισμένοι (Horie Χειρουργικό Νοσοκ.), (F): 20 γυναίκες ελαφρώς τραυματισμένες, παροδική απώλεια αισθήσεων, (G): 54 γυναίκες ελαφρώς τραυματισμένες, πόνοι σε ένα μάτι, (H): 57 άνδρες ελαφρώς τραυματισμένοι, πόνοι στο δεξί μέρος του σώματος, (I): 53 γυναίκες ελαφρώς τραυματισμένες, πόνοι στο αριστερό μέρος του σώματος, (J): 190 άνδρες ελαφρώς τραυματισμένοι, πονοκέφαλος και βουητό ετήσιο (αυτιού), (K): 190 άνδρες ελαφρώς τραυματισμένοι, βουητό αυτιού

Συγκέντρωσαν πληροφορίες σχετικά με το ατύχημα απ' το Αστυνομικό Τμήμα, την Πυροσβεστική Υπηρεσία του Isehara, τις αρχές της Kahagawa, τηλεοπτικούς σταθμούς κλπ.

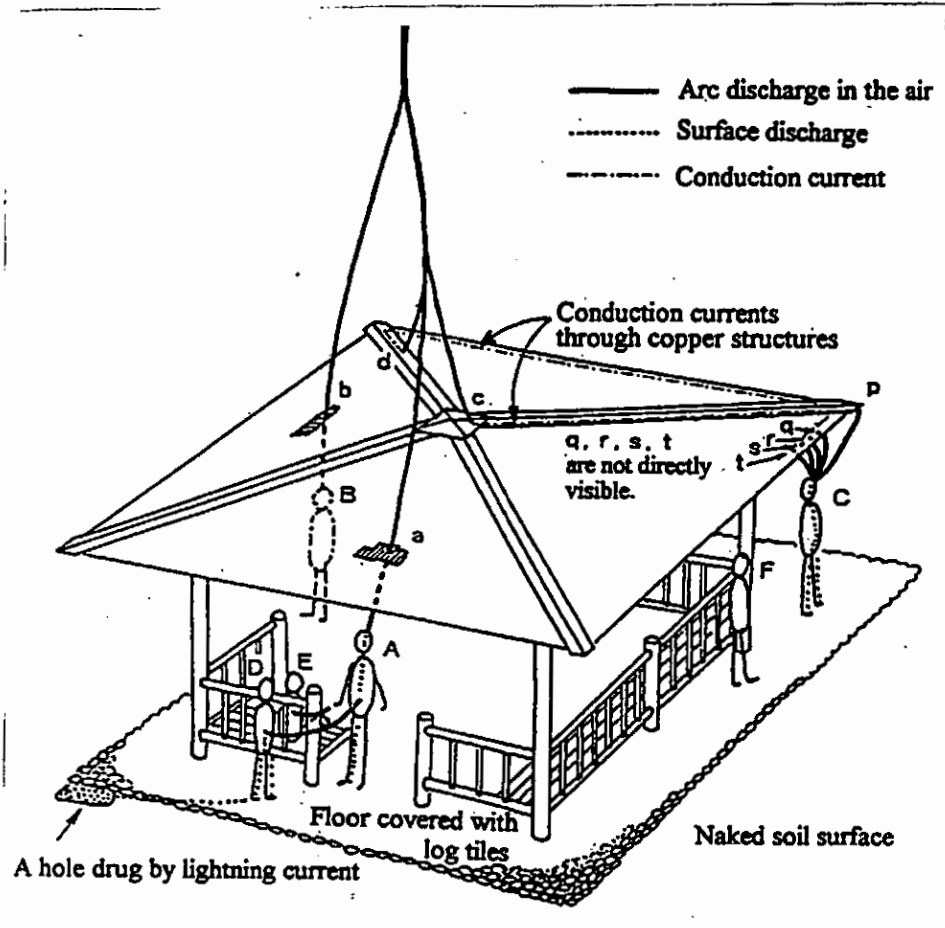
Το Σχήμα 1, δείχνει τις θέσεις των θυμάτων έναντι της κρεβατίνας και σύντομες περιγραφές του τραυματισμού τους. Ένα άτομο

σκοτώθηκε, 2 τραυματίστηκαν σοβαρά, 2 μέτρια και 6 άτομα τραυματίστηκαν ελαφριά. Η συνολική ποσότητα των τραυματισμών ήταν περίπου τρεις φορές μεγαλύτερη απ' ό τι σ' ένα συνηθισμένο ατύχημα άμεσου χτυπήματος.

Ένα νεαρό άτομο (Α), έπαθε καρδιοαναπνευστική ανακοπή. Δυο σοβαρά τραυματισμένα άτομα, (Β), (C) έχασαν τις αισθήσεις τους και αυτό τα επηρέασε σόβαρά. Και στα τρία άτομα, προκλήθηκαν επιφανειακοί θερμικοί τραυματισμοί. Τα άτομα που τραυματίστηκαν μετρίως (D) (E) επίσης είχαν επιφανειακούς θερμικούς τραυματισμούς.

Οι τραυματισμοί των ελαφρά τραυματισμένων ατόμων, (F), (G), (H), (I), (J), (K), περιγράφονται σύντομα στο σχήμα 1. Θεραπεύτηκαν όλα αυτά τα άτομα χωρίς την παροχή ιατρικής φροντίδας.

Το σχήμα 2, παριστά την κρεβατίνα, τα ίχνη του ρεύματος από κεραυνό, την κατάσταση των θυμάτων και οι διαδρομές του ρεύματος απ' τον κεραυνό.



Σχήμα 2

Η σκεπή είχε καλυφθεί με σχιστόλιθους. Ήταν μονωτήρες και οι 4 οριζόντιοι στύλοι της, είχαν καλυφθεί από χάλκινα ελάσματα, 60[cm] πλάτος και 0.5[mm] πάχος. Τα οριζόντια κάγκελα που ήταν τοποθετημένα κάτω απ' τις άκρες της στέγης είχαν επίσης καλυφθεί από χάλκινα ελάσματα με το ίδιο πάχος. Όλες αυτές οι

μεταλλικές κατασκευές που είχαν ενωθεί ηλεκτρικά μεταξύ τους, δεν ήταν γειωμένες (δηλ. δεν είχαν τοποθετηθεί ούτε αγωγοί ούτε ηλεκτρόδια στο έδαφος).

Στο σχήμα 2(a) και (b) μερικοί σχιστόλιθοι έπεσαν και οι ξύλινες σανίδες από κάτω, διατρυπήθηκαν και εν μέρει κάηκαν. Στο (c) η εξέχουσα σκεπή πολτοποιήθηκε μερικώς. Στο (d) δυο τρύπες για να τοποθετηθούν σφήνες έγιναν από ελάσματα χαλκού.

Στα (p) (q) (r) (s) (t) τα ελάσματα χαλκού διατρυπήθηκαν θερμικώς και η διάμετρος των οπών έγιναν περίπου 5[mm]. Το συμπέρασμα ήταν πως το κανάλι του κεραυνού χωρίστηκε σε 4 διακλαδώσεις στον αέρα και οι δυο διακλαδώσεις που διαπέρασαν την οροφή στο (a) και (b) έφτασαν στα κεφάλια των θυμάτων (A) (B) αντίστοιχα. Ο (A) πέθανε και ο (B) έχασε τις αισθήσεις του και τραυματίστηκε σοβαρά. Το ρεύμα του κεραυνού που πέρασε απ' τον (A), παροχεύτηκε στους (D) και (E) ακολουθώντας τη διαδρομή στο σχήμα 2.

Οι (D), (E) τραυματίστηκαν μετρίως και υποβλήθηκαν σε ιατρική περίθαλψη για πιο πολύ από μια εβδομάδα. Οι άλλες δυο διακλαδώσεις έφτασαν στις μεταλλικές κατασκευές (c), (d), τα ρεύματά τους έρεαν σαν αγωγοί ρεύματος κατά μήκος των μεταλλικών κατασκευών και ξανά εκφορτώθηκαν, απ' τα (p) (q) (r) (s) (t) στον (C), στο κεφάλι του οποίου συγκεντρώθηκαν όλες οι ακτίνες του τόξου.

Ο (C) έχασε τις αισθήσεις του και υπέστη μεγάλο θερμικό τραυματισμό που κάλυψε το στήθος, την κοιλιά και τα δυο του πόδια, και παρέμεινε στο νοσοκομείο για 4 εβδομάδες.

Βασιζόμενοι στην ανάλυση των ιχνών του ρεύματος στην κρεβατίνα, και στους τραυματισμούς των θυμάτων, οι ερευνητές διέκριναν τα διακλαδωτά κανάλια του κεραυνού και τις διαδρομές ρεύματος στο έδαφος (Σχήμα 2).

Οι λόγοι για τους οποίους το κανάλι του κεραυνού διακλαδώθηκε στον αέρα και προκάλεσε σοβαρούς τραυματισμούς, έχουν αναλυθεί ως εξής:

Η σκεπή της κρεβατίνας ήταν φτιαγμένη από ξύλο και καλυμμένη από σχιστόλιθους (και τα δύο υλικά είναι μονωτήρες). Οι 4 οριζόντιοι στύλοι της σκεπής ήταν καλυμμένοι με ελάσματα χαλκού, τα οριζόντια δοκάρια κάτω απ' τις άκρες της σκεπής επίσης ήταν καλυμμένα με ελάσματα χαλκού, και αυτοί οι αγωγοί δεν ήταν γειωμένοι.

25 άτομα είχαν συγκεντρωθεί στην κρεβατίνα και 4 απ' αυτά ήταν όρθια.

Λόγω των παραπάνω συνθηκών, το κανάλι του κεραυνού διασπάστηκε σε 4 κατευθύνσεις πάνω απ' τη σκεπή της κρεβατίνας.

Συμπερασματικά, το αστροπελέκι εκφόρτωσε ένα μεγάλο μέρος ηλεκτρικού φορτίου, δηλαδή είχε πολύ ενέργεια.

Πίνακας 2. Λίστα των 8 διχαλωτών ατυχημάτων κερανού και αριθμός θυμάτων

Στόχοι των διακλαδωμένων καναλιών	Μέρος	Ημερομηνία	Νεκρά άτομα	Σοβαρά τραυματισμένα άτομα	Άλλα τραυματισμένα άτομα	Αριθμός των ατόμων που προσέγγισαν οι διακλαδώσεις
Πλειοψηφία αριθμός ατόμων	Κορυφή βουνού	26/7/69	1	0	13	3
	Ανοιχτό μέρος	9/6/83	0	2	0	2
	Θάλασσα, κοντά σε ακτή	5/8/87	6	2	4	6
Άνθρωποι και αντικείμενα	Γλαυιά βουνού	8/8/82	0	0	(1)/7	1
	Κορυφή βουνού	19/6/83	0	0	(2)/13	2
	Γήπεδο γκολφ	15/7/87	1	0	4	1
Αντικείμενα	Αεροδρόμιο	29/3/89	0	0	(1)/8	2 αεροπλάνα
	Κορυφή λόφου	1/11/92	1	2	(2)/8	σκεπή κρεβατίνας
Σύνολο			9	6	(6)/57	15

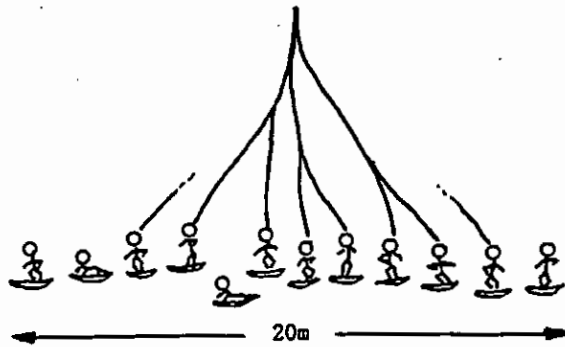
4.3 Οχτώ ατυχήματα που προκλήθηκαν από πολλαπλό χτύπημα κεραυνού

Τα αστροπελέκια που χτυπούν το έδαφος σε πολλαπλά σημεία, έχουν παρατηρηθεί συχνά και γενικώς ονομάζονται αστροπελέκια πολλαπλών χτυπημάτων ή απλώς διχαλωτός κεραυνός. Ο Takagi μελέτησε αυτόν τον τύπο αστροπελεκίου, ανάλυσε 172 καλοκαιρινά αστροπελέκια και βρήκε ότι αναλογία εμφάνισης του διχαλωτού κεραυνού ήταν 23%.

Ανάμεσα στα 65 ατυχήματα που ερευνήθηκαν, 8 περιπτώσεις (συμπεριλαμβανομένης του Ohyama) έχουν ταξινομηθεί σαν εκείνες που προκλήθηκαν από διχαλωτό κεραυνό.

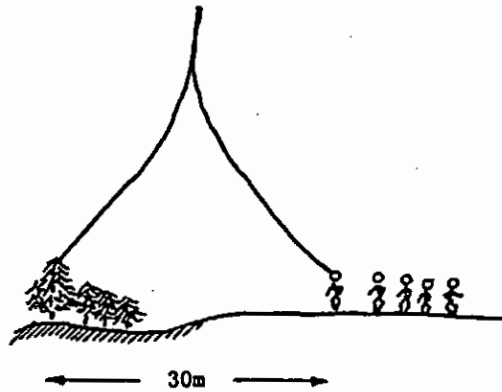
Στον πίνακα 2 τα 8 πρώτα ατυχήματα έχουν ταξινομηθεί σε τρία γκρουπ. Στο πρώτο γκρουπ, όλες οι διακλαδώσεις κεραυνού χτύπησαν ανθρώπους. Στον κρατήρα του βουνού Asama, 14 άτομα στέκονταν σε μια περιοχή 5x7[m], και μια γυναίκα ανάμεσά τους σκοτώθηκε από ένα άμεσο χτύπημα. Δυο άτομα που στέκονταν δίπλα της έπεσαν κάτω όμως δεν εμφανίστηκαν ίχνη κεραυνού, ενώ 2 άτομα που στέκονταν λίγο πιο πέρα εμφάνισαν καθαρά ίχνη κεραυνού. Ίχνος ρεύματος βρέθηκε στο μεταλλικό κομμάτι του στηθόδεσμου μιας γυναίκας μαζί με έγκαυμα στο δέρμα. Σ' έναν άλλο άντρα τα παντελόνια του σκίστηκαν καθέτως από επιφάνεια εκφόρτισης. Σ' ένα δρόμο μιας προαστιακής

φάρμας στο Kakunodate-machi, δυο αγόρια που κρατούσαν ομπρέλα, χτυπήθηκαν ταυτόχρονα από ένα κεραυνό. Στη θάλασσα κοντά στην ακτή Ikumi, 12 άτομα έκαναν σερφ σε περιοχή 20[m] σε διάμετρο. Ένα αστροπελέκι τα χτύπησε, 6 άτομα σκοτώθηκαν, ένα άτομο τραυματίστηκε σοβαρά και ένα άλλο τραυματίστηκε μετρίως. Το σχήμα 3 δείχνει ένα σκίτσο του υποτιθέμενου καναλιού του κεραυνού.



Σχήμα 3

Στο δεύτερο γκρουπ, τα διακλαδωτά κανάλια άγγιξαν και άτομα και αντικείμενα. Το σχήμα 4, παριστάνει ένα κανάλι κεραυνού που προξένησε το θάνατο στο γήπεδο γκολφ στο Kanji.



Σχήμα 4

Στο τρίτο γκρουπ, τα διακλαδωτά κανάλια άγγιξαν πρώτα αντικείμενα και μετά προξένησαν πλαϊνές αστραπές. Στο αεροδρόμιο της Haneda, μια πλαϊνή αστραπή από ένα αεροπλάνο χτύπησε πλήρωμα του εδάφους.

Στην κορφή του λόφου Ohgama, διακλαδωτά κανάλια προσέγγισαν τη σκεπή μιας κρεβατίνας και μετά προκάλεσαν πολλούς τραυματισμούς.

4.4 Χαρακτηριστικά των ατυχημάτων από διχαλωτούς κεραυνούς

Αυτού του είδους οι κεραυνοί δεν είναι ακόμη πολύ γνωστοί. Όμως, ο κεραυνός στην κρεβατίνα στην Ohyama ήταν ένα συγκεκριμένο παράδειγμα και αποκάλυψε το χαρακτηριστικό του διχαλωτού κεραυνού αυτού του είδους. Το αποτέλεσμα της έρευνας στην Ohyama ενισχύει την ερμηνεία των ερευνητών στα άλλα 7 ατυχήματα που περιγράφησαν στην προηγούμενη παράγραφο. Τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων από διχαλωτό κεραυνό συνοψίζονται στα εξής:

1. Όταν πολλά άτομα βρίσκονται σ' ανοικτό πεδίο με τις κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ τους, το κανάλι του κεραυνού που θα τους πλησιάσει, διασπάται σε πολλαπλούς «κλάδους» στον αέρα και φτάνει σε αρκετά άτομα.
2. Σε άλλη περίπτωση, ένα κανάλι κεραυνού διασπάται σε πολλούς «κλάδους» και φτάνει σε άτομα και σε υψηλά αντικείμενα.
3. Όταν ένα κανάλι κεραυνού φτάνει σ' ένα άτομο, προκαλεί περίπου τα ίδια όπως ένα άμεσο χτύπημα κεραυνού. Έτσι, ένας διχαλωτός κεραυνός έχει ως αποτέλεσμα πολλούς θανάτους και σοβαρούς τραυματισμούς.

4. Ένας διχαλωτός κεραυνός, μερικές φορές, προκαλεί μέτριους τραυματισμούς στα θύματα, θάνατο ή σοβαρούς τραυματισμούς.
5. Ένα διακλαδωμένο κανάλι κεραυνού, μερικές φορές διαπερνά τη σκεπή και φτάνει στο άτομο.

4.5 Προστασία από κεραυνό σε δημόσια σπίτια στο βουνό

Η κρεβατίνα της Ohyama είναι υπό τη διεύθυνση της περιφερειακής κυβέρνησης της Kanagawa. Μετά το ατύχημα, οργάνωσαν μια επιτροπή για το σχεδιασμό ενός πλάνου αποφυγής των ατυχημάτων από κεραυνό στα σπίτια στα βουνά. Τρεις απ' τους ερευνητές (Ishikawa, Kitagawa και Nagai) αναδείχθηκαν υποψήφιοι ως μέλη της επιτροπής. Η επιτροπή εξέτασε τα δεδομένα που αφορούσαν την προστασία από κεραυνό, τους εγχώριους και ξένους κανονισμούς προστασίας και την πρόσφατη μελέτη για την ασφάλεια των ανθρώπων σε περιπτώσεις κεραυνού. Μετά από δουλειά τριών μηνών η επιτροπή δημιούργησε το κατάλληλο σχέδιο.

Η κυβέρνηση της Kanagawa, υιοθέτησε το σχέδιο και σύμφωνα μ' αυτό, κατέστρεψαν το σύστημα προστασίας στην κρεβατίνα της Ohyama. Στο σχήμα 5 παρουσιάζεται αυτό το σύστημα προστασίας. Το αλεξικέραυνο καλύπτει όλη την κρεβατίνα με

γωνία προστασίας 45 μοιρών. Τέσσερις αγωγοί κατά μήκος των οριζόντιων στύλων της σκεπής, τέσσερις αγωγοί κατά μήκος των στύλων και ένας αγωγός θαμμένος στο έδαφος σχηματίζουν ένα είδος κλουβιού Φαραντέι, και προστατεύει όλα τα άτομα μέσα και γύρω απ' την κρεβατίνα. Η κυβέρνηση κατέστρεψε παρόμοια συστήματα προστασίας από κεραυνό σε 7 σπίτια στο βουνό και σχεδιάζει να καταστρέψει παρόμοια συστήματα σε όλα τα 29 σπίτια σε βουνά που είναι υπό τη διοίκησή της. Η ιαπωνική νομοθεσία όσον αφορά την προστασία από κεραυνό αναφέρεται μόνο σε κτήρια υψηλότερα των 20[m], και δεν μπορεί να εμποδίσει τα ατυχήματα από κεραυνό στα σπίτια των βουνών. Όμως το σχέδιο που υιοθέτησε η κυβέρνηση της Kanagawa είναι πολύ σημαντικό, και θα έπρεπε να υιοθετηθεί από όλες τις τοπικές κυβερνήσεις τη Ιαπωνίας.

Κεφάλαιο 5

Διεθνής ασφάλεια και οδηγός διάσωσης ενάντια στους κίνδυνους από κεραυνό

Εισαγωγή

Υπάρχουν πολλά επιστημονικά έγγραφα και πληροφορίες επάνω στο θέμα της ασφάλειας ενάντια στους κινδύνους από κεραυνό και στις πρώτες βοήθειες για τους τραυματισμένους ανθρώπους. Έχουν επιθεωρηθεί και συγκεντρωθεί συνετά, για την ίδρυση και έκδοση ενός ευρέως αποδεκτού διεθνή οδηγού, εύκολου στην κατανόηση. Ο σκοπός αυτού του σχεδίου είναι να ενημερώσει τα άτομα που αναλαμβάνουν εξωτερικές δραστηριότητες, για τους κινδύνους που διατρέχουν όταν εμφανίζεται αστροπελέκι. Επίσης να τους βοηθήσει να μάθουν πως να ενεργήσουν πριν εμφανιστεί το αστροπελέκι, ή κατά τη διάρκειά του και στην περίπτωση ατυχήματος.

Το σχέδιο αυτό είναι βασισμένο στις παρακάτω αρχές: να ληφθεί σοβαρά υπόψη ο κίνδυνος από κεραυνό όταν προετοιμάζεται εξωτερική δραστηριότητα. Να είναι έτοιμο ν' ακυρώσει μια εξωτερική δραστηριότητα στις περιπτώσεις που μπορεί να

προκληθούν αστροπελέκια. Αναγνώριση της εμφάνισης ή του σχηματισμού του αστροπελεκίου. Να βρει καταφύγιο. Να αναγνωρίζει τα επικίνδυνα και ασφαλή μέρη. Να μειώσει τον κίνδυνο να χτυπηθεί απ' αυτό βρίσκοντας το κατάλληλο μέρος προστασίας. Να είναι έτοιμο να εφαρμόσει τις πρώτες βοήθειες σ' ένα θύμα και να θέσει σ' επαγρύπνηση τους ειδικούς διάσωσης.

Αυτή είναι πιθανόν η πρώτη προσπάθεια δημοσίευσης ενός διεθνή οδηγού για την ασφάλεια των ανθρώπων σε συνθήκες κεραυνού.

Το APERI ξεκίνησε αυτό το σχέδιο υπό το όνομα Διεθνές Εργαστήριο Μελέτης Κεραυνών και Ανθρώπων - IWLH. Ξεκίνησε στη διάρκεια σύσκεψης στο Σαμονί «Κεραυνοί - Βουνά '94».

Η πρώτη σύσκεψη έλαβε χώρα στην Οσάκα - Σεπτέμβριος '95. Παρατηρήσαμε, ότι έχουν γραφεί πολύ καλά άρθρα ή βιβλία πάνω σ' αυτό το θέμα. Αλλά βρήκαμε αντιθέσεις μεταξύ κάποιων απ' αυτών και σκεφτήκαμε ότι ήταν καιρός να υπάρξει ένας παγκόσμιος οδηγός, κοινά αποδεκτός.

Το APERI έφερε γι' αυτό το σχέδιο παγκόσμια γνωστούς ειδικούς της φυσικής για τους κεραυνούς, της κεραυνοιατρικής, μετεωρολόγους, μηχανικούς και φυσικά θύματα κεραυνών από διαφορετικές χώρες.

Σχηματίστηκαν δυο γκρουπ: ένα γκρουπ φυσικών, μετεωρολόγων και μηχανικών με επικεφαλή τον καθηγητή Kitagawa απ' την

Ιαπωνία, και ένα γκρουπ γιατρών ειδικευμένων στην κεραυνοιατρική και στα θύματα κεραυνών, με επικεφαλή τον Dr. Andreus-Αυστραλία.

Έχοντας υπόψη ότι ο κεραυνός και τα σχετιζόμενα μ' αυτόν ηλεκτρικά φαινόμενα είναι απρόβλεπτα, αυτός ο οδηγός χρησιμεύει στη βελτίωση της ασφάλειας κάποιου ατόμου κατά τη διάρκεια μιας εξωτερικής δραστηριότητας σε περίπτωση κεραυνού. Δεν αναλαμβάνουμε ευθύνη για τα επεισόδια ή ατυχήματα που μπορεί να συμβούν σε κάποιον αφού έχει διαβάσει αυτόν τον οδηγό.

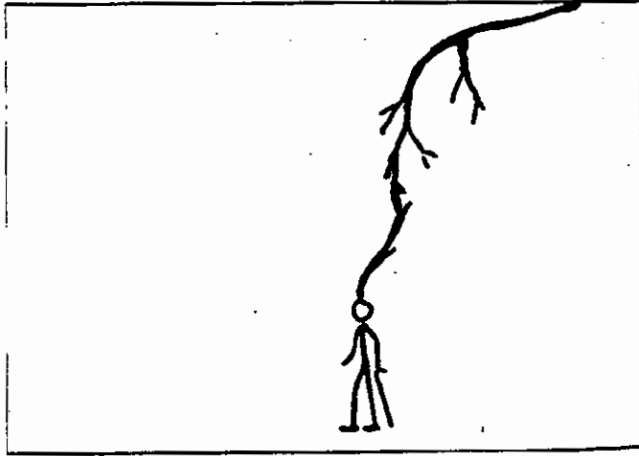
5.2 Πως ο κεραυνός μπορεί να τραυματίσει και να σκοτώσει

Ο κεραυνός μπορεί να τραυματίσει ή να σκοτώσει, και διασχίζοντας το ανθρώπινο σώμα. Οι διαφορετικοί τρόποι που μπορεί να συμβεί είναι ταξινομημένοι στις ακόλουθες 5 κατηγορίες:

Άμεση αστραπή

Σ' αυτήν την περίπτωση ο κεραυνός χτυπάει απ' ευθείας το άτομο. Είναι η πιο επικίνδυνη περίπτωση. Σύμφωνα με τους Ιάπωνες επιστήμονες από πραγματικές περιπτώσεις: Ανάμεσα σε 36 άτομα που χτυπήθηκαν απευθείας, 28 άτομα πέθαναν και τα

υπόλοιπα 8 έχασαν τις αισθήσεις τους και χρειάστηκαν νοσοκομειακή περίθαλψη για αρκετές εβδομάδες.



Πλαϊνή αστραπή

Αυτό συμβαίνει όταν το άτομο βρίσκεται δίπλα σ' ένα αντικείμενο που έχει χτυπηθεί από κεραυνό, και καθώς το ρεύμα του κεραυνού ταξιδεύει κάτω στο χτυπημένο αντικείμενο, «περνάει» στο άτομο. Οι τραυματισμοί από πλαϊνή αστραπή μπορούν να θεωρηθούν σοβαροί όπως στην άμεση αστραπή.

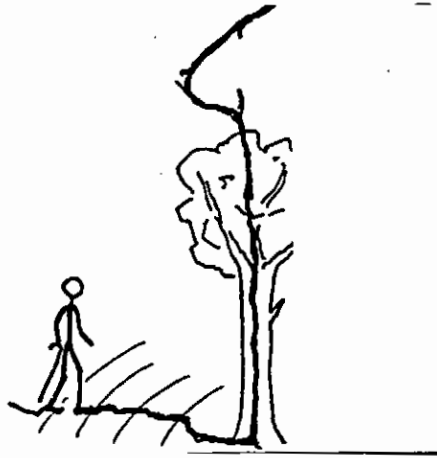


Δυναμική επαφής



Εδώ το άτομο είναι σε φυσική επαφή μ' ένα αντικείμενο που έχει χτυπηθεί από κεραυνό. Το ρεύμα του κεραυνού παροχετεύεται στο άτομο στο σημείο επαφής. Οι επιπτώσεις είναι παρόμοιες με εκείνες που προκαλεί η πλαϊνή αστραπή.

Βηματική τάση (voltage)



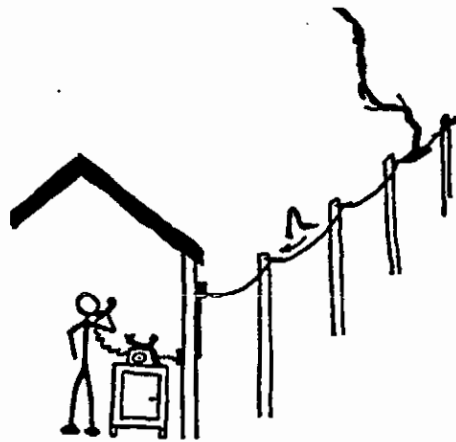
Όταν το άτομο π.χ. περπατά, έρχεται σ' επαφή με το έδαφος με αρκετά σημεία του σώματός του. Όταν ο κεραυνός χτυπά το έδαφος με κάποια απόσταση απ' το άτομο, το ρεύμα του κεραυνού διασκορπίζεται στην επιφάνεια του εδάφους και ένα μέρος του εισέρχεται στο άτομο, απ' το πιο κοντινό σημείο του σώματος στο σημείο που χτύπησε ο κεραυνός, και εξέρχεται απ' το σημείο του σώματος που βρίσκεται σε απόσταση με το σημείο που χτύπησε ο κεραυνός.

Το σοκ που προκαλείται είναι συνήθως ασήμαντο. Όμως κάποιες φορές, το ρεύμα του κεραυνού που φτάνει στο έδαφος δεν διασκορπίζεται, αλλά ρέει σαν ένα τόξο ακτίνας στην επιφάνεια του εδάφους. Όταν ένα άτομο βρίσκεται στη διαδρομή του τόξου, μπορεί να υποφέρει από καψίματα και παράλυση. Στη χειρότερη

περίπτωση έχει δυσκολίες στο βάδισμα. Όμως αυτοί οι τραυματισμοί είναι συνήθως προσωρινοί και περνούν χωρίς να υπάρχουν συνέπειες.

Διάδοση ορμητικής κίνησης

Το άτομο βρίσκεται κοντά ή είναι σ' επαφή με μια ηλεκτρική συσκευή ή ηλεκτρική δύναμη ή με γραμμές επικοινωνίας συνδεδεμένες μ' ένα εξωτερικό πλατιά διαδεδομένο δίκτυο. Μπορεί να λάβει ένα ορμητικό σοκ τασικό εάν ο κεραυνός χτυπήσει το εξωτερικό δίκτυο ή κοντά σ' αυτό.



Σοβαροί τραυματισμοί προκαλούνται σπάνια, όμως υπάρχουν αναφορές πως αρκετά άτομα έχουν σκοτωθεί χρησιμοποιώντας τηλέφωνο κατά τη διάρκεια καταιγίδας.

Σημειώσεις:

1. Στις περιπτώσεις 2, 3, 4 αρκετά άτομα σκοτώθηκαν με την εκτίναξή τους από ρεύμα κεραυνού, ενώ έκαναν ορειβασία.
2. Αρκετά άτομα μπορεί να σκοτωθούν ή να τραυματισθούν στη διάρκεια απευθείας χτυπήματος, πλαϊνής αστραπής και από σοκ δυναμικής επαφής.
3. Άλλες έμμεσες συνέπειες όπως ο θάνατος μπορούν να συμβούν όταν ο κεραυνός προκαλέσει φωτιά σε ένα σπίτι ή σ' ένα κομμάτι γης.
4. Φορητά τηλέφωνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διάρκεια καταιγίδων.

5.3 Σχεδιασμός εξωτερικών δραστηριοτήτων**5.3.1 Εκ των προτέρων σχεδιασμός**

Την ημέρα που θα πραγματοποιήσετε την εξωτερική σας δραστηριότητα αλλά και της ημέρες πριν, ενημερωθείτε για την πρόγνωση του καιρού: ακούστε προσεκτικά τις διεθνείς και τοπικές προβλέψεις και σχεδιάστε την ακύρωση των δραστηριοτήτων σας σε περίπτωση που αναμένονται καταιγίδες.

Σχεδιάστε τους κανόνες που θα ακολουθήσετε σε περίπτωση μη αναμενόμενης καταιγίδας. Μην προγραμματίζετε όταν αναμένονται καταιγίδες.

5.3.2 Ζητήστε πληροφορίες για το συνηθισμένο τύπο του τοπικού καιρού

Ζητήστε να μάθετε αν κάποια τοπική καταιγίδα είναι συνηθισμένη στο μέρος που πρόκειται να πάτε. Για παράδειγμα, σε μερικά μέρη, κατά την διάρκεια κάποιων περιόδων υπάρχει συχνότητα καταιγίδων το απόγευμα.

5.3.3 Πληροφορήστε κάποιον για την δραστηριότητά σας και το δρομολόγιό σας

Όταν πρόκειται να φύγετε μακριά για αρκετές ημέρες και μόνο σε περίοδο που είναι πιθανές οι καταιγίδες τότε ενημερώστε κάποιον για το δρομολόγιό σας.

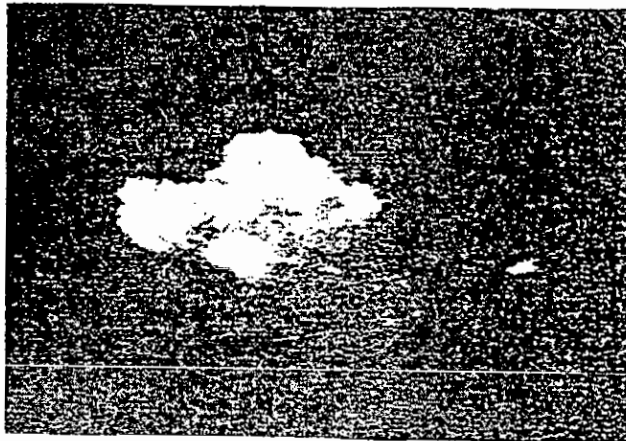
5.3.4 Πάρτε μαζί σας μέσα επικοινωνίας

Να έχετε μαζί σας ένα ράδιο για επικοινωνία σε περίπτωση ατυχήματος και να προστατεύσετε το ράδιο από επίδραση κεραυνών.

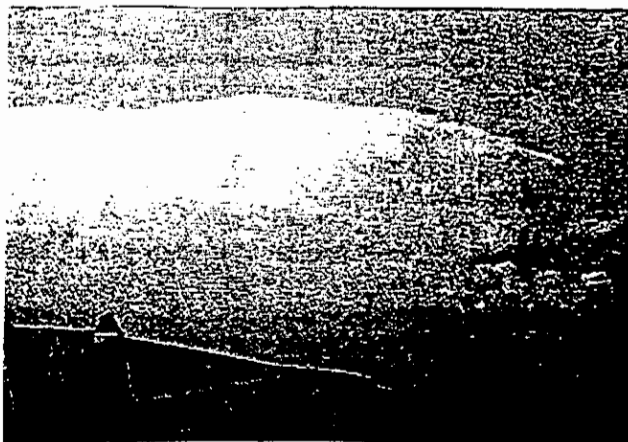
5.4 Αναγνώριση προσέγγισης καταιγίδας

Η καταιγίδα θα:

Αναπτύσσεται από ένα μικρό σωρείτη (σύννεφο) (σχήμα 6α), σ' ένα τεράστιο σωρείτη σε λιγότερο από 15 λεπτά (σχήμα 6β), βρίσκεται πάνω από κοντινές περιοχές όπου έχει ήδη μεγαλώσει και κρατά συσσωρευμένη πολλή ενέργεια (σχήμα 6γ, 6δ) και σε απειλεί (σχήμα 6ε).



Σχήμα 6α



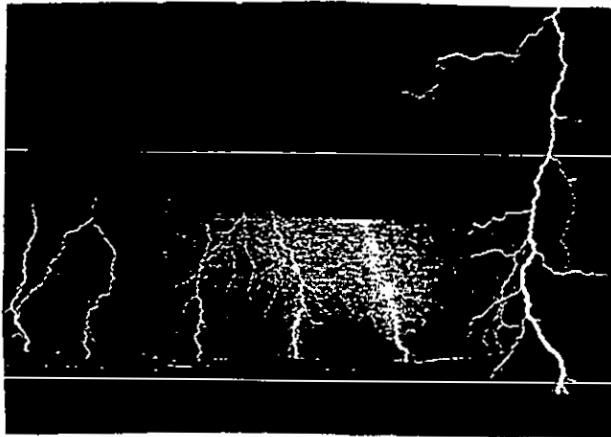
Σχήμα 6β



Σχήμα 6γ



Σχήμα 6δ



Σχήμα 6ε

5.4.1 Παρακολούθησε την εξέλιξη του καιρού

Αν είστε αρκετά άτομα, αναθέστε σ' ένα άτομο να παρατηρήσει το πλησίασμα ή το σχηματισμό της καταιγίδας. Αν είστε μόνος, μην περνάνε μεγάλα διαστήματα χωρίς να παρακολουθείται προσεκτικά τις καιρικές συνθήκες.

5.4.2 Σ' όλες τις περιπτώσεις μπορεί να εκπλαγείτε

Η καταιγίδα μπορεί να έρθει πίσω απ' το βουνό, ένα λόφο, ένα δάσος ή απλώς ένα τοίχο αν κάνετε κάποιο σπορ σ' ένα στάδιο για παράδειγμα.

Μπορεί επίσης να δημιουργηθεί τόσο κοντά σας ώστε να μην προσέξετε τις αλλαγές του καιρού πριν δείτε την πρώτη αστραπή ή να ακούσετε τον πρώτο κεραυνό. Ο κεραυνός επίσης μπορεί να χτυπήσει ένα μεταλλικό καλώδιο ένα χιλιόμετρο μακριά από σας και έμμεσα να σας τραυματίσει.

Σ' όλες τις περιπτώσεις να είστε έτοιμοι να εκκενώσετε τα επικίνδυνα μέρη και να ψάξετε για ένα ασφαλές καταφύγιο.

5.4.3 Σημάδια της παρουσίας καταιγίδων

Όταν παρατηρείτε θυελλώδεις ανέμους, χαλάζι, σβώλους χιονιού, τότε είσαι στο κέντρο μιας καταιγίδας. Στις ορεινές περιοχές οι

άνθρωποι συνήθως ακούνε βουητά όταν αρχίζει η καταιγίδα, όπως συμβαίνει με τους ψαράδες. Οι ναύτες τη διακρίνουν στην κορυφή του καταρτιού, οι άνθρωποι των βουνών στην κορυφή των βράχων ή στην αξίνα τους.

5.4.4 Υπολογίστε την απόσταση του χτυπήματος του κεραυνού

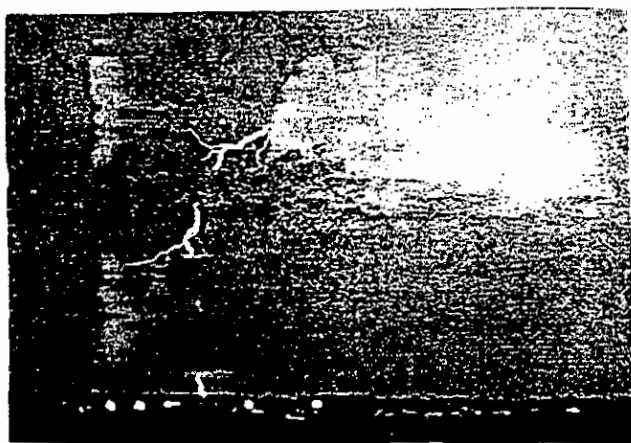
Μια κλασσική μέθοδος υπολογισμού του κινδύνου είναι ο υπολογισμός της απόστασης του κεραυνού, γνωστή και ως μέθοδος αστραπής-χτυπήματος. Όταν δείτε την αστραπή του κεραυνού, μετρήστε τον αριθμό των δευτερολέπτων μέχρι τον κεραυνό. Διαιρέστε τον αριθμό των δευτ/των με το 3 για να βρείτε την απόσταση του χτυπήματος σε χιλιόμετρα ή με το 5 για να την βρείτε σε μίλια. Οι στατιστικές δίνουν μια απόσταση ανάμεσα σε δυο αστραπές των $6[\text{km}]/20 [\text{sec}]$.

Όμως πρέπει να γνωρίζει κάποιος ότι ο κεραυνός μπορεί να χτυπήσει περισσότερα από $10[\text{miles}]/16[\text{khms}]$ μακριά απ' το σύννεφο και την περιοχή όπου βρέχει, δηλ. Απόσταση $50 [\text{sec}]$.

Αυτός ο ειδικός τύπος χτυπημάτων κεραυνού ονομάζεται «γιγαντιαίος θετικός» και μπορεί να συμβεί στην αρχή ή στο τέλος μιας καταιγίδας.

Οι αστραπές αυτού του τύπου σχηματίζονται στην κορυφή των σύννεφων όπου οι ηλεκτρικές φορτώσεις είναι κυρίως θετικές και

μπορεί να χτυπήσουν μακριά απ' το σύννεφο. Έτσι είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες γιατί χτυπούν πριν ακουστούν ή ιδωθούν τα συνηθισμένα σημάδια κεραυνού και καταιγίδας.



Σχήμα

5.4.5 Πότε πρέπει να καλυφθείτε; ...Όσο πιο γρήγορα τόσο το καλύτερο

Γνωρίζοντας ότι κάποιος μπορεί να χτυπηθεί στα 15[km] μακριά απ' το σύννεφο, μια απόσταση απ' την οποία ο ήχος του κεραυνού χρειάζεται γύρω στα 50[sec] για να σας φτάσει, και ότι αυτό το είδος χτυπήματος συνήθως συμβαίνει στην αρχή μιας καταιγίδας.

5.5 Επικίνδυνα μέρη

Δεν μπορούν να συγκεντρωθούν πλήρως, όμως τα ακόλουθα παραδείγματα δίνουν μια ιδέα:

1. Ανοιχτά μέρη, επίπεδες περιοχές, αγροκτήματα, ακτές, όχθες ποταμού.
2. Κορφές Βουνών.
3. Γήπεδα σπορ, γήπεδα γκολφ.
4. Κάνοντας ποδήλατο, επάνω σε μηχανάκι ή σ' ένα άλογο.
5. Στο ποτάμι κάνοντας κανό, ή κολυμπώντας.
6. Στη θάλασσα σε μια ξύλινη βάρκα ή κολυμπώντας.
7. Απομονωμένα δέντρα, ή ακουμπώντας ή βρισκόμενος δίπλα σ' ένα δέντρο
8. Σπήλαια (συνήθως τεχνητά)
9. Σκηνές

Το εσωτερικό μιας σκηνής είναι πιο επικίνδυνο απ' ότι το εξωτερικό γιατί οι στύλοι της σκηνής είναι ψηλότεροι όταν βρίσκεται κάποιος μέσα και μπορεί να προσελκύσουν τον κεραυνό.

Το ύφασμα της σκηνής δεν είναι μονωτικό ενάντια στο χτύπημα από κεραυνό.

Έτσι όταν πλησιάζει καταιγίδα βγείτε έξω απ' τη σκηνή και βρείτε καταφύγιο σ' ένα ασφαλέστερο μέρος.

10. Καλύβες, μικρά κτίρια (σπίτι, υπόστεγο χωρίς γειωτική μεταλλική οροφή)

Όταν η σκεπή και οι τοίχοι δεν είναι αρκετά γεροί και τα μεταλλικά φύλλα της οροφής δεν είναι γειωμένα, ο κεραυνός μπορεί να διεισδύσει και να χτυπήσει κάποιον που μπορεί να βρίσκεται μέσα. Βγείτε έξω απ' την καλύβα και αναζητήστε καταφύγιο σ' ένα ασφαλέστερο μέρος, εκτός αν είναι αρκετά μεγάλη η καλύβα. Στην δεύτερη περίπτωση, κουλουριαστείτε στο κέντρο της καλύβας.

11. Κάτω από ένα χαμηλό (4-5[m]) τηλεφωνικό καλώδιο ή μεταλλική κατασκευή (γερανό π.χ.).

12. Αγγίξτε ή βρεθείτε κοντά σε μια υψηλή μεταλλική κατασκευή: κατάρτι, πυλώνα, κτίριο κ.ά.

13. Αγγίξτε ή βρεθείτε κοντά σε συνδεδεμένες ηλεκτρικές συσκευές.

14. Στον αέρα μέσα σε μικρά αεροπλάνα, ανεμόπτερα κ.ά.

5.6 Ασφαλή μέρη ή καταφύγια

Το ασφαλέστερο καταφύγιο ένα πλήρως μεταλλικό ή ένα λεπτό μεταλλικό πλέγμα (σκεπή, τοίχος, έδαφος), χωρίς μεγάλα ανοίγματα.

1. Εσωτερικό τρένων, λεωφορείων, αυτοκινήτων (εκτός απ' τα ανοιχτά αυτοκίνητα), βάρκες από ατσάλι.
2. Μικρά κτίρια με προστασία έναντι των κεραυνών (γειωμένες μεταλλικές οροφές).

Όμως ο κεραυνός μερικές φορές διαπερνά μια λεπτή οροφή και φτάνει στα άτομα που βρίσκονται από κάτω.

3. Μέρη που περιβάλλονται από γερές μεταλλικές σανίδες ή πλαίσια, εκτός αν προεξέχει κάποιο μέρος του σώματός σας π.χ. από παράθυρα, μπαλκόνια ή προεξέχει κάτι που κρατάτε.
4. Αεροπλάνα, εκτός αν η λειτουργία τους έχει υποστεί βλάβη από καταιγίδα ή κεραυνό.
5. Εναέρια δύναμη και γραμμές τηλεπικοινωνίας, καλώδια, μεταλλικές κατασκευές, πάνω από 5[m] παρέχουν μια σχετικά ασφαλή ζώνη προστασίας.

6. Ψηλά κτήρια.

Παρέχουν μια ζώνη εξωτερικής προστασίας σύμφωνα με το ύψος τους, όπου είστε σχετικά ασφαλείς αν δεν βρίσκεστε πολύ κοντά σ' αυτά. Το εσωτερικό των κτιρίων είναι ασφαλέστερο.

7. Συνηθισμένα κτίρια.

Στα συνηθισμένα κτίρια, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που είναι εφοδιασμένα για προστασία από κεραυνούς, πρέπει να προσέξετε τις ηλεκτρικές γραμμές και συσκευές. Οι ηλεκτρικές γραμμές,

όπως οι γραμμές δύναμης ή οι τηλεπικοινωνιακές, συνδέονται με ευρέως διαδεδομένα εξωτερικά δίκτυα και μερικές φορές η διάδοση υψηλής τάσης προκαλεί τραυματισμούς στους ανθρώπους που βρίσκονται μέσα στα κτίρια. Έτσι κατά τη διάρκεια καταιγίδας πρέπει να βρίσκεστε σ' απόσταση τουλάχιστον ενός μέτρου απ' τις ηλεκτρικές συσκευές. Σας συμβουλεύουμε να μη χρησιμοποιείτε καλωδιακά τηλέφωνα κατά τη διάρκεια καταιγίδας.

8. Υψηλά μέταλλα ή κατασκευές αγωγιμότητας.

Πυλώνες, κατάρτια, βράχοι στη γη, παρέχουν μια σχετική ασφάλεια.

9. Δάση, δέντρα.

Μέσα στο δάσος είναι ασφαλέστερα παρά να βρίσκεστε κοντά σε ένα απομακρυσμένο δέντρο, αλλά ποτέ να μην αγγίζετε ένα δέντρο και να μείνετε σε ένα σημείο το οποίο έχει τη μεγαλύτερη απόσταση απ' όλα τα δέντρα για ν' αποφύγετε πλαϊνές αστραπές απ' τα δέντρα που έχουν χτυπηθεί από κεραυνό.

Η ηλεκτρική αντίσταση ενός δέντρου είναι πιο υψηλή απ' αυτή του ανθρώπινου σώματος και όταν συμβαίνουν πλαϊνές αστραπές, ένα μεγάλο μέρος ηλεκτρικού ρεύματος, περνά αυτή την απόσταση (δέντρου - ανθρώπου), εισέρχεται στο ανθρώπινο σώμα και προκαλεί σοβαρούς τραυματισμούς.

Έτσι σας συμβουλεύουμε να μείνετε μακριά απ' όλα τα είδη δέντρων.

5.7 Μέσα στην καταιγίδα χωρίς να υπάρχει καταφύγιο τριγύρω

Αποφύγετε κορυφές βουνών και βρείτε μια πιο ασφαλή θέση. Μην προεξέχετε κάποιο μακρύ αντικείμενο υψηλότερα απ' το κεφάλι σας: σιδερένια μπαστούνια του γκολφ, βέργες, καλάμια ψαρέματος, μπάλες του μπάσκετ ή ρόπαλα του κρίκετ κ.ά. Αφήστε τα στο έδαφος. Αν υπάρχει κάποιο αντικείμενο που πρέπει να το μεταφέρετε, βάλτε το μέσα στο σάκο σας ή δέστε το μ' ένα σκοινί ώστε να μην προεξέχει.

1. Μεταλλικά αντικείμενα

Αν δεν έχετε χρόνο να τα βάλετε και να τα βγάλετε π.χ. σε μια σακούλα, κρατήστε τα επάνω σας. Φορώντας τα δεν αυξάνεται η πιθανότητα να σας χτυπήσει κεραυνός.

2. Μπότες πλαστικές ή από καουτσούκ ή παπούτσια και παλτό από βινύλ

Δεν σας προστατεύουν ενάντια σε χτύπημα από κεραυνό. Αν το σώμα σας ή τα ρούχα σας είναι υγρά ή βρεγμένα, αυτό δεν έχει καμία σχέση με την πιθανότητα να σας χτυπήσει κεραυνός.

5.8 Θέση προστασίας

Όταν βρίσκεστε στη μέση μιας καταιγίδας, χαμηλώστε το σώμα σας και κουλουριαστείτε. Μείνετε σ' αυτή τη θέση μέχρι να αραιώσουν οι αστραπές του κεραυνού. Αν ο χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών αστραπών είναι μεγαλύτερος από 20 [sec], μπορείτε να κινηθείτε γρήγορα ώστε να βρείτε κάποιο ασφαλέστερο μέρος. Αν όμως δεν βρείτε κάποιο καταφύγιο τότε διπλωθείτε ξανά.



Σχήμα

5.9 Ειδικές περιπτώσεις

1. Ποδηλασία

Όταν είστε πάνω σε ποδήλατο, μοτοσακό ή ένα άλογο, κατεβείτε, και να πάτε σ' ένα ασφαλέστερο μέρος ή υιοθετήστε την προηγούμενη προστατευτική στάση.

2. Πλέοντας

Όταν ταξιδεύετε, γυρίστε πίσω αμέσως στο λιμάνι και αναζητήστε καταφύγιο. Αν είναι πολύ αργά, ρίξτε άγκυρα και υιοθετήστε την προστατευτική στάση, διπλώνοντας τον εαυτό σας ανάμεσα στο κατάρτι και στο στάντζο.

Αν βρίσκεστε σε ποτάμι, η γέφυρα είναι το καλύτερο μέρος προφύλαξης.

Αν βρίσκεστε σε μεγαλύτερη βάρκα, μπείτε μέσα χωρίς να ακουμπάτε ή σταθείτε κοντά σ' οτιδήποτε μεταλλικό αντικείμενο.

Αν η βάρκα είναι ολόκληρη από μέταλλο, τότε είστε ασφαλής.

3. Στα βουνά

Αν βρίσκεστε στην κορφή κάποιου βουνού, να φύγετε μόλις αντιληφθείτε τυπικά σημάδια ή δείτε να πλησιάζει καταιγίδα απ' την κοντινή κοιλάδα, ψάξτε για κάποιο κοίλωνα ή φαράγγι. Αν βρίσκεστε κοντά σε απότομο βράχο, σιγουρευτείτε να μην προεξέχετε, σε περίπτωση που βρίσκεστε στην ίδια ευθεία με την

πορεία που ακολουθεί το ρεύμα του κεραυνού και διπλωθείτε αποφεύγοντας ν' αγγίζετε το βράχο σε αρκετά σημεία.

Όταν κοντά βρίσκεται ένα δάσος, μπειτε σ' αυτό, βρείτε ένα μέρος που υπάρχουν λίγα δέντρα και χαμηλώστε το σώμα σας ανάμεσα στα δέντρα, όσο το δυνατό πιο μακριά από όλα.

4. Ανύψωση καρέκλας

Όταν κάθεστε στην καρέκλα είναι σχετικά ασφαλές. Κρατήστε τη μέγιστη απόσταση από οποιοδήποτε κοντινό γειωμένο μεταλλικό αντικείμενο.

Όταν κάποιος βρίσκεται σ' αυτό το σημείο, αυτοί που θα προσπαθήσουν να τον σώσουν δε θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν μεταλλική σκάλα. Αυτό θα βάλει σε κίνδυνο και αυτόν που θα προσπαθήσει να σώσει το άτομο, αλλά και το ίδιο το άτομο.

5.10. Πρώτες βοήθειες σε άτομα που χτυπήθηκαν από κεραυνό

1. Τύποι τραυματισμών και επακόλουθα

Μετά από σοβαρούς τραυματισμούς, από απευθείας αστραπή, πλαϊνή αστραπή το χειρότερο που μπορεί να συμβεί είναι να υποστεί το θύμα καρδιοαναπνευστική ανακοπή. Όμως με την κατάλληλη παροχή πρώτων βοηθειών η πιθανότητα θανάτου

μπορεί να ελαττωθεί. Αυτοί που βρίσκονται στην ανάρρωση σπάνια θα παρουσιάσουν πρόβλημα αργότερα. Όμως μπορεί να έχουν συγκεκριμένα προβλέψιμα προβλήματα.

Αυτά τα προβλήματα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: άμεσα και καθυστερημένα προβλήματα.

Αμέσως μετά το χτύπημα του κεραυνού, το θύμα που δεν έχει υποστεί καρδιακή προσβολή μπορεί να έχει χτυποκάρδια και πόνους στο στήθος, δυσκολία στην αναπνοή, μικρά καψίματα, παράλυση στα κάτω άκρα και δυσκολία στην όραση, ακοή, γεύση και στην ισορροπία.

Η αλήθεια όμως είναι ότι αν ένα θύμα δεν έχει καρδιακή ανακοπή τότε είναι σχεδόν σίγουρο πως θα επιζήσει.

Μακροπρόθεσμα, οι πιο πιθανές συνέπειες είναι μυϊκοί πόνοι, και πόνοι κατά μήκος της γραμμής του μονοπατιού απ' όπου πέρασε το ρεύμα, δυσκολία στην ακοή, στην ισορροπία και πιθανώς στην όραση, μικρές ουλές από εγκαύματα και συναισθηματικά προβλήματα.

Αυτά όλα τα προβλήματα πρέπει να εκτιμηθούν από κάποιον ειδικό. Επίσης μπορεί να παρουσιαστούν άλλα φυσικά τραύματα.

2. Πρώτες βοήθειες

Πρώτα απ' όλα πρέπει να διαλυθεί ο μύθος: Το ν' αγγίζεις ένα άτομο που έχει χτυπηθεί από κεραυνό δεν είναι επικίνδυνο. Δεν είναι ηλεκτρικά φορτισμένο και δεν θα προκαλέσει σοκ σ' αυτόν

που θα του παρέχει πρώτες βοήθειες. Δεύτερον, η πρώτη βοήθεια απαιτείται επειγόντως, και πρέπει να δοθεί χωρίς καθυστέρηση.

Τρίτον, οι τυπικοί κανόνες υπολογισμού των απωλειών δεν εφαρμόζονται στους τραυματισμούς από κεραυνό. Όταν κάποιος υπολογίζει πολλά θύματα, κανονικά κάποιος θα συντρέξει τον λιγότερο τραυματισμένο πρώτα (και έτσι όλους όσους έχουν λιγότερες πιθανότητες επιβίωσης) και μετά θα συντρέξει αυτόν που έχει τραυματιστεί πιο σοβαρά (και έτσι όλους όσους έχουν λιγότερες πιθανότητες επιβίωσης).

Σ' ένα τραυματισμό από κεραυνό, αν ένα άτομο έχει τις αισθήσεις του, μιλάει, περπατάει τότε σίγουρα θα αναρρώσει με ή χωρίς παροχή πρώτων βοηθειών. Αυτοί που φαίνονται «πεθαμένοι» πρέπει να βοηθηθούν πρώτα, γιατί αν οι πρώτες βοήθειες τους δοθούν γρήγορα, η πιθανότητα να επιζήσουν θα είναι πολύ μεγάλη.

Οι πρώτες βοήθειες είναι εύκολο να δοθούν. Η απαιτούμενη πρώτη βοήθεια είναι η καρδιοπνευμονική επαναφορά (CPR), και το σημαντικό σημείο της υπόθεσης είναι ότι πρέπει να συνεχιστεί μέχρι να φτάσει στο σημείο του ατυχήματος η απαιτούμενη ιατρική βοήθεια. Η CPR παρέχεται αμέσως και βοηθά πολύ ώστε να υποχωρήσουν οι τραυματισμοί.

Αν ένα άτομο αναπνέει και έχει σφυγμό, πρέπει να τοποθετηθεί στη «θέση κώμα» όσο το επιτρέπουν οι άλλοι τραυματισμοί.

Αν ένα άτομο έχει σφυγμό αλλά δεν αναπνέει τότε πρέπει να του δοθεί επαναφορά εκπνοής με αέρα (EAR).

Αν ένα άτομο δεν έχει σφυγμό και αναπνέει, παρόλο που αυτό είναι ασυνήθιστη περίπτωση, τότε πρέπει να του δοθεί καρδιακή συμπίεση (ECC).

Αν ένα άτομο δεν έχει σφυγμό και δεν αναπνέει τότε πρέπει να λάβει (EAR) και (ECC) σύμφωνα με τους κανόνες συνδυασμού αυτών των δύο πρώτων βοηθειών.

Σε περιοχές που είναι συχνή η παρουσία καταιγίδων όλα τα άτομα πρέπει να γνωρίζουν τη χρήση (CPR). Υπάρχουν εξαιρετικές παραπομπές και εκπαιδευτικά προγράμματα γι' αυτό το θέμα.

Κεφάλαιο 6

Δεδομένα τραυματισμών από κεραυνούς από τη βιβλιογραφία

Εισαγωγή

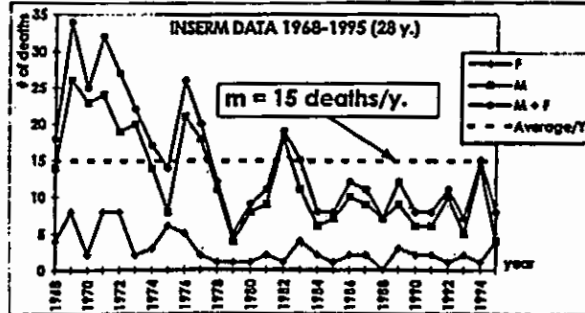
Διεθνείς επιστημονικές διασκέψεις, τα τελευταία χρόνια έχουν ενθαρρύνει την ανάπτυξη της κεραυνοπαθολογίας σε μία ξεχωριστή ιατρική ειδικότητα. Στη Γαλλία περίπου 15 άτομα σκοτώνονται από χτύπημα κεραυνού, κάθε χρόνο. Οι επιζώντες από τα χτυπήματα κεραυνού συχνά υποφέρουν από μόνιμες βλάβες. Ο συγγραφέας παρουσιάζει μια περιεκτική περιγραφή των παθοφυσιολογικών και κλινικών πληροφοριών που είναι διαθέσιμες για τις ιατρικές επιπτώσεις του ρεύματος του κεραυνού, και τη σημασία τους για τη βελτίωση της θεραπείας των θυμάτων που χτυπήθηκαν από κεραυνό.

6.2 Ιστορικό

Στη Γαλλία, όπως και σε άλλες χώρες, παρόλο που πολλοί επιστήμονες διεξάγουν εργαστηριακές έρευνες πάνω στα φαινόμενα κεραυνού και στην προστασία απ' αυτά, και οι κατασκευαστές παράγουν συσκευές προστασίας υψηλής ποιότητας, ενάντια στα άμεσα και έμμεσα χτυπήματα από κεραυνό, μόνο λίγοι γιατροί ενδιαφέρθηκαν για τις παθοφυσιολογικές και κλινικές επιπτώσεις του ρεύματος κεραυνού στους ανθρώπους.

Πρέπει να ειπωθεί ότι οι φυσικές επιπτώσεις του κεραυνού, τώρα ορίζονται ως κεραυνοπαθολογία (i), είναι γνωστές μόνο σε λίγους επιστήμονες σ' όλο τον κόσμο. Επιπλέον παρά την αυξανόμενη συναίσθηση του κινδύνου από απλούς ανθρώπους (περισσότερο απ' αυτούς που ασχολούνται με επικίνδυνες δραστηριότητες κυρίως σε εκτεθειμένες στους κεραυνούς περιοχές), η εκπαίδευση σχετικά με την ατομική προστασία πρέπει να βελτιωθεί.

Την τελευταία δεκαετία, ο ετήσιος αριθμός θανάτων στη Γαλλία από κεραυνούς εκτείνεται από 8-15 (Σχήμα 1). Οι μη-θανατηφόροι τραυματισμοί υπολογίζονται γύρω στους 50. Οι θάνατοι από κεραυνό στα ζώα έγκειται στις 15.000 περιπτώσεις (βοοειδή μόνο) ή για να είμαστε πιο ακριβείς, 15.000 ασφαλιστικές αποζημιώσεις.



Σχήμα 1. Γράφημα, από στατιστικά της Inserm. Θάνατοι στην Γαλλία τα έτη 1968-1995

Αυτός ο σχετικά μικρός αριθμός των ανθρωπίνων θυμάτων δεν μπορεί από μόνος του να εξηγήσει το γεγονός ότι η ιατρική γνώση γύρω απ' τον κεραυνό, περιορίζεται μόνο σε μερικούς ειδικούς. Άλλα προβλήματα πρέπει να επηρεάζουν την ευρύτερη διάδοσή της. Πρώτον, η παθολογία που σχετίζεται με τον κεραυνό είναι περίπλοκη και περιλαμβάνει πολλές ιατρικές ειδικότητες. Δεύτερον, η κεραυνοπαθολογία απαιτεί μια πολυεπιστημονική προσέγγιση: φυσική, μηχανική / τεχνική και ιατρική.

Οι Γαλλικές διεθνείς πολυεπιστημονικές (τεχνικές-ιατρικές) διασκέψεις «κεραυνοί-βουνά» το 1994 και 1997 έφεραν σ' επαφή όλους τους μετέχοντες που είναι απαραίτητοι για την ευημερία αυτού του τομέα. Το πρώτο ιατρικό συμπόσιο αυτής της διάσκεψης ήταν καταλύτης στην επιστημονική κοινότητα, ακόμα και στα media. Από εκείνη τη στιγμή άλλοι επιστήμονες και

μηχανικοί άρχισαν να εντάσσουν στις ομάδες τους κεραυνοπαθολόγους ή επιστημονικές επιτροπές.

Η μελέτη των επιπτώσεων του ηλεκτρικού ρεύματος στους ανθρώπους και τα ζώα, αυτό είναι ηλεκτροπαθολογία, έχει γίνει σημαντικό αντικείμενο έρευνας για τον συγγραφέα, που έχει δουλέψει στο Τμήμα Ιατρικών Σπουδών (EDF) (Ηλεκτρολογία, Γαλλία) για πολλά χρόνια.

Αυτό το τμήμα δημιουργήθηκε το 1953 και μελετά τις επιπτώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα και στην περιβαλλοντική υγεία. Μία απ' τις αρχικές -και συνεχιζόμενες- αποστολές του ήταν να εξυπηρετήσει σαν κέντρο έρευνας και γνώσης σχετικά με το πέρασμα του ηλεκτρικού ρεύματος απ' το ανθρώπινο σώμα. Ο βασικός στόχος του, είναι η μεγιστοποίηση της γνώσης μας για την προστασία απ' τον ηλεκτρισμό, πρώτα για τους εργάτες και για τον υπόλοιπο πληθυσμό. Έχουμε καταφέρει μια παγκόσμια επιστημονική συνεργασία, ειδικά στην παθοφυσιολογία και στην ηλεκτρική προστασία και τυποποίηση (Διεθνής Επιτροπή Ηλεκτροτεχνολογίας). Οι μελέτες για τους τραυματισμούς από κεραυνό υπήρξαν πάντα τμήμα της ηλεκτροπαθολογίας (γενικός όρος). Για τα τελευταία χρόνια, όμως, έχουμε χρησιμοποιήσει τον όρο κεραυνοπαθολογία (C). Ο Andrews έγραψε ότι η ιατρική γνώση των τραυματισμών από κεραυνό πληροί τις προϋποθέσεις.

Ο τραυματισμός από κεραυνό από ατμοσφαιρική εκφόρτιση είναι αρκετά διαφορετικός από τον τραυματισμό που προκαλείται απ' το βιομηχανικό ρεύμα (κατασκευασμένο απ' τον άνθρωπο). Το ρεύμα του κεραυνού που περνά στο σώμα είναι μικρής διάρκειας και οι επιπτώσεις των ριπών του ρεύματος είναι συχνά πολύ δυνατές. Παρ' όλα αυτά είναι χρήσιμη η εμπειρία και απ' τους δυο τύπους τραυματισμού. Τα πιο σημαντικά βήματα στην κεραυνοπαθολογία έχουν πραγματοποιηθεί απ' τους «πρωτοπόρους» από διαφορετικές χώρες οι οποίοι έγραψαν σχετικά ντοκουμέντα. Μια μεγάλη λίστα περιλαμβάνει τους Cooper, Andrews, Darveniza, Mackerras, Berger, Karobath - Biegelmeier, Kitagawa - Ohashi, Duis, Lee - Golde.

Η κεραυνοπαθολογία μπορεί να είναι αποτελεσματική όταν είναι πολυεπιστημονική. Το Κέντρο Δεδομένων του Κεραυνού, ένα διεθνές πολυεπιστημονικό φόρουμ, με επικεφαλή τον Cherington, είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα για τη χρησιμότητα αυτής της προσέγγισης, μέσω ιατρικής, της μηχανικής και της μετεωρολογίας. Αφού συζητήσαμε τα χαρακτηριστικά των τραυματισμών από κεραυνό στα άτομα στη Γαλλία, θα συζητήσουμε κάποια πρακτικά θέματα για τη βελτίωση και ανάπτυξη αυτού του τομέα.

6.2 Στατιστικά-Επιδημιολογικά δεδομένα σχετικά με τους τραυματισμούς από κεραυνό στη Γαλλία

Αρκετά θέματα έχουν μείνει ανεξήγητα σε σχέση με την παθοφυσιολογία και επιδημιολογία των τραυματισμών από κεραυνούς.

Τα μόνα αξιόπιστα δεδομένα για τα θύματα των κεραυνών προκύπτουν από πιστοποιήσεις θανάτων που αναλύονται συστηματικά απ' το INSERM (Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας και Ιατρικής Έρευνας). Αιτίες θανάτου κωδικοποιούνται σύμφωνα με την 9^η Διεθνή Ταξινόμηση Ασθενειών (ICD) προκειμένου να διευκολυνθούν διεθνείς συγκρίσεις. Οι θάνατοι που προκαλούνται από κεραυνό ταξινομούνται στην κατηγορία E. 907.

Μεταξύ του 1968 και 1995, ο μέσος όρος των θανάτων ήταν 15, με εμφανή επικράτηση των ανδρών (81%) (σχήμα 1). Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας ο αριθμός των θανάτων μειώθηκε σημαντικά στα 11, κατά μέσο όρο. Η ηλικία των θυμάτων κυμαινόταν μεταξύ 15-44 ετών. Τα περισσότερα ατυχήματα συνέβησαν κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών διακοπών, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Η εμπειρία μας διδάσκει πως οι τοπικές και εθνικές εφημερίδες παρέχουν μια μη αμελητέα πηγή με πληροφορίες, αναγγελίες θανάτων και άρθρα που αναφέρουν πολλές περιπτώσεις θανάτων

από κεραυνό και προσφέρουν το επιπλέον πλεονέκτημα ότι οι πληροφορίες έχουν ακρίβεια χρόνου. Στη Γαλλία, η ετήσια επίπτωση του ρεύματος κεραυνού στους ανθρώπους είναι περίπου 0.20 για ένα εκατομμύριο κατοίκους.

Συγκριτικά, στις Η.Π.Α είναι 0.40 για ένα εκατομμύριο κατοίκους και μόνο στη Φλόριντα φτάνει στο 1.20, μετά τον Duclos, [3]. Στη Γαλλία, οι θάνατοι από κεραυνό ήταν πιο πολλοί στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, και αυξήθηκαν με την αύξηση του πληθυσμού από 35 εκατ. (1850) σε 58 εκατ. σήμερα. Έχει αναφερθεί πως περισσότεροι από 100 άνθρωποι σκοτώνονταν ετησίως από κεραυνό στην αρχή του προηγούμενου αιώνα. Σ' ένα άρθρο για την καταιγίδα (tonnerre) σε μια έκδοση της Le grand Larousse (γαλλικό εγκυκλοπαιδικό λεξικό) τον 19^ο αι. 2.238 άτομα σκοτώθηκαν από κεραυνό στη Γαλλία, στη διάρκεια 29 χρόνων απ' το 1835 - 1863, δηλαδή κατά μέσο όρο, 77 θύματα το χρόνο κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, σ' ένα χρόνο καταγράφηκαν 111 θύματα από χτύπημα κεραυνού.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1, υπάρχει μια γενική τάση μείωσης των ετήσιων ατυχημάτων. Αυτό το γράφημα είναι άσχετο και ταλαντευόμενο: Οι κορυφές ανταποκρίνονται στα ζεστά θευελλώδη καλοκαιρία (π.χ. 1976 και 1994). Μια παρόμοια τάση έχει σημειωθεί στις Η.Π.Α. Και στις δύο χώρες, αυτή η πτώση αφορά περισσότερο τους θανάτους παρά τους μη-θανατηφόρους τραυματισμούς. Κατά τη διάρκεια προσφάτων συζητήσεων με

ονομαστούς μετεωρολόγους του Εθνικού Αμερικανικού Εργαστηρίου Ισχυρών Καταιγίδων, Holle και Lopez, θεωρήθηκε ότι η μείωση του αγροτικού πληθυσμού, -ένα φαινόμενο που συμβαίνει στην ίδια συχνότητα στις Η.Π.Α. και τη Γαλλία- μπορεί να εξηγήσει κατά ένα μεγάλο μέρος τη μείωση στους θανάτους από κεραυνό και στις δυο χώρες.

Εκτός από τη μειωμένη αναλογία των κατοίκων των αγροτικών περιοχών (λιγότερη απ' το 25% του σημερινού γαλλικού πληθυσμού), άλλα χαρακτηριστικά που μπορεί να επηρεάσουν το συμβάν των θανάτων από κεραυνό, είναι η συχνότητα έκθεσης του πληθυσμού σε εξωτερικές δραστηριότητες και σπορ, στην καλύτερη συναίσθηση των κινδύνων από κεραυνό, και φυσικά τη βελτίωση της θεραπείας των ατυχημάτων.

Αυτές οι αλλαγές έχουν παρατηρηθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες. Δεν έχουμε διαθέσιμες πληροφορίες για τον πιθανό ρόλο που μπορεί να «παιξουν» οι μακρόχρονες κλιματικές αλλαγές, στη Γαλλία. Στα περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα στη Γαλλία, τη στιγμή του ατυχήματος, το θύμα είτε είχε αναλάβει κάποια εξωτερική δραστηριότητα, κάνοντας πεζοπορία ή ποδήλατο, είτε ήταν υποκείμενο σε μια επικίνδυνη κατάσταση, όπως να στέκεται σ' ανοιχτό χώρο ή να βρίσκει καταφύγιο κάτω από ένα δέντρο.

Σε γκρουπ πεζοπόρων, ορειβατών κλπ., έχει αναφερθεί ένας ή περισσότεροι θάνατοι, αλλά δεν έχουν βρεθεί διαθέσιμα στατιστικά δεδομένα στη Γαλλία. Ένα 10% των θανατηφόρων

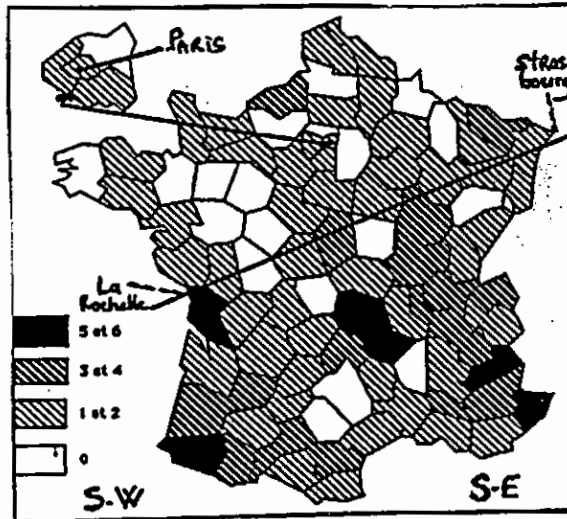
ατυχημάτων υπολογίζονται ότι συνέβησαν σε επαγγελματικές δραστηριότητες.

Ενάντια στη γενικά αποδεκτή αντίληψη, οι περισσότεροι θάνατοι από κεραυνό δεν συμβαίνουν στα βουνά, παρόλο που τα βουνά είναι επικίνδυνες τοποθεσίες για τέτοιου είδους ατυχήματα. Οι θάνατοι από κεραυνό στα βουνά υπολογίζονται 0.65%.

Ένας σημαντικός παράγοντας θανάτου ή τραυματισμού από κεραυνό σε μια δεδομένη περιοχή είναι η συχνότητα κεραυνού (αριθμός αστραπών στο έδαφος / $[km^2]$ / το χρόνο).

Το κλίμα στη Γαλλία είναι βασικά ήπιο (εξαιτίας της τοποθεσίας του σ' ένα ενδιάμεσο γεωγραφικό πλάτος, 44 - 50 μοίρες βόρεια) και το μέσο κεραυνικό επίπεδο (αριθμός ημερών / χρόνου που ακούγεται ο κεραυνός) είναι 20. Η συχνότητα αστραπής εδάφους, που προσδιορίζει τον κίνδυνο από κεραυνό με μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ότι το κεραυνικό επίπεδο, κυμαίνεται μεταξύ 0.14 (στη δυτική περιοχή της Βρετάνης) και 2.80 (στη νοτιο-ανατολική περιοχή της Προβηγκίας - Άλπων - Γαλάζιας Ακτής) σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα.

Το μέρος της Γαλλίας που είναι πιο εκτεθειμένο σε κινδύνους από κεραυνό βρίσκεται νότια της γραμμής που συνδέει τις πόλεις La Rochelle (νότιο-δυτικά) και το Στρασβούργο (Ανατολικά). (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Διανομή των θανάτων ανά διαμέρισμα στην Γαλλία

Η κατανομή των θανάτων από κεραυνό σε κάθε διαμέρισμα, απ' το 1979-1994, δείχνει, ότι οι ζώνες που είναι πιο εκτεθειμένες στους κεραυνούς, συνήθως έχουν υψηλότερη αναλογία για την πρόκληση θανάτων από κεραυνούς (Σχήμα 2).

Θα ήταν ενδιαφέρον να υπολογίσουμε τη στατιστική σχέση μεταξύ των μετεωρολογικών δεδομένων (συχνότητα αστραπών εδάφους που υπολογίζονται σε κάθε διαμέρισμα) και των ιατρικών δεδομένων (απόλυτος αριθμός θανάτων από κεραυνό σε κάθε διαμέρισμα) με προσαρμογή για τον πληθυσμό που είναι εκτεθειμένος.

Οι εθνικές διοικητικές διαιρέσεις στη Γαλλία ονομάζονται «διαμερίσματα». Η μητροπολιτική Γαλλία αποτελείται από 95 διαμερίσματα. Μη-θανατηφόροι τραυματισμοί από κεραυνό είναι πιο δύσκολο να μελετηθούν. Παρόλο που υπάρχουν αρκετές μελέτες περιπτώσεων κλινικού ενδιαφέροντος, δεν έχουν δημοσιευτεί προγράμματα που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα σε μια στατιστική ανάλυση. Παρ' όλα αυτά μπορούμε να υπολογίσουμε απ' τη διεθνή φιλολογία ότι κάθε χρόνο περίπου 50-70 άτομα τραυματίζονται από κεραυνό. Συχνά λαμβάνουν προσωπικές περιγραφές από θύματα, οι οποίες είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσες, όμως δεν μπορούν ν' αποτελούν σημαντικά στατιστικά δεδομένα απ' τη στιγμή που σ' αυτές τις προσωπικές περιγραφές, εμπλέκεται αναπόφευκτα το στοιχείο της προκατάληψης.

Μια εθνική ανασκόπηση έχει προσχεδιαστεί για να βοηθήσει να οργανωθεί ένα σύστημα επιτήρησης των ατυχημάτων από κεραυνό. Μια απλούστερη λύση, όμως, που ταιριάζει καλύτερα στα ασυνήθιστα και διεσπαρμένα γεωγραφικώς, ατυχήματα θα ήταν να βρεθούν ιατρικά αρχεία απ' τα επείγοντα των νοσοκομείων και ιδιαιτέρως των νοσοκομείων που βρίσκονται σε πολύ εκτεθειμένες περιοχές.

Κεφάλαιο 7

Προοπτικές βελτίωσης στην κατανόηση των τραυματισμών από κεραυνούς

Οι τραυματισμοί από κεραυνό πρέπει να αναγνωρίζονται σαν μοναδικοί και ιδιαίτεροι τραυματισμοί. Η οργάνωση πολυεπιστημονικών ομάδων που εξειδικεύονται στα ατυχήματα από κεραυνούς και στην παρακολούθηση των θυμάτων, βρίσκεται υπό μελέτη, ιδίως για πιο «εκτεθειμένες» περιοχές.

Κατά τη διάρκεια ιατρικού συμποσίου (1977) «Κεραυνοί και βουνά» προτάθηκε μια εθνική μελλοντική επισκόπηση. Τώρα φαίνεται πως αυτός ο τύπος επισκόπησης δεν είναι η πιο κατάλληλη μέθοδος για την έρευνα ατυχημάτων που είναι σχετικά σπάνια και μη προβλέψιμα.

Παρόλο που ζητείται απ' τους γιατρούς να περιγραφούν οι συνθήκες και οι συνέπειες κάθε νέας περίπτωσης τραυματισμού ή θανάτου από κεραυνό, ερευνάται την πιθανότητα μιας συνεργασίας μεταξύ μετεωρολόγων, γιατρών υπεύθυνων για επείγοντα περιστατικά και του τομέα του. Αυτό μπορεί τουλάχιστον να επιτρέψει μια εξοντωτική καταγραφή όλων των θυμάτων που λαμβάνουν ιατρική φροντίδα, ένας κατάλογος που θα μπορούσε να περιοριστεί σε μία ή περισσότερες περιοχές, σε

χρόνο (1 έτος) ή και τα δύο. Προσπάθειες διεξάγονται συστηματικά και μεθοδικά, με κάθε ειδικό να αναλαμβάνει ένα συγκεκριμένο έργο, ανάλογα με την ειδικότητά του.

Ανάμεσα στους στόχους που τέθηκαν στο Chamonix τον Ιούνιο 1997 ήταν η ανάγκη να μειώσουν τα διαστήματα μεταξύ ατυχήματος και ιατρικής βοήθειας και της ετοιμασίας για μια κλινική θεραπεία των τραυματισμών από κεραυνό. Αυτή η δουλειά μπορεί να διεξαχθεί ομαδικά και συγκεκριμένα με μια ομάδα έμπειρων γιατρών. Γνωρίζουμε ότι οι μεταπτώσεις, που είναι συνήθως νευροψυχιατρικές, που προκαλούν συχνά αναπηρίες.

Η θεραπεία τους θα βελτιωνόταν σίγουρα με μια ομάδα που θα παρείχε βοήθεια και θα έκανε ηλεκτρικό σοκ στα θύματα, όπως γίνεται στη Νότιο Αμερική.

Εκπαίδευση και τρόποι προστασίας από χτυπήματα κεραυνών έχουν βελτιωθεί ιδίως τα τελευταία χρόνια χάρη στις εργασίες του Ιδρυτικού Οργανισμού Προστασίας. Όμως πρέπει να γίνει ακόμα πάρα πολύ δουλειά.

Συμπεράσματα

Η πρόσφατη δημιουργία της λέξης κεραυνοπαθολογία είναι ένα δείγμα επιθυμίας, εθνικής και διεθνείς για την βελτίωση της γνώσης επάνω σ' αυτό το αντικείμενο, το οποίο ακόμα είναι τόσο περιορισμένο και διασκορπισμένο.

Ακόμη και σε χώρα που το κλίμα είναι ήπιο και οι μετεωρολογικές καταστροφές σπανίζουν, πολλοί άνθρωποι σκοτώνονται από κεραυνό και όσοι υποφέρουν από μόνιμες βλάβες δεν αποτελούν αμελητέα ποσότητα.

Η δουλειά που πρέπει να γίνει είναι επιδημιολογική και παθοφυσιολογική. Απαιτεί μια προσέγγιση πολυεπιστημονική, μετεωρολογική, κλιματική και φυσικά, ιατρική.

Βιβλιογραφία

1. Lightning Injures and Death, W.R. Lee
2. Lightning Injures caused by Multi-Strike-Point Thunderbolts, N. Kitagawa, M. Ohashi, A. Tsuyuki, T. Ishikawa, Y. Nagai

