



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ

Η μελέτη του πεδίου στην Εργαστηριακή Εγκληματολογία

PRE GRADUATED THESIS

Study of the field in Forensic Criminology

ΟΝΟΜΑΤΑ ΦΟΙΤΗΤΩΝ/NAMES OF STUDENTS

Ιωάννα Τραχιώτη

Ioanna Trachioti

ΟΝΟΜΑΤΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ κ. ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ/NAMES OF SUPERVISORS

Πέτρος Καρκαλούσος

Petros Karkalousos

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2019

**Η μελέτη του πεδίου στην Εργαστηριακή
Εγκληματολογία**

Study of the field in Forensic Criminology

Ιωάννα Τραχιώτη (Ioanna Trachioti)

Ioanna.trachioti@gmail.com

Δήλωση μη λογοκλοπής

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα Πτυχιακή Εργασία δημιουργήθηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά. Κάθε φράση, άποψη, θέση ή άλλη πηγή δεδομένων προερχόμενη από κείμενα άλλων που χρησιμοποιήθηκε για να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία αναφέρεται πλήρως και με σαφείς παραπομπές μέσα στο κείμενο, σύμφωνα με την ακαδημαϊκή δεοντολογία.

Ιωάννα Τραχιώτη

Ευχαριστίες

Περίληψη

«Όπου και αν πατήσει, ότι και αν αγγίζει, ότι και αν αφήσει πίσω του ακόμα και ασυναίσθητα, θα χρησιμοποιηθεί σαν σιωπηλός μάρτυρας εναντίον του. Όχι μόνο τα αποτυπώματά του, ή τα ίχνη του, αλλά και τα μαλλιά του, οι ίνες από τα ρούχα του, το γυαλί που έσπασε, το ίχνος από το εργαλείο που χρησιμοποίησε, η βαφή που έγδαρε, το αίμα ή το σπέρμα που άφησε ή κουβαλάει. Όλα αυτά και ακόμα περισσότερα είναι βουβοί μάρτυρες εναντίον του. Είναι αποδείξεις που δεν ξεχνούν» (Chisum, n.d.).

Έτσι ερμήνευσε ο Dr. Paul Kirk την «αρχή της ανταλλαγής» που διατυπώθηκε από τον λεγόμενο Sherlock Holmes της Γαλλίας Dr. Edmond Locard. Η πιο σύντομη εκδοχή της παραπάνω φράσης, «Κάθε επαφή αφήνει ένα ίχνος» είναι η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η εγκληματολογία, από το πρώτο επισήμως αναγνωρισμένο εγκληματολογικό εργαστήριο στη διάθεση της αστυνομίας το 1912 στην πόλη Λυών της Γαλλίας έως και σήμερα.

Στο δικαστήριο, επιστήμονες από το χώρο της εγκληματολογίας καταθέτουν ως μάρτυρες με ειδικές γνώσεις, παίζοντας καθοριστικό ρόλο για την εκδίκαση μιας υπόθεσης. Από τα παραπάνω είναι εμφανής ο λόγος που η εργαστηριακή εγκληματολογία είναι ένας διαρκής αγώνας βελτίωσης, από τον καλύτερο τρόπο συλλογής δείγματος, την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου ως την άρτια εκπαίδευση του προσωπικό. Ένα λάθος συμπέρασμα μπορεί να κοστίσει σε έναν άνθρωπο την ελευθερία του, με τις συνέπειες να μην σταματούν εκεί.

Στην εποχή μας η εργαστηριακή εγκληματολογία έχει στη διάθεσή της προηγμένες μεθόδους που επιτρέπουν ακριβή ανάλυση αποδεικτικών στοιχείων, ακόμα και σε ποσότητες που κάποια χρόνια πριν θα ήταν αδύνατο να αξιοποιηθούν. Μερικά παραδείγματα τέτοιων μεθόδων είναι η αέρια χρωματογραφία, η μοριακή ανάλυση και η φασματοφωτομετρία μάζας. Δεν είναι όλες ίσες σε ευαισθησία και ειδικότητα, όμως στα χέρια μιας ικανής ομάδας κάθε μία με τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά της αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο.

Παρακάτω θα εξετάσουμε τη θεμελιώδη αρχή στην οποία βασίζεται κάθε μέθοδος, τα πλεονεκτήματα αλλά και τους περιορισμούς της και θα αξιολογήσουμε τα πιθανά αποτελέσματα τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους.

Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί στη σωστή συλλογή και συντήρηση του κατάλληλου δείγματος καθώς αυτό αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη διασφάλιση ενός σωστού αποτελέσματος.

Abstract

“Wherever he steps, whatever he touches, whatever he leaves, even unconsciously, will serve as a silent witness against him. Not only his fingerprints or his footprints, but his hair, the fibers from his clothes, the glass he breaks, the tool mark he leaves, the paint he scratches, the blood or semen he deposits or collects. All of these and more, bear mute witness against him. This is evidence that does not forget.” (Chisum, n.d.)

It was Dr. Paul Kirks interpretation of the “exchange principle” first formulated by the so-called Sherlock Holmes of France, Dr. Edmond Locard. A sorter version of the above, “Every contact leaves a trace” has been the fundamental principle of Forensic science from the first ever officially recognized forensic laboratory stationed in Lyon, France in 1912, to this day.

In court, forensic scientists testify as expert witnesses, often playing a key role in the outcome of the trial. Considering the above, it comes as no surprise that forensic science is a constant race of improvement, from the best means of collection, to the best method of testing to the adequate training of the staff. A single mistake can cost one’s freedom and that is just one of the possible consequences.

Nowadays, the forensic laboratory science has access to cutting-edge methods that allow fast and accurate analysis of trace evidence, even in such a quantity that would be impossible to analyze just a few years earlier. Examples of these methods include, gas chromatography, molecular analysis and mass spectrometry. Not all are equal in sensitivity and specificity, but in the hands of an expert team each of them becomes a valuable tool.

In the following pages we will be looking into the fundamental principles governing each method, their advantages and disadvantages as well as their limitations. Possible results will be evaluated, both as single parameters and in conjunction with other variables.

Particular attention will be paid in the correct way of collecting and preserving evidence, as this is a prerequisite to ensuring a correct result.

Περιεχόμενα

Δήλωση μη λογοκλοπής.....	iv
Ευχαριστίες	vi
Περίληψη.....	viii
Abstract	ix
Περιεχόμενα	x
Συνομογραφίες.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	2
Η επιστήμη της Εγκληματολογίας	2
Η ιστορία της Εγκληματολογίας	3
Κεφάλαιο 2. Μελέτη του πεδίου.....	5
Η σκηνή του εγκλήματος	5
Ατομική προστασία.....	5
Προστασία του πεδίου.....	6
Προσδιορισμός χρόνου Θανάτου	11
Συλλογή του Δείγματος.....	14
Βιολογικά Υλικά	15
Αίμα.....	16
Ζωικό Αίμα.....	19
Ομάδες αίματος	19
Τρίχες	21
Οστά	23
Ίνες ρούχων	25
Σκόνη.....	29
Πυροβόλα όπλα	30
Κεφάλαιο 3. Εργαστηριακές Μέθοδοι.....	35
Χρωματογραφία	35
Χρωματογραφία Λεπτής στοιβάδας.....	35
Υγρή χρωματογραφία υπό πίεση (HPLC).....	36
Αέρια χρωματογραφία.....	36
Μικροσκοπία Σάρωσης Ηλεκτρονίων και Φασματοσκοπία φθορισμού ακτινών Χ.....	37
Φασματοσκοπία υπέρυθρων.....	37
Φασματομετρία	39

Φασματομετρία Μάζας	40
Μοριακή ανάλυση.....	43
Το δείγμα.....	44
Απομόνωση	44
Ποσοτικοποίηση.....	46
Ταυτοποίηση DNA.....	46
Βάσεις δεδομένων	47
Δακτυλικά αποτυπώματα.....	49
Τοξικολογία	52
Αναφορές (Harvard-Anglia 2008)	57

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Η επιστήμη της Εγκληματολογίας

Σκοπός της Εργαστηριακής Εγκληματολογίας είναι η επιβεβαίωση ή απόρριψη θεωριών που αφορούν μια συγκεκριμένη τελεσθείσα αξιόποινη πράξη. Βασίζεται πάντα στην ανάλυση αποδεικτικών στοιχείων και ποτέ σε υποθέσεις.

Βάση της αρχής της Ηθικής αποδείξεως, η οποία καθιερώνεται από τον Κώδικα Ποινικής Δικονομίας, οι δικαστές πρέπει να αποφασίζουν κατά δική τους πεποίθηση, με κύριο γνώμονα την συνείδησή τους και την αμερόληπτη κρίση τους, λαμβάνοντας υπ' όψη καταθέσεις μαρτύρων και αποδεικτικά στοιχεία. Δεν υποχρεούνται, δηλαδή, να ακολουθούν νομικούς κανόνες για την αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων (Κουράκης, 2015).

Για την εγκληματολογία αυτό σημαίνει ότι για κάθε περίπτωση ξεχωριστά πρέπει να αποδεικνύεται, χωρίς κανένα περιθώριο αμφισβήτησης, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, εν οποίων ανθρώπων που δεν ανήκουν σε αυτό το χώρο. Αυτό επιτυγχάνεται αφενός προστατεύοντας και απομονώνοντας την εκάστοτε «σκηνή του εγκλήματος» και αφετέρου επιλέγοντας την πλέον κατάλληλη τεχνική για την επεξεργασία του δείγματος.

Η εγκληματολογία είναι ένας κλάδος που αποζητά την εξειδίκευση, έτσι οι τοξικολογία, παθολογία, ανθρωπολογία, οδοντολογία, εντομολογία, χημεία και βιολογία είναι οι πιο γνωστοί από τους επιμέρους τομείς που μπορεί να ακολουθήσει ένας επιστήμονας (Crime Scene Investigator edu, 2019),

Ενδεικτικά η Δ.Ε.Ε (Διεύθυνση Εγκληματολογικών Ερευνών) της Ελληνικής Αστυνομίας είναι οργανωμένη, όπως φαίνεται στην επίσημη σελίδα της (Ελληνική Αστυνομία, n.d.), στα εξής τμήματα:

- Βιολογικών και Βιοχημικών εξετάσεων και αναλύσεων.
- Εσωτερικών Λειτουργιών.
- Δακτυλοσκοπίας.
- Εξερευνήσεων.
- Εργαστηρίων Πυροβόλων όπλων Ιχνών Εργαλείων.
- Εργαστηρίων Δικαστικής Γραφολογίας και Πλαστότητας Εντύπων και Αξιών.
- Χημικών και Φυσικών Εξετάσεων.
- Εξέτασης Ψηφιακών Πειστηρίων.
- Οπτικοακουστικού Υλικού, Φωτογραφίας και Μεθοδικοτήτων.

- Καταδιωκτικών – Στατιστικής.
- Αρχείων.

Η ιστορία της Εγκληματολογίας

Οι σταθμοί και γεγονότα που έδωσαν στην επιστήμη της εγκληματολογίας τη μορφή που έχει σήμερα παρατίθενται παρακάτω:

- 1877. Ιδρύεται το πρώτο παθολογικό Ιατρείο που εξυπηρετεί εγκληματολογικού ενδιαφέροντος περιστάσεις στη Μασαχουσέτη. Η Τοξικολογία και η Παθολογία βρίσκονται στο κέντρο της Εγκληματολογικής Έρευνας (Gerber & Saferstein, 1997).
- 1883 – 1914. Το βιβλίο του Hans Gross με τίτλο «Εγχειρίδιο προς Δικαστικούς για το σύστημα της Εγκληματολογίας» (Handbuch für Untersuchungsrichter als System der Kriminalistik) έφτασε τις έξι εκδόσεις (Gerber & Saferstein, 1997, p. 2). Ο Hans Gross ήταν Αυστριακός δικηγόρος, εγκληματολόγος και αργότερα καθηγητής στο Νομικό τμήμα του πανεπιστήμιου Franz-Josephs στην Ουγγαρία. Θεωρείται ιδρυτής της Εγκληματολογίας. (Neshurbida, et al., n.d.).
- 1901. Ο Sir Edward Henry επινοεί ένα σύστημα ταξινόμησης δακτυλικών αποτυπωμάτων, το οποίο έχει χρήσεις ακόμα και στην εποχή μας. Ταυτόχρονα έγινε δυνατός ο διαχωρισμός του ανθρώπινου αίματος με την παρασκευή αντιορών με αρκετά καλή ευαισθησία και ειδικότητα (Gerber & Saferstein, 1997, pp. 3,20,21).
- 1906. Το βιβλίο του Hans Gross μεταφράζεται στα Αγγλικά με τίτλο «Εγκληματολογική Έρευνα» (Criminal Investigation) (Gerber & Saferstein, 1997).
- 1915. Στη δίκη του Charles Stielow στη Νέα Υόρκη η βαλλιστική εξέταση οδηγεί στην αθώωση των Charles Stielow και Nelson Green στους οποίους είχε επιβληθεί θανατική ποινή για το φόνο δύο ανθρώπων (Cunningham, n.d.). Αυτή η εξέλιξη έφερε το προσκήνιο τις δυνατότητες της βλητικής επιστήμης και τις πιθανές χρήσεις της στην Εγκληματολογία. (Gerber & Saferstein, 1997, p. 3)
- 1916. Η πρώτη υπόθεση στην οποία χρησιμοποιήθηκαν οι ομάδες αίματος κατά ABO.
- 1929. Μια μαζική δολοφονία συγκλονίζει το Σικάγο, ένας πόλεμος μεταξύ συμμοριών φτάνει στην κορύφωσή του σε μια μέρα που θα έμενε στην ιστορία ως «Η Σφαγή της ημέρας του Αγίου Βαλεντίνου». Με τον αριθμό των θυμάτων να φτάνει τους εφτά η εγκληματολογία έρχεται να ρίξει φως στην υπόθεση με τη βλητική να παρέχει πολύτιμα στοιχεία (Stolze, 2016). Εφημερίδες τις εποχής αναφέρουν «Η επιστήμη

ξεδιάλυνε τον φόνο εφτά γκάνγκστερ» (Bundesen, 1930). Είναι εμφανής η ανάγκη ενός οργανωμένου Εγκληματολογικού Εργαστηρίου και πράγματι λίγο αργότερα ιδρύθηκε το «Επιστημονικό Εργαστήριο για την Ανίχνευση του Εγκλήματος» υπό την αιγίδα του πανεπιστημίου Northwestern (Stolze, 2016).

- 1967 – 1977. Η αστυνομία του Λονδίνου επινόησε μια τεχνική ηλεκτροφόρησης πρωτεϊνών, κυρίως ενζύμων, σε γέλη από άμυλο προερχόμενο από πατάτες. Η τεχνική αυτή, αν και υιοθετήθηκε από πολλούς είχε αρκετά μειονεκτήματα. Η παρασκευή της γέλης ήταν δύσκολη, δεδομένου ότι κάθε παρτίδα είχε ελαφρώς διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες. Επιπλέον, κάθε πρωτεΐνη απαιτούσε ιδιαίτερες συνθήκες για να ολοκληρωθεί η δοκιμασία με επιτυχία. Παρόλα αυτά, η τεχνική προκάλεσε διάχυτο ενθουσιασμό στην επιστημονική κοινότητα (Aronson, 2006).
- 1977 - 1986. Ακολούθησε μία εποχή που ονομάστηκε αργότερα «Ο πόλεμος του αμύλου» (Starch Wars). Ανάμεσα στις προτάσεις για την βελτίωση της ηλεκτροφόρησης στο εγκληματολογικό εργαστήριο ήταν και η παρασκευή ενός συστήματος πολλαπλών αναλύσεων. Ο Grunbaum πρότεινε ένα σύστημα με την κυτταρίνη ως μέσο ηλεκτροφόρησης, το οποίο παρουσίασε στα μέλη της ομάδας του και της επιστημονικής κοινότητας ως ένα πιο γρήγορο, πιο αποτελεσματικό μέσο. Σε βάθος χρόνου όμως ο Grunbaum απέτυχε να στηρίξει τα λεγόμενά του με τη γέλη από άμυλο να αποδεικνύεται καταλληλότερη κάτι που δεν ευχαρίστησε τον Grunbaum. Μετά την παραίτηση του Grunbaum το νέο σύστημα ολοκληρώθηκε και έλαβε το όνομα «Multisystem» υπό την επίβλεψη του Wrahal. Αυτό που ακολούθησε ήταν μία βεντέτα μεταξύ του Grunbaum και των μελλών της ομάδας που δίχασε την επιστημονική κοινότητα και είχε μεγάλο αντίκτυπο στο δικαστικό κλάδο (Aronson, 2006).
- 1987. Ο Tommie Lee Andrews, ύποπτος για εικοσιτέσσερις βιασμούς, ήταν ο πρώτος κατά συρροή εγκληματίας που καταδικάστηκε στις ΗΠΑ μετά από ταυτοποίηση DNA (WESH, 2017).

Κεφάλαιο 2. Μελέτη του πεδίου.

Η σκηνή του εγκλήματος

Βάση της «αρχής της ανταλλαγής» του Edmond Locard, κάθε εγκληματική ενέργεια έχει ως συνέπεια την γένεση κάποιας μορφής ιχνών, τα οποία ανιχνεύουμε είτε πάνω στον ίδιο το δράστη ή στη σκηνή του εγκλήματος. Αυτά τα ίχνη είναι αντικειμενικά και υποχρέωση της επιστήμης της Εγκληματολογίας είναι να φροντίσει για τη σωστή ερμηνεία τους (Chisum, n.d.).

Για λόγους ευκολίας, οι όροι «σκηνή του εγκλήματος», «σκηνή» ή «πεδίο» θα αναφέρονται σε κάθε περιοχή εγκληματολογικού ενδιαφέροντος.

Κρίσιμο ζήτημα είναι «η γνώση της αυθεντικότητας και της προέλευσης των στοιχείων» (Κουράκης, 2015). Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, καθίσταται δυνατή η ανίχνευση και η αξιοποίηση όλο και μικρότερων ποσοτήτων ιχνών. Η συλλογή του δείγματος είναι ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι της έρευνας. Ακόμα και η παραμικρή αμφιβολία για την προέλευση του δείγματος μπορεί να το αχρηστεύσει. Λύση σε αυτό μπορεί να δώσει η έννοια της ιχνηλασιμότητας, που θα αναλυθεί παρακάτω.

Για τη διασφάλιση της ορθότητας των αποδεικτικών στοιχείων είναι απαραίτητο να απομονώνεται και να προφυλάσσεται η σκηνή του εγκλήματος. «Κάθε επαφή αφήνει ένα ίχνος» αυτή η αρχή δεν περιορίζεται μόνο στον παραβάτη, αλλά και σε κάθε άλλον που έρχεται σε επαφή με τη σκηνή του εγκλήματος (Chisum, n.d.).

Ατομική προστασία

Κύριο μέλημα σε κάθε στάδιο της δειγματοληψίας είναι η διασφάλιση της υγείας του προσωπικού. Πιθανά δείγματα περιλαμβάνουν βιολογικά υλικά, εκρηκτικά ή εύφλεκτα υλικά, χημικές ουσίες, ναρκωτικά και δηλητήρια. Αυτές οι ουσίες βρίσκονται συνήθως σε μικρές ποσότητες αποτελώντας έτσι έναν αόρατο κίνδυνο.

Τα αποδεικτικά στοιχεία μπορούν να περάσουν από διάφορα χέρια. Μπορεί να υπάρξει η ανάγκη παρουσιάσής τους στο δικαστήριο, ή να πρέπει να επιστραφούν σε κάποιο τρίτο πρόσωπο. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να δίνεται η μέγιστη προσοχή έτσι ώστε να διαφυλαχτεί η υγεία κάθε ατόμου που θα έρθει σε επαφή με το δείγμα (ENFSI, Scenes of Crime Working Group, 2012).

Ανάλογα με τις μοναδικές περιστάσεις που επικρατούν στο πεδίο, το προσωπικό εφοδιάζεται με πακέτα πρώτων βοηθειών, κράνη, γιλέκα και άλλα είδη προστατευτικού ρουχισμού. Εάν χρειαστεί καλείται η πυροσβεστική υπηρεσία για τον έλεγχο των εξωτερικών κινδύνων και σε περίπτωση που υπάρχει δίλλημα μεταξύ της προστασίας του

πεδίου και προστασίας της ανθρώπινης ζωής, προτεραιότητα δίνεται πάντα στην παροχή πρώτων βοηθειών και τη διασφάλιση της σωματικής ακεραιότητας. Επίσης, ιδιαίτερη σημασία δίνεται και στη διαφύλαξη της ανθρώπινης αξιοπρέπειας, είτε πρόκειται για θύματα εν ζωή είτε για πτώματα (Laboratory and Scientific Section, United Nations Office on Drugs and Crime, 2009).

Προστασία του πεδίου

Ανεξάρτητα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της σκηνής, τα προστατευτικά μέτρα πρέπει να λαμβάνονται το νωρίτερο δυνατό. Η έκθεση στα στοιχεία της φύσης και η εύκολη πρόσβαση σε τρίτους ευνοεί την ταχύτερη καταστροφή των στοιχείων και την επιμόλυνσή τους, κάτι που αυτόματα μετριάζει την αποτελεσματικότητά τους στα μάτια δικαστή και ενόρκων.

Παρακάτω παραδίδονται τα αρχικά και σημαντικότερα βήματα για την προστασία του πεδίου, όπως συστάθηκαν από το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Εγκληματολογικών Ινστιτούτων (ENFSI) (ENFSI, Scenes of Crime Working Group, 2012).

1. Άμεση απομάκρυνση τρίτων από το πεδίο. Εφαρμόζεται αυστηρός έλεγχος εισόδου και εξόδου με αρχεία καταγραφής.
2. Αστυνομικές κορδέλες περικλείουν και απομονώνουν την περιοχή εγκληματολογικού ενδιαφέροντος.
3. Οργάνωση μιας κοινής γραμμής προσέγγισης, αφού πρώτα έχει γίνει ανάλυση του πεδίου και έχουν εντοπιστεί τυχών ανωμαλίες.
4. Χρήση προστατευτικού εξοπλισμού από όλο το προσωπικό.

Ιδανικά, η τήρηση αρχείων ξεκινά από την άφιξη του πρώτου ανθρώπου στο πεδίο. Προσοχή δίνεται στην κατάσταση σημείων εισόδου ή εξόδου (πόρτες ή παράθυρα) σε οσμές, ή σημεία δραστηριότητας (Laboratory and Scientific Section, United Nations Office on Drugs and Crime, 2009). Κάθε λεπτομέρεια στη σκηνή καταγράφεται ηλεκτρονικά με τη μορφή φωτογραφιών, ή άλλων κατάλληλων μέσων όπως διαγράμματα ή σχέδια, έτσι ώστε κάθε δείγμα να μπορεί να αντιστοιχηθεί με μία τοποθεσία. Αξιόλογες λεπτομέρειες αριθμούνται με σκοπό να βοηθήσουν στην αναπαράσταση των γεγονότων με τη χρονική σειρά που αυτά συνέβησαν (Claridge, 2016).

Μετά την εγκατάσταση αστυνομικής κορδέλας εφαρμόζεται αυστηρότατος έλεγχος εισόδου και εξόδου και τηρούνται αρχεία καταγραφής (ENFSI, Scenes of Crime Working Group, 2012). Η είσοδος του προσωπικού γίνεται ακολουθώντας οριοθετημένο διάδρομο (κάτι που ισχύει και για το ιατρικό προσωπικό) και κατά την παραμονή στη

σκηνή απαγορεύεται αυστηρά η χρήση ηλεκτρικών ή υγειονομικών εγκαταστάσεων εάν υπάρχουν (π.χ. τουαλέτα, ηλεκτρισμός, νερό) καθώς και το φαγητό, το ποτό και το τσιγάρο. Αντικείμενα εντός του πεδίου δεν μετακινούνται εκτός εάν υπάρχει επιτακτική ανάγκη, αλλά ακόμα και τότε καταγράφεται η αρχική τοποθεσία (Laboratory and Scientific Section, United Nations Office on Drugs and Crime, 2009).

- Κατά τον σχεδιασμό του πλάνου προσέγγισης υπάρχουν κάποιες ερωτήσεις τις οποίες το προσωπικό πρέπει να λάβει υπόψη, οι κυριότερες είναι: Εκ πρώτης όψεως, τι είναι πιθανό έχει συμβεί;
- Ποιοι οργανισμοί χρειάζεται να ειδοποιηθούν (ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική, Τροχαία);
- Ποιοι οι πιθανοί κίνδυνοι;
- Οι καιρικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν την έρευνα;
- Πόσο εύκολη είναι η πρόσβαση στην περιοχή;
- Ποιος ο απαραίτητος εξοπλισμός;

Ο σχεδιασμός δεν είναι κάτι που σταματάει στην αρχική προσέγγιση, είναι μια δυναμική που προσαρμόζεται σε κάθε νέο εύρημα. Ένα από τα κύρια σημεία του είναι τα καθήκοντα του καθενός και ο βαθμός πρόσβασης που επιτρέπεται σε κάθε μέλος του προσωπικού. Αυτό αποσκοπεί στην αξιοποίηση κάθε ευκαιρίας με ταυτόχρονη αποφυγή παρεξηγήσεων μεταξύ του προσωπικού. Εδώ να σημειωθεί ότι, εάν έχουμε δύο σκηνές που πιθανόν να σχετίζονται στην κάθε μία από αυτές εργάζεται διαφορετικό προσωπικό (Laboratory and Scientific Section, United Nations Office on Drugs and Crime, 2009).

Για την καταγραφή είναι πολύ χρήσιμο να υπάρχει ένα μικρόφωνο που αντικαθιστά τις παραδοσιακές, χειρόγραφες σημειώσεις. Έτσι δίνεται η δυνατότητα για πιο γρήγορες, εύκολες και λεπτομερείς σημειώσεις. Η διαδικασία αυτή είναι αναγκαία και εξυπηρετεί δύο σκοπούς, αρχικά, βοηθά στην ηλεκτρονική διατήρηση της σκηνής και στην αναπαράσταση των γεγονότων και δεύτερων μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την κατάθεση του ερευνητή στο δικαστήριο.

Μια συσκευή για τη μέτρηση αποστάσεων είναι επίσης απαραίτητη και μπορεί να είναι από ένα απλό μέτρο έως τις πιο σύγχρονες, πολύ ακριβές συσκευές που χρησιμοποιούν λέιζερ για τον υπολογισμό αποστάσεων. Μικρές ψηφιακές κάμερες ή φωτογραφικές μηχανές δίνουν τη δυνατότητα άμεσης καταγραφής ευαίσθητων στοιχείων που μπορεί να καταστραφούν σε μικρό χρονικό διάστημα, δεν υποκαθιστούν όμως την οργανωμένη, επαγγελματική φωτογράφιση της σκηνής με κάμερες υψηλής ανάλυσης και

τον απαραίτητο φωτισμό. Οι Vanezis και Busuttil υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει καλύτερη μέθοδος για την καταγραφή της σκηνής από την επαγγελματική βιντεοσκόπηση σε κατάλληλες συνθήκες φωτισμού.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αδιαμφισβήτητη πρόοδος στον χώρο των υπολογιστών και της εικονικής πραγματικότητας. Αν και αυτή η τεχνολογία προς το παρόν έχει περιορισμένη χρήση στην εγκληματολογία, δεν αποκλείεται τα επόμενα χρόνια και ίσως αρκετά σύντομα να έρθει μια νέα εποχή στο χώρο της ηλεκτρονικής καταγραφής και απεικόνισης της σκηνής με πρωταγωνιστή την εικονική πραγματικότητα (Vanezis & Busuttil, 1996, pp. 18-28).

Η ανακάλυψη ενός πτώματος αποτελεί γεγονός-σταθμό για την έρευνα και αλλάζει δραστικά τον τρόπο προσέγγισης του πεδίου. Η ανακάλυψη γίνεται, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, τυχαία είτε από ένα μέλος του κοινού πληθυσμού είτε από κάποιον νέο αστυνομικό με λιγοστή πείρα σε τέτοιου είδους έρευνες. Αυτό για την εγκληματολογία συνεπάγεται δράσεις που λαμβάνονται χωρίς την λήψη μέτρων για την προστασία της σκηνής και κατ' επέκταση την επιμόλυνση της σκηνής ή την καταστροφή πολύτιμων αποδεικτικών. Τέτοιες ενέργειες αποτελούν συνήθως η προσπάθεια ανάνηψης χωρίς να είναι αναγκαίο, ή η μετακίνηση του πτώματος. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν οι αστυνομικοί που πρώτοι θα καταφθάσουν στο πεδίο να έχουν ένα κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο έτσι ώστε να διαφυλάξουν και να εξασφαλίσουν το μέγιστο των πληροφοριών που μπορούμε να λάβουμε από τη σκηνή.

Η αρχική προσέγγιση σε περίπτωση πιθανής ανθρωποκτονίας αποτελεί ολοκληρωτικά ευθύνη του αρχηγού της ομάδας που έχει συγκροτηθεί για να φέρει εις πέρας την μελέτη του πεδίου. Πρώτα οφείλει να συγκεντρώσει την ομάδα και να μοιράσει τα καθήκοντα κάθε μέλους, καλώντας, όπου κριθεί αναγκαίο ειδικούς εμπειρογνώμονες. Είναι πολύ σημαντικό για την επικείμενη έρευνα να διαπιστωθεί το συντομότερο δυνατό η περίπτωση του μη τυχαίου, μη φυσικού θανάτου, κάτι το οποίο καλείται να απαντήσει ο παθολογοανατόμος της αστυνομίας επί σκηνής. Σε περίπτωση αμφισβήτησης ζητείται η παρέμβαση ιατροδικαστή (Vanezis & Busuttil, 1996, pp. 29-40).

Κατά τον σχεδιασμό του πλάνου προσέγγισης υπάρχουν πολλοί παράγοντες που θα πρέπει να συνυπολογιστούν, μερικοί από αυτούς είναι:

- Τόπος: Το πτώμα μπορεί να βρεθεί θαμμένο, ή να ανακτηθεί από το νερό. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του εγκλήματος ίσως να χρειαστεί να διερευνηθούν περισσότερες από μια σκηνές που συνδέονται μεταξύ τους.

- Τύπος: Κάθε σκηνή είναι μοναδική και απρόβλεπτη, ωστόσο για ευκολία μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τύπους οι οποίοι θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω.
- Αριθμός θανόντων: Υπάρχει πάντα η πιθανότητα να ανακαλυφθούν περισσότερα του ενός πτώματα στην ίδια ή σε διαφορετικές τοποθεσίες.

Για λόγους ευκολίας οι εγκληματολόγοι κατατάσσουν τις σκηνές σε συγκεκριμένα είδη, έτσι επιτυγχάνεται ο πιο γρήγορος σχηματισμός της κατάλληλης ομάδας και η πιο εύκολη σάρωση του πεδίου για στοιχεία. Παρακάτω θα αναφερθούν οι πιο χαρακτηριστικοί τύποι σκηνών του εγκλήματος.

Αρχικά έχουμε τις σκηνές στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν πυροβόλα όπλα. Σε μια τέτοιου είδους σκηνή είναι απαραίτητη η συμμετοχή ενός ειδικού βλητικής στην ομάδα. Από τις πρώτες ερωτήσεις που γίνονται όταν καταφθάσει ο πρώτος εργαζόμενος στη σκηνή είναι η «ατύχημα, ανθρωποκτονία ή αυτοκτονία;». Ο ειδικός βλητικής μελετώντας το σημείο εισόδου και εξόδου της σφαίρας, καθώς και τη σχετική θέση του όπλου σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του θύματος (ύψος, στάση) μπορεί να δώσει γρήγορα μια αξιόπιστη απάντηση σε αυτό το ερώτημα (Vanezis & Busuttil, 1996).

Ένας άλλος πολύ κοινός τύπος σκηνής είναι οι πυρκαγιές. Τέτοιου είδους σκηνές είναι αρκετά περίπλοκες, για αυτό το λόγο πρέπει να αντιμετωπίζονται από την αρχή και μέχρι να καθοριστεί το αίτιό τους σαν να εμπλέκεται δόλος. Πρώτο μέλημα των ερευνητών είναι η εξασφάλιση της ασφάλειας του προσωπικού. Μια πυρκαγιά μπορεί να αποδυναμώσει σημαντικά τα θεμέλια ενός κτηρίου και να προκαλέσει εκτεταμένες υλικές ζημιές με αποτέλεσμα πληθώρα κινδύνων, από γυαλιά και συντρίμια μέχρι επικίνδυνα αέρια από την καύση ουσιών στην ατμόσφαιρα. Είναι απαραίτητη λοιπόν η δράση και άλλων οργανισμών πριν την είσοδο σε κάποιο κτήριο. Οι ερευνητές εξοπλίζονται με ειδικές μπότες με σκληρή σόλα, ειδικά γάντια και μάσκες (Vanezis & Busuttil, 1996).

Οι εκρήξεις έχουν αρκετά κοινά σημεία με τις πυρκαγιές, αλλά αποτελούν ξεχωριστό τύπο σκηνής. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους όμως είναι ότι συχνά είναι πολύνεκρες με τα πτώματα να βρίσκονται διαμελισμένα σε μεγάλη απόσταση από το σημείο της έκρηξης. Μπορούν να χωριστούν σε υποκατηγορίες ανάλογα με την αιτία τους σε:

- Σκηνές όπου έγινε χρήση εκρηκτικών υψηλής απόδοσης. Συνηθέστερα πρόκειται για τρομοκρατική ενέργεια.
- Εκρήξεις από ανάφλεξη αερίων, οφείλονται συνήθως σε κάποια διαρροή.

- Μηχανικές εκρήξεις: Συμβαίνουν κατά την απότομη απελευθέρωση πίεσης.

Ως ξεχωριστό είδος σκηνής αντιμετωπίζονται οι θάνατοι παιδιών. Περιλαμβάνουν συνήθως ένα εκτενές ιστορικό κακοποίησης από γονέα, κηδεμόνα ή συγγενή. Είναι σπάνιο ο δράστης να είναι εκτός του κοντινού περιβάλλοντος του παιδιού. Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου σκηνής είναι η απουσία πτώματος καθώς ο δράστης συχνά επιχειρεί να μεταφέρει το παιδί στο νοσοκομείο είτε νεκρό, είτε λίγο πριν πεθάνει. Ο δράστης θα επιχειρήσει να κρύψει την πράξη του, συνήθως προφασιζόμενος ατύχημα. Η νεκροψία σε συνδυασμό με τη μελέτη της σκηνής θα διαψεύσουν ή θα επιβεβαιώσουν τους ισχυρισμούς του.

Τέλος έχουμε τους θανάτους από ασφυξία οι οποίοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε μηχανικούς, όπου δηλαδή έχει χρησιμοποιηθεί κάποιο υλικό μέσο όπως το σχοινί και τους μη μηχανικούς όπως για παράδειγμα από δηλητηρίαση με μονοξείδιο του άνθρακα. Η χρήση μηχανικών μέσων παραπέμπει στις εξής περιπτώσεις, αυτοκτονία, ανθρωποκτονία ή ατύχημα με σεξουαλικό υπόβαθρο. Θάνατοι από τοξικά αέρια είναι συνήθως ατυχήματα (Vanezis & Busuttil, 1996).

Προσδιορισμός χρόνου Θανάτου

Μία από τις πιο σημαντικές πληροφορίες που μπορούμε να πάρουμε όταν ανακαλύπτεται ένα πτώμα είναι ο χρόνος για τον οποίο αυτό το άτομο είναι νεκρό. Αφενός, η χρονική περίοδος που το έγκλημα έλαβε χώρα, εάν φυσικά πρόκειται για έγκλημα, συγκρίνεται με τις κινήσεις μαρτύρων και υπόπτων. Αφετέρου, προσδιορίζοντας χρονικά το συμβάν είναι ευκολότερη η ανακατασκευή των γεγονότων. (Roderick, n.d.) Αρχικά πρέπει να προσδιοριστούν οι μεταθανάτιες αλλοιώσεις εγκληματολογικής σημασίας. Τι συμβαίνει λοιπόν, κατά τον θάνατο;

Αρχικά, οι μύες χαλαρώνουν αφού σταματούν να δέχονται νευρικά ερεθίσματα από τον εγκέφαλο. Στη συνέχεια οι βιοχημικές λειτουργίες της ζωής παύουν (Roderick, n.d.). Ο ορισμός του θανάτου φαίνεται απλός, κάτι τέτοιο όμως απέχει αρκετά από την πραγματικότητα. Θα μπορούσαμε ίσως να πούμε ότι εφόσον η αναπνοή και η κυκλοφορία είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για τη διατήρηση της ζωής, η διακοπή τους ισοδυναμεί με την επακόλουθη νέκρωση των σωματικών κυττάρων. Δεδομένης όμως της προοδευτικής νέκρωσης των κυττάρων, είναι εμφανές ότι κάποιοι ιστοί «πεθαίνουν» αργότερα από άλλους (Κουτσελίνη, 1994, p. 18).

Η έννοια του «Εγκεφαλικού Θανάτου» γεννήθηκε περίπου το 1900 σε μια εποχή που η ιατρική και η τεχνολογία έκαναν δυνατή την τεχνητή διατήρηση της αναπνοής και της κυκλοφορίας, ενώ ταυτόχρονα, οι πρώτες επιτυχείς μεταμοσχεύσεις κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη για έναν ορισμό του θανάτου που θα ανταποκρινόταν στα νέα αυτά δεδομένα. (Machado, et al., 2007) Σήμερα αυτός ο όρος έχει καθιερωθεί και ως νεκρό «ορίζεται το άτομο εκείνο στο οποίο διαπιστώθηκε ότι ο εγκέφαλος έχει έπαυσε να ζει, εκείνο για το οποίο θα τεθεί η διάγνωση του μη αναστρέψιμου κόματος» (Κουτσελίνη, 1994, p. 18).

Στο πεδίο, κάποιες αρχικές εκτιμήσεις μπορούν να γίνουν, αν και την τελευταία λέξη έχει η αυτοψία (Taylor, 2016, p. 138). Οι καιρικές συνθήκες παίζουν τεράστιο ρόλο στην πρόοδο των νεκρικών αλλοιώσεων. Ο ρυθμός που το σώμα παγώνει, για παράδειγμα, επηρεάζεται από την θερμοκρασία, το μέγεθος του σώματος ή ακόμα και από τα ρούχα τα οποία φοράει. (Roderick, n.d.).

«Algor mortis» είναι ο όρος ο οποίος αναφέρεται στην «νεκρική ψυχρότητα» (Roderick, n.d.) και χρησιμοποιείται ευρέως, πάντα όμως σε συνάρτηση με άλλες ενδείξεις, για τον προσδιορισμό του χρόνου θανάτου. Το σώμα παγώνει έως ότου φτάσει

τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και μετά θερμαίνεται πάλι λόγω διαδικασιών που θα αναλυθούν παρακάτω. Σημαντικοί παράγοντες που πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό αυτό είναι οι καιρικές συνθήκες (ένα πτώμα θα κρυώσει πολύ πιο γρήγορα εάν χιονίζει), ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ο λιπώδης ιστός βοηθά στη διατήρηση της θερμοκρασίας), και οι συνθήκες στις οποίες ανακαλύφθηκε το πτώμα (ο όγκος των ρούχων που φοράει, εάν έχει καλυφθεί ή θαφτεί) (Wardak & Cina, 2011). Πιο ακριβής τρόπος μέτρησης τη θερμοκρασίας, δεδομένου ότι διαφορετικοί ιστοί παγώνουν με διαφορετικό ρυθμό, θεωρείται η μέτρηση της θερμοκρασίας του σκωτιού (Roderick, n.d.).

Η Rigor mortis είναι η φυσική διαδικασία κατά την οποία οι μύες συσπώνται λόγω των βιοχημικών αλλαγών που επέρχονται με το θάνατο (Claridge, 2017). Είναι η πασίγνωστη «νεκρική ακαμψία» κατά την οποία οι μύες σκληραίνουν και στη συνέχεια μαλακώνουν (Roderick, n.d.). Το φαινόμενο αυτό ξεκινά από τους μυς του προσώπου και επεκτείνεται σε όλο το σώμα (Claridge, 2017). Τα πιο αξιόπιστα σημεία είναι η κάτω γνάθος (2 ώρες), τα άνω άκρα (4-6 ώρες) και τα κάτω άκρα (10-12 ώρες). Σε περίπου δώδεκα ώρες η νεκρική ακαμψία έχει εξαπλωθεί σε ολόκληρο το σώμα (Roderick, n.d.) και μετά τις εικοσιτέσσερις ώρες αρχίζει να υποχωρεί (Taylor, 2016).

Ένα ακόμα φαινόμενο που μπορεί να μας δώσει αρκετές πληροφορίες είναι το λεγόμενο «livor mortis». Με την καρδιά να έχει σταματήσει, το αίμα δεν κυκλοφορεί πλέον και λόγω της βαρύτητας τα έμμορφα συστατικά του αίματος θα καθιζάνουν στα αγγεία. Η διαδικασία αυτή ξεκινά τριάντα λεπτά μετά το θάνατο. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια καθιζάνουν στο κατώτερο δυνατό σημείο δημιουργώντας χαρακτηριστικές μωβ κηλίδες (Taylor, 2016). Τα «σημάδια» γίνονται μόνιμα μετά από οκτώ με δώδεκα ώρες. (Hayman & Oxenham, 2016)

Δεδομένου της σημασίας της περιόδου θανάτου, έχουν υπάρξει πολλές δοκιμές για να βρεθεί μια μέθοδος που να παρέχει μια ακριβή και αξιόπιστη εκτίμηση. Εργαστηριακά, η μέχρι στιγμής πιο επίδοξη μέθοδος φαίνεται να είναι η μέτρηση των ιόντων καλίου στο υγρό του υαλοειδούς σώματος των οφθαλμών (Roderick, n.d.). Το κάλιο στους οφθαλμούς αυξάνεται αριθμητικά από τη στιγμή του θανάτου με πιθανή εξήγηση την λύση των κυττάρων του χοριοειδούς και του αμφιβληστροειδούς. Αν και φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση της περιόδου θανάτου με την συγκέντρωση του καλίου, δεν υπάρχει προς το παρόν κάποια μέθοδος που να δίνει με ακρίβεια και αξιοπιστία αυτή τη σχέση (Agrawal, et al., 1983).

Το υαλώδες υγρό των οφθαλμών έχει χρήσεις στην τοξικολογία, καθώς αρκετές από τις ανιχνεύσιμες στο αίμα ξένες ουσίες, διαπερνούν τον φραγμό αίματος - οφθαλμού και συνεπώς μπορούν να μετρηθούν και στο υαλώδες υγρό όταν αίμα δεν είναι διαθέσιμο. (Bévalot, et al., 2015) Υπερέχει των άλλων σωματικών υγρών σε αρκετές περιπτώσεις καθώς η συλλογή του είναι εύκολη (Ding, et al., 2017), μπορεί να γίνει απλά με μία στείρα βελόνα μεγέθους 20gauge (Bévalot, et al., 2015) και παραμένει σταθερό για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά το θάνατο (Ding, et al., 2017).

Μετά το σωματικό θάνατο ακολουθούν οι φυσικές διαδικασίες της autolysis και της ρευστοποίησης και οι δύο θεωρούνται προχωρημένα πτωματικά φαινόμενα και ανήκουν σε αυτό που ονομάζουμε αποσύνθεση. Αρχικά έχουμε τη δράση των κυτταρικών ενζύμων στα ίδια τα κύτταρα και στη συνέχεια την πέψη των ιστών από μικρόβια κυρίως της φυσιολογικής χλωρίδας της επιδερμίδας και του εντέρου. Η διαδικασία αυτή ξεκινά από το στομάχι, ειδικά αν είναι άδειο και ακολουθούν επινεφρίδια, ο θύμος αδένας και το πάγκρεας. Σε αυτό το σημείο εμφανίζεται η σήψη. Κατά τη σήψη παράγονται δύσοσμα, εύφλεκτα αέρια που προκαλούν ευδιάκριτο τυμπανισμό στην κοιλιά με πιθανότητα διάτρησής της με κρότο. Η θερμοκρασία του σώματος έχει αρχίσει να αυξάνεται λόγω του έντονου μεταβολισμού των μικροβίων και την παραγωγή χημικών παραπροϊόντων, τα οποία αν και καθόλου ευχάριστα, δεν είναι τοξικά για τον άνθρωπο. Πηγή κινδύνου, βέβαια αποτελεί ο αυξημένος αριθμός μικροοργανισμών που έχει αναπτυχθεί (Ψαρούλης, 2018, pp. 48-58).

Μιλώντας για τον χρόνο θανάτου αξίζει να αναφερθούμε και στην εγκληματολογική εντομολογία. Η εγκληματολογική εντομολογία χρησιμοποιεί τα έντομα και υπολογίζει το χρόνο θανάτου βασισμένη στον κύκλο ζωής των εντόμων των οποίων οι προνύμφες έχουν συλλεχθεί από το εκάστοτε πτώμα. Ύψιστη σημασία έχει η σωστή αναγνώριση του είδους. Πρόσφατα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται τεχνικές DNA σε αντίθεση με της παραδοσιακές τεχνικές αναγνώρισης που βασίζονταν στην παρατήρηση των χαρακτηριστικών (Pai, et al., 2007).

Συλλογή του Δείγματος

Κατά τη συλλογή του εκάστοτε δείγματος, ανεξάρτητα από τη φύση του υπάρχουν κάποιοι γενικοί κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται για την ασφαλέστερη μεταφορά αυτούσιου του δείγματος στο εργαστήριο.

1. Άμεση απόρριψη εξοπλισμού μίας χρήσης σε κατάλληλα δοχεία ή άμεση αποστείρωση για μέρη του εξοπλισμού πολλαπλών χρήσεων.
2. Κατάλληλη διαχείριση των συλλεγμένων δειγμάτων ανάλογα με τη φύση τους.
3. Διαφορετικό προσωπικό για τη δειγματοληψία από το θύμα ή τα θύματα και κάθε ύποπτο.
4. Καθορισμός συγκεκριμένων σημείων ελέγχου έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχών λάθη κατά τη μεταφορά στο εργαστήριο.

Επιπλέον προστατευτικά μέτρα πρέπει να παίρνονται ανάλογα με το φυσικό περιβάλλον και τις ξεχωριστές περιστάσεις κάθε περίπτωσης. Από τη στιγμή της σφράγισης του δείγματος στο εκάστοτε επιλεγμένο μέσο μεταφοράς, αυτό δεν πρέπει να ανοίγεται παρά μόνο υπό πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες και συνήθως όχι εκτός εργαστηρίου.

Στην πραγματικότητα, η δειγματοληψία είναι μια στρατηγική που εξαρτάται πλήρως από τα ερωτήματα και το έγκλημα που πρέπει να λυθεί. Το ερώτημα προκύπτει συνήθως από τον εθνικό νόμο ή την εθνική πολιτική αλλά τις περισσότερες φορές προκύπτει απευθείας από τη γνώμη του εισαγγελέα ή της αστυνομίας. Συνήθως ο στόχος της δειγματοληψίας είναι να ταυτοποιήσει το DNA των δειγμάτων των ατόμων που βρέθηκαν σε μια σκηνή εγκλήματος ή να βρει αν στα δείγματα αυτά υπάρχει ίχνος κάποιου φαρμάκου ή ναρκωτικής ουσίας (European Network of Forensic Science Institutes, 2016).

Σε κάθε δείγμα αποδίδεται ένας αριθμός πρωτοκόλλου, έτσι ώστε να είναι εύκολη η αντιστοίχιση του στη σκηνή του εγκλήματος, πριν αυτό σφραγιστεί σε σακούλα με αεροστεγή κλείσιμο. Κάθε σακούλα συνοδεύεται από ένα έγγραφο που καθιστά δυνατή την ιχνηλασιμότητα (Chain of Custody) (Claridge, 2016). Αυτό είναι απαραίτητο για να αποδειχτεί για νομικούς λόγους ότι το δείγμα που μελετήθηκε προέρχεται όντως από την αντίστοιχη σκηνή (The joint EA-ENFSI working group, 2008). Στο έγγραφο το οποίο εξασφαλίζει την ιχνηλασιμότητα πρέπει να αναφέρονται λεπτομερώς και χωρίς χρονικές

ασυνέχειες οι ασφαλείς τοποθεσίες στις οποίες έχει βρεθεί το δείγμα. Κάθε μεταφορά από άνθρωπο σε άνθρωπο ή από τοποθεσία σε τοποθεσία πρέπει να αναφέρεται (Prahlow, 2010, p. 18).

Η έννοια της ιχνηλασιμότητας έχει χρήση και στο εργαστήριο. Ο ερευνητής κατά την παραλαβή του δείγματος σημειώνει στο αντίστοιχο έγγραφο πότε και από ποιόν παρέλαβε το δείγμα και πότε και σε ποιόν το επέστρεψε μετά το πέρας των εργαστηριακών δοκιμών. Μέρος των εγγράφων που συνοδεύουν το δείγμα είναι και οι σημειώσεις του εκάστοτε ερευνητή. Αυτές οι σημειώσεις είναι συνήθως χειρόγραφες και εξυπηρετούν δύο σκοπούς, πρώτων αποτελούν απόδειξη ότι τα τεστ έγιναν και δεύτερων βοηθούν τον ερευνητή κατά την κατάθεση (Donnell, 2006).

Ο Augenstein πραγματοποίησε μια έρευνα σχετικά με το ποια υλικά είναι καλύτερα για να χρησιμοποιούνται για την ιατροδικαστική συλλογή των δειγμάτων. Οι βαμβακοφόροι στείλεοι, τα αφρώδη και τα νάιλον εργαλεία, οι πολυεστέρες και τα επιχρίσματα από ρεγιόν έχουν μεγάλη δυνατότητα απορρόφησης, όμως κατά τη διαδικασία της εκχύλισης δίνουν λιγότερο από 50% του DNA σε σχέση με τη ποσότητα δείγματος που σύλλεξαν. Ο ερευνητής με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ερεύνησε τα παραπάνω υλικά και κατέληξε στα εξής αποτελέσματα. Το νάιλον θεωρείται ως το καταλληλότερο υλικό συλλογής καθώς είχε μεγαλύτερη απόδοση από τα άλλα. Ωστόσο, η απόδοση του ήταν μικρή καθώς έφτασε μόλις στο 47% (Augenstein, 2018).

Βιολογικά Υλικά

Η σκηνή ενός εγκλήματος, ακόμα και του πιο απλού είναι χαοτική. Συχνά, είναι αδύνατον να καταλάβουμε τι είναι αυτό που βλέπουμε. Υπάρχουν κάποιες δοκιμασίες που μπορούν να δώσουν μια αρχική εικόνα και να κατατοπίσουν τον ερευνητή για τις περεταίρω εξετάσεις που χρειάζεται να γίνουν. Τέτοιες δοκιμασίες είναι συνήθως εύκολες, γρήγορες, αλλά δεν μπορούν να δώσουν καταληκτικά και σίγουρα αποτελέσματα. Είναι δηλαδή αποκλειστικά για χρήση την ώρα της συλλογής και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν τεκμήρια. (Kern, et al., 2017), (Brady, et al., 2017)

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι σωματικών υγρών που εκκρίνονται από το σώμα. Αυτά τα υγρά μπορεί να είναι χρήσιμα για να βοηθήσουν τους εγκληματολόγους επιστήμονες και τους παθολόγους να συγκεντρώσουν μια λεπτομερή εικόνα για το πώς έγινε το έγκλημα και ποιος το διέπραξε (Henk & Eijkel, 2016).

Τα σωματικά υγρά κατανέμονται σε δύο κατηγορίες: εκκρίνοντα και απορρίπτοντα. Στα απορρίπτοντα συγκαταλέγονται ο ιδρώτας, το μητρικό γάλα, τα

περιττώματα, υγρά από του στομαχιού, η χολή και ο εμετός. Στα εκκρίνονται συγκαταλέγονται τα προσπερματικά υγρά, το αίμα ή πλάσμα, το σπέρμα, το σάλιο και τα ούρα. (Hanson & Ballantyne, 2017).

Τα παραπάνω υγρά βρίσκονται μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Τα εκκρίνονται μπορούν να βρεθούν τόσο μέσα στο σώμα ή γύρω από αυτό, του ατόμου που έχει πέσει θύμα εγκλήματος. Τα πιο συνηθισμένα σωματικά υγρά που βρίσκονται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι το αίμα, το σπέρμα, το σάλιο και μερικές φορές ούρα ή κόπρανα (Blackedge, 2007). Είναι ευθύνη του εγκληματολογικού επιστήμονα ή του υπεύθυνου της αστυνομίας να διαπιστώσει εάν κάποιο από αυτά τα σωματικά υγρά που βρίσκονται στο τόπο του εγκλήματος είναι σημαντικά και να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλισθεί η συλλογή τους. Η συλλογή τους γίνεται σε ειδικούς σάκους και φιαλίδια αεροστεγή, που παρουσιάζουν χαμηλό κίνδυνο διασταυρούμενης μόλυνσης (WHO and United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), 2015).

Επιπλέον, η χρήση χημικών ουσιών και υπεριώδους φωτός μπορεί να αναπτυχθεί για να αποκαλυφθεί η ύπαρξη οποιουδήποτε από αυτά τα υγρά σε συνθήκες όπου θα μπορούσαν να παραβλεφθούν. Ιδιαίτερα εάν η σκηνή του εγκλήματος είναι μια σκοτεινά φωτισμένη περιοχή ή ένας εξωτερικός χώρος που καλύπτει σημαντική απόσταση (Fang, et al., 2006).

Είναι επίσης πολύ σημαντικό όταν γίνεται έρευνα σε μια περιοχή εγκλήματος που μπορεί να έχει σωματικά υγρά που εκκρίνεται είναι ότι όλο χώρο, το προσωπικό να είναι ντυμένο με προστατευτικό ρουχισμό για να αποφευχθεί τόσο η μόλυνση της σκηνής του εγκλήματος όσο και η πιθανή έκθεση του προσωπικού σε αιματολογικές ασθένειες που μπορούν να περάσουν μέσω εγχοπών και γρατζουνιών στον οργανισμό τους (Ballou, et al., 2013).

Αίμα

Το ανθρώπινο αίμα αποτελείται από το πλάσμα και τα έμμορφα συστατικά του, τα διάφορα δηλαδή, κύτταρά του. Τα πιο γνωστά κύτταρα του αίματος, στα οποία και οφείλεται το ερυθρό του χρώμα, είναι τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Τα ώριμα ερυθρά αιμοσφαίρια είναι απύρηνά κύτταρα χωρίς οργανίδια που μεταφέρουν οξυγόνο στους ιστούς με τη βοήθεια της αιμοσφαιρίνης (Βαγδατλή, 2010, pp. 27-28).

Τα λευκά αιμοσφαίρια είναι τα βασικά κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος. Εμφανίζουν πολλούς τύπους αν και οι δύο μεγάλες κατηγορίες είναι τα κοκκώδη και τα

άκοκκα. (Mescher, 2013, p. 333) Ιδιαίτερου εγκληματολογικού ενδιαφέροντος όμως είναι η ύπαρξη πυρήνα, κάτι που καθιστά δυνατή την απομόνωση DNA από αυτά τα κύτταρα (Ψαρούλης, 2018).

Οι αρχικές δοκιμασίες για την παρουσία αίματος βασίζονται κυρίως στην ανίχνευση της αίμης στο μόριο της αιμοσφαιρίνης. Ένα από τα παλαιότερα είναι το τεστ Βενζιδίνης, το οποίο όμως δεν χρησιμοποιείται πλέον λόγω της τοξικότητας των χημικών ουσιών που περιελάμβανε (Bates, 2018).

Μία από τις πιο κοινές πλέον χρωματικές δοκιμασίες είναι αυτή της **φαινολοφθαλϋίνης** (Kastle-Mayer). Βασίζεται στην ιδιότητα της αίμης να δίνει ροζ χρώμα παρουσία του διαλύματος Kastle-Mayer και υπεροξειδίου του υδρογόνου (Helmenstine, 2018). Είναι αρκετά αξιόπιστη, με μεγάλη ευαισθησία και μπορεί να δώσει θετικό αποτέλεσμα ακόμα και σε λεκέ αίματος που έχει παραμείνει σε συνθήκες περιβάλλοντος έως και ένα χρόνο (Gefrides & Welch, 2006). Περιπτώσεις ψευδώς θετικού αποτελέσματος δίνουν η σκουριά, κάποια άλατα μετάλλων, ο χαλκός, οι πατάτες και το χρένο. Για αυτό το λόγο, ακόμα και μια μέθοδος τόσο ευαίσθητη όπως η Kastle-Mayer θα πρέπει να συνδυάζεται και με άλλη μια χρωματική μέθοδο. Αυτή συνήθως είναι η δοκιμασία τετραμέθυλο-βενζιδίνης (TMB), που αν και δεν έχει την ευαισθησία της Kastle-Mayer, είναι ανώτερή της από άποψη ειδικότητας (Gefrides & Welch, 2006).

Εξίσου καλή επιλογή για συνδυασμό με την Kastle-Mayer είναι το test με πράσινο του λευκομαλαχίτη. Ο Λευκομαλαχίτης ($C_{23}H_{26}N_2$) παρουσία αιμοσφαιρίνης οξειδώνεται σε προϊόν μπλε-πράσινου χρώματος (National Forensic Science Technology Center, n.d.). Ακόμα και ο συνδυασμός δύο μεθόδων δεν μπορεί να επιβεβαιώσει την παρουσία αίματος. Θετικές αντιδράσεις υποδηλώνουν την παρουσία αίματος, δεν την αποδεικνύουν (Bates, 2018).

Αν και οι παραπάνω δοκιμασίες είναι εύκολες στην εκτέλεσή τους και πρακτικές, έχουν ένα μεγάλο μειονέκτημα. Σε κάθε περίπτωση που υπάρχει η υποψία παρουσίας αίματος στη σκηνή αυτή θα πρέπει να επιβεβαιώνεται ή να διαψεύδεται. Τι γίνεται όμως όταν προκύπτει η ανάγκη ελέγχου μεγάλων επιφανειών όπου δεν υπάρχουν εμφανείς κηλίδες αίματος;

Την απάντηση σε αυτό το ερώτημα δίνει η πασίγνωστη, ακόμα και στο ευρύ κοινό δοκιμασία **λουμινόλης**, η οποία ανήκει στις δοκιμασίες χημειοφωταύγειας. Η λουμινόλη ή αλλιώς 5-αμινο-2,3-διυδρο-1,4-φθαλαζινεδιόνη (BIOXHMIKOS) με χημικό τύπο $C_8H_7N_3O_2$ (National Center for Biotechnology Information) ψεκάζεται στην επιφάνεια ενδιαφέροντος. Μετά από λίγο παρατηρείται επί παρουσία αίματος η παραγωγή

φωτός η οποία πρέπει να φωτογραφίζεται άμεσα καθώς δεν είναι μόνιμη. Με τον ίδιο τρόπο λειτουργεί και η λιγότερο γνωστή φλουορεσκεΐνη (Gefrides & Welch, 2006).

Αν και η λουμινόλη δεν παρεμποδίζει τις περεταίρω δοκιμές στις οποίες θα υποβληθεί το δείγμα, η αραίωση στην οποία υποβάλουμε ένα ήδη μικρό δείγμα είναι ένας παράγοντας που θα πρέπει να λάβουμε υπόψη (Gefrides & Welch, 2006), ενώ ψευδώς θετικά υπάρχουν στις ίδιες περιπτώσεις όπως και στην αντίδραση φαινολοφθαλεΐνης (σκουριά, άλατα μετάλλων, χαλκός, πατάτες και χρένο) με την προσθήκη των καθαριστικών και κυρίως της χλωρίνης (Jonathan I. Creamer, 2005).

Ζωικό Αίμα

Οι παραπάνω αντιδράσεις δεν είναι ειδικές για ανθρώπινο αίμα, αίμα ζωικής προέλευσης δίνει επίσης θετικές αντιδράσεις. Συνήθως δεν ζητείται να αποδειχθεί η προέλευση του αίματος, εκτός αν υπάρχουν υποψίες για παρουσία ζωικού αίματος στο πεδίο. Πλέον οι δοκιμασίες είναι γρήγορες και ακριβείς (Gefrides & Welch, 2006).

Ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ανοσοπροσδιορισμού. Ανθρώπινο αίμα (αντιγόνο) εγχέεται σε ζώο υπό μορφή γαλακτώματος. Ως αποτέλεσμα το ζώο αυτό αναπτύσσει αντισώματα έναντι του ανθρώπινου αίματος, τα οποία απομονώνονται από τον ορό του και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αντιδραστήριο (Σαραντινού, 1989).

Σε μια διαδικασία που ονομάζεται διπλή ανοσοδιάχυση ή μέθοδος Ouchterony διαλύματα αντιγόνων και αντισωμάτων τοποθετούνται σε αντικριστά φρεάτια σε πηκτώμα, εάν υπάρχει χημική συγγένεια μεταξύ αντιγόνου και αντισώματος, ανάμεσα στα φρεάτια θα σχηματιστεί μια ζώνη ιζηματικής (Καρκαλούσος, 2016). Το 1901 ένας Γερμανός επιστήμονας χρησιμοποίησε για πρώτη φορά αυτή την τεχνολογία σε εγκληματολογικό περιβάλλον, η μέθοδος πήρε το όνομά του και είναι γνωστή σαν μέθοδος Uhlenhuth (American Forensics, n.d.).

Βέβαια, σήμερα στο εμπόριο κυκλοφορούν έτοιμα kits για την διαπίστωση της προέλευσης του αίματος. Η χρήση τους είναι απλή καθώς το μόνο που χρειάζεται είναι να φορτώσουμε το δείγμα στο ειδικό πηγαδάκι της συσκευής rapid test. Μερικά τέτοια παραδείγματα είναι το ABA card και το HemaTrance (Li, 2008).

Ομάδες αίματος

Πριν την ανάλυση του DNA οι ομάδες αίματος ήταν ο μόνος τρόπος να ξεχωρίσουμε εάν δύο λεκέδες αίματος προέρχονται από διαφορετικά άτομα. (Gefrides & Welch, 2006) Οι ομάδες αίματος είναι από τους πρώτους ανθρώπινους πολυμορφισμούς που ανακαλύφθηκαν και εδώ και πάνω από εκατό χρόνια έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της ιατρικής. (Dean, 2005) (World Health Organization (WHO) and United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), 2015)

Το αίμα είναι το βασικότερο σωματικό υγρό για τη ζωή των ανθρώπων και των ζώων. Τα κύτταρα του αίματος αιωρούνται στο πλάσμα το οποίο αποτελεί το 55% του αίματος. Το αίμα ταξινομείται σε διάφορες ομάδες ανάλογα με τα αντιγόνα που έχουν τα ερυθροκύτταρα. Οι ομάδες αίματος είναι κληρονομικές και αντιπροσωπεύουν τις ομάδες

αίματος και των δυο γονέων. Για την ταυτοποίηση τους χρησιμοποιείται το σύστημα ABO, το οποίο ανιχνεύει τα αντιγόνα A, B και O και κατατάσσει το αίμα στις ομάδες A, B, AB και O αντίστοιχα και το σύστημα Rhesus το οποίο ανιχνεύει το αντιγόνο Rhesus στα ερυθροκύτταρα.

Στις σκληρές εγκλήματος είναι πολύ πιθανό να βρεθεί αίμα που ανήκει στο θύμα ή στο δράστη ή και στους δυο. Μέσα από την εξέταση των ομάδων αίματος ο ορολόγος θα προσδιορίσει ποιο αίμα ανήκει σε ποιόν. Η ταυτοποίηση του είναι ένα πολύ ισχυρό στοιχείο στις εγκληματικές υποθέσεις ενώ παράλληλα βοηθάει την υπόλοιπη ομάδα ώστε να λύσει το μυστήριο και να εντοπίσει το δράστη (Minari & Mgbada , 2014).

Η ανακάλυψη των ομάδων αίματος είναι από τις στιγμές που έφεραν στο προσκήνιο μια νέα εποχή για την επιστήμη της εγκληματολογίας και έτσι, κατά τη δεκαετία του 60 οι επιστήμονες μπορούσαν να αποκλείσουν ότι ένα δείγμα αίματος άνηκε σε έναν συγκεκριμένο άνθρωπο. Για παράδειγμα, εάν μια κηλίδα αίματος είναι A ομάδας, τότε αυτή αποκλείεται να προέρχεται από έναν άνθρωπο που έχει B ή AB ομάδα αίματος. Δυστυχώς όμως, δεν είναι δυνατόν να αποδειχτεί το αντίθετο, ότι δηλαδή, ένα συγκεκριμένο δείγμα προέρχεται από έναν συγκεκριμένο άνθρωπο, εάν συμπίπτουν οι ομάδες αίματος (Harbison, 2016). Με άλλα λόγια, μια ταυτόσημη ομάδα αίματος δίνει μόνο μια στατιστική πιθανότητα, δεν είναι σε καμία περίπτωση τεκμήριο.

Ο όρος «ομάδα αίματος» παραπέμπει όπως είναι φυσικό στο αίμα, όμως το αίμα δεν είναι το μόνο σωματικό υγρό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Οι Cecka et al αναφέρουν χαρακτηριστικά «Η ταυτοποίηση της ομάδας αίματος από δείγματα αποξηραμένου αίματος , πτύελα, σπέρμα και κολπικές εκκρίσεις είναι μια συνηθισμένη διαδικασία σε ένα εγκληματολογικό εργαστήριο» (CECKA, et al., 1986). Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη ενός γονιδίου, που χωρίζει τους ανθρώπους σε εκκριτικούς τύπους και μη-εκκριτικούς. Το γονίδιο αυτό κληρονομείται με αυτοσωμικό επικρατή χαρακτήρα (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2009). Στα σωματικά υγρά, λοιπόν, των εκκριτικών τύπων (σπέρμα, κολπικές εκκρίσεις, ιδρώτας), οι οποίοι μπορεί να αποτελούν και το 80% ενός πληθυσμού, ανιχνεύονται διαλυτά αντιγόνα A ή B ανάλογα με την ομάδα αίματός τους. Η συγκέντρωση φαίνεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή στο σπέρμα, εάν και η ανάλυσή του είναι περίπλοκη και απαιτεί το δείγμα να είναι πρόσφατο και σε ικανή ποσότητα (Metgud, et al., 2016).

Ωστόσο σήμερα, οι ομάδες αίματος δεν χρησιμοποιούνται πλέον για την ταυτοποίηση των θυμάτων, το αίμα όμως παραμένει ένα από τα πολυτιμότερα στοιχεία από εγκληματολογική άποψη. Χάρη στην εξέλιξη της επιστήμης και του DNA οι δράστες

ταυτοποιούνται βάση αυτού. Το δείγμα είναι προτιμότερο να λαμβάνεται με τη μέθοδο του διπλού επιχρίσματος ή τη μέθοδο νάιλον, η οποία έχει καλύτερα αποτελέσματα (Ferreira-Silva, et al., 2018).

Τρίχες

Οι ερευνητές συχνά βρίσκουν τρίχες στο τόπο ενός εγκλήματος. Οι άνθρωποι έχουν κατά μέσο όρο 100.000 τρίχες, οι οποίες καλύπτουν σχεδόν όλα τα σημεία του σώματος τους. Οι τρίχες συνεχώς ανανεώνονται, καθώς ο άνθρωπος καθημερινά χάνει 100 περίπου τρίχες ενώ ταυτόχρονα ανανεώνονται στο κορμί του άλλες τόσες.

Η ενδεδειγμένη αξιολόγηση των τριχών που βρίσκονται στο χώρο ενός εγκλήματος, μέσα από την ανάλυση του DNA είναι απαραίτητη. Σε περιπτώσεις θυμάτων σεξουαλικής κακοποίησης είναι πολύ πιθανό να βρεθεί πάνω στο σώμα τους ή στα ρούχα τους τρίχα του δράστη, η οποία συνεπώς αποδεικνύει και την πράξη του. Σε περιπτώσεις πάλης, τα άτομα που ανταγωνίζονται φέρουν συχνά τρίχες του αντιπάλου τους στο σώμα τους ή στα ρούχα τους. Η δομή των μαλλιών εξετάζεται εύκολα είτε μελετώντας ολόκληρες τρίχες ελαφρώς τραβηγμένες ή βίαια απομακρυσμένες από το τριχωτό της κεφαλής, είτε διενεργώντας βιοψίες του τριχωτού της κεφαλής (διατομή κάθετα ή εγκάρσια). Τα ανατομικά χαρακτηριστικά θα είναι διαφορετικά ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται η εκάστοτε τρίχα (Caire & Sano, 2016).

Δεδομένου ότι ο εγκληματολόγος μπορεί να κληθεί να μελετήσει τη δομή και τα χαρακτηριστικά μιας τρίχας, είναι χρήσιμο να γνωρίζει τα βασικά ανατομικά της χαρακτηριστικά. Έχουμε λοιπόν τα εξής σε τρία μέρη, την μυελώδη ουσία, τη φλοιώδη ουσία και το περιτοίχιο. Μελετώντας τα ανωτέρω μέρη ο ερευνητής ξεχωρίζει εύκολα εάν πρόκειται για τρίχα ζωικής ή ανθρώπινης προελεύσεως, είναι ακόμα δυνατό να πάρουμε πληροφορίες για τη φυλή, το μέρος του σώματος από το οποίο είναι πιθανό να προέρχονται και εάν έχουν υποστεί κάποια χημική επεξεργασία (για παράδειγμα βαφή). Πολύ χρήσιμη είναι και η ταυτόχρονη μικροσκόπηση- σύγκριση του αγνώστου δείγματος με ένα γνωστό χρησιμοποιώντας ένα ειδικό μικροσκόπιο σύγκρισης (Bureau of Criminal Apprehension, 2019).

Η ρίζα της τρίχας βρίσκεται στο εσωτερικό του θύλακα, ο οποίος συνδέεται με την παροχή αίματος μέσω των τριχοειδών του δέρματος. Επομένως οποιαδήποτε ουσία μεταφέρεται στο σώμα μέσω του αίματος περνάει και στα μαλλιά. Αυτός λοιπόν είναι και ο λόγος που οι τρίχες είναι γνωστές και ως σύμπλοκα πολυμερή με σταυροειδείς δεσμούς.

Πέρα από τα εξωτερικά χαρακτηρίστηκα της τρίχας, όπως είναι το μήκος και το χρώμα της αξιολογούνται και τα δομικά της στοιχεία, τα οποία είναι αυτά που αποδεικνύουν την ενοχή ή την αθώωση ενός υπόπτου. Η εξέταση της δομής της τρίχας όπως αναφέρθηκε παραπάνω γίνεται πέρα από τις μοριακές εξετάσεις και μέσα από της εξέταση τους με μικροσκόπιο. Με το μικροσκόπιο φαίνονται τα χαρακτηρίστηκα της τρίχας και ο ερευνητής μπορεί να διαπιστώσει το ακριβές χρώμα και πάχος της και να εξακριβώσει αν αυτή προέρχεται από άνθρωπο, ζώο ή αν τελικά είναι ίνα κάποιου ρούχου.

Το μέγεθος των θυλακίων θα ποικίλει επίσης, από τα λεπτά μαλλιά vellus έως τα μακρά, παχιά μαλλιά της κεφαλής. Κάθε θυλάκιο μπορεί να χωριστεί σε ξεχωριστές περιοχές οι οποίες είναι ο βολβός, η ζώνη suprabulbar, και ο ισθμός. Οι τρίχες αυξανόμενης δραστηριότητας (anagen) χαρακτηρίζονται από μια μήτρα μαλλιών που περιβάλλει μια δερματική θηλή. Οι εσωτερικές και οι εξωτερικές θήκες ριζών είναι παρούσες και καλά ανεπτυγμένες.

Η δειγματοληψία τριχών από το κεφάλι είναι πολύ σημαντική για την ανίχνευση σημαντικών στοιχείων. Σε τέτοιες περιπτώσεις το δείγμα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε στη συνεχεία μέσω της μικροσκόπησης να βρεθεί η κατάλληλη τρίχα για την έρευνα. Εάν υπάρχει η δυνατότητα λαμβάνονται πολλές τρίχες ώστε να μπορεί να γίνει σωστά η σύγκριση. Στη συνέχεια οι τρίχες τοποθετούνται σε αντικειμενοφόρους πλάκες και από πάνω τους τοποθετείται μια σταγόνα κεδρέλαιο. Στο μικροσκόπιο γίνονται φανερές όλες οι αντιθέσεις στη δομή στο μήκος της τρίχας.

Οι τρίχες εξάγονται από το κεφάλι με δυο μεθόδους, η πρώτη είναι η λεγόμενη «απαλή» και η διαδικασία γίνεται με κλείδωμα των μαλλιών μεταξύ του άκρου και του δείκτη. Η δεύτερη ονομάζεται «βίαιη αποτρίχωση» (Sperling, 1991) και όπως υποδηλώνει το όνομά της περιλαμβάνει τη βίαιη εξόρυξη των τριχών από το κεφάλι. Η βίαιη αποτρίχωση συμβαίνει κατά τη διάρκεια της πάλης μεταξύ δυο ατόμων με αποτέλεσμα να ξεριζωθούν πολλές τρίχες μαζί που ανήκουν στο θύμα ή το δράστη. Στο εργαστήριο είναι προτιμότερο να αναλυθούν τρίχες που ξεριζώθηκαν είτε έπεσαν φυσιολογικά από το κεφάλι παρά λουσμένες τρίχες καθώς δεν θα έχουν επαρκή DNA πάνω τους. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις στα θυλάκια των τριχών πέρα από DNA που υπάρχει στον ιστό, βρίσκονται και όλες οι ουσίες που κυκλοφορούν στο σώμα. Ωστόσο, αρμόζει να αναφερθεί ότι υπάρχει 11% λάθους στην εξέταση των τριχών (Bates, 2013).

Στις περιπτώσεις που γίνεται βιοψία του κεφαλιού, εξετάζονται πολύ προσεκτικά τα θυλάκια των τριχών για τυχόν φλεγμονές ή δερματοπάθειες. Αν και βιοψία είναι 4 mm το δείγμα μπορεί να περιέχει πολυάριθμες τρίχες (20 έως 30) στο φυσιολογικό τριχωτό

της κεφαλής, μόνο μερικά από αυτά θα βρίσκονται στο επίπεδο της λεπίδας μικροτόμου. Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM) είναι ένα πρόσθετο ερευνητικό εργαλείο για την εξέταση της ανατομίας των μαλλιών και δεν είναι διαθέσιμη στις περισσότερες κλινικές καταστάσεις και τα εργαστήρια. Το SEM μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς μελετά τις ανωμαλίες του άξονα των τριχών (Sperling, 1991).

Σε περίπτωση που θα χρειαστεί να γίνει μοριακή ανάλυση σε δείγμα τριχών, πρόσφατα ξεριζωμένες τρίχες αποτελούν καλύτερο δείγμα (Γεωργίου, 2008). DNA μπορεί να απομονωθεί από τη ρίζα της τρίχας, γύρω από την οποία ευρίσκονται επιθηλιακά κύτταρα που έχουν παρασυρθεί από το θύλακα της και από τον άξονα της τρίχας, βέβαια σε αυτή την περίπτωση είναι πιο πιθανό να απομονωθεί μιτοχονδριακό DNA (Ψαρούλης, 2018).

Οστά

Για την εγκληματολογία η εύρεση οστών ή θραυσμάτων αυτών αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο για την έρευνα. Τα οστά χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση του θύματος μέσω μοριακού ελέγχου, την ανακατασκευή των γεγονότων και τον προσδιορισμό της αιτίας θανάτου. Ακόμα βοηθούν τους παθολογοανατόμους να σχηματίσουν το βιολογικό (αρρώστια, υποσιτισμός) και το κοινωνικό (ενδοοικογενειακή βία) προφίλ του θύματος βάσει συγκεκριμένων ανατομικών χαρακτηριστικών και αλλοιώσεών τους (Walsh-Haney, 2002).

Ιδιαίτερης σημασίας είναι η **χημική σύσταση των οστών καθώς αντικατοπτρίζει τον τρόπο ζωής του θανόντος** και αποτελεί ένα τρόπο να προσδιοριστεί η καταγωγή του, το φύλο του και η φυλή. Η απομόνωση DNA είναι αρκετά δύσκολη αν και είναι εφικτή σε περίπτωση που τα οστά είναι προφυλαγμένα από ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Σχεδόν αδύνατη είναι η απομόνωση DNA σε οστά που έχουν καεί (Bizzarre, 2018).

Τα οστά είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στο χρόνο και έτσι, μια από τις σημαντικότερες ερωτήσεις που προκύπτουν είναι πότε πέθανε ο κάτοχός τους. Εδώ είναι που η εγκληματολογία συναντάει την αρχαιολογία. Τα πρόσφατα οστικά απομεινάρια φθορίζουν κάτω από υπεριώδες φως, ενώ οστά που δεν φθορίζουν είναι παλαιότερα των εκατό χρόνων (Bates, n.d.).

Άλλες δοκιμές που μπορούν να γίνουν για την διαπίστωση της παλαιότητας είναι η μέτρηση του αζώτου. Τα πιο πρόσφατα κόκαλα διατηρούν κάποιες από της πρωτεΐνες

τους και με μία μέτρηση θα δούμε ότι περιέχουν έως και το 4% του βάρους τους σε άζωτο. Με τον καιρό οι πρωτεΐνες των οστών θα διασπαστούν και το άζωτο θα ελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα. Αντίθετα το φθόριο και το ουράνιο δεν βρίσκονται στα ανθρώπινα οστά, βρίσκονται όμως συχνά στο περιβάλλον στο ποίο μπορεί να βρεθούν τα οστά. Αυτά τα δύο στοιχεία απορροφούνται από τα οστά, με συνέπεια η συγκέντρωσή τους στα κόκαλα να είναι περίπου ανάλογη με το χρόνο τον οποίο τα κόκαλα αυτά βρίσκονται στη συγκεκριμένη περιοχή (Bates, n.d.) (Beta Analytic, n.d.).

Για πολύ παλιά δείγματα, η μέθοδος εκλογής είναι η επεξεργασία με Άνθρακα-14. Ο Άνθρακας-14 είναι ένα ισότοπο του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα σε πολύ μικρές ποσότητες. Ο πυρήνας του ισότοπου αυτού αποτελείται από έξι πρωτόνια και οκτώ νετρόνια και είναι ιδιαίτερα ασταθείς, σταδιακά λοιπόν μια ορισμένη ποσότητα άνθρακα-14 θα αποσυντεθεί και θα εξαλειφτεί με ρυθμό που είναι ανάλογος του χρόνου ημιζωής του μορίου. Γνωρίζουμε ότι ο χρόνος ημιζωής του άνθρακα-14 είναι λίγο πάνω από τα 5000 χρόνια. Επομένως εάν γνωρίζουμε και την αρχική συγκέντρωσή του σε ένα δείγμα είναι εύκολο να υπολογίσουμε την ηλικία του.

Ο άνθρακας-14 υπάρχει σε συγκεκριμένη ποσότητα στην ατμόσφαιρα που ανά τους αιώνες είναι σταθερή, καθώς οφείλεται στις κοσμικές ακτίνες που χτυπούν την ατμόσφαιρα. Ο άνθρακας αυτός λοιπόν απορροφάται από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση και έτσι εισέρχεται στην τροφική αλυσίδα από όπου και περνάει στα ζώα και στον άνθρωπο. Ο άνθρωπος βέβαια, λόγω του μεταβολισμού αποβάλλει άνθρακα μέσω της αναπνοής, αυτό είναι που διατηρεί τη συγκέντρωση του Άνθρακα-14 σταθερή κατά τη ζωή. Μετά το θάνατο, όμως, ο μεταβολισμός παύει κάτι που μας επιτρέπει τη χρονολόγηση βάσει της συγκέντρωσης του Άνθρακα-14 μια οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Αυτή η τεχνική, προτάθηκε το 1946 από τον Φυσικό Willard Libby και έφερε στο προσκήνιο μια νέα εποχή για την αρχαιολογία, μάλιστα ο Libby βραβεύτηκε για αυτή του τη θεωρία με βραβείο Νόμπελ το 1960 (American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks, n.d.).

Τον Σεπτέμβριο του 1991 ένας Γερμανός τουρίστας ανακάλυψε στις Άλπεις το πτώμα ενός ανθρώπου και άμεσα ειδοποίησε τις τοπικές αρχές. Το πτώμα φαινόταν να έχει υποστεί μουμιοποίηση και μετά από πολλαπλές αποτυχημένες προσπάθειες μετακίνησης η σορός μεταφέρθηκε στο εγκληματολογικό εργαστήριο υπό την επίβλεψη εγκληματολόγου. Ο ιατροδικαστής δεν κατάφερε να προσδιορίσει το χρόνο θανάτου, ήταν όμως προφανές ότι πρόκειται για άνδρα, ετών 25 - 30 χωρίς προφανή ασθένεια. Η αρχική υπόθεση ήταν ότι πρόκειται για κάποιον ορειβάτη που υπέκυψε στις καιρικές συνθήκες, όμως οι

ακτινογραφίες αποκάλυψαν θραύσματα από βέλη στον ώμο του. Ταυτόχρονα, στη σκηνή βρέθηκαν ένα τσεκούρι, ένα μαχαίρι φτιαγμένο από πέτρα και κομμάτια από ένα τόξο, ευρήματα που κίνησαν την περιέργεια των ειδικών. Ύστερα από χρονολόγηση με Άνθρακα-14 η ηλικία του πτώματος υπολογίστηκε στα 5000 χρόνια! Αυτή η σορός ονομάστηκε Ότζι και αποτελεί την αρχαιότερη διατηρημένη σορό ανθρώπου που έχει βρεθεί. Πλέον φυλάσσεται στο μουσείο South Tyrol Museum of Archaeology της πόλης Μπολτσάνο της Ιταλίας (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2019) (South Tyrol Museum of Archaeology, n.d.).

Ίνες ρούχων

Ίνες ορίζονται οι μικρότερες μονάδες ενός υφάσματος που έχουν μήκος πολλές φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρό του. Μια ίνα μπορεί να συνδεθεί με άλλες ίνες για να σχηματίσει ένα νήμα το οποίο χρησιμοποιείται στο πλέξιμο αλλά και υφαίνεται για να σχηματίσει ένα ύφασμα. Το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη μια ίνα, ο τύπος της μεθόδου περιστροφής και η περεταίρω επεξεργασία του υφάσματος επηρεάζουν όλα το χαρακτήρα της ίνας και μικροσκοπικά της προσδίδουν ιδιομορφίες που αποτελούν πηγή πιθανών συγκρίσεων.

Στον κόσμο υπολογίζεται ότι παράγονται περίπου 80 δισεκατομμύρια λίβρες υφάσματος και από το 1995 μέχρι σήμερα, περίπου το ήμισυ παράγεται από βαμβάκι. Οι άλλες περίπου 44 δισεκατομμύρια λίβρες ίνας που κατασκευάζονται είναι συνθετικές. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι ο μεγάλος όγκος παραγόμενων ινών μειώνει τη σημασία μιας σύνδεσης ινών που ανακαλύφθηκε σε μια ποινική υπόθεση. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τον όγκο των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που παράγονται παγκοσμίως κάθε χρόνο, ο αριθμός αυτών που παράγονται με συγκεκριμένο, πανομοιότυπο τύπο και χρώμα ινών είναι εξαιρετικά μικρός. Η πιθανότητα δύο ή περισσότερων κατασκευαστών να αντιγράφουν επακριβώς όλες τις μικρές λεπτομέρειες του υφάσματος είναι εξαιρετικά μικρή (Lepot, et al., 2016).

Οι ίνες ρούχων είναι πολύ σημαντικές στις σκηνές εγκλήματος γιατί **μπορούν να προσδιορίσουν τα ακριβή ρούχα** του δράστη τη στιγμή του συμβάντος. Πολλοί επιστήμονες χρησιμοποιούν τις ίνες ως μέσο προσδιορισμού της φύσης του αντικειμένου που φορέθηκε και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι αρκετά χαρακτηριστικές ώστε να προσδιορίζουν αδιαμφισβήτητα τη μάρκα του ρούχου και επομένως τον κατασκευαστή. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτή η τεχνική είναι τόσο επιτυχημένη, ώστε μπορούν να εντοπιστούν ρούχα που είναι σπάνια ή και ειδικά κατασκευασμένα και έτσι

ένας κατάλογος πιθανών υπόπτων που σχεδιάζεται απλώς βάση του αριθμού των κομματιών που έχουν πουληθεί (Pawita , et al., 2016).

Τα ρούχα του θύματος, ή ίνες των ρούχων, μπορούν να εξεταστούν για μικροποσότητες σωματικού υγρού όπως αίμα, σπέρμα ή σάλιο και ενώ γίνεται αυτό, τα ρούχα ελέγχονται επίσης για τρίχες που δεν ταιριάζουν με εκείνες του θύματος. Οι ίνες που συγκεντρώνονται από μια σκηνή του εγκλήματος με λαβίδες ή απλές κολλητικές ταινίες. Γενικά προέρχονται από ρούχα, κουρτίνες, περούκες, χαλιά, έπιπλα και κουβέρτες. Για ανάλυση, προσδιορίζονται αρχικά ως φυσικά, παρασκευασμένα ή μείγμα και των δύο.

Ο αριθμός των ινών στα ρούχα ενός θύματος που αναγνωρίζονται ως ταιριαστά με τα ρούχα ενός ύποπτου είναι σημαντικός για τον προσδιορισμό της επαφής μεταξύ του θύτη και του θύματος. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ινών, τόσο πιο πιθανό είναι να έχει υπάρξει επαφή μεταξύ αυτών των ατόμων. Οι διασταυρούμενες ίνες είναι συχνό στοιχείο σε περιπτώσεις όπου υπήρχε επαφή πρόσωπο με πρόσωπο μεταξύ του θύτη και του θύματος (Ray, 2016).

Το πρόβλημα με τα στοιχεία των ινών είναι ότι οι ίνες δεν είναι μοναδικές σε αντίθεση με τα δακτυλικά αποτυπώματα ή το DNA, δεν μπορούν να εντοπίσουν έναν δράστη με απόλυτη σιγουριά ούτε να λειτουργήσουν ως ακράδαντα στοιχεία. Αν και συνεισφέρουν στην έρευνα και μπορεί να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην καταδίκη ενός ύποπτου πρέπει να συνδυαστούν και με άλλα στοιχεία.

Η εξέταση των ινών των ρούχων γίνεται κυρίως με μικροσκόπιο. Χρησιμοποιείται ένα σύνθετο μικροσκόπιο που το φως του ανακλάται από την επιφάνεια της ίνας και μεγεθύνεται μέσω μιας σειράς φακών. Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιείται το μικροσκόπιο σύγκρισης, στο οποίο δύο σύνθετα μικροσκόπια συνδέονται με μια οπτική γέφυρα και έτσι γίνεται ακριβέστερη αναγνώριση των χαρακτηριστικών και λεπτομερειών της ίνας. Το μικροσκόπιο αντίθεσης φάσης, αποκαλύπτει κάποια σημαντικά στοιχεία για τη δομή μιας ίνας που τα παραπάνω μικροσκόπια δεν μπορούν να δουν. Από την άλλη πλευρά τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια είτε χρησιμοποιούν στηρίγματα για να παρέχουν μια μεγάλη μεγεθυμένη εικόνα είτε αντανακλούν τα ηλεκτρόνια από την επιφάνεια του δείγματος. Ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης μετατρέπει τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια σε μια φωτογραφική εικόνα για εμφάνιση. Αυτό προσφέρει υψηλή ανάλυση και εις βάθος εστίαση στην ίνα (Prego & García-Ruiz, 2016).

Μια άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται για την ανάλυση των ινών είναι το φασματόμετρο. Το φασματόμετρο, μέσα από το διαχωρισμό του φωτός σε μήκη κύματος συνιστωσών ξεχωρίζει τα συστατικά μέρη της κάθε ίνας. Με το πέρασμα του φωτός μέσα

από ένα φάσμα, ο αναλυτής μπορεί να διαβάσει τις γραμμές που προκύπτουν, τις λεγόμενες «γραμμές απορρόφησης». Δηλαδή, τα συγκεκριμένα μήκη κύματος είναι χαρακτηριστικά των συστατικών μορίων μιας ουσίας. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται το μικρό-φασματοφωτόμετρο. Το όργανο αυτό αποτελείται από ένα μικροσκόπιο που εντοπίζει μικρά ίχνη και δείχνει πώς αλληλοεπιδρά το φως με το υπό ανάλυση υλικό. Η σύνδεση αυτού με ένα ηλεκτρονικό φασματοφωτόμετρο αυξάνει την ακρίβεια της ανάλυσης. Ο επιστήμονας μπορεί ταυτόχρονα να έχει ένα μεγεθυμένο οπτικό και ένα υπέρυθρο μοτίβο, πράγμα που αυξάνει τον αριθμό χαρακτηριστικών ταυτοποίησης οποιουδήποτε δεδομένου υλικού (Appalanen, 2013).

Σε αυτό το σημείο θα αναλυθούν τα είδη των ινών των ρούχων που υπάρχουν. Υπάρχουν δυο ειδών ίνες οι φυσικές ίνες που προέρχονται από φυτά (κυρίως βαμβάκι) ή από ζώα (μαλλί ή μετάξι) και οι ίνες που παράγονται είναι συνθετικά υλικά όπως ο πολυεστέρας, το ακρυλικό και το νάιλον, τα οποία αποτελούνται από μεγάλες αλυσίδες μορίων που ονομάζονται πολυμερή. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις ίνες ρούχων μπορούν να εντοπιστούν και θραύσματα ορυκτών, όπως οι υαλοίνες.

Οι φυσικές ίνες έχουν προέλευση είτε φυτική είτε ζωική και χρησιμοποιούνται στην παραγωγή υψηλής ποιότητας υφασμάτων. Οι ίνες βαμβακιού είναι οι φυτικές ίνες που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε υφαντικές ύλες ενώ ο τύπος του βαμβακιού, το μήκος των ινών και ο βαθμός συστροφών του συμβάλλουν στην ποικιλία των ινών και της ποιότητας τους. Βέβαια οι ίνες βαμβακιού δεν αποτελούν αγαπημένο εύρημα για την εγκληματολογία καθώς χημικά είναι όλες πανομοιότυπες, αποτελούνται δηλαδή όλες από κυτταρίνη. Άλλοι τύποι φυτικών ινών προέρχονται από λινάρι (λινό), ραμί, σιζάλ, γιούτα, κάνναβη, καπός και κοκοφοίνικα. Η ταυτοποίηση των λιγότερο κοινών φυτικών ινών σε μια σκηνή εγκλήματος ή στα ρούχα ενός ύποπτου ή θύματος έχει αυξημένη βαρύτητα καθώς θεωρείται σημαντικό στοιχείο εξαιτίας της σπανιότητας του.

Το μαλλί είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο προϊόν στην παραγωγή υφαντικών υλών με τις πιο κοινές ίνες από μαλλί να προέρχονται από πρόβατα. Στη παραγωγή ρούχων χρησιμοποιούνται υψηλής ποιότητας λεπτές ίνες μαλλιού ενώ οι ίνες που βρίσκονται σε ένα χαλί για παράδειγμα είναι πιο παχιές. Αν και το μαλλί προβάτου είναι πιο συνηθισμένο, μπορούν επίσης να βρεθούν μάλλινες ίνες από άλλα ζώα όπως καμήλα, αλπακά, κασμίρ, και μοχέρ. Η ταυτοποίηση λιγότερο συνηθισμένων ζωικών ινών σε μια σκηνή εγκλήματος ή στα ρούχα ενός ύποπτου ή θύματος θα έχει εξίσου αυξημένη βαρύτητα.

Περισσότερο από το ήμισυ όλων των ινών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή υφαντικών υλικών είναι κατασκευασμένες χειροποίητα από τον άνθρωπο. Ορισμένες τεχνητές ίνες προέρχονται από φυσικά υλικά όπως το βαμβάκι ή το ξύλο ενώ οι υπόλοιπες προέρχονται από συνθετικά υλικά. Οι ίνες πολυεστέρα και νάιλον είναι οι συνηθέστερες τεχνητές ίνες, ακολουθούμενες από ακρυλικά και ρεγιόν. Η ποσότητα παραγωγής μιας συγκεκριμένης τεχνητής ίνας και η τελική της χρήση επηρεάζουν το βαθμό σπανιότητάς της (Ταο, 2001).

Οι τεχνητές ίνες έχουν συγκεκριμένα τεχνητά χαρακτηρίστηκα ανάλογα με τον κάθε κατασκευαστή, τα μηχανήματα και τις βαφές που αυτός χρησιμοποιεί. Ορισμένες διατομές είναι πιο συχνές από άλλες, και ορισμένα σχήματα μπορούν να παραχθούν μόνο για σύντομο χρονικό διάστημα, δίχως δηλαδή να έχουν μεγάλη αντοχή. Οι ασυνήθιστες διατομές που συναντώνται μέσω της εξέτασης μπορούν να προσθέσουν αυξημένη σημασία σε μια ένωση ινών (Brooks, 2012).

Οι ερευνητές παίρνουν μόνο έναν περιορισμένο αριθμό ινών για να επεξεργασία στο εργαστήριο ενώ τις περισσότερες φορές έχουν στη διάθεση τους να ερευνήσουν μονάχα μια ίνα. Ότι στοιχείο έχει συγκεντρωθεί από τη σκηνή εγκλήματος συγκρίνεται στη συνέχεια με τις ίνες από μια ύποπτη πηγή, όπως ένα αυτοκίνητο ή ένα σπίτι. Οι ίνες τοποθετούνται δίπλα-δίπλα για οπτική επιθεώρηση μέσω μικροσκοπίου απλού ή μικροσκοπίου σύγκρισης. Το χρονικό διάστημα μεταξύ της πραγματικής φυσικής επαφής και της συλλογής ειδών ένδυσης από τον ύποπτο ή το θύμα είναι πολύ σημαντικό. Εάν το θύμα είναι ακίνητο, θα υπάρξει πολύ μικρή απώλεια ινών, ενώ το ρούχο του ύποπτου θα χάσει γρήγορα μεταφερθείσες ίνες. Η πιθανότητα να βρεθούν μεταφερόμενες ίνες στα ρούχα του ύποπτου μια ημέρα μετά την εικαζόμενη επαφή είναι μικρή, ειδικά εάν ο ύποπτος έχει λάβει μέτρα για την απομάκρυνση των στοιχείων ή έχει πλύνει τα ρούχα του.

Το πρώτο βήμα στην ανάλυση των ινών είναι η σύγκριση του χρώματος και της διαμέτρου. Οι χρωστικές μπορούν επίσης να αναλυθούν περαιτέρω με χρωματογραφία η οποία χρησιμοποιεί διαλύτες για τον διαχωρισμό των χημικών συστατικών της χρωστικής ουσίας και φασματομετρία μάζας. Το χρώμα επηρεάζει το αποτέλεσμα που δίδεται σε μια αναγνώριση ινών. Συχνά χρησιμοποιούνται αρκετές βαφές για να δώσουν στην ίνα το επιθυμητό χρώμα. Οι μεμονωμένες ίνες μπορούν να χρωματιστούν πριν κατασκευαστούν σε νήματα. Τα νήματα μπορούν να βαφτούν και τα υφάσματα που κατασκευάζονται από αυτά επίσης. Το χρώμα μπορεί να εφαρμοστεί στην επιφάνεια του υφάσματος, όπως βρίσκεται στα τυπωμένα υφάσματα. Ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται το χρώμα και απορροφάται κατά μήκος της ίνας είναι σημαντικά χαρακτηριστικά σύγκρισης. Η

εξασθένηση των χρωμάτων και ο αποχρωματισμός μπορούν επίσης να προσδώσουν αυξημένη αξία σε μια ένωση ινών (Was-Gubała, 2009).

Οι ίνες πρέπει πρώτα να εξεταστούν με στερεοσκοπικό μικροσκόπιο. Πρέπει να σημειωθούν τα φυσικά χαρακτηριστικά όπως πτύχωση, μήκος, χρώμα, σχετική διάμετρος, λάμψη, φαινομενική διατομή, βλάβη και τα υπολείμματα. Στη συνέχεια οι ίνες ταξινομούνται προσωρινά σε ευρείες ομάδες, όπως συνθετικές, φυσικές ή ανόργανες. Εάν το δείγμα περιέχει νήματα ή τμήματα υφάσματος, πρέπει να καταγραφεί η κατασκευή. Οι συγκρίσεις πρέπει να γίνονται υπό τις ίδιες συνθήκες φωτισμού στις ίδιες μεγεθύνσεις. Για τα μικροσκόπια σύγκρισης, αυτό απαιτεί την εξισορρόπηση των χρωμάτων των πηγών φωτός. Αυτό επιτυγχάνεται καλύτερα με δύο ίνες ή δείγματα ινών από την ίδια πηγή τοποθετημένες σε δύο διαφάνειες μικροσκοπίου, οι οποίες στη συνέχεια συγκρίνονται σε ένα ισορροπημένο ουδέτερο χρώμα φόντου. Εάν όλα τα χαρακτηριστικά είναι τα ίδια κάτω από το στερεοσκόπιο, το επόμενο βήμα είναι να εξεταστούν οι ίνες με ένα μικροσκόπιο σύγκρισης. Αυτή η εξέταση δίπλα-δίπλα και κατά σημείο - σημείο αποτελεί την καλύτερη τεχνική για τη διάκριση μεταξύ των ινών, ιδιαίτερα εκείνων που φαίνεται να είναι παρόμοιες.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των ευρεθεισών ινών πρέπει να συγκρίνονται οπτικά με το μικροσκόπιο σύγκρισης για να διαπιστωθεί εάν είναι τα ίδια στα γνωστά και ερωτηθέντα σημεία. Συνιστάται, μέσα από τη φωτογράφιση να καταγράφει τις χαρακτηριστικές δυνατότητες για μεταγενέστερη επίδειξη.

Συνοψίζοντας, κατά τη σύγκριση ινών ο ερευνητής συγκρίνει το σχήμα, την περιεκτικότητα σε χρώματα, το μέγεθος, τη χημική σύνθεση και τις μικροσκοπικές ιδιαιτερότητες, ωστόσο όλα αυτά εξακολουθούν να μην είναι αρκετά για να αποδείξουν πέραν κάθε αμφιβολίας την ενοχή. Ακόμη και αν οι ίνες από δύο χωριστά μέρη μπορούν να συνδυαστούν μέσω σύγκρισης, αυτό δεν σημαίνει ότι προέρχονται 100% από την ίδια πηγή και δεν υπάρχει βάση δεδομένων για τις ίνες που να παρέχει πιθανότητα προέλευσης. Η θέση των ινών σε διαφορετικές περιοχές του σώματος ή σε συγκεκριμένα αντικείμενα στη σκηνή του εγκλήματος επηρεάζει τη σημασία της σύνδεσης των ινών (Lepot, et al., 2016).

Σκόνη

Η σκόνη είναι ένα σημαντικό στοιχείο για την εγκληματολογία. Τα ρούχα μετά την έκθεση τους σε συγκεκριμένο χώρο αποκτούν ίχνη από αυτόν, τα οποία μπορεί να οφείλονται σε μηχανές, σε εκρηκτικά, σε ουσίες ή σε πούδρες και καλλυντικά. Λόγω της μόλυνσης του

περιβάλλοντος και της ατμόσφαιρας είναι σύνηθες τα ρούχα να έχουν ίχνη σκόνης μετά από μια έξοδο. Σήμερα γίνεται προσπάθεια για να αναπτυχθούν νέοι μηχανισμοί ανίχνευσης της σκόνης. Σε πολλές εγκληματικές σκηνές, αποτελεί το στοιχείο που μπορεί να δείξει την ακριβή θέση των ατόμων μέσα σε ένα χώρο αλλά και να δώσει πληροφορίες για το μέρος που ήταν προηγουμένως το θύμα ή ο δράστης.

Η σκόνη που βρίσκεται πάνω στα ρούχα συνήθως προέρχεται από διάφορες ουσίες, άλλοτε είναι κόκκοι γύρης ή μετάλλου ή αφρού πολυουρεθάνης και οφείλεται σε άμεση ή τυχαία επαφή. Πολλές φορές οι σκόνες είναι κατάλοιπο πυροβόλων όπλων, αυτή η περίπτωση θα αναλυθεί παρακάτω.

Όσο αναφορά τη σκόνη που βρίσκεται στα χέρια ή στο σώμα των θυμάτων και ειδικότερα στις παλάμες τους, αυτή είναι ορατή με το γυμνό μάτι και εμφανίζεται ακόμα πιο έντονα σε φθορισμό υπό υπεριώδες φως. Τα αποτελέσματα αυτά θα συγκριθούν με τη σκόνη που έχουν τα ρούχα του θύματος αλλά και με τη σκόνη των επίπλων, ώστε να βρεθούν τα ακριβή αίτια αλλά και το αν τυχόν το έγκλημα διαπράχτηκε αλλού και το σώμα μεταφέρθηκε.

Για να γίνει σωστή ανάλυση της σκόνης, οι επαγγελματίες πρέπει να έχουν γνώσεις σχετικά με τις μηχανές και τη σκόνη που δημιουργούν αλλά και με τα υφάσματα και τον τρόπο με τον οποίο απορροφούν τη σκόνη ή την παγιδεύουν στις υφασμάτινες ίνες τους. Επομένως οφείλουν τα γνωρίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά των υφασμάτων. Ακόμα είναι πολύ σημαντικές οι αναλογίες μεταξύ των επιφανειών και της ευρεθείσας σκόνης. Στα ρούχα η σκόνη γίνεται εμφανής με υπεριώδη φθορισμό στη μπρος και πίσω πλευρά του κάθε ρούχου. Όσο περισσότερη ώρα είναι ένα ρούχο εκτεθειμένο σε ένα μέρος με σκόνη τόσο μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σκόνη θα έχει, ιδιαιτέρως η εξωτερική τους επιφάνεια και λιγότερα οι εσωτερικές θήκες – τσέπες. Οι άνθρωποι που κάνουν δυναμικές εργασίες έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση ιχνών στα ρούχα σε αντίθεση με εκείνους που έχουν στατική εργασία (Pawłowski, et al., 2017).

Πυροβόλα όπλα

Στις μέρες μας η κατοχή, η χρήση και η διακίνηση πυροβόλων όπλων και αναλωσίμων τους διέπεται από αυστηρότατη νομοθεσία. Βέβαια, η νομοθεσία αυτή εμφανίζει ποικίλες διαφορές ανάλογα με τη χώρα με τρανταχτό παράδειγμα την Αμερική, όπου το δικαίωμα οπλοκατοχής προστατεύεται από το νόμο. Το δικαίωμα αυτό σε συνδυασμό με την εύκολη

πρόσβαση στα όπλα στην αγορά είναι ίσως αυτό που ευθύνεται για τα υψηλά νούμερα ανθρωποκτονιών με χρήση όπλου (Lopez, 2018).

Αρχικά είναι απαραίτητο να αναφερθούμε στην «ανατομία» ενός όπλου, στα επιμέρους τμήματα που το αποτελούν, δηλαδή και στη χρήση τους.

- Κάνη: είναι ο μακρύς κύλινδρος από τον οποίο εξέρχεται η σφαίρα κατά τον πυροβολισμό. Εσωτερικά της κάνης υπάρχουν χαρακτηριστικές αυλακώσεις.
- Ρύγχος: το εμπρόσθιο τμήμα της κάνης.
- Φυσίγγι ή φυσίγγιο: Πυρομαχικά για πυροβόλα όπλα. Είναι οι μεταλλικές θήκες που περικλείουν τις σφαίρες, περιέχουν την σφαίρα, τον εκκινητή και το προωθητικό. Απορρίπτονται από το όπλο είτε αυτόματα, είτε χειροκίνητα.
- Γεμιστήρας: Θήκη για ορισμένο αριθμό φυσιγγίων που τροφοδοτεί το όπλο με πυρομαχικά.
- Θαλάμη: χώρος πίσω από την κάνη όπου τοποθετούνται οι σφαίρες.
- Επικρουστήρας: ενεργοποιείται από τη σκανδάλη και ξεκινάει την αλυσιδωτή αντίδραση που καταλήγει στον πυροβολισμό.

Ανάλογα τον τύπο του όπλου τα μέρη αυτά εμφανίζουν μικρές διαφορές. Παρ' όλα αυτά τα στοιχεία εγκληματολογικής αξίας που θα αναλυθούν παρακάτω είναι ανεξάρτητα από τον τύπο του όπλου και βρίσκουν εφαρμογή στο σύνολο των περιπτώσεων όπου έχει γίνει χρήση όπλου (Best Gun Scopes, n.d.).

Ομοίως είναι χρήσιμο για τη συλλογή στοιχείων από το πεδίο ο ερευνητής να γνωρίζει τα μέρη και τα χαρακτηριστικά μιας σφαίρας ώστε να μπορεί να εκμεταλλευτεί στο έπακρο τη μοναδική ίσως ευκαιρία που θα του δοθεί για τη συλλογή δειγμάτων.

Οι σφαίρες αποτελούνται κυρίως από μέταλλο αν και υπάρχουν περιπτώσεις που χρησιμοποιείται πλαστικό ή και λάστιχο. Κύριο υλικό μιας σφαίρας είναι ο μόλυβδος λόγω της υψηλής πυκνότητάς του, αλλά ταυτόχρονα το μικρού βάρους του. Ο μόλυβδος όμως είναι αρκετά εύπλαστος κάτι που δεν εξυπηρετεί της ανάγκες μιας σφαίρας, για αυτό γίνονται προσμίξεις άλλων μετάλλων, πιο συχνά κασσίτερου, αντιμονίου και χαλκού. Το ποσοστό των προσμίξεων αυτών είναι χαρακτηριστικό για κάθε σφαίρα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξακριβωθεί εάν δύο θραύσματα προέρχονται από την ίδια σφαίρα.

Μια σφαίρα ή ένα φυσίγγι κατά την παραπάνω ορολογία αποτελείται από τον κάλυκα (το κυλινδρικό κομμάτι που απορρίπτεται από το όπλο) και τη βολίδα. Στον

κάλυκα υπάρχει το προωθητικό και ο εκκινητής. Το προωθητικό αποτελείται από καύσιμα και εκρηκτικά υλικά και κατά την ανάφλεξη των οποίων προκύπτουν όλα τα αέρια που εξωθούν τη σφαίρα από την κάνη. Ο εκκινητής είναι ένα μείγμα εκρηκτικού και οξειδωτικού μέσου, με σύσταση που το καθιστά εξαιρετικά ευαίσθητο στους κραδασμούς. Με την πίεση της σκανδάλης λοιπόν, ελευθερώνεται ο επικρουστήρας, ο οποίος κτυπάει με δύναμη στο πίσω μέρος του κάλυκα, εκεί όπου βρίσκεται ο εκκινητής, προκαλώντας την έκρηξη των συστατικών του εκκινητή. Αυτή η έκρηξη παρέχει την απαραίτητη θερμική ενέργεια για να ξεκινήσει η καύση του προωθητικού και η βίαιη απελευθέρωση αερίων ως παραπροϊόντα αυτής της αντίδρασης. Όλα αυτά συμβαίνουν σε κλάσματα του δευτερολέπτου και έχουν ως αποτέλεσμα την εκτόξευση της σφαίρας. Στη σκηνή του εγκλήματος τα προς συλλογή αντικείμενα περιλαμβάνουν θραύσματα σφαιρών, σφαίρες, φυσίγγια καθώς και κάθε υλικό που οπτικά φαίνεται να έχει έρθει σε επαφή με ταχέως κινούμενο αντικείμενο (The Forensics Library, n.d.).

Η επιστήμη που μελετάει τα πυροβόλα όπλα ονομάζεται βλητική ή βαλλιστική και στην περίπτωση των όπλων χωρίζεται στην εσωτερική βλητική (όσα συμβαίνουν όταν η σφαίρα είναι ακόμα στην κάνη), στην εξωτερική βλητική (όσα συμβαίνουν όταν η σφαίρα είναι μεταξύ όπλου και στόχου) και τέλος, στην καταληκτική βλητική (όσα συμβαίνουν κατά τη σύγκρουση). Η βλητική είναι μία επιστήμη που βασίζεται σε πειράματα και σύγκριση. Απαρτίζεται από επιμέρους ειδικεύσεις που αφορούν για παράδειγμα τις συγκρούσεις αυτοκινήτων. Η συντριπτική πλειονότητα των πειραμάτων αυτών γίνεται υπό ελεγχόμενες συνθήκες χρησιμοποιώντας τα ειδικά όπλα του εργαστηρίου (Bates, n.d.). Η επίδραση της σφαίρας σε ένα σώμα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, με κύριο την ταχύτητα και τη γωνία πρόσκρουσης αλλά και το υλικό της επιφάνειας. Πέρα από τη μελέτη της πορείας μιας σφαίρας βέβαια, ένας πυροβολισμός μπορεί να μας προσφέρει πληθώρα άλλων στοιχείων.

Κατά τον πυροβολισμό λοιπόν ένα σύννεφο από αέρια και μικροσωματίδια, παραπροϊόντα της καύσης του προωθητικού διαχέονται στο γύρο χώρο. Το μείγμα αυτό σωματιδίων περιέχει ανόργανες και οργανικές ουσίες και ονομάζεται υπόλειμμα ή κατάλοιπο πυρίτιδας (gunshot residue ή **GSR**) και μπορεί να βρεθεί στα χέρια και τα ρούχα του δράστη, πάνω στο θύμα ή πάνω σε επιφάνειες κοντά στο σημείο του πυροβολισμού. Αποτελεί ισχυρότατο ενοχοποιητικό στοιχείο, ειδικά όταν απομονώνεται από το πίσω μέρος των χεριών ή από ρούχα. Η συλλογή γίνεται με κολλητική ταινία ή βαμβάκοφόρο στελεό. Η πρώτη δοκιμασία στην οποία υποβάλλεται το δείγμα είναι η μικροσκόπηση με μικροσκόπιο σάρωσης ηλεκτρονίων (SEM - EDX) και στη συνέχεια η

ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση με το συνδυασμό αέριας ή HPLC χρωματογραφίας και φασματομετρία μάζας (Wolten, et al., 1977).

Τα κατάλοιπα πυρίτιδας εκτοξεύονται σε απόσταση περίπου ενός μέτρου από το σημείο του πυροβολισμού και έχουν σταθερότητα, ανάλογα με τις συνθήκες, λίγες ώρες μόνο. Οπότε η αναζήτηση για GSR θα πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατό. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα σωματίδια GSR δεν μπορούν να εξατομικευτούν, παραδείγματος χάριν, εάν σε έναν ύποπτο βρεθούν σωματίδια GSR που χημικά είναι ταυτόσημα με αυτά που απομονώθηκαν στη σκηνή, αποτελούν μεν έναν ισχυρό συνδετικό κρίκο, δεν μπορούν όμως να αποδείξουν την ενοχή πέραν κάθε αμφιβολίας (Bates, n.d.).

Παλαιότερες μέθοδοι για την ανίχνευση του GSR που όμως δεν χρησιμοποιούνται πλέον είναι το Griess test και η δοκιμασία ροδιζονικού νατρίου. Το griess test δίνει θετική αντίδραση παρουσία νιτρικών, και είναι αρκετά ευαίσθητο, δεν είναι όμως ειδικό καθώς δίνει ψευδώς θετική αντίδραση για μια πληθώρα κοινών ουσιών, μεταξύ των οποίων έχουμε λιπάσματα, καλλυντικά και ούρα (Ridnour, et al., 2000). Εν αντιθέσει η δοκιμασία με ροδιζονικό νάτριο ανιχνεύει τα μέταλλα που υπάρχουν υπό μορφή σωματιδίων στο GSR. Ο συνδυασμός αντιμονίου, μολύβδου και βαρίου είναι αρκετά σπάνιος στη φύση, έτσι μια θετική αντίδραση αυξάνει τις πιθανότητες να ευρίσκονται GSR στο δείγμα (Bates, n.d.). Αυτές οι τεχνικές είναι όμως πλέον ξεπερασμένες και η καταναλώνουν μια ικανή ποσότητα από το δείγμα (The Forensics Library, n.d.).

Με φασματομετρία μάζας θα αναλυθούν και θραύσματα τις σφαίρας. Οι συγκεντρώσεις των διαφορετικών μετάλλων που έχουν χρησιμοποιηθεί μπορεί να μην είναι μοναδικοί, εμφανίζουν όμως αρκετή ποικιλία στη συγκέντρωσή τους ικανή για να μπορούμε να διαπιστώσουμε με σιγουριά εάν δύο θραύσματα προέρχονται από την ίδια σφαίρα, ή αν έχουμε δύο ή περισσότερους πυροβολισμούς.

Μια τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η δολοφονία του Τζον Φ. Κένεντι από τον Λη Χάρβεϋ Όσβαλντ. Μια από τις κυριότερες ερωτήσεις που προέκυψε ανάμεσα σε πλεόνασμα θεωριών συνομοσίας ήταν αν ο Όσβαλντ έδρασε μόνος του ή είχε συνεργό. Ο Όσβαλντ πυροβόλησε τρεις φορές η μία αστόχησε και οι άλλες δύο χτύπησαν το αυτοκίνητο του προέδρου. Στη σκηνή κοντά στο αυτοκίνητο θα πρέπει να βρεθούν δύο σφαίρες (Wallefeldt, n.d.). Από τη σκηνή λοιπόν συλλέχθηκαν διάφορα θραύσματα τα οποία έπρεπε να αναλυθούν. Κατά την πρόσκρουση οι σφαίρες σπάνε και παραμορφώνονται, οπότε δεν μπορούσαν να ταιριάξουν βάση της δομής τους. Τα θραύσματα αυτά αναλύθηκαν ως προς τη συγκέντρωση των προσμίξεών τους στο

μόλυβδο, το ασήμι δηλαδή και το αντιμόνιο. Τα θραύσματα φαίνεται να προέρχονται από δύο σφαίρες η μια με μεγαλύτερο ποσοστό αντιμονίου από την άλλη. Αυτό δεν αποδεικνύει ότι υπήρχε μόνο ένας δολοφόνος, αλλά δεν μας δίνει στοιχεία για την ανάμιξη δεύτερου προσώπου (Bates, n.d.).

Παραπάνω αναφέρθηκε ότι η κάνη εσωτερικά έχει αυλακώσεις. Αυτές οι ελικοειδής αυλακώσεις παρέχουν στροφορμή και δημιουργούν σημάδια στον κάλυκα της σφαίρας καθώς αυτή εξέρχεται του όπλου. Μικροσκοπικά αυτά τα σημάδια είναι μοναδικά και αρκετά για να αποδείξουν ότι μια συγκεκριμένη σφαίρα χρησιμοποιήθηκε από ένα συγκεκριμένο όπλο. Μπορούμε ακόμα να συγκρίνουμε το σημάδι που άφησε ο επικρουστήρας στον κάλυκα της σφαίρας, οι επικρουστήρες είναι εξατομικευμένοι και φέρουν συγκεκριμένα σημάδια φθοράς, αρά δεν υπάρχουν επικρουστήρες που θα αφήσουν ακριβώς το ίδιο αποτύπωμα. Ένα μικροσκόπιο σύγκρισης είναι απαραίτητο για την επεξεργασία αυτών των στοιχείων (Bates, n.d.).

Κεφάλαιο 3. Εργαστηριακές Μέθοδοι

Χρωματογραφία

Η χρωματογραφία είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των χημικών ενώσεων. Οι χρωματογραφικές διεργασίες είναι πολύπλοκες, για αυτό οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να γίνονται ακολουθώντας κατά γράμμα τα απαραίτητα βήματα. Σήμερα χρησιμοποιούνται τριών ειδών χρωματογραφικές μέθοδοι που, αν και στηρίζονται στην ίδια θεωρητική βάση, έχουν μεταξύ τους αρκετές διαφορές (Joseph & Bernard , 2003).

Χρωματογραφία Λεπτής στοιβάδας

Η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας είναι η πρώτη μέθοδος που θα αναλυθεί και αποτελεί την πιο παλιά μέθοδο. Θεωρείται ιδανική για τον προσδιορισμό βενζοδιαζεπινικών ουσιών μέσα από την επεξεργασία εκχύλισης σε όξινο περιβάλλον. Ο πρώτος που την χρησιμοποίησε ήταν ο Jain το 1993, ο οποίος προσδιόρισε προϊόντα υδρόλυσης των βενζοδιαζεπινών στα ούρα. Η μέθοδος αυτή δεν είχε αντιδραστήρια εμφάνισης των ουσιών γι αυτό και χαρακτηρίζεται από ελάχιστη εξειδίκευση (Παπουτσή, 2005). Χαρακτηριστικό της χρωματογραφίας είναι οι δύο φάσεις στις οποίες τρέχει το δείγμα. Η στερεή φάση αποτελείται από μια αντικειμενοφόρο πλάκα «ντυμένη» συνήθως με σιλικόνη ή αλουμίνα ενώ η υγρή φάση εξαρτάται από το δείγμα και είναι ίσως η πιο σημαντική απόφαση που πρέπει να λάβουμε κατά τη χρήση αυτής της μεθόδου. Κάθε ουσία, ανάλογα με τα φυσικοχημικά της χαρακτηριστικά, τρέχει με διαφορετική ταχύτητα στις δύο αυτές φάσεις. Αυτή η ταχύτητα είναι μοναδική για κάθε ουσία και αντικατοπτρίζεται στον παράγοντα κατακράτησης, RF, που είναι ο λόγος της απόστασης που διένυσε το δείγμα στη στερεή φάση προς την απόσταση της υγρής φάσης. Το RF του δείγματος συγκρίνεται με το RF γνωστού δείγματος (The LibreTexts libraries, 2019).

Η υγρή χρωματογραφία είναι μια από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους και δίνει υψηλής απόδοσης αποτελέσματα. Είναι ιδανική για την ταυτοποίηση των ουσιών αλλά και τον ποσοτικό προσδιορισμό τους σε μείγματα ουσιών. Χρησιμοποιείται σε δείγματα αίματος ενώ αποφεύγεται στα δείγματα ούρων. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής απορρόφησης UV ή συστοιχίας διόδων DAD, που θεωρείται καλύτερος για να γίνουν ορατά στο μάτι άχρωμα δείγματα (Παπουτσή, 2005). Ωστόσο, πλέον τα μειονεκτήματά της σε σχέση με νεότερες, πιο σύγχρονες μεθόδους έχουν περιορίσει τη χρήση της στα εγκληματολογικά εργαστήρια σε τελείως εκπαιδευτική. Δεδομένου του

περιορισμένου χώρου στον οποίο καλούνται να τρέξουν τα δείγματα, δεν αποκλείεται να συμπέσουν τα RF δύο διαφορετικών ουσιών, επιπλέον η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται από τον εκάστοτε ερευνητή, κάτι το οποίο αφήνει περιθώρια λάθους. Αξίζει να σημειωθεί ότι πλέον δεν μπορούμε να ταυτοποιήσουμε μια ουσία βάση χρωματογραφίας, αντίθετα εάν μία ουσία αντιστοιχηθεί με γνωστή «ουσία Α» τότε λέμε ότι αυτή η «ουσία Α» ίσως να είναι συστατικό του δείγματος (Bates, 2019).

Υγρή χρωματογραφία υπό πίεση (HPLC)

Η υγρή χρωματογραφία υπό πίεση είναι μια πιο σύγχρονη εκδοχή της χρωματογραφίας. Σε αυτή την περίπτωση η κινητή φάση είναι οργανικός διαλύτης ή, σπανιότερα, κάποιο υδατικό διάλυμα. Η σταθερή φάση αποτελείται από σωματίδια σιλικόνης και βρίσκεται μέσα σε ατσάλινα σωληνάρια μήκους αρκετών μέτρων. Σε αυτά τα σωληνάρια κυριαρχούν συνθήκες πίεσης που φτάνουν και τις 400 ατμόσφαιρες, αυτό πρακτικά μεταφράζεται σε επιτάχυνση της μεθόδου και καλύτερα, πιο σίγουρα αποτελέσματα (Clark, 2007).

Μια τυπική συσκευή για υγρή χρωματογραφία αποτελείται από τα εξής μέρη, αρχικά, έχουμε την αντλία που διαχέει το διαλύτη στο σύστημα σωλήνων, στη συνέχεια έχουμε τη συσκευή που εισάγει το δείγμα στο σύστημα. Στο τέλος της διαδρομής έχουμε τον αισθητήρα που ανιχνεύει το χρόνο κατά τον οποίο ολοκληρώνει μια ουσία την πορεία της. Τα αποτελέσματα δίνονται με μορφή διαγράμματος, κάθε ουσία αποτελεί μια κορυφή σε αυτό το διάγραμμα, με την πρώτη κορυφή να είναι η κινητή φάση, καθώς αυτή πρώτη θα περάσει από τον αισθητήρα. Έτσι, πλέον, αντί για τον RF έχουμε σαν χαρακτηριστικό κάθε ουσίας το χρόνο (Showa Denko America, Inc., n.d.).

Αέρια χρωματογραφία

Η αέρια χρωματογραφία είναι ανακάλυψη ενός άνδρα ονόματι Mikhail Semenovitch Tsvett και ο σκοπός της ήταν ο διαχωρισμός των επιμέρους συστατικών ενός μείγματος. Μια συσκευή αέριας χρωματογραφίας αποτελείται από τα ίδια βασικά μέρη όπως και μια για υγρή χρωματογραφία, με την προσθήκη επιπλέον μερών για τη διατήρηση της θερμοκρασίας καθώς οι φυσικοχημικές ιδιότητες της αέριας κινητής φάσης είναι από τα σημαντικότερα μελήματα του αναλυτή. Επιπροσθέτως υπάρχει ένα ειδικός θάλαμος στον οποίο το δείγμα θερμαίνεται έως ότου έρθει σε αέρια κατάσταση (California State University, 2019).

Μικροσκοπία Σάρωσης Ηλεκτρονίων και Φασματοσκοπία φθορισμού ακτινών X

Ο συνδυασμός μικροσκοπίας σάρωσης ηλεκτρονίων με τη φασματοσκοπία ακτινών (SEM-EDX) είναι ένα πολύ γρήγορο διαγνωστικό εργαλείο. Χρησιμοποιείται για παράδειγμα στην ταυτοποίηση θραυσμάτων οστών ακόμα και αν αυτά έχουν υποστεί αλλοιώσεις λόγω πολύ υψηλών θερμοκρασιών.

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης είναι ένα απαραίτητο γεμάτο ικανότητες εργαλείο για τους εγκληματολόγους. Έχει την ικανότητα να αναλύει και να κάνει επιφανειακή παρατήρηση ετερογενούς οργανικής και ανόργανη ένωσης σε ένα δείγμα. Τα αναλυθέντα δείγματα ακτινοβολούνται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, με την ακτινοβολήση να είναι είτε στατική είτε κινητή σε όλο το μήκος και πλάτος του δείγματος. Τα σήματα που παράγονται όταν η δέσμη αλληλεπιδρά με την επιφάνεια του δείγματος περιλαμβάνουν δευτερογενή ηλεκτρόνια, ηλεκτρόνια οπίσθιας διάθλασης, ηλεκτρόνια Auger, ακτίνες X και φωτόνια διαφορετικών ενεργειών, με τα δευτερογενή ηλεκτρόνια να θεωρούνται πιο σημαντικά. Η αλληλεπίδραση της δέσμης ηλεκτρονίων με ένα δείγμα έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή ακτινών X. Το χαρακτηριστικό των ακτινών X είναι ότι διαχωρίζονται σε ενεργειακό φάσμα από έναν ανιχνευτή ακτινών X (EDX ή EDS) που διασπείρει την ενέργεια, ο οποίος αναλύει την αφθονία συγκεκριμένων στοιχείων στο δείγμα. Το όριο ανίχνευσης είναι περίπου 1000 ppm ή 0,1% κατά βάρος.

Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM) είναι ιδανική για την ανάλυση οστικών υλικών για διάφορους λόγους. Σε σύγκριση με την συμβατική μικροσκοπία φωτός, έχει μια ανώτερη ανάλυση των τριών διαστάσεων δομών, ένα μεγαλύτερο βάθος πεδίου, και είναι εφικτό να επιτύχει μια μεγαλύτερη μεγέθυνση. Ανάλογα με τις αλλοιώσεις που θα βρεθούν οι ερευνητές θα διαπιστώσουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες έγινε η καύση του οστού (Ellingham, et al., 2018).

Φασματοσκοπία υπέρυθρων

Η φασματοσκοπία υπέρυθρων (φασματοσκοπία IR) είναι η φασματοσκοπία που ασχολείται με την υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, δηλαδή με ένα μακρύτερο μήκος κύματος και χαμηλότερη συχνότητα από το ορατό φως. Καλύπτει μια σειρά τεχνικών, βασισμένες κυρίως στη φασματοσκοπία απορρόφησης. Όπως με όλες τις φασματοσκοπικές τεχνικές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και τη μελέτη χημικών ουσιών.

Η φασματοσκοπία υπέρυθρων εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι τα μόρια απορροφούν συγκεκριμένες συχνότητες που είναι χαρακτηριστικές της δομής τους. Αυτές

οι απορροφήσεις είναι συντονισμένες συχνότητες, δηλαδή η συχνότητα της απορροφούμενης ακτινοβολίας ταιριάζει με τη συχνότητα του δεσμού ή της ομάδας που δονείται. Οι ενέργειες προσδιορίζονται από το σχήμα των ενεργειακών επιφανειών μοριακού δυναμικού, τις μάζες των ατόμων και τη σχετική δονητική σύζευξη (Rutty, 2008).

Το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος χωρίζεται συνήθως σε τρεις περιοχές. το εγγύς, μεσαίο και υπέρυθρο, που ονομάζεται για τη σχέση τους με το ορατό φάσμα. Η υψηλότερη ενέργεια κοντά στο υπέρυθρο, περίπου $14000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ (μήκος κύματος 0,8-2,5 μm) μπορεί να διεγείρει τις υπερβολικές ή αρμονικές δονήσεις. Η μεσαία υπέρυθρη ακτινοβολία, περίπου $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ (2,5 - 25 μm), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μελετήσει τις θεμελιώδεις δονήσεις και τη σχετική περιστροφική δόνηση. Η υπέρυθρη ακτινοβολία, περίπου $400 - 10 \text{ cm}^{-1}$ (25 - 1000 μm), που βρίσκεται στην περιοχή μικροκυμάτων, έχει χαμηλή ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περιστροφική φασματοσκοπία (Theophanides, 2012)

Σε μια σκηνή εγκλήματος τα περισσότερα στοιχεία που υπάρχουν είναι βαφές, χρώματα, μελάνια, ιδρώτας, σάλιο, τρίχες και ίνες, δηλαδή οργανικές ενώσεις. Η υπέρυθρη φασματοσκοπία είναι χρήσιμη σε ιατροδικαστικές έρευνες καθώς μπορεί να αναγνωρίσει όλα τα παραπάνω στοιχεία. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει βελτιώσει τη μέθοδο η οποία πλέον μπορεί να αναγνωρίσει δείγματα μικροσκοπικού μεγέθους. Ακόμα η δημιουργία φορητού εξοπλισμού IR, ο οποίος μεταφέρεται στις εγκληματικές σκηνές έχει βοηθήσει τις ιατροδικαστικές και αστυνομικές αρχές. Η ενέργεια που εκπέμπει είναι μικρή και δεν έχει την ικανότητα να αλλάξει τη σύσταση των στοιχείων (Robotham, n.d.).

Η φασματοσκοπία υπέρυθρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό πλαστών ή αλλοιωμένων εγγράφων, με τη λάμψη μιας δέσμης υπέρυθρου φωτός στο μελάνι του εγγράφου. Έρευνες έδειξαν ότι οι αλλαγές στο μελάνι θα μπορούσαν να εντοπιστούν χωρίς να χρειάζεται να εξαχθεί το μελάνι από το χαρτί. Άλλες μελέτες που έγιναν στο εργαστήριο έδειξαν ότι οι εκκρίσεις ιδρώτα, που αποτελείται από άλατα, έλαια και πρωτεΐνες, θα μπορούσαν επίσης να εντοπιστούν για συγκεκριμένα άτομα χρησιμοποιώντας υπέρυθρο φως.

Διάφορες ίνες βρίσκονται συχνά σε σκηνές του εγκλήματος, αλλά μπορεί να προέρχονται από υφάσματα, ζώα, ανθρώπινα μαλλιά ή από άλλες πηγές. Το IR καθιστά δυνατό τον εντοπισμό του είδους ινών που έχει βρεθεί. Αν είναι μαλλιά, τότε μπορεί να συγκριθεί με ένα γνωστό δείγμα που ίσως ληφθεί από έναν ύποπτο. Είναι ακόμη πιθανό να προσδιορισθεί αν τα μαλλιά έχουν ίχνη σπρέι μαλλιών ή άλλα προϊόντα κομμωτικής. Με

την IR, η προετοιμασία του δείγματος είναι απλή και, όπως σημειώθηκε παραπάνω, το μέγεθος του δείγματος μπορεί να είναι πολύ μικρό (Wilkinson, et al., 2002).

Άλλα παραδείγματα χρήσης της στην εγκληματολογία είναι ο καθορισμός της σύνθεσης του χρώματος με στόχο να γίνει γνωστή η προέλευση του είτε είναι από κάποιο αντικείμενο, ρούχο ή αυτοκίνητο για παράδειγμα. Ακόμη χρησιμοποιείται και σε περιπτώσεις αναγνώρισης του κάλυκα σφαίρας καθώς προσδιορίζει τη σύνθεση του μεταλλικού περιβλήματος. Με αυτό τον τρόπο οι ερευνητές μπορούν να καταλάβουν τι είδους πυροβόλο χρησιμοποίησε ο δράστης.

Τέλος, χρησιμοποιείται και στην ιατροδικαστική για τον προσδιορισμό της ώρας θανάτου του θύματος. Η φασματοσκοπία IR μετρά και καταγράφει τις πρωτεΐνες και την ποσότητα του νερού που υπάρχουν στα κόκκαλα του θύματος και η βάση των αποτελεσμάτων ο ιατροδικαστής, πάντα σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία μπορεί να δώσει μια πιο ακριβή εκτίμηση για την περίοδο θανάτου (Ferrer, 2000).

Φασματομετρία

Η φασματομετρία ασχολείται με τη μέτρηση συγκεκριμένου φάσματος. Φασματομετρία είναι η εφαρμογή της φασματοσκοπίας έτσι ώστε να υπάρχουν ποσοτικά προσδιορίσιμα αποτελέσματα που μπορούν στη συνέχεια να αξιολογηθούν. Στη φασματομετρία χρησιμοποιείται το φασματόμετρο, που είναι μια συσκευή που μετράει μήκη κύματος των φάσεων του φωτός. Είναι μια οπτική συσκευή για τη μέτρηση μηκών κύματος, απόκλιση της διάθλασης των ακτινών και γωνιών μεταξύ όψεων ενός πρίσματος, που αποτελείται από μια σχισμή μέσω της οποίας το φως περνά, ένα κατευθυντήριο σχίσμα, ένα πρίσμα που αποκλίνει το φως, και ένα τηλεσκόπιο μέσω του οποίου το αποκλίνον φως προβάλλεται και εξετάζεται.

Υπάρχουν πέντε κύριοι τύποι φασματομετρίας. Η πρώτη είναι η φασματομετρία κινητικότητας των ιόντων, η οποία χρησιμοποιείται για την αναγνώριση και τον διαχωρισμό τους μέσα από τη κινητικότητά τους. Η δεύτερη αφορά τη φασματομετρία μάζας που σχετίζεται με το φορτίο των σωματιδίων και η οποία αναλύεται εκτενέστερα παρακάτω. Η τρίτη είναι η φασματομετρία Rutherford backscattering, που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό και τη σύνθεση των υλικών. Η τέταρτη η φασματομετρία τριπλού άξονα νετρονίων ειδική για τη σκέδαση νετρονίων και η πέμπτη η οπτική φασματομετρία που αφορά την κατανομή του φωτός (Uggerud, et al., 2003).

Το φασματοφωτόμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση άλλων ρύπων που μπορεί να υπάρχουν στη σκηνή του εγκλήματος ή για τη διάκριση υγρών

ανθρώπων και ζώων. Για παράδειγμα, σε τοξικολογικές περιπτώσεις μπορεί να αξιολογήσει την παρουσία χημικών ακαθαρσιών σε τρόφιμα ή φαρμακευτικά δισκία. Εάν βρεθεί ένα σπάνιο υλικό, η χρήση ενός φασματοφωτομέτρου μπορεί να βοηθήσει να προσδιοριστεί αν μεταφέρθηκε στη συγκεκριμένη σκηνή του εγκλήματος ή αν προήλθε από εκεί. Αυτό βοηθά τους εγκληματολογικούς επιστήμονες να βάζουν μαζί διάφορα στοιχεία πληροφοριών για να απαντήσουν σε ερωτήσεις και να καταλήξουν σε συμπεράσματα σχετικά με το εγκλήμα.

Στην ιατροδικαστική επιστήμη, όταν χρησιμοποιείται η φασματοφωτομετρία, κάθε συγκεκριμένο ιχνοστοιχείο εισάγεται σε ένα μικροσκόπιο και στη συνέχεια εκτίθεται σε ποικίλη σειρά ορατών και υπέρυθρων συχνοτήτων. Όταν υπάρχουν διαθέσιμες παρατηρούμενες συχνότητες, καταγράφονται και παρακολουθούνται ως ανιχνευτής, ο οποίος λειτουργεί ως ένα είδος βασικού δακτυλικού αποτυπώματος αυτού του συγκεκριμένου στοιχείου. Αυτά τα δείγματα ιχών αποθηκεύονται για μελλοντική παρατήρηση ή χρήση (Hoffmann & Jackson, 2015).

Φασματομετρία Μάζας

Η φασματομετρία μάζας αποτελεί μια από τις πλέον γρήγορα αναπτυσσόμενες τεχνικές στο χώρο της χημείας και των φυσικών επιστημών, αλλά έχει εφαρμογές στην τεχνολογία, την έρευνα και φυσικά στην εγκληματολογία. Ορίζεται ως η «τεχνική κατά την οποία τα μόρια ενός δείγματος μετατρέπονται σε ταχύτατα κινούμενα ιόντα και στη συνέχεια διαχωρίζονται σε σχέση με το λόγο της μάζας τους προς το φορτίο τους» (Θεοδωρίδης, 2015, p. 1). Συνηθέστερα και ειδικά για δείγματα που βρίσκονται στην αέρια φάση η μέθοδος ιονισμού που επιλέγεται είναι αυτή του ηλεκτρονικού ιονισμού

Σαν τεχνική είναι ποιοτική και ποσοτική με υψηλή ευαισθησία και θεωρητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση οποιασδήποτε ουσίας. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές αυτής της τεχνικής με τις πιο γνωστές να είναι η φασματομετρία μάζας σε σειρά σε δύο ή περισσότερα επίπεδα φασματομετρικής ανάλυσης, η σάρωση πρόδρομου ιόντος, η σάρωση παραγόμενου ιόντος και η παρακολούθηση θραυσματοποίησης ιόντος (Θεοδωρίδης, 2015).

Τα φασματόμετρα μάζας χρησιμοποιούν τη διαφορά στη σχέση μάζας προς φορτίο (m/z) ιονισμένων ατόμων ή μορίων για να τα διαχωρίσουν. Η φασματοσκοπία μάζας επιτρέπει την ποσοτικοποίηση ατόμων ή μορίων και παρέχει δομικές πληροφορίες σχετικά με την αναγνώριση των χαρακτηριστικών προτύπων κατακερματισμού. Η βασική λειτουργία ενός φασματόμετρου μάζας είναι να δημιουργήσει ιόντα αέριας φάσης, να

διαχωρίσει τα ιόντα που βρίσκονται σε ένα συγκριμένο χώρο ή χρόνο με βάση τη σχέση μάζας-φορτίου και να μετρήσει την ποσότητα των ιόντων κάθε αναλογίας μάζας προς φορτίο (Uggerud, et al., 2003) Ένας τυπικός φασματογράφος αποτελείται από:

- Το σύστημα εισαγωγής δείγματος το οποίο είναι συνήθως ένα μεταλλικό ή υάλινο probe ελαφρώς διαφορετικό ανάλογα με τον τύπο δείγματος που χειρίζεται (αέριο, υγρό ή στερεό)
- Την πηγή ιόντων που χωρίζει τον τύπο του ιονισμού σε «σκληρό», με θραύση του μορίου του δείγματος υπό υψηλή ενέργεια ή σε «μαλακό» χωρίς καθόλου ή με ελάχιστη θραύση των μορίων.
- Τον αναλυτή μαζών που είναι ο θάλαμος στον οποίο λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των ιόντων ανάλογα με το φορτίο και τη μάζα τους. Σε αυτό το θάλαμο υπάρχει και το σύστημα ανιχνευτών.
- Το σύστημα καινού το οποίο είναι άκρως απαραίτητο και πρέπει να προφυλάσσεται από κάθε εξωτερικό παράγοντα.
- Το τερματικό υπολογιστή που επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνει από τους αναλυτές και τα οπτικοποιεί με τη μορφή χαρακτηριστικών διαγραμμάτων.

Σε περίπτωση που υπάρχει σύζευξη με χρωματογράφο η εισαγωγή του δείγματος γίνεται μέσω ενός κατάλληλου συστήματος. Όταν πρόκειται για αέρια χρωματογραφία η σύνδεση γίνεται απλά από το τέλος της στήλης στο σύστημα εισαγωγής του φασματογράφου μέσω ενός θερμαινόμενου σωλήνα, ενώ σε περίπτωση υγρής χρωματογραφίας το σύστημα σύζευξης είναι περισσότερο περίπλοκο (Θεοδωρίδης, 2015). Η ταυτοποίηση μιας ουσίας γίνεται με τη σύγκριση του διαγράμματος που δίνεται από τον αναλυτή με διαγράμματα γνωστών ουσιών τα οποία υπάρχουν είτε στην βιβλιοθήκη του αναλυτή, είτε σε παγκόσμιες βάσεις δεδομένων. Κατά την ταυτοποίηση πρέπει τα δύο διαγράμματα προς σύγκριση να προέρχονται από δοκιμές που εκτελέστηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες (pH, διαλύτης) και με την ίδια φασματομετρική μέθοδο.

Η φασματομετρία της μάζας αφορά ένα γράφημα στο οποίο αναπαριστάται η σχετική ένταση ως προς το λόγο της μάζας προς το φορτίο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το φάσμα στη κορυφή του έχει μεγαλύτερη ένταση και το σημείο αυτό ονομάζεται κύρια κορυφή, η οποία ρυθμίζει το υπόλοιπο φάσμα. Η μητρική κορυφή είναι μια δεύτερη κορυφή που συναντάται στη φασματομετρία της μάζας και αφορά τη σχετική μοριακή μάζα της προσδιοριζόμενης ένωσης. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλες δευτερεύουσες

κορυφές, που είναι σημαντικές και διακρίνονται αρκετά συχνά. Μερικές από αυτές είναι οι κορυφές ισοτόπων, οι κορυφές υποστρώματος και οι θυγατρικές κορυφές, οι οποίες είναι οι πιο σημαντικές για τους ερευνητές επειδή τις περισσότερες φορές παίρνουν τη θέση των κύριων κορυφών. Ωστόσο, οι κορυφές ισοτόπων είναι απαραίτητες για το προσδιορισμό και την επεξεργασία των φασμάτων των μοριακών μαζών. Οι κορυφές του υποστρώματος που εμφανίζονται συχνότερα είναι 18 m/z, 28 m/z, 32 m/z, 40 m/z και 44 m/z. Ως βασική αιτία εμφάνισης των κορυφών αυτών είναι οι διαρροές αερίων, οι ατμοί λαδιών, τα πλαστικά σκεύη και οι αντλίες κενού (Γεώργιος, 2009).

Η κλασική μέθοδος φαματομετρίας μαζών γίνεται με πηγές ιονισμού. Στη μέθοδο αυτή μια δέσμη ηλεκτρονίων διέρχεται από ένα δείγμα που είναι σε αέρια φάση και συγκρούεται με ουδέτερα μοριακά στοιχεία του αναλυτή με στόχο να παράγει ένα θετικά φορτισμένο ιόν ή ένα ιόν θραύσματος. Γενικά χρησιμοποιούνται ηλεκτρόνια με ενέργεια 70 eV. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε όλες τις πτητικές ενώσεις (> 103 Da) και δίνει αναπαραγόμενα φάσματα μάζας με κατακερματισμό για την παροχή δομικών πληροφοριών (De Hofman & Stroobant, 2007).

Μοριακή ανάλυση

Το DNA ή αλλιώς δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ περιέχει στη δομή του τη γενετική πληροφορία και είναι το μόριο από το οποίο αποτελείται το ανθρώπινο γονιδίωμα. Κάθε εμπύρινο κύτταρο περιέχει ένα αντίγραφο και αν και μικρή, μια ποσότητα εντοπίζεται και στα μιτοχόνδρια του κυτταροπλάσματος. Εντός του πυρήνα, το DNA οργανώνεται σε ραβδοειδής σχηματισμούς, τα χρωμοσώματα με τη βοήθεια πρωτεϊνών.

Κάθε ανθρώπινο σωματικό κύτταρο έχει σαράντα έξι χρωμοσώματα ή είκοσι τρία ζεύγη εκ των οποίων είκοσι δύο είναι τα ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων και ένα το ζεύγος των φυλετικών τα οποία καθορίζουν το φύλο (Nussbaum, et al., 2011, pp. 23-24).

Το DNA είναι ένα μακρομόριο μιας σειράς δομικών λίθων, των νουκλεοτιδίων, με το καθένα να αποτελείται από ένα σάκχαρο, τη δεοξυριβόζη με πέντε άτομα άνθρακα, μία φωσφορική ομάδα και μία αζωτούχο βάση που μπορεί να ανήκει στις πουρίνες (Αδενίνη, Γουανίνη) ή τις πυραμιδίνες (Θυμίνη, Κυτοσίνη) (Nussbaum, et al., 2011).

Ίσως το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του είναι ότι αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες οι οποίες είναι συμπληρωματικές και περιελίσσονται η μία γύρω από την άλλη, δίνοντας έτσι στο μακρομόριο την πασίγνωστη μορφή του, αυτή της διπλής έλικας (Watson, et al., 2011, p. 136).

Πριν την ανάλυση των εκτεταμένων εφαρμογών της μοριακής ανάλυσης στην Ιατροδικαστική αξίζει να αναφερθούν κάποιοι θεμελιώδεις ορισμοί:

- Εξόνιο (Exone): Αλληλουχίες που μεταφράζονται σε πρωτεΐνες. (National Human Genome Research Institute, 2015)
- Εσώνιο ή Ιντρόνιο (Introne): Αλληλουχία βάσεων που δεν μεταφράζεται σε πρωτεΐνες (National Human Genome Research Institute, 2015). Τα εσώνια χωρίζονται σε διάσπαρτες περιοχές που ονομάζονται SINEs και LINEs αντίστοιχα (Short and Long Inderspersed Nuclear Elements) και σε διαδοχικά επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες βάσεων (Tandem repeats) (Γεωργίου, 2008).
- Μινιδορυφόροι (minisatelite): Διαδοχικά επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες βάσεων μεγέθους 9-100 bp (Γεωργίου, 2008, p. 25).
- Μικροδορυφόροι ή SSR (Simple Sequence Repeats): μικρές, επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες μήκους ενός έως έξι ζεύγη βάσεων. (Jighly, et al., n.d.)

Η ανάλυση του γενετικού προφίλ, που πολύ συχνά αναφέρεται και ως ανάλυση γενετικού αποτυπώματος είναι κάτι που κατά τις πρώτες του εμφανίσεις στο δικαστικό σύστημα έφερε μαζί του ένα διχασμό ανάλογο με τον «πόλεμο του αμύλου» (Aronson, 2006).

Το δείγμα

Δείγμα εκλογής αποτελεί το ολικό αίμα σε αντιπηκτικό δινάτριο EDTA, βέβαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα αντιπηκτικά εκτός της ηπαρίνης που φαίνεται να δρα ως αναστολέας των ενζύμων της PCR. Κηλίδες αίματος σε οποιοδήποτε υλικό που μπορεί να κοπεί εμβαπτίζονται μαζί με το υλικό στο λυτικό διάλυμα, ενώ για κηλίδες σε επιφάνειες που δεν επιτρέπουν αυτό το χειρισμό, λαμβάνεται δείγμα σε βαμβάκοφόρο στείλειό (Γεωργίου, 2008, pp. 47-41).

Αποδεκτά δείγματα αποτελούν επίσης επιθηλιακά κύτταρα του στοματικού βλεννογόνου, θύλακες προσφάτως εκριζωμένων τριχών, σπέρμα, κύτταρα αμνιακού υγρού ή χωριακών λαχνών καθώς και κάθε είδους ιστός, από θραύσματα οστών, νωπούς ιστούς και αποξηραμένους ιστούς από εκταφή έως και υλικό βιοψίας (συντηρημένο σε φορμόλη, έγκλειστο σε παραφίνη ή ακόμα και μονιμοποιημένο σε αντικειμενοφόρες πλάκες). Να σημειωθεί ότι για ιστούς έγκλειστους σε παραφίνη ή μονιμοποιημένους σε φορμόλη απαιτείται ειδική διαδικασία απομάκρυνσης της φορμόλης ή της παραφίνης αντίστοιχα σε συνδυασμό με ενυδάτωση των ιστών (Γεωργίου, 2008, pp. 47-53).

Απομόνωση

Το πρώτο βήμα για τη μετέπειτα ανάλυση είναι η απόκτηση ενός καθαρού δείγματος DNA σε buffer ή υδατικό διάλυμα. Αν και υπάρχουν πολλές μέθοδοι από τις οποίες μπορεί να διαλέξει ένα εργαστήριο, τα βήματα είναι κοινά για όλες (Gefrides & Welch, 2006).

1. Αποχωρισμός του DNA από την επιφάνεια στην οποία είναι προσκολλημένο.
2. Λύση των κυττάρων.
3. Διαχωρισμός του DNA από τα παραπροϊόντα των κυττάρων.

Για περιφερικό αίμα ακολουθείται το κλασικό πρωτόκολλο απομόνωσης DNA. Αρχικά το αίμα μεταφέρεται σε σωληνάρια κατάλληλα για φυγοκέντρηση, στη συνέχεια ακολουθούν δύο κύκλοι με προσθήκη λυτικού διαλύματος (RL) και επώασης στους 4°C για την πλήρη λύση των ερυθρών. Μετά τον αποχωρισμό με φυγοκέντρηση προστίθεται διάλυμα υποτονικό για τα λευκά αιμοσφαίρια και μετά την επώαση χρησιμοποιείται SDS για τη διάλυση των λιπιδίων και φωσφολιπιδίων. Τέλος ακολουθούν τουλάχιστον δύο

κύκλοι με την προσθήκη πρωτεΐνάσης K, που λύει τις πρωτεΐνες (ιστόνες) γύρω από τις οποίες περιελίσσεται το DNA και ολονύκτιας επώασης ακολουθούμενη από φυγοκέντρηση. Η επεξεργασία μικροποσοτήτων αίματος αποτελεί μια παραλλαγή αυτού του πρωτοκόλλου.

Σε συλλογή επιθηλιακών κυττάρων από τις παρειές για παράδειγμα ο στείλεός αφήνεται επί εικοσιτέσσερις σε σωληνάριο τύπου erpendorf που περιέχει διάλυμα εκχύλισης HTE πριν την οποιαδήποτε περεταίρω επεξεργασία με κύκλους πρωτεΐνάσης K και επώασης-φυγοκέντρησης.

Αρκετά διαφορετική είναι η διαδικασία σε δείγμα θραύσματος οστού ή δόντια. Αρχικά είναι απαραίτητος ο καλός καθαρισμός εις τριπλούν του δείγματος με πλύσεις σε ήπιο απορρυπαντικό με χρήση βούρτσας. Ακολουθεί η διαδικασία απασβέστωσης σε διάλυμα EDTA 0,5M σε pH 7,5 για δύο έως τέσσερις ημέρες. Στη συνέχεια έχουμε νέο πλύσιμο και εμβάπτιση σε απόλυτη αλκοόλη (99%), το δείγμα μετά ακτινοβολείται σε υπεριώδες φως για την καταστροφή των μικροοργανισμών που ίσως έχουν παραμείνει. Τέλος το δείγμα περνάει από υγρό άζωτο για να πάρει τη μορφή σκόνης, η οποία στη συνέχεια προστίθεται σε διάλυμα λύσης και πρωτεΐνάσης K (Ψαρούλης, 2018, pp. 89-93).

Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση του κοιλιακού δείγματος από βιασμό. Το δείγμα αυτό λαμβάνεται με βαμβάκοφόρο στείλεό και περιέχει συνήθως δύο τύπους κυττάρων, τα επιθηλιακά κύτταρα της γυναίκας και το σπέρμα του άνδρα. Το σπέρμα είναι πολύ ανθεκτικό στη θερμότητα, εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητά του αυτή είναι δυνατό να διαχωριστούν τα κύτταρα του θύματος από τα κύτταρα του θήτη. Αρχικά το δείγμα επωάζεται σε λιγότερο σκληρές συνθήκες και φυγοκεντρείται. Στο υπερκείμενο έχουμε τα καταστραμμένα επιθηλιακά κύτταρα με το DNA της γυναίκας, ενώ στο ίζημα έχουμε τα σπερματοκύτταρα του άνδρα. Το υπερκείμενο αποχωρίζεται σε ξεχωριστό σωληνάριο για μοριακή ανάλυση, ενώ το ίζημα θα περάσει από ακόμα έναν κύκλο επώασης σε πιο αντίξοες συνθήκες.

Θεωρητικά αυτή η διαδικασία θα έπρεπε να μας δίνει δύο δείγματα καθαρού DNA, αλλά αυτό το τέλειο σενάριο σπάνια αποτελεί πραγματικότητα. Αυτό κυρίως οφείλεται στην ποσότητα των σπερματοκυττάρων σε σχέση με τα επιθηλιακά ή στην παρουσία και άλλων τύπων κυττάρων του άνδρα στο δείγμα (ερυθρά αιμοσφαίρια ή επιθήλια). Παρόλα αυτά η αξία της τεχνικής αυτής δεν μειώνεται. Αξίζει να σημειωθεί ότι για αυτές τις περιπτώσεις έχει αναπτυχθεί τελευταία μια μέθοδος που επικεντρώνεται στο χρωμόσωμα Y και ονομάζεται Y- short tandem repeats (Gefrides & Welch, 2006, pp. 14-16).

Ποσοτικοποίηση

Η ποσοτικοποίηση γίνεται κυρίως με τρεις μεθόδους. Η πρώτη, παραδοσιακή τεχνική είναι η ηλεκτροφόρηση σε γέλη αгарόζης. Αν και είναι μια παλιά μέθοδος προτιμάται ακόμη σε πολλά εγκληματολογικά εργαστήρια. Είναι γρήγορη, φθηνή και δοκιμασμένη, αν και λιγότερο ευαίσθητη από τις μεθόδους που θα ακολουθήσουν. Στη γέλη τα τμήματα του DNA διαχωρίζονται ανάλογα με το μέγεθός τους με τη δράση ηλεκτρικού πεδίου. Διάφορες χρώσεις χρησιμοποιούνται για την οπτικοποίηση του αποτελέσματος και κατόπιν αυτό συγκρίνεται με γνωστά δείγματα-standard.

Η δεύτερη μέθοδος ονομάζεται Human-Specific Quantification και όπως φαίνεται και από το όνομά της αυτό που την ξεχωρίζει είναι το ότι είναι ειδική για ανθρώπινο DNA σε αντίθεση με την ηλεκτροφόρηση. Πρωταγωνιστές της αντίδρασης είναι ειδικοί για το ανθρώπινο γονιδίωμα σεσημασμένοι ανιχνευτές. Η ποσοτικοποίηση προκύπτει από την αναλογία της έντασης του χρώματος ή του φωτός που παράγεται από τους ανιχνευτές κατά την υβριδοποίηση με την ποσότητα του DNA.

Τέλος έχουμε την διάσημη και αγαπημένη στους ερευνητές Real Time PCR. Προτιμάται στα εγκληματολογικά εργαστήρια παγκοσμίως επειδή ταυτόχρονα με την ποσοτικοποίηση πολλαπλασιάζει εκθετικά την αρχική ποσότητα του DNA. Το αποτέλεσμα της τεχνικής αυτής είναι μια ικανή ποσότητα DNA η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα χωρίς περεταίρω επεξεργασία (Gefrides & Welch, 2006).

Ταυτοποίηση DNA

Η πιο διαδεδομένη τεχνική είναι η ανάλυση μικρών επαναλαμβανόμενων ζευγών βάσεων μεγέθους τεσσάρων ή πέντε νουκλεοτιδίων (Short Tandem Repeats ή STR). Επικράτησε στα εργαστήρια λόγω της αυξημένης ευαισθησίας της, των μειωμένων χρόνων αντίδρασης και της μικρότερης στατιστικής πιθανότητας να δίνει γενετικό προφίλ που να συμπίπτει για δύο άτομα του πληθυσμού. Το γενετικό προφίλ σχηματίζεται από τις επαναλήψεις αυτών των STR σε μια συγκεκριμένη περιοχή του γονιδιώματος που ονομάζεται loci (Gefrides & Welch, 2006). Στη συνέχεια, για να έχουμε την ταυτοποίηση αυτό το γενετικό προφίλ συγκρίνεται με αυτό του ατόμου που μας ενδιαφέρει, ή με κάποιο που υπάρχει σε βάση δεδομένων.

Ο ερευνητής βασίζεται σε περισσότερα του ενός STR για μια ανάλυση, ο ακριβής αριθμός καθορίζεται από το νομικό σύστημα της εκάστοτε χώρας. Για παράδειγμα το Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιεί δέκα, ενώ οι ΗΠΑ δεκατρείς. Όσα περισσότερα STR χρησιμοποιήσουμε, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, εάν

χρησιμοποιήσουμε 3 STR για τη δημιουργία ενός γενετικού προφίλ τότε η πιθανότητα αυτό το γενετικό προφίλ να είναι ταυτόσημο για δύο άτομα είναι 1:5000, ενώ για 6 STR φτάνει τις 1:2000000 (Bates, n.d.).

Υπάρχει μια πολύ χαρακτηριστική περίπτωση που εμφανίζεται συχνά σε κείμενα που μιλούν για τη μοναδικότητα του DNA και αυτή δεν είναι άλλη από την περίπτωση των ομοζυγωτικών διδύμων. Το 2016 έξι γυναίκες έπесαν θύματα βιασμού στην περιοχή της Μασσαλίας στη Γαλλία. Η αστυνομία βρέθηκε αντιμέτωπη όχι με έναν ένοχο, αλλά με δύο δίδυμους, ο καθένας εκ των οποίων αρνήθηκε ανάμειξη αλλά δεν κατηγορήσε τον άλλο. Το γενετικό υλικό δύο πανομοιότυπων διδύμων δεν είναι 100% ταυτόσημο, εμφανίζει μικρές διαφορές που συνέβησαν κατά την μίτωση των κυττάρων από τη στιγμή που σχηματίστηκαν τα δύο έμβρυα ως την ενήλικη ζωή τους, εξάλλου είναι αρκετά συχνό να γίνονται λάθη στην αντιγραφή του DNA, κυρίως στις περιοχές που δεν κωδικοποιούν πρωτεΐνες. Το κόστος ωστόσο της ανάλυσης ικανής να ξεχωρίσει δυο ομοζυγωτικά δίδυμα υπολογίστηκε στα τριάντα εκατομμύρια ευρώ! Βέβαια ερευνητές από τη Γερμανία ισχυρίζονται ότι αυτό το τεστ θα γίνει γρήγορα εύκολα προσβάσιμο στα εγκληματολογικά εργαστήρια (Gee, 2014).

Βάσεις δεδομένων

Η μοριακή ανάλυση αποτελεί πλέον το golden standard για την επιβεβαίωση ή τον αποκλεισμό της ενοχής, είναι όμως μια τεχνολογία που βασίζεται στη σύγκριση άγνωστου δείγματος με κάποιο γνωστό (Γεωργίου, 2008, p. 119). Ακριβώς όπως και με τα αποτυπώματα, λοιπόν, στην πορεία των χρόνων προέκυψε η ανάγκη για ένα αρχείο με γνωστά γενετικά προφίλ τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αυτή τη σύγκριση.

Η βάση δεδομένων μπορεί να δημιουργηθεί με τα αποτελέσματα της τριχοειδούς ηλεκτροφόρησης των δειγμάτων προς ανάλυση. Ηλεκτροφόρηση ορίζεται ως η διαφορική κίνηση φορτισμένων μορίων, η οποία γίνεται εμφανής μέσα από την έλξη ή την άπωση των μορίων αυτών σε ηλεκτρικό πεδίο. Για τη διαδικασία αυτή χρειάζεται να τοποθετηθούν σε ένα ιοντικό διάλυμα δυο ηλεκτρόδια ένα θετικό και ένα αρνητικό. Η βασική θεωρία της τριχοειδούς ηλεκτοφορήσης αναφέρει πως η τεχνική αυτή προσδιορίζει μια ουσία μέσα από την μετακίνηση αυτής από την είσοδο στο άκρο του τριχοειδούς, δηλαδή τον χρόνο μετανάστευσης της ουσίας (Θεοδωρίδης, 2015).

Σύμφωνα με στοιχεία του FBI, τα πρότυπα βάσης δεδομένων των εγκληματολογικών εργαστηρίων έχουν αποτελέσματα από αναλύσεις DNA των θυμάτων

αλλά και των δραστών. Τα δείγματα που λαμβάνονται από τα προσδιορισθέντα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία προφίλ DNA και την καταγραφή του DNA στη βάση δεδομένων (Cordner, et al., 2016).

Βάση δεδομένων ή databasing ορίζεται η ανάλυση και αρχειοθέτηση του DNA των προς εξέταση δειγμάτων, τα αποτελέσματα των οποίων καταγράφονται στη βάση δεδομένων CODIS ή μεταφορτώνονται στο Εθνικό Σύστημα Δεικτών DNA (NDIS). Για τη λήψη του δείγματος απαιτείται νομική συγκατάβαση του ατόμου που παρέχει δείγμα προς εξέταση DNA ώστε να καταγραφεί στη βάσης δεδομένων η αληθινή ταυτότητα του και ο ακριβής χρόνος συλλογής του δείγματος (Madea, 2014). Αρχικά γίνεται η καταγραφή DNA, δηλαδή η εγγραφή του στη βάση δεδομένων που περιλαμβάνει το προφίλ DNA καθώς και τα δεδομένα που απαιτούνται τη διαχείριση και τη λειτουργία του NDIS, δηλαδή του οργανισμού προέλευσης της βάσης δεδομένων, ο οποίος εξυπηρετεί και κατευθύνει την υπηρεσία υποβολής. (User Guide, n.d.)

Η επικύρωση της ανάπτυξης είναι η απόκτηση των δεδομένων μέσω δοκιμών μέσα σε συγκεκριμένες συνθήκες προσδιορισμού και επεξεργασίας του δείγματος. Ακόμη οι περιορισμοί μιας νέας μεθοδολογίας ανάλυσης του DNA πρέπει να καταγράφονται και να επικυρώνονται από τους ειδικούς πριν καταγραφούν τα αποτελέσματα στη βάση δεδομένων. Το DNA τυπικά αποτελείται από ένα ή δύο αλληλία σε διάφορους τόπους (π.χ. βραχεία επαναλαμβανόμενη αλληλουχία). Ο τύπος DNA που προέρχεται από μιτοχονδριακό DNA περιγράφεται σε σχέση με την αναθεωρημένη ακολουθία αναφοράς (JaVed, et al., 2012).

Το CODIS είναι το Συνδυασμένο Σύστημα Index DNA που διαχειρίζεται το FBI. Το CODIS συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία DNA που προέρχονται από σκηνές εγκληματικών πράξεων, προσδιορίζοντας με αυτό τον τρόπο τη δράση των εγκληματιών και συγκρίνει τα στοιχεία της σκηνής του εγκλήματος με τα προφίλ DNA που προέρχονται από παραβάτες και υπάρχουν ήδη καταχωρημένα στη βάση δεδομένων. Επιπλέον, το CODIS περιέχει το γονιδιακό προφίλ από αγνοούμενα άτομα, άγνωστα ανθρώπινα σώματα που έχουν βρεθεί και από συγγενείς αγνοουμένων προσώπων.

Υπάρχουν τρία επίπεδα στο σύστημα CODIS. Το πρώτο είναι το Τοπικό Σύστημα Δείκτη DNA (LDIS), όπου οι βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούνται από μεμονωμένα εργαστήρια. Το δεύτερο είναι το Κρατικό Σύστημα Δεικτών DNA (SDIS), που χρησιμοποιείται από το κράτος και χρησιμεύσει ως βάση δεδομένων DNA όλης της χώρας καθώς περιέχει προφίλ DNA από όλα τα εργαστήρια (LDIS). Τέλος, το τρίτο επίπεδο είναι το Εθνικό Σύστημα Δεικτών DNA (NDIS), το οποίο διαχειρίζεται το FBI και περιέχει στη

βάση δεδομένων του όλα τα προφίλ DNA που φορτώνονται από τα συμμετέχοντα κράτη στο LDIS και στο SDIS. Ο διαχειριστής του CODIS είναι συνήθως κάποιος από τους υπαλλήλους του εργαστηρίου που είναι υπεύθυνος για τη διοίκηση και το την ασφάλεια του CODIS του εργαστηρίου όπου κατέχει τη βάση δεδομένων και επεξεργάζεται τα δείγματα (Federal Bureau of Investigation, 2011).

Δακτυλικά αποτυπώματα

Τα αποδεικτικά στοιχεία δακτυλικών αποτυπωμάτων μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στις ποινικές έρευνες, καθώς μπορούν να επιβεβαιώσουν ή να διαψεύσουν την ταυτότητα κάποιου. Αποτελούν ένα μοναδικό αναγνωριστικό χαρακτηριστικό. Οι εγκληματολόγοι επιστήμονες έχουν χρησιμοποιήσει τα δακτυλικά αποτυπώματα σε ποινικές έρευνες ως μέσο αναγνώρισης εδώ και αιώνες. Η αναγνώριση δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία ποινικής έρευνας και οφείλεται σε δύο χαρακτηριστικά: την αντοχή τους υπό εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες και τη μοναδικότητά τους. Τα δακτυλικά αποτυπώματα ενός ατόμου δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Οι κορυφογραμμές τριβής που δημιουργούν δακτυλικά αποτυπώματα σχηματίζονται ενώ βρίσκονται μέσα στη μήτρα και αυξάνονται αναλογικά καθώς μεγαλώνει το μωρό.

Ο μόνιμος σχηματισμός ουλών είναι ο μόνος τρόπος που μπορεί να αλλάξει ένα δακτυλικό αποτύπωμα. Επιπλέον, τα δακτυλικά αποτυπώματα είναι μοναδικά για ένα άτομο. Ακόμα και τα ομοζυγωτικά δίδυμα έχουν διαφορετικά δακτυλικά αποτυπώματα. Υπάρχουν τρία βασικά μοτίβα δακτυλικών αποτυπωμάτων τα τόξα, οι βρόχοι και οι σφήνες. Πέρα από τα μοτίβα συνυπολογίζεται το σχήμα, το μέγεθος, ο αριθμός και η διάταξη μικρών λεπτομερειών σε αυτά τα μοτίβα. (Kirby, 1990)

Η μελέτη των δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι μια μορφή βιομετρίας, μια επιστήμη που χρησιμοποιεί τα φυσικά ή βιολογικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων για να τα αναγνωρίσει. Τα δακτυλικά αποτυπώματα είναι μοναδικά και δεν αλλάζουν ποτέ, ακόμα και όταν μεγαλώνει ένας άνθρωπος, εκτός και αν το βαθύ ή «βασικό» στρώμα καταστραφεί ή αλλάξει σκόπιμα με πλαστική χειρουργική επέμβαση. Αυτό τους επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν ως αποδεικτικά στοιχεία σε ένα έγκλημα (Bennett & Morse, 2014). Με τη διασταύρωση αυτών σε σχέση με άλλες αποτυπώματα σε βάσεις δεδομένων της αστυνομίας, υπάρχει η δυνατότητα ταυτοποίησης του δράστη, σύνδεσης διαφορετικών σκηνών μεταξύ τους, ή επιβεβαιώνεται η συμμετοχή συνεργών.

Τα δακτυλικά αποτυπώματα μπορούν να ληφθούν είτε με μια ηλεκτρονική συσκευή σάρωσης είτε με το παραδοσιακές τεχνικές χρησιμοποιώντας μελάνι και χαρτί. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται ένας σαρωτής για την ηλεκτρονική αποθήκευση των δεδομένων στην κατάλληλη μορφή (Baranowska, 2016). Τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας στην οποία βρίσκεται το αποτύπωμα είναι σημαντικά για να αποφασιστεί ποιες μέθοδοι συλλογής πρέπει να χρησιμοποιηθούν στη σκηνή. Τα γενικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας είναι: πορώδη και μη πορώδη. Η διάκριση μεταξύ πορώδων και μη πορώδων επιφανειών είναι η ικανότητά τους να απορροφούν υγρά. Τα υγρά βυθίζονται όταν πέφτουν πάνω σε μια πορώδη επιφάνεια, ενώ κάθονται πάνω από μια μη πορώδη επιφάνεια. Οι πορώδεις επιφάνειες περιλαμβάνουν χαρτί, χαρτόνι και ακατέργαστο ξύλο. Οι μη πορώδεις λεπτές επιφάνειες περιλαμβάνουν επιφάνειες βερνικωμένες ή βαμμένες, πλαστικά και γυαλί. Οι μη πορώδεις ακατέργαστες επιφάνειες περιλαμβάνουν βινύλιο, δέρμα και άλλες επιφάνειες με υφή. Για τις πορώδεις επιφάνειες, οι επιστήμονες πασπαλίζουν χημικές ουσίες όπως η νινυδρίνη πάνω στα αποτυπώματα και στη συνέχεια λαμβάνουν φωτογραφίες των αναπτυσσόμενων δακτυλικών αποτυπωμάτων. Για μη πορώδεις λείες επιφάνειες, οι ειδικοί χρησιμοποιούν τεχνικές σκόνης και βούρτσας, ακολουθούμενες από την ανύψωση της ταινίας. Για τις τραχίες επιφάνειες χρησιμοποιείται η ίδια διαδικασία κονιοποίησης, αλλά αντί να χρησιμοποιούν κανονική ταινία ανύψωσης για αυτά τα αποτυπώματα, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν κάτι που θα εισέλθει στις αυλακώσεις της επιφάνειας, όπως ένας γεμιστήρας πηκτής ή το Mikrosil (υλικό χύτευσης σιλικόνης). (Kirby, 1990)

Μόλις συλλεχθεί το αποτύπωμα, μπορεί να ξεκινήσει η ανάλυση. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, οι εξεταστές καθορίζουν αν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες στο έντυπο που θα χρησιμοποιήσουν για την αναγνώριση. Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό κατηγορίας και ατομικών χαρακτηριστικών για το άγνωστο αποτύπωμα. Τα χαρακτηριστικά κλάσης είναι τα χαρακτηριστικά που περιορίζουν το αποτύπωμα σε μια ομάδα, αλλά όχι σε ένα άτομο. Οι τρεις τύποι κατηγοριών δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι τόξα, βρόχοι και κλωστές. Τα τόξα είναι ο λιγότερο συνηθισμένος τύπος δακτυλικών αποτυπωμάτων, που συμβαίνει μόνο στο 5% των ατόμων. Αυτό το μοτίβο χαρακτηρίζεται από κορυφογραμμές που εισέρχονται στη μία πλευρά του αποτυπώματος, ανεβαίνουν και εξέρχονται στην αντίθετη πλευρά. Οι βρόχοι είναι οι πιο συχνοί και συμβαίνουν στο 60-65% των περιπτώσεων. Αυτό το μοτίβο χαρακτηρίζεται από κορυφογραμμές που εισέρχονται στη μία πλευρά του δακτυλικού βρόχου και στη συνέχεια εξέρχονται από την ίδια πλευρά. Οι κλωστές παρουσιάζουν έναν κυκλικό τύπο ροής της κορυφογραμμής και

εμφανίζονται 30-35% των περιπτώσεων. Τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά είναι εκείνα τα χαρακτηριστικά που είναι μοναδικά για ένα άτομο. Είναι μικροσκοπικές ανωμαλίες που εμφανίζονται μέσα στις κορυφογραμμές τριβής και αναφέρονται ως λεπτομέρειες του Galton. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι λεπτομέρειας του Galton είναι οι διακλαδώσεις, οι κορυφές των κορυφογραμμών και οι κουκίδες ή τα νησιά. (National Forensic Science Technology Center, 2009)

Ενώ η εθνική αστυνομία κάθε χώρας έχει τη δική της βάση δεδομένων για τα δακτυλικά αποτυπώματα της χώρας, η INTERPOL διαθέτει μια διεθνή βάση δεδομένων δακτυλικών αποτυπωμάτων την οποία αποκαλούμε σύστημα αυτόματης αναγνώρισης δακτυλικών αποτυπωμάτων (AFIS). Οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες των χωρών μελών μπορούν να βλέπουν, να υποβάλλουν και να διασταυρώνουν τα αρχεία των ανθρώπων, για παράδειγμα, όπου υποψιάζονται ότι ενδέχεται να υπάρχει μια διεθνής πτυχή στο έγκλημα. Η βάση δεδομένων περιέχει περίπου 185.000 εγγραφές. (Bennett & Morse, 2014) Μέσω της πύλης AFIS, οι χρήστες λαμβάνουν πολύ γρήγορα τα αποτελέσματα των ελέγχων τους. Για άτομα που είναι άγνωστα στη βάση δεδομένων, αυτό διαρκεί μόνο λίγα λεπτά ενώ για άτομα που είναι γνωστά στη βάση δεδομένων, αυτό διαρκεί περίπου μία ώρα. Η αυτοματοποιημένη διαδικασία σημαίνει ότι η βάση δεδομένων μπορεί να κάνει περισσότερες από 1.000 συγκρίσεις την ημέρα. Το σύστημα είναι επίσης ικανό να ψάχνει και να καταγράφει αποτυπώματα παλάμης. Τα αρχεία αποθηκεύονται και ανταλλάσσονται με τη μορφή που ορίζει το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) (Kirby, 1990).

Η ανταλλαγή εγκληματολογικών δεδομένων στις διεθνείς έρευνες αποτελεί βασική, θεμελιώδη πτυχή των δυνατοτήτων αστυνόμευσης της INTERPOL. Μαζί με το DNA, τα δακτυλικά αποτυπώματα μπορούν να διαδραματίσουν εξίσου σημαντικό ρόλο στην αναγνώριση των θυμάτων μετά από πολύνεκρες καταστροφές όπως σεισμό ή βομβαρδισμούς. Αυτό είναι σημαντικό όχι μόνο για την αστυνομία που διερευνά το περιστατικό, αλλά και για τις ενδιαφερόμενες οικογένειες (Ubelaker, 2015).

Τοξικολογία

Οι ρίζες της μοντέρνας τοξικολογίας ξεκινούν με έναν άνθρωπο που ονομαζόταν Παράκελσος (γνωστός την τότε εποχή και με το πλήρες όνομά του, Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim). Ήταν ένας άνθρωπος που δεν δίστασε να πάει κόντρα στις τότε πάγιες αρχές της Ελληνο-ρωμαϊκής ιατρικής που βασίζονταν στον Ιπποκράτη και τον Γαληνό. Θεωρείται ο «παππούς της τοξικολογίας», ένας τίτλος που του αποδόθηκε για τη φράση του «Dosis sola facit venenum» ή αλλιώς «είναι η δόση που κάνει το δηλητήριο».

Ακόμα μία πολύ σημαντική και αξιοσημείωτη φιγούρα στην ιστορία της τοξικολογίας είναι ο Mathiew Orfila, ένας άντρας που έλαβε τον τίτλο του «πατέρα της τοξικολογίας». Γεννημένος την Βικτωριανή εποχή, έζησε σε μία κοινωνία όπου το Αρσενικό ήταν ευρέως διαδεδομένο και άμεσα διαθέσιμο, με αποτέλεσμα οι δολοφονίες και οι δηλητηριάσεις από το στοιχείο αυτό να είναι εξίσου διαδεδομένες. Ο Orfila άφησε μια κληρονομιά πλούσια σε εκδόσεις και επιστημονικά κείμενα και βοήθησε στο να καθιερωθεί ένα σύστημα στην τότε νεοσύστατη επιστήμη της τοξικολογίας (NLM, n.d.).

Σήμερα, η τοξικολογία χρησιμοποιείται στα εγκληματολογικά εργαστήρια για την ανάλυση των βιολογικών υγρών. Οι τοξικολογικές εξετάσεις ανιχνεύουν τις ναρκωτικές και τις φαρμακευτικές ουσίες αλλά και το αλκόολ που ίσως έχουν λάβει τα προς εξεταζόμενα άτομα. Τα αλκοολούχα ποτά είναι γνωστά στον άνθρωπο από την αρχαιότητα και είναι άμεσα συνδεδεμένα με την κοινωνία. Κοινό συστατικό τους είναι η αλκοόλη αιθανόλη στην οποία χρωστούν και το όνομα τους. Στην αιθανόλη οφείλονται και οι παρενέργειες της υπερκατανάλωσης αλκοόλ.

Το αλκοόλ εισέρχεται στον οργανισμό από το στόμα και από εκεί περνάει στο γαστρεντερικό σύστημα και καταλήγει στο αίμα απ' όπου και διανέμεται στο υπόλοιπο σώμα. Μπορεί να διαπεράσει τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό και έχει δράση κατασταλτική στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα. Με τον περιορισμό του ΚΝΣ έρχεται και η καταστολή των αναστολών, ο περιορισμός της κρίσης και ο μειωμένος χρόνος αντίδρασης. Αυτές ακριβώς είναι και οι επιδράσεις του αλκοόλ που αφορούν την εγκληματολογία (NLM, n.d.). Αξίζει να σημειωθεί, αφού μιλάμε για την αλκοόλη, πως η συγκέντρωσή της είναι αδύνατο να μετρηθεί σε πτώμα στη φάση της σήψης, τούτο συμβαίνει γιατί οι φυσικές διεργασίες των μικροοργανισμών κατά την αποσύνθεση αυξάνουν κατακόρυφα τη συγκέντρωση της αλκοόλης στο σώμα (Ψαρούλης, 2018).

Τοξικολογικές εξετάσεις είναι δυνατό να γίνουν σε ορό ή πλάσμα αίματος, στα υγρά του στομάχου (Ψαρούλης, 2018), σε τρίχες, και στο υαλώδες υγρό των οφθαλμών αρκετές ημέρες μετά το θάνατο. (Ding, et al., 2017).

Τα ούρα αποτελούν το βιολογικό υλικό στο οποίο προτιμάται από το εργαστήριο να γίνονται οι εξετάσεις αυτές όταν υπάρχει αυτή η δυνατότητα για εξετάσεις ρουτίνας όπως το τεστ ναρκωτικών ουσιών, αλλά πλέον μπορούν να πραγματοποιηθούν και μέσα από την ανάλυση των τριχών. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες ναρκωτικών ουσιών που βρίσκονται μέσω των τοξικολογικών εξετάσεων και είναι τα εξής: οι κανναβοειδείς ουσίες, η κοκαΐνη, οι αμφεταμίνες και τα οπιούχα (Wang, et al., 2016).

Τα περισσότερα μοντέρνα εγκληματολογικά εργαστήρια βασίζονται στη χρωματογραφία για την ανάλυση ναρκωτικών ουσιών και δηλητηρίων. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η χρωματογραφία είναι μια άριστη τεχνική διαχωρισμού ενός μείγματος στα συστατικά του (The LibreTexts libraries, 2019). Μετά το διαχωρισμό των ουσιών απαιτείται η ταυτοποίησή τους, αυτό συνηθέστερα γίνεται με φασματομετρία μάζας. Στην τοξικολογία επικρατεί η χρήση δύο διαφορετικών τεχνικών για την ταυτοποίηση μιας ουσίας. Η πρώτη είναι λιγότερο ειδική και αποτελεί μέθοδο screening, ενώ η δεύτερη είναι μια μέθοδος με υψηλή ειδικότητα που λαμβάνει χώρο πάντα εντός εγκληματολογικού εργαστηρίου υπό πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες.

Η πιο συχνή δοκιμασία στην τοξικολογία είναι με διαφορά η μέτρηση αλκοόλης στην αναπνοή ή το αίμα. Το γνωστό σε όλους αλκοτέστ είναι η μέθοδος screening που εφαρμόζεται από τις αρμόδιες αρχές. Η εκτέλεσή του απαιτεί λιγοστή εκπαίδευση και μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε μέρος. Ο προς εξέταση άνθρωπος θα πρέπει να απέχει από φαγητό, ποτό και κάπνισμα για δεκαπέντε με είκοσι λεπτά, ενώ το μηχάνημα θα πρέπει να είναι καλά βαθμονομημένο. Επιβεβαιωτική μέθοδο αποτελεί η μέτρηση των επιπέδων αλκοόλης στο αίμα. Η συλλογή του δείγματος γίνεται από έμπειρο προσωπικό μετά από απολύμανση της περιοχής με υγρό που δεν περιέχει αλκοόλη.

Η τοξικολογία χρησιμοποιεί μια πληθώρα βιολογικών υλικών, ανάλογα με την περίπτωση, για τις αναλύσεις. Ενδεικτική είναι η μέτρηση αλκοόλης στο υγρό των οφθαλμών σε πτώμα που εμφανίζει προχωρημένες μεταθανάτιες αλλοιώσεις. Άλλα πιθανά δείγματα αποτελούν το γαστρικό υγρό και το μητρικό γάλα.

Για να διαπιστωθεί η χρήση ουσιών από γυναίκα που κυοφορεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα δείγματα πέρα από τα ούρα και το αίμα. Το αμνιακό υγρό για παράδειγμα μπορεί να δώσει πληροφορίες για τη συγκέντρωση στην οποία έχει εκτεθεί το έμβρυο στη μήτρα. Η συλλογή του γίνεται με παρακέντηση και είναι δύσκολη και

επικίνδυνη γι' αυτό και είναι ένα δείγμα που σπάνια συναντούμε. Πιο συνηθισμένη είναι η συλλογή του μεκονίου για να διαπιστώσουμε την έκθεση βρέφους σε ναρκωτικές ουσίες μέσω της μητέρας. Το μεκόνιο είναι οι πρώτες κενώσεις του νεογνού και ξεκινάνε περίπου τη δωδέκατη με δέκατη έκτη εβδομάδα. Η συλλογή είναι εύκολη, αλλά το δείγμα πρέπει να ομογενοποιηθεί πριν την επεξεργασία του.

Τα νύχια είναι ένα πολύτιμο δείγμα για την εγκληματολογία. Η μορφολογία τους, όπως φαίνεται κάτω από ένα μικροσκόπιο, μπορεί να αποκαλύψει από ασθένειες μέχρι και τη λήψη ξενοβιοτικών. Τα νύχια αποτελούνται από κερατινοποιημένα κύτταρα τα οποία δεν έχουν πυρήνα ή οργανίδια. Η πρώτη καταγεγραμμένη απόπειρα για τοξικολογικό έλεγχο έγινε το 1984 και κατάφερε να επιβεβαιώσει τη λήψη αμφεταμινών και μεθαμφεταμινών σε χρήστες. Πλέον είναι δυνατή και η ανίχνευση PCP, MDMA και άλλων. Πριν την ανάλυση τα νύχια περνάνε από διάφορα στάδια. Αρχικά έχουμε διάφορα πρωτόκολλα καθαρισμού ώστε να απομακρυνθούν ρύποι που μπορεί να επηρεάσουν την εξέταση. Στη συνέχεια έχουμε την ενζυμική ή χημική λύση του όνυχος.

Παρόμοια είναι και η επεξεργασία των τριχών. Όταν ξεκίνησε η χημική ανάλυση τριχών, περίπου το 1960, είχε σαν στόχο την μελέτη της έκθεσης σε βαρέα μέταλλα όπως το αρσενικό, ο μόλυβδος και ο υδράργυρος. Σαν δείγμα τα μαλλιά έχουν ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό, συγκρατούν στη δομή τους ουσίες σε βάθος χρόνου κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι ανάλογα με το μάκρος των μαλλιών μπορούμε να ανιχνεύσουμε τη λήψη ουσιών μήνες ή και χρόνια πριν. Το δείγμα αυτό δεν είναι κατάλληλο για περιπτώσεις που υπάρχει περίπτωση περιβαλλοντικής έκθεσης, όπως γίνεται για παράδειγμα στην κάνναβη.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας η εξέταση σιέλου έχει γίνει πιο ακριβής και πιο συχνή καθώς η συλλογή του είναι πάρα πολύ εύκολη, γρήγορη και μη επεμβατική. Το σίελο είναι 90% νερό, 0,7% πρωτεΐνες (κυρίως αμυλάση) και 0,26% βλέννη. Στο εμπόριο κυκλοφορούν kits συλλογής με ειδικό buffer που επιτρέπει την άμεση ανάλυση του δείγματος. Το σίελο χρησιμοποιείται περισσότερο σε τεχνικές screening και οι τεχνικές επεξεργασίας τους βασίζονται στην ανοσολογία. Τα πιο κοινά ναρκωτικά που ανιχνεύονται στο σίελο είναι οι αμφεταμίνες, οι μεθαμφεταμίνες, τα κανναβινοειδή, το PCP και τα οπιούχα.

Αρκετά κοινή είναι και η χρήση του ιδρώτα στην τοξικολογία. Η συλλογή γίνεται αρχικά προκαλώντας την έκκρισή του με ήπιας μορφής θερμικό σοκ. Στη συνέχεια με ειδική γάζα επικαλυμμένη με αδιάβροχο πλαστικό ή έναν απλό βαμβακοφόρο στείλει συλλέγεται προσεκτικά ικανή ποσότητα ιδρώτα. Δείγμα μπορεί να απομονωθεί και από

ρούχα. Μελέτες έχουν δείξει ότι στον ιδρώτα μπορούν να ανιχνευθούν με ακρίβεια αμφεταμίνες, μεθαμφεταμίνες, κοκαΐνη και κωδεΐνη ενώ το ίδιο δεν ισχύει για PCP, μορφίνη και ηρωίνη.

Το υαλώδες υγρό των οφθαλμών συλλέγεται από πτώματα και είναι μεγάλης εγκληματολογικής σημασίας. Λόγω της ανατομικής του θέσης και των χημικών του ιδιοτήτων έχει μεγαλύτερη σταθερότητα στο χρόνο και επιρρεάζεται λιγότερο από τις μεταθανάτιες αλλοιώσεις. Οι μέθοδοι ανάλυσης δεν διαφέρουν από το αίμα, με το συνδυασμό χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας να είναι για ακόμα μια φορά η μέθοδος εκλογής. Όσων αφορά τις ναρκωτικές ουσίες το THC δεν μπορεί να ανιχνευθεί στο υγρό αυτό καθώς δεν φαίνεται να διαπερνά το φραγμό αίματος-οφθαλμού.

Ο ποιοτικός έλεγχος είναι πολύ σημαντικός σε ένα τοξικολογικό εργαστήριο. Ένας αναλυτής πρέπει να αποδειχτεί ότι είναι ικανός να φέρει εις πέρας μια εξέταση πέραν κάθε αμφιβολίας και αυτό γίνεται ακολουθώντας συγκεκριμένους κανόνες. Πάντα ταυτόχρονα με τα δείγματα προς εξέταση τρέχει ένα γνωστό standard και τυφλό σαν αρνητικό control. Μια καμπύλη από standard γίνεται για να αποδειχτεί ότι ο αναλυτής είναι ικανός να υπολογίζει συγκεντρώσεις με ικανοποιητική ακρίβεια. Τέλος, θεωρείται καλή εργαστηριακή πρακτική κάθε θετικό δείγμα να τρέχει εις διπλούν.

Αναφορές

Agrawal, R. L., Gupta, P. C., Bhasin, S. & Nagar, C. K., 1983. *Determination of the time of death by estimating potassium level in the cadaver vitreous humour..* [Ηλεκτρονικό]

Available at: [http://www.ijo.in/article.asp?issn=0301-](http://www.ijo.in/article.asp?issn=0301-4738;year=1983;volume=31;issue=5;spage=528;epage=531;aulast=agrawal)

[4738;year=1983;volume=31;issue=5;spage=528;epage=531;aulast=agrawal](http://www.ijo.in/article.asp?issn=0301-4738;year=1983;volume=31;issue=5;spage=528;epage=531;aulast=agrawal)

[Πρόσβαση 26 Δεκέμβριος 2018].

American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks, n.d. *Discovery of Radiocarbon Dating*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/radiocarbon-dating.html>

[Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].

American Forensics, n.d. *American Forensics*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.americanforensics.org/uhlenhuth-test/>

[Πρόσβαση 17 Φεβρουάριος 2019].

Anon., n.d. s.l.:s.n.

Appalannen, K., 2013. Non-destructive Analysis Of Trace Textile Fiber. *University of Central Florida Libraries*.

Aronson, J., 2006. *The "Starch Wars" and the Early History of DNA Profiling*, Pittsburgh, Pennsylvania: Central Police University Press.

Augenstein, S., 2018. *Forensic Magazine*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.forensicmag.com/news/2018/06/dna-swabs-test-good-absorption-less-50-percent-recovery>

Ballou, Stolorow & Taylor, 2013. *The Biological Evidence Preservation Handbook*. s.l.:U.S. Department of Commerce .

Baranowska, I., 2016. *Handbook of Trace Analysis*. Springer επιμ. New York: s.n.

Bates, R., 2013. *Week 5B - 3 Hair [Video]*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.coursera.org/learn/forensic-science/lecture/CUaTT/week-5b-3-hair>

Bates, R., 2018. *Week 3B- tests for blood*. [Ηχογράφηση] (Coursera).

Bates, R., 2019. *Coursera*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.coursera.org/learn/forensic-science/lecture/MSip0/week-2b-1-introduction-to-chromatography>

[Πρόσβαση 20 Μάιος 2019].

Bates, R., n.d. *Coursera*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.coursera.org/learn/forensic-science/lecture/J8CYC/week-5c-1-internal-ballistics>

[Πρόσβαση 11 Ιούνιος 2019].

Bates, R., n.d. *Coursera*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.coursera.org/learn/forensic-science/lecture/FXiRa/week-4-4-short-tandem-repeats-str>

[Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].

Bates, R., n.d. *Coursra*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.coursera.org/learn/forensic-science/lecture/VBpLC/week-3a-4-analysis-of-skeletal-remains-i>

[Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].

Bennett, M. & Morse, S., 2014. *Human Footprints: Fossilised*. New York: Springer.

Best Gun Scopes, n.d. *Best Gun Scopes*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://bestgunscope.com/parts-of-a-firearm/?fbclid=IwAR3YxpsgmcvkkP2t5mNFSzaoxNJBuCKZtsdm_wuGWhmtUmYmtiOqm_fOsyLo

[Πρόσβαση 11 Ιούνιος 2019].

Beta Analytic, n.d. *Radiocarbon Dating Bones*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.radiocarbon.com/ams-dating-bones.htm>

[Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].

Bévalot, F. και συν., 2015. *Vitreous humor analysis for the detection of xenobiotics in forensic toxicology: a review*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11419-015-0294-5>

Bizzarre, 2018. *Steemit*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://steemit.com/science/@bizzarre/using-bones-and-teeth-in-forensic-science>

[Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].

Blackedge, R. D., 2007. Condom trace evidence in Sexual Assaults: Recovery and Characterization. Στο: *Forensic analysis on the cutting ede. New methods for trace evidence analysis..* New Jersey: WILEY-INTERSCIENCE, pp. 81-85.

Brady, K. και συν., 2017. Tape Lift Sampling of Chemical Threat. *Journal of Forensic Sciences*, July, 62(4).

Brooks, M. M., 2012. *Identifying Fibres and Fabrics DATS in partnership with the V&A*. s.l.:s.n.

Bundesen, H. N., 1930. Science has solved the wanton killing of seven gangsters..

Strerling Daily Gazette, 14 Φεβρουάριος, p. 1.

Bureau of Criminal Apprehension, 2019. *Bureau of Criminal Apprehension A Division of the Minnesota Department of Public Safety*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://dps.mn.gov/divisions/bca/bca-divisions/forensic-science/Pages/trace-hair.aspx?fbclid=IwAR1-CJ739XKbixFSxaq8kXhb-QHIZ7LNKcckaozfzmk66NcgnD_m7i50d8U

Caire, G. & Sano, P., 2016. Chapter 5 - Hair as the evidence. Στο: *EPISD Forensic Science*. s.l.:Flexbook, pp. 62 - 84.

California State University, 2019. *The LibreTexts libraries*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_\(Analytical_Chemistry\)/Instrumental_Analysis/Chromatography/Gas_Chromatography?fbclid=IwAR2zxGx8mf6xPHxbShqbD3vvNXUceKXRJxTrpCJQDm2oclgOAOOAlk356fc](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_(Analytical_Chemistry)/Instrumental_Analysis/Chromatography/Gas_Chromatography?fbclid=IwAR2zxGx8mf6xPHxbShqbD3vvNXUceKXRJxTrpCJQDm2oclgOAOOAlk356fc)

[Πρόσβαση 28 Μάιος 2019].

CECKA, M., BREIDENTHAL, S. & TERASAKI, P., 1986. *Direct blood group typing of forensic samples using a simple monoclonal antibody assay*, Los Angeles: ELSEVIER.

Chisum, W. & T. B., n.d. *Evidence Dynamics: Locard's Exchange Principle & Crime Reconstruction*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: http://www.profiling.org/journal/vol1_no1/jbp_ed_january2000_1-1.html

[Πρόσβαση January 2000].

Claridge, J., 2016. *Explore Forensics*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.exploreforensics.co.uk/recording-and-preserving-the-crime-scene.html>

Claridge, J., 2017. *Explore Forensics*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.exploreforensics.co.uk/estimating-the-time-of-death.html>

Clark, J., 2007. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

https://www.chemguide.co.uk/analysis/chromatography/hplc.html?fbclid=IwAR13Ek_y5nwF7bcKEd62rc1QHwmT70wqmOpicRgt4_-Kk88G9d8lh6bujlk

[Πρόσβαση 20 Μάιος 2019].

Cordner, S. και συν. επιμ., 2016. PROCESSES ENABLING THE USE OF FORENSIC DNA ANALYSIS IN A LARGE MASS FATALITY DISASTER. Στο: *Management of Dead Bodies after Disasters: A Field Manual for First Responders*. Geneva: 2, pp. 60 - 61.

- Crime Scene Investigator edu, 2019. *Crime Scene InvestigatorEDU*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.crimesceneinvestigatoredu.org/forensic-scientist-job-description/>
- Cunningham, K. F., n.d. *The National Registry of Exonerations*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:
<https://www.law.umich.edu/special/exoneration/Pages/casedetailpre1989.aspx?caseid=312>
- De Hofman, E. & Stroobant, V., 2007. *Mass Spectrometry*. 3 επιμ. West Sussex: Wiley.
- Dean, L., 2005. *Blood Groups and Red Cell Antigens*, s.l.: Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US).
- Ding, Y. και συν., 2017. *Estimation of postmortem interval by vitreous potassium evaluation with a novel fluorescence aptasensor*, Changsha: Scientific Reports.
- Donnell, C., 2006. Forensic Chemistry. Στο: A. Mozayani, επιμ. *The forensic laboratory handbook : procedures and practice*. New Jersey: Humana Press Inc.
- Dybowski, M. P. & Dawidowicz, A. L., 2018. *Application of the QuEChERS procedure for analysis of Δ9-tetrahydrocannabinol and its metabolites in authentic whole blood samples by GC–MS/MS*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://doi.org/10.1007/s11419-018-0419-8>
- Ellingham, S. T. D., Thompson, T. J. U. & Islam, M., 2018. Scanning Electron Microscopy–Energy-Dispersive X-Ray (SEM/EDX): A Rapid Diagnostic Tool to Aid the Identification of Burnt Bone and Contested Cremains. *Journal of Forensic Sciences*, March, 63(2).
- ENFSI, Scenes of Crime Working Group, 2012. *Scenes of Crime Examination Best Practice Manual*, s.l.: ENFSI.
- European Network of Forensic Science Institutes, 2016. *Guidelines on Sampling of Illicit Drugs for Qualitative Analysis*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2017/05/guidelines_on_sampling_of_illicit_drugs_for_qualitative_analysis_enfsi_dwg_2nd_edition.pdf
- Fang, R. και συν., 2006. Real-time PCR assays for the detection of tissue and. *Elsevier*, p. 685 – 687.
- Federal Bureau of Investigation, 2011. *Quality assurance Standards for DNA Databasing Laboratories*, s.l.: Federal Bureau of Investigation.
- Ferreira-Silva, B., Joao Porto, M., Magalhaes, T. & Caine, L., 2018. Contribution to the Development of Guidelines in the Analysis of Biological Evidence in Sexual Assault Investigations. *Journal of Forensic Sciences*.

- Ferrer, N., 2000. Forensic Science, Applications of IR Spectroscopy. Στο: J. C. Lindon, επιμ. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*. London: Elsevier .
- Gee, A., 2014. *BBC News*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.bbc.com/news/magazine-25371014>
[Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].
- Gefrides, L. A. & Welch, K. E., 2006. Serology and DNA. Στο: A. Mozayani, επιμ. *The Forensic Laboratory Handbook*. Totowa, New Jersey: Humana Press Inc., pp. 9-13.
- Gerber, S. M. & Saferstein, R., 1997. *More Chemistry and Crime: From Marsh Arsenic Test to DNA Profile*. 1η Έκδοση επιμ. Washington, DC: The American Chemical Society.
- Hanson, E. & Ballantyne, J., 2017. Human Organ Tissue Identification by Targeted RNA. *MDPI*, p. 22.
- Harbison, C., 2016. *ABO Blood Type Identification and Forensic Science (1900-1960)*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://embryo.asu.edu/pages/abo-blood-type-identification-and-forensic-science-1900-1960>
- Hayman, J. & Oxenham, M., 2016. *Supravital Reactions in the Estimation of the Time Since Death (TSD)*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/livor-mortis>
- Helmenstine, A. M., 2018. *ThoughtCo.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.thoughtco.com/kastle-meyer-test-to-detect-blood-607820>
- Henk , K. & Eijkel, L. v. d., 2016. *Soil in Criminal and Environmental Forensics*. Switzerland: Springer.
- Hoffmann, W. & Jackson, G. P., 2015. Forensic Mass Spectrometry. *Annual Review of Analytical Chemistry* , 1(8), pp. 419 - 440.
- JaVed, K., Thomas, K. & Donnell, C., 2012. *Basic Principles of Forensic Chemistry*. New York: Humana Press.
- Jighly, A. και συν., n.d. *Optimization of sequence alignment for microsatellite regions*, s.l.: s.n.
- Jonathan I. Creamer, 1. T. I. Q. L. B. C. P. R. a., 2005. *Attempted cleaning of bloodstains and its effect on the forensic luminol test*, s.l.: Wiley InterScience.
- Joseph, S. & Bernard , F., 2003. *Handbook of Thin-Layer Chromatography*,. 3 επιμ. s.l.:Marcel Dekker.
- Kern, S. E., Crowe, J. B., Litzau, J. J. & Heitkemper, D. T., 2017. Forensic Analysis of Stains on Fabric Using Direct Analysis in Real-time Ionization with High-Resolution Accurate Mass-Mass Spectrometry. *Journal of Forensic Sciences*, 12 June, 63(2), pp. 592-597.

Kirby, L., 1990. *DNA Fingerprinting*. New York,: Stockton Press.

Laboratory and Scientific Section, United Nations Office on Drugs and Crime, 2009. *Crime scene and physical evidence awareness for non-forensic personnel*, New York: UNITED NATIONS PUBLICATION.

Lepot, L., De Wael, K. & Lunstroot, K., 2016. *Fibers and textiles, literature review 2013-2016*. Lyon: 18th INTERPOL International Forensic Science Managers Symposium.

Li, R., 2008. *Forensic Biology: Identification and DNA Analysis of Biological Evidence*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://books.google.gr/books?id=W1vMBQAAQBAJ&pg=PA71&lpg=PA71&dq=one+step+aba+card&source=bl&ots=U8FDJDs6jO&sig=ACfU3U13_wL3uSL6BOcnDkg_x3GC_bGbIA&hl=el&sa=X&ved=2ahUKEwjficvY5MPgAhUONOWKHdXjD5EQ6AEwDHoECAIQAQ#v=onepage&q=one%20step%20aba%20card&f=false
[Πρόσβαση 18 Φεβρουάριος 2019].

Lopez, G., 2018. *VOX*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.vox.com/policy-and-politics/2017/10/2/16399418/us-gun-violence-statistics-maps-charts>
[Πρόσβαση 11 Ιούνιος 2019].

Machado, C. και συν., 2007. CLINICAL ETHICS. Στο: *The concept of brain death did not evolve to benefit organ transplants*. Cuba: J Med Ethics.

Madea, B., 2014. *Handbook of Forensic Medicine*. 1 επιμ. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons.

Mescher, A. L., 2013. *Junqueira's Βασική Ιστολογία*. 6η Ελληνική Έκδοση επιμ. Nicosia: BROKEN HILL PUBLISHERS LTD.

Metgud, R., Khajuria, N., Mamta & Ramesh, G., 2016. *Evaluation of the Secretor Status of ABO Blood Group Antigens in Saliva among Southern Rajasthan Population Using Absorption Inhibition Method*, s.l.: Published online.

Minari, J. & Mgbada , N., 2014. The Frequency of ABO Blood Group among Male Inmates in a Typical Nigerian Prison. *Journal of Forensic Research*, 15 December .

Mozayani, A. & Raymon, L., 2012. *Handbook of Drug Interactions*. 2 επιμ. New York: Humana Press.

National Center for Biotechnology Information, n.d. *PubChem Compound Database*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10638#section=Top>
[Πρόσβαση 11 Φεβρουάριος 2019].

National Forensic Science Technology Center, n.d. Protocol 2.18 Leucomalachite Green Presumptive Test for Blood. Στο: *DNA Analyst Training Laboratory Training Manual* . s.l.:President's DNA Initiative.

National Human Genome Research Institute, 2015. *National Human Genome Research Institute*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.genome.gov/25020001/online-education-kit-bioinformatics-finding-genes/>

National Forensic Science Technology Center, 2009. *A Simplified Guide To*. Largo, Florida: NFSTC.

Neshurbida, S. I., Djatschuk, M. P., Sabadasch, R. W. & Sahorodna, N. M., n.d. *Hans Gross Bibliografisches Verzeichnis, Serie "Wissenschaftler der Universität Czernowitz"*. s.l.:Knyhy.

NLM, n.d. *Visible Proofs, Forensic Views of the Body*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.nlm.nih.gov/visibleproofs/galleries/biographies/orfila.html> [Πρόσβαση 16 Φεβρουάριος 2006].

Nussbaum, R. L., McInnes, R. R., Willard, H. F. & Hamosh, A., 2011. *Thompson & Thompson Ιατρική Γενετική*. 2η Ελληνική Έκδοση επιμ. s.l.:Π.Χ. Πασχαλίδης.

Pai, C.-Y. και συν., 2007. *Application of Forensic Entomology to Postmortem Interval Determination of a Burned Human Corpse: A Homicide Case Report from Southern Taiwan*, Kaohsiung: Elsevier & Formosan Medical Association.

Pawita , Safie, Ayunni & Hamzah , 2016. Fibres Retention Time on Different Type of Recipient Garments. *Malaysian Journal of Forensic Sciences*, 7(1), pp. 27 - 31.

Pawłowski, W., Matyjasek, Ł. & Karpinska, M., 2017. Detection of Contact Traces of Powdery Substances. *Journal of Forensic Sciences*, July, 62(4).

Prahlow, J., 2010. *Forensic Pathology for Police, Death Investigators, Attorneys and Forensic Scientists*. New York: Humana Press.

Prego, P. & García-Ruiz, C., 2016. Spectroscopic techniques for the forensic analysis of textile fibers. *Applied Spectroscopy Reviews*, 51(4), pp. 258-281.

Ray, P., 2016. *The evaluation of fibre evidence in the investigation of*, s.l.: Thesis, University of Lausanne .

Ridnour, L. A. και συν., 2000. *A Spectrophotometric Method for the Direct Detection and Quantitation of Nitric Oxide, Nitrite and Nitrate in Cell Culture Media*, Wisconsin: Available online at <http://www.idealibrary.com>.

Robotham, C., n.d. FT-IR Microspectroscopy in Forensic. *Thermo Fisher Scientific*,.

Roderick, B., n.d. *Week 3A - 1 Recent Deaths*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: <https://www.coursera.org/learn/forensic-science/lecture/g5sKG/week-3b-5-lord-lucan-case-summary>

Rutty, G., 2008. *Essentials of Autopsy Practice*. London: Springer.

Showa Denko America, Inc., n.d. *Shodex*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: https://www.shodexhplc.com/lessons/lesson-1-introduction-to-hplc/?fbclid=IwAR2nA00TmT68KHB8aKe6CYi5iMApb654p2_eGTOrumjZOIPE3fQ0Jf8EOP
o

[Πρόσβαση 28 Μάιος 2019].

South Tyrol Museum of Archaeology, n.d. *Otzi the Ice Man*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: <http://www.iceman.it/en/the-discovery/>
 [Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].

Sperling, L. C., 1991. *Hair anatomy for the clinician*, Washington, D.C.: Journal of the American Academy of Dermatology.

Stolze, D., 2016. *Chicago's Bloody Valentine*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: <https://www.forensicmag.com/article/2016/09/chicagos-bloody-valentine>

Sugie, K., Kurakami, D., Akutsu, M. & Saito, K., 2018. Rapid detection of tert-butoxycarbonyl-methamphetamine by direct analysis in real time time-of-flight mass spectrometry. *Forensic Toxicology*, 12 January.

Tao, X., 2001. *Smart fibres, fabrics and clothing*. Cambridge England: WOODHEAD PUBLISHING LIMITED.

Taylor, J. A., 2016. *Forensic Odontology Principles and Practice*. s.l.: John Wiley & Sons.

The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2009. *Secretor system*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: <https://www.britannica.com/science/secretor-system>

The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2019. *Encyclopaedia Britannica*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: <https://www.britannica.com/topic/Otzi>
 [Πρόσβαση 12 Ιούνιος 2019].

The Forensics Library, n.d. *Edmond Locard*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: <http://aboutforensics.co.uk/edmond-locard/>

The Forensics Library, n.d. *The Forensics Library*. [Ηλεκτρονικό]
 Available at: <https://aboutforensics.co.uk/firearms-ballistics/?fbclid=IwAR3uTzZVoO9OrdaVyIPks74gccIGfJMTUV8g91R4Hqsr8zN7j751VA0Fpo8>
po8

[Πρόσβαση 11 Ιούνιος 2019].

The joint EA-ENFSI working group, 2008. *Guidance for the Implementation of ISO/IEC 17020 in the field of crime scene investigation.*, s.l.: EA-5/03.

The LibreTexts libraries, 2019. *Thin Layer Chromatography*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Demos%2C_Techniques%2C_and_Experiments/General_Lab_Techniques/Thin_Layer_Chromatography?fbclid=IwAR1OIYrv3G7LNjOkvA2Db_3_lq0BhI5-C0p8qbQ0iE_bNuX0ZCHWF-0_1vg

[Πρόσβαση 20 Μάιος 2019].

Theophanides, T., 2012. Introduction to Infrared Spectroscopy. *Infrared Spectroscopy - Materials Science, Engineering and Technology*.

Tozzo, P. και συν., 2018. *Collecting sexual assault history and forensic evidence from adult women in the emergency department: a retrospective study*,

<https://doi.org/10.1186/s12913-018-3205-8>: BMC Health Services Research.

Ubelaker, D. H., 2015. *The Global Practice*. West Sussex,: Wiley Blackwell.

Uggerud, E. και συν., 2003. Modern Mass Spectrometry. *Topics in Current*, pp. 1503 - 1624.

User Guide, n.d. *President's DNA Initiative - DNA Analyst Training*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://drive.google.com/file/d/1xj6P4YfNmjN7O8mAq4c9Crcj4n7bNMw4/view>

Vanezis, P. & Busuttil, A., 1996. *Suspicious Death Scene Investigation*. London: ARNOLD.

Wallefeldt, J., n.d. *Encyclopaedia Britannica*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.britannica.com/event/assassination-of-John-F-Kennedy>

[Πρόσβαση 11 Ιούνιος 2019].

Walsh-Haney, H., 2002. *Science*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.sciencemag.org/careers/2002/06/skeleton-keys-how-forensic-anthropologists-identify-victims-and-solve-crimes>

[Πρόσβαση Ιουνίου 12 2019].

Wang, X., Stybe Johansen, S., Klose Nielsen, M. K. & Linnet, K., 2016. Targeted analysis of 116 drugs in hair by. *Drug Testing*, 26 October, pp. 1137 - 1151.

Wardak, K. & Cina, S. J., 2011. *Algor Mortis: An Erroneous Measurement Following Postmortem Refrigeration*, s.l.:

https://www.researchgate.net/publication/51195202_Algor_Mortis_An_Erroneous_Measurement_Following_Postmortem_Refrigeration.

Wąs-Gubała, J., 2009. Selected Aspects of the Forensic. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 17(4), pp. 26 - 29.

Watson, J. D. και συν., 2011. *Μοριακή Βιολογία του Γονιδίου*. 1η Ελληνική Έκδοση επιμ. s.l.:Utopia.

WESH, 2017. *Forensic Magazine*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.forensicmag.com/news/2017/06/serial-rapist-first-us-be-convicted-dna-evidence-seeks-freedom>

WHO and United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), 2015. *Strengthening the medico - legal response to sexual violence*. s.l.:UNODC.

Wilkinson, T., Perry, D., McKinney, W. & Martin, M., 2002. Physics and forensics. *P HYSICS W ORLD*, pp. 43 - 46.

Wolten, G. M. και συν., 1977. *FINAL REPORT ON PARTICLE ANALYSIS FOR GUNSHOT RESIDUE DETECTION*, Washington, D.C.: National Institute of law Enforcement and Criminal Justice LAW ENFORCEMENT ASSISTANCE ADMINISTRATION U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE .

World Health Organization (WHO) and United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), 2015. *Strengthening the Medico-Legal Response to Sexual Violence*. s.l.:World Health Organization (WHO).

Βαγδατλή, Ε., 2010. Ερυθρά αιμοσφαίρια. Στο: *Έμμορφα στοιχεία του αίματος. Μετρήσεις και σφάλματα στον αιματολογικό αναλυτή*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΑΛΤΙΝΤΖΗ, pp. 27-28.

BIOXHMIKOS, n.d. *BIOXHMIKOS*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://bioximikos.gr/topics/biochemistry-molecular-biology/507-pos-anixneyoun-to-aima-oi-egklimatologoi-se-mia-skini-egklimatos?highlight=WyJcdTAzYmJcdTAzYmZcdTAzYzVcdTAzYmNcdTAzYjldTAzYmRcdTAzY2NcdTAzYmJcdTAzYjciXQ==>

Γεώργιος, Κ. Π., 2009. *Ανάπτυξη Μεθόδων προσδιορισμού ορμονών με Αυξητική Δράση σε Βιολογικά Δείγματα με Υγρή Χρωματογραφία- Φασματομετρία Μαζών*.

[Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/20093#page/44/mode/2up>

Γεωργίου, Μ., 2008. *Γενετική Ιατροδικαστική*. Αθήνα: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Α.Ε..

Ελληνική Αστυνομία, n.d. *Ελληνική Αστυνομία*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=48&Itemid=39&lang=

[Πρόσβαση 2019].

- Θεοδωρίδης, Γ., 2015. Κεφάλαιο 12: Φασματομετρία Μάζας. Στο: Σ. Σεγκούλη, επιμ. *Βιοαναλυτική χημεία*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Θεοδωρίδης, Γ. Γ. Σ. Ζ. Γ. Ζ. Α. Σ. Β., 2015. *Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://hdl.handle.net/11419/3675>
- Καρκαλούσος, Π., 2016. *Εργαστηριακές ασκήσεις ανοσολογίας, Θεωρητικό Μέρος*. Έκτη Έκδοση επιμ. Αθήνα: s.n.
- Κουράκης, Ν. Ε., 2015. *Συμβολές στη Μελέτη της Ανακριτικής*. 2η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Αντ. Ν. Σάκκουλα.
- Κουτσελίνη, Α. Σ., 1994. *Ιατροδικαστική*. Ε' επιμ. Αθήνα: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Α.Ε..
- Παλαιολόγου, Δ., 2015. Ηλεκτροφόρηση DNA. Στο: Π. Πάντος, επιμ. *Εργαστηριακές ασκήσεις γενετικής του ανθρώπου*. Αθήνα: Εκδόσεις Κάλλιπος.
- Παπαγιαννακόπουλος, Π. & Λαζάρου, Γ. Γ., n.d. *Φασματοσκοπία Μάζας*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: http://tccc.iesl.forth.gr/AMS_EPEAEK/courses/LazPap/MSLab_AMS.htm
[Πρόσβαση 29 Μάιος 2019].
- Παπουτσής, Ι., 2005. *Προσδιορισμός Βενζοδιαζεπινών Παραγώγων στο Αίμα με Φασματομετρία Μάζας Εφαρμογές στην Κλινική και Δικαστική Τοξικολογία*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/23286#page/1/mode/2up>
- Σαραντινού, Κ., 1989. *Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/2043#page/1/mode/2up>
[Πρόσβαση 17 Φεβρουάριος 2019].
- Ψαρούλης, Δ. Κ., 2018. *Ιατροδικαστική, Από τη Θεωρία στην Πράξη*. 3η Έκδοση επιμ. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.