

Bioethica

Vol 7, No 2 (2021)

Bioethica



Bioterrorism and the necessity of biodefense nowadays

Natalia Amasiadi

doi: [10.12681/bioeth.28157](https://doi.org/10.12681/bioeth.28157)

Copyright © 2021, Natalia Amasiadi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

To cite this article:

Amasiadi, N. (2021). Bioterrorism and the necessity of biodefense nowadays. *Bioethica*, 7(2), 24–38.
<https://doi.org/10.12681/bioeth.28157>

Η βιοτρομοκρατία και η σύγχρονη αναγκαιότητα της βιοάμυνας

Ναταλία Αμασιάδη

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια Βιοηθικής, Τμήμα Ιατρικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστημιούπολη, 54124, Θεσσαλονίκη



nataamas@auth.gr

Περίληψη

Εισαγωγή: Η επιστημονική πρόοδος κατέστησε τον κίνδυνο ενός απρόσμενου βιοτρομοκρατικού επεισοδίου απολύτως υπαρκτό. Συνεπώς, η δημιουργία μιας ισχυρής «ασπίδας» προστασίας, η οποία είναι κοινώς γνωστή ως «βιοασφάλεια» και κατ' επέκταση, ως «βιοάμυνα» αποτελεί μια σύγχρονη ανάγκη, συνοδευόμενη με ηθικά διλήμματα και πλείστους προβληματισμούς.

Μέθοδοι/Δεδομένα: Το ξέσπασμα της COVID-19 απέδειξε αναπόδραστα την αναγκαιότητα και η σημασία της δημιουργίας μιας ισχυρής βιοάμυνας. Τα συστήματα βιοάμυνας, τα επιτελικά σχέδια εκτάκτου ανάγκης, το risk communication, οι επαρκείς υποδομές, το εξειδικευμένο προσωπικό, τα ενδεδειγμένα μέτρα ατομικής προστασίας, οι διασφαλισμένοι οικονομικοί πόροι, η ρεαλιστική εκτίμηση κινδύνου και κυρίως τα μέσα πρόληψης, δηλαδή η αποφυγή και αποτροπή των καταστάσεων αυτών πριν εξαπλωθούν, αποτελούν πρωταρχικούς στόχους.

Αποτελέσματα: Η λεπτομερής καταγραφή των συναφών δεδομένων, θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε με ένα καλύτερο τρόπο την αποτελεσματική δόμηση ισχυρών συστημάτων βιοάμυνας, και θα αναδείξουν τα ζητήματα βιοηθικής και θεσμοθέτησης, πιθανώς σε παγκόσμιο επίπεδο, με σκοπό τη δημιουργία εφοδίων και αποτελεσματικών μεθόδων αντιμετώπισης της βιοτρομοκρατίας.

Σύνοψη/Συζήτηση: Πρωταρχικός σκοπός αναδεικνύεται η κατανόηση της σημαντικότητας λήψης προστατευτικών μέτρων ενάντια στη βιοτρομοκρατία και η δημιουργία ισχυρών συστημάτων βιοάμυνας, τα οποία θα χαίρουν ευρείας επιστημονικής αποδοχής και θα στηρίζονται στην επιστημονική έρευνα και εποπτεία του φαινομένου. Τέλος, ως σημαντικό αποτρεπτικό μέσο, κρίνεται η θεσμοθέτηση κανόνων πρόληψης και αποφυγής φαινομένων βιοτρομοκρατίας, σε εθνικό αλλά και σε διεθνές επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά: βιοτρομοκρατία, βιοασφάλεια, βιοάμυνα, επιδημία, ηθικά διλήμματα.

Bioterrorism and the necessity of biodefense nowadays

Natalia Amasiadi

Postgraduate Student of Bioethics, Department of Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, University Campus, 54124, Thessaloniki, Greece

Abstract

Introduction: Scientific progress has considerably increased the risk of unexpected bioterrorist attacks. In accordance comes the necessity for a potent “shield” of protection, known as “biosecurity” and widely referred as “biodefense”. However, ethical challenges and concerns, arising along with bioterrorism, are inevitable to address.

Methods: COVID-19 outbreak immersed the significance of preexisting powerful biodefense systems. Primary factors to consider are their efficacy, the availability of capable emergency plans, adequate personal protective equipment, and sufficient funding. Least but not last comes the proper comprehension of risk assessment and the promotion of prevention, which contributes fundamentally in avoiding the outbreak, even before the harmful biological agent has begun spreading itself among the community.

Results: Meticulous data recording will promote our knowledge of effectively constructive biodefense systems and will contribute in identifying crucial bioethical issues, as well to legislate accordingly, nationally, and internationally, in order to duly address the emerging threats.

Conclusion: Drastic measures against bioterrorism are inevitable to take, so is the foundation of sufficient biodefense systems, which should lay on scientific knowledge that drives from relevant research, and general consent. Ultimately is, the establishment of international laws, to propel collaboration among nations and eliminate future bioterrorist attacks.

Keywords: bioterrorism, biosecurity, biodefense, epidemics, ethical dilemmas.

Εισαγωγή

Η αναγκαιότητα και η σημασία της δημιουργίας μιας ισχυρής βιοάμυνας και της εν γένει προστασίας έναντι στη συνεχώς αναπτυσσόμενη και εξελισσόμενη βιοτρομοκρατία, καθίσταται σαφής [1]. Αυτό που καθίσταται εξίσου σαφές είναι το γεγονός πως οφείλουν να ληφθούν άμεσα μέτρα πρόληψης και προστασίας, έτσι ώστε η παγκόσμια κοινότητα να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της επόμενης επιδημίας, η οποία δύναται να προκύψει και ως συνέπεια μιας βιοτρομοκρατικής επίθεσης [2]. Το ξέσπασμα της COVID-19, απέδειξε με σαφήνεια το βαθμό στον οποίο οι αρχές υπήρξαν απροετοίμαστες ως προς την αντιμετώπιση του υπερμεγέθους αυτού κινδύνου [3]. Τα συστήματα βιοάμυνας, τα emergency plans, το risk communication, οι υποδομές, το εξειδικευμένο προσωπικό, τα μέτρα ατομικής προστασίας, οι οικονομικοί πόροι, το risk assessment και κυρίως η αποφυγή και αποτροπή των καταστάσεων αυτών πριν καν λάβουν σημαντική έκταση, απουσίαζαν φανερά. Οι υπάρχουσες ανάγκες, αλλά και η καταγραφή βασικών δεδομένων, δύναται να βοηθήσουν στη δημιουργία ενός ισχυρού συστήματος βιοάμυνας, καθώς και στην αποσαφήνιση των ηθικών ζητημάτων που εγείρονται γύρω από τα πλαίσια μιας επιδημίας [4]. Εν κατακλείδι, ως θεμελιώδης στόχος τίθεται η λήψη προστατευτικών μέτρων, έναντι στη βιοτρομοκρατία, θέτοντας ως ουσιαστικό σκοπό την προάσπιση και προστασία των δικαιωμάτων του ανθρώπου, στα οποία μεταξύ άλλων υπάγονται το δικαίωμα στη ζωή, στην υγεία και στην ευδαιμονία [5].

Ορίζοντας τι είναι η Βιοτρομοκρατία, ο Βιολογικός κίνδυνος, η Βιοασφάλεια και η Βιοάμυνα

Ως βιοτρομοκρατία ορίζεται η σκόπιμη, ή η υπό απειλή χρήση βιολογικών παραγόντων ή μικροοργανισμών (biological agents), κυρίως από τρομοκράτες. Τέτοιοι παράγοντες είναι οι ιοί, τα βακτήρια, οι μύκητες, οι τοξίνες κ.α., τα οποία αποτελούν την αιτία εμφάνισης βαριάς συμπτωματολογίας, ή και ορισμένες φορές, την αιτία πρόκλησης θανάτου σε ανθρώπους, φυτά και ζώα [6]. Μια βιοτρομοκρατική επίθεση τίθεται σε εφαρμογή μέσω της χρήσης των

λεγόμενων βιολογικών όπλων (bioweapons). Οι βιολογικοί παράγοντες όπως ο Βάκιλος του Άνθρακα, αποτελούν έναν σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία [7], καθώς δύναται να προκαλέσουν μαζικούς θανάτους, σε ταχύτατα χρονικά διαστήματα [8].

Μια βιοτρομοκρατική επίθεση είναι ικανή να προκαλέσει επιδημία. Τα βιολογικά όπλα αποτελούν μια υποκατηγορία των “Weapons of Massive Destruction”, στην οποία περιλαμβάνεται εξίσου η χρήση πυρηνικών, ακτινολογικών και χημικών όπλων. Η βιοτρομοκρατία αποτελεί περαιτέρω μια σαφώς παράνομη ενέργεια, καθώς βασίζεται στον εκφοβισμό, τον εξαναγκασμό και προπάντων θίγει θεμελιώδη ανθρώπινα δικαιώματα. Είναι εν γένει μια σκοπιμότητα, όπου διενεργείται επί το πολύ μια εργαλειακή χρήση της ανθρώπινης ζωής, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένας απώτερος πολιτικός, κυβερνητικός και κοινωνικοοικονομικός σκοπός. Θύμα μιας βιοτρομοκρατικής επίθεσης μπορεί να είναι ο οποιοσδήποτε, ξεκινώντας από τον άμαχο πληθυσμό και καταλήγοντας στις ένοπλες δυνάμεις και σε στελέχη της εκάστοτε κυβέρνησης. Το πλήθος των ατόμων που αποτελούν το επίκεντρο μιας βιοτρομοκρατικής επίθεσης δεν πρέπει να έχει αναπτύξει ανοσία έναντι του χρησιμοποιούμενου βιολογικού όπλου.

Ο αντίκτυπος μιας βιοτρομοκρατικής επίθεσης, εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Πρωτίστως, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η χρησιμοποιούμενη ποσότητα βιολογικού παράγοντα σε κάθε επίθεση. Εν συνεχεία, εξαρτάται από τη μεταδιδόμενη ποσότητα του παράγοντα και τη διασπορά που διενεργείται στη κοινότητα [9]. Ακόμα, εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, από το τρόπο της απελευθέρωσής του και το πιο μείζον ίσως, από το πόσο γρήγορα γίνεται εκάστη φορά αντιληπτή από τους κρατικούς μηχανισμούς η βιολογική επίθεση. Σαφώς, η ταχύτατη και ορθή παρέμβαση των κυβερνητικών μηχανισμών, θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της βιολογικής επίθεσης. Οι βιοτρομοκρατικές επιθέσεις ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος της θνητότητας και της μολυσματικότητας που προκαλούν στα target

groups τους. Οι κατηγορίες είναι οι A, B και C. Για να κατανοηθεί καλύτερα η κατάταξη και η λειτουργία των βιολογικών παραγόντων, παρατίθενται αντίστοιχα οι I, II και III πίνακες [10,11]:

Πίνακας I: Κατάταξη των βιολογικών παραγόντων

Category A	Category B	Category C
Οι παράγοντες υψηλής προτεραιότητας περιλαμβάνουν οργανισμούς που ενέχουν κίνδυνο για την εθνική ασφάλεια και ακεραιότητα, φέρουν τα ακόλουθα:	Οι δευτερογενείς παράγοντες υψηλού κινδύνου φέρουν:	Οι τριτογενείς παράγοντες υψηλού κινδύνου φέρουν αναδυόμενα παθογόνα και δύνανται να χρησιμοποιηθούν:
Υψηλή μεταδοτικότητα	Εύκολη διάδοση στην κοινότητα	Σε μια σχεδιασμένη μαζική διάδοση στο μέλλον
Υψηλά επίπεδα θνητότητας	Προκαλούν μέτρια νοσηρότητα	Φέρουν ποσοστά υψηλής νοσηρότητας, θνητότητας και μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις για την υγεία
Προκαλούν αναστάτωση στη κοινότητα και ένα ευρύ αίσθημα πανικού	Απαιτείται συνεχής παρακολούθηση της νόσου και διαγνωστική ικανότητα της δημόσιας υγείας	Υπάρχουν σε διαθεσιμότητα
Απαιτείται ειδική διαχείριση για την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας	Χαμηλά ποσοστά θνητότητας	Εύκολη μεταδοτικότητα και ευκολία ως προς τη παραγωγή τους

Πίνακας II: Βιολογικοί Παράγοντες

Category A	Category B	Category C
Βάκιλος του Άνθρακα / Bacillus anthracis (anthrax)	Ιός γρίπης A / Alphaviruses	Hanta viruses
Αλλαντίαση / Clostridium botulinum toxin (botulism)	Ανατολική και δυτική εγκεφαλίτιδα ιπποειδών / Eastern and western equine encephalomyelitis viruses (EEE, WEE)	Πολυανθεκτική φυματίωση στα φάρμακα / Multidrug-resistant tuberculosis
Τουλαραιμία / Francisella tularensis (tularemia)	Ιός εγκεφαλίτιδας ίππων της Βενεζουέλας / Venezuelan equine encephalomyelitis virus (VEE)	Μόλυνση από τον ιό Nipah / Nipah virus
Ευλογιά / Variola major (smallpox)	Βρουκέλλωση / Brucella species (brucellosis)	Εγκεφαλίτιδα από κρότωνα / Tickborne encephalitis viruses
Πανώλη / Yersinia pestis (plague), γνωστή στο παρελθόν και ως Pasteurella pestis	Burkholderia mallei (glanders)	Εγκεφαλικός αιμορραγικός πυρετός / Tickborne haemorrhagic fever viruses
Φιλοϊοί / Filo viruses	Πυρετός Query / Coxiella burnetii (Q fever)	Κίτρινος πυρετός / Yellow fever
Έμπολα / Ebola virus (Ebola hemorrhagic fever)	C. welchii, Bacillus welchii, Epsilon toxin of Clostridium perfringens	-
Ιός Μάρμπουργκ / Marburgvirus (Marburghaemorrhagic fever)	Ρικίνη τοξίνη / Ricin toxin from Ricinus communis	-
Ιός Arena / Arena viruses (Machupo)	Σταφυλοκοκκική εντεροτοξίνη τύπου B / Staphylococcal enterotoxin B.	-
Αργεντινός θηλασμός / Junin virus (Argentinian haemorrhagic fever) and related viruses	Cryptosporidium parvum	-
Πυρετός Lassa / Lassa virus (Lassa fever)	Escherichia coli O157: H7	-
Viral hemorrhagic fevers	Σαλμονέλα / Salmonella species	-
-	Σιγκέλλα / Shigella dysenteriae	-
-	Δονάκιο της χολέρας / Vibrio cholerae	-

Πίνακας III: Κλινική εικόνα – Συμπτώματα και αντιμετώπιση δύο πολύ σημαντικών βιολογικών παραγόντων

Bacillus anthracis (anthrax): - Μόλυνση: μέσω των οφθαλμών, της εισπνοής, του γαστρεντερικού και του δέρματος. - Ορισμένα κοινά συμπτώματα των ανωτέρω κατηγοριών: πυρετός, ναυτία, έμετος (ορισμένες φορές με αίμα), πόνος στο στομάχι, διάρροια (ορισμένες φορές με αίμα), αίσθημα βάρους στο στήθος, ιδρώτας, πονοκέφαλος. Όταν η μόλυνση γίνεται δια μέσου του δέρματος, παρατηρούνται μετά από 1-2 μέρες μαύρα στρογγυλά εξανθήματα, τα οποία μπορεί να προκαλούν φαγούρα. - Αντιμετώπιση συμπτωμάτων: τα συμπτώματα από τη μόλυνση γίνονται φανερά σε 1-2 μέρες. Για τη θεραπεία χρειάζεται άμεση ιατρική παρέμβαση. Ενδείκνυται χορήγηση αντιβιοτικών και αντιτοξινών. Για το ευρύ κοινό, δεν συνίσταται ο εμβολιασμός, παρά μόνο για όσους βρίσκονται σε υψηλό κίνδυνο να εκτεθούν στον παράγοντα.	Ebola Virus: - Μετάδοση μέσω της στενής επαφής με αίμα ή υγρά ζώων, τα οποία έχουν μολυνθεί. - Μετάδοση από άνθρωπο σε άνθρωπο μέσω της άμεσης επαφής με τραυματισμένο σημείο του δέρματος ή με σχισμή του δέρματος, μέσω της επαφής με το αίμα ή με τα υγρά ενός ανθρώπου, ο οποίος έχει μολυνθεί ή πεθαίνει από τον ιό, μέσω της επαφής με μολυσμένα αντικείμενα. - Συμπτώματα: πυρετός, πονοκέφαλος, πόνος στους μυς, έμετος, ναυτία, διάρροια, εξασθένηση νεφρών και ήπατος. Σε μερικές περιπτώσεις καταγράφεται εσωτερική και εξωτερική αιμορραγία. - Αντιμετώπιση: εκτεταμένη ιατρική περίθαλψη και παρακολούθηση, τακτική ενυδάτωση με ορό ή ενδοφλέβια χορήγηση υγρών. Προς το παρόν, ακριβής και στοχευμένη θεραπεία δεν υφίσταται. Το 2015, παράχθηκε το εμβόλιο rVSV-ZEBOV, το οποίο χαρακτηρίζεται ως αποτελεσματικό.
---	---

Συνεχίζοντας, ως βιολογικός κίνδυνος (biohazard – biological hazard) ορίζεται μια βιολογική ουσία, η οποία μπορεί να καταστεί άκρως απειλητική για την υγεία των έμβιων οργανισμών και κυρίως, για την υγεία των ανθρώπων [11]. Ο παρών όρος, αλλά και το σύμβολο ένδειξης του βιολογικού κινδύνου, χρησιμοποιούνται κυρίως, για να καταστήσουν σαφή την έκθεση τινός σε αυτόν, αλλά και ως μια αυστηρή προειδοποίηση, για να ληφθούν οι απαραίτητες προφυλάξεις. Η σήμανση τοποθετείται συνήθως γύρω και έξω από βιολογικά υλικά, τα οποία σαφέστατα ενέχουν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία [12].

Ως βιοασφάλεια (biosecurity) ονομάζεται η ολοκληρωμένη και με σύστημα στρατηγική, με βασικό στόχο τη διαχείριση και ανάλυση των επικείμενων κινδύνων, οι οποίοι μπορούν να απειλήσουν το ανθρώπινο γένος, την επιβίωση των ζώων, αλλά και των φυτών. Μέσω των συστημάτων βιοασφάλειας, μπορούν να γίνουν φανερά τα «κενά» που υφίστανται αναφορικά με τη προστασία και την άμυνα κάθε κρατικού μηχανισμού και με αυτό τον τρόπο, δύνανται να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες ενέργειες, για

τη κάλυψη τους, αλλά και για τη προστασία της εθνικής ακεραιότητας εκάστου κράτους [13]. Περισσότερο από οτιδήποτε, όμως, ο ανώτερος σκοπός ύπαρξης της βιοασφάλειας είναι η ενίσχυση της κρατικής ικανότητας για προάσπιση και προστασία της ανθρώπινης ζωής και υγείας. Είναι αναγκαίο τα υπάρχοντα συστήματα βιοασφάλειας να προάγουν τα ακόλουθα: 1) Prevention [14], 2) Control [15], 3) Manage [16]. Επιπροσθέτως, ο όρος βιοάμυνα (biodefense), αποτελεί μια προέκταση του όρου «βιοασφάλεια». Αφορά κατεξοχήν σε μέτρα, τα οποία λαμβάνονται για την αποκατάσταση της βιοασφάλειας, σε τομείς που υπόκεινται σε βιολογικές απειλές ή σε μολυσματικές ασθένειες [17]. Εν κατακλείδι, η βιοεποπτεία (biosurveillance) αποτελεί μια διαδικασία κατά την οποία συλλέγονται, ερμηνεύονται και κοινοποιούνται πληροφορίες, οι οποίες σχετίζονται με απειλές για την υγεία των ανθρώπων, αλλά και με τη δραστηριότητα των ασθενειών [18]. Για τους επαγγελματίες στο τομέα της δημόσιας υγείας, η βιοπαρακολούθηση κυμαίνεται από τυπικές επιδημιολογικές πρακτικές έως και σε προηγμένα τεχνολογικά συστήματα, χρησιμοποιώντας πολύπλοκους αλγόριθμους. Η

ευαισθητοποίηση των εργαζόμενων του χώρου της δημόσιας υγείας σε αυτές τις πρακτικές καθίσταται απαραίτητη [19].

Τα Επίπεδα Βιοασφάλειας

Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα όσον αφορά τη διαχείριση μια βιοτρομοκρατικής επίθεσης, είναι η στιγμή που ο εκτεθειμένος στη κοινότητα βιολογικός παράγοντας θα φτάσει στο εργαστήριο για ανάλυση. Αποτελεί μια πολύ σοβαρή ευθύνη που φέρουν τα εργαστήρια, τα οποία καλούνται να αναλάβουν την εξέταση και τη διαχείριση του παράγοντα και αυτή η διαδικασία οφείλει να γίνει με τεταμένη προσοχή και ασφάλεια. Το να αναλάβει ένα εργαστήριο ένα βιολογικό παράγοντα προς εξέταση, αποτελεί μια πρακτική, η οποία πρέπει να εξετασθεί πριν καν ο παράγοντας εισέλθει στο χώρο του εργαστηρίου. Κάθε εργαστήριο, αναλόγως με το εξειδικευμένο προσωπικό και τον εξοπλισμό που διαθέτει, γνωρίζει πλήρως, αν δύναται να αναλάβει τη ευθύνη διαχείρισής του. Εάν υπάρχει έλλειψη στον εξοπλισμό, ή εξαιτίας της οποιαδήποτε αδυναμίας που μπορεί να υφίσταται στο χώρο, οι υπεύθυνοι του εργαστηρίου οφείλουν ηθικά και δεοντολογικά να απορρίψουν την εισαγωγή του παράγοντα στο εργαστήριό τους, καθώς μια αντίθετη πρακτική θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως κατ' εξοχήν σφαλερή και δύναται να εκθέσει σε κίνδυνο, όχι μόνο τους εργαζόμενους, αλλά και τη κοινότητα εν γένει. Η παραλαβή ενός βιολογικού παράγοντα στο εργαστήριο γίνεται πάντα υπό την εποπτεία της τήρησης των υπαρχόντων πρωτόκολλων και κατευθυντήριων γραμμών, όπου καταγράφονται με πλήρη σαφήνεια τα μέτρα προστασίας που είναι το δέον να ληφθούν. Η εκτίμηση ενός κινδύνου (risk assessment) [20], αποτελεί ίσως τη πιο θεμελιώδη διαδικασία για τον προσδιορισμό, τον μετριασμό και το σωστό χειρισμό εκάστου εργαστηριακού κινδύνου. Η ορθή λήψη αποφάσεων, όταν έρχεται κανείς αντιμέτωπος με ένα τέτοιο επεισόδιο –αποδοχής δηλαδή ενός βιολογικού παράγοντα στο εργαστήριο-, θα προστατεύσει πρωτίστως τους εργαζόμενους στο εργαστήριο, τον εργαστηριακό εξοπλισμό και την εγκατάσταση, καθώς και τη δημόσια υγεία [21]. Οι εργαζόμενοι στα εργαστήρια γνωρίζουν απόλυτα ποια είναι τα μέτρα βιοασφάλειας που

πρέπει να ληφθούν και ποιες οδηγίες πρέπει να ακολουθήσουν, για τον μετριασμό του κινδύνου σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο. Αναλόγως με ποιον βιολογικό παράγοντα έρχονται αντιμέτωποι, τα μέτρα ασφάλειας και ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) ορίζονται σύμφωνα με τις παρούσες ιδιαίτερες συνθήκες [22]. Αξίζει, βέβαια, να αναφερθεί πως ακόμα και αν η εκτίμηση του κινδύνου διενεργηθεί σωστά, ο εργαστηριακός κίνδυνος δεν παύει να υφίσταται και δεν είναι εφικτό ποτέ να εξαλειφθεί πλήρως. Πιθανότητες έκθεσης στον παράγοντα ελλοχεύουν πάντα [23]. Τα οφέλη, ωστόσο, της εκτίμησης του κινδύνου είναι αναμφίβολα. Η ορθή εκτίμηση διανοίγει το δρόμο για την αποτελεσματική κατανομή των πηγών, για το μετριασμό του κινδύνου, για το προσδιορισμό των αναγκών, για τη συμμόρφωση με τους κυβερνητικούς κανονισμούς, την αξιολόγηση σχεδίων έκτακτης ανάγκης κ.α. Η συλλογή σαφών πληροφοριών θα καθορίσει και τη ποιότητα των αποτελεσμάτων της εκτίμησης του κινδύνου. Το επανδρωμένο προσωπικό, -στο οποίο έχει γίνει και η ανάθεση της αξιολόγησης του κινδύνου-, πρέπει να είναι πλήρως εξοικειωμένο με τις δραστηριότητες που είναι το δέον να τελούνται σε τέτοιες περιπτώσεις σε ένα εργαστήριο και να γνωρίζει καλά πως πρέπει να εκμεταλλεύεται τον εξοπλισμό και τον παράγοντα καθαυτό. Οι συλλεγμένες πληροφορίες πρέπει να αξιολογούνται συγκεκριμένα από τα άτομα που έχουν ειδικευση στη διαχείριση των biorisks.

Ένα ακόμα θεμελιώδες χαρακτηριστικό της προαναφερθείσας διαδικασίας είναι το λεγόμενο risk communication [24]. Το risk communication είναι ένας ζωτικός παράγοντας, καθώς χάρη σε αυτόν επιτρέπεται στο εργαστηριακό προσωπικό να λαμβάνει ορθές αποφάσεις, ύστερα από επιπλέον ενημέρωση. Η επικοινωνία εξίσου του εργαστηρίου με εξωτερικές ρυθμιστικές αρχές και με το ευρύ κοινό καθίσταται άκρως σημαντική, για την αποφυγή τυχόν παραπληροφόρησης, αλλά και για τη διευκρίνιση της κατάστασης και για τα μέτρα προστασίας. Στη σύγχρονη εποχή βέβαια, αν ληφθεί υπόψιν το χαρακτηριστικό παράδειγμα της πανδημίας της COVID-19, οι πολίτες αδυνατούν να εμπιστευτούν τη κρίση και τα λεγόμενα των επιστημόνων, ακόμα και αν οι

ειδικοί διαθέτουν αξιόπιστα δεδομένα, τα οποία εκφέρονται σε πλήρως κατανοητή και απλή γλώσσα και είναι καθολικά προσβάσιμα (π.χ. η δυσανασχέτηση και η μη εμπιστοσύνη που έχει δείξει μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού για τον εμβολιασμό κατά του SARS-CoV-2) [25]. Εξαιτίας της υπάρχουσας δυσανεξίας και της μη αποδοχής των επιστημονικών δεδομένων - γεγονός το οποίο δεν λαμβάνει χώρα πρώτη φορά-, το risk communication management, για να εκθέσει τα δεδομένα του στο κοινό, εξετάζει παράλληλα με τα στατιστικά και τους απαραίτητους μαθηματικούς υπολογισμούς, τα ευρύτερα πολιτιστικά πλαίσια και τα ψυχολογικά ζητήματα, που σχετίζονται με την επικείμενη απειλή.

Εν συνεχεία, θα ήταν εύλογο σε αυτό το σημείο, να αναλυθεί εκτενέστερα η ουσία των ΜΑΠ, καθώς αποτελούν το κυριότερο μέσον προστασίας από μια επικείμενη μόλυνση. Ως ΜΑΠ, σύμφωνα με το “Occupational Safety and Health Administration” (OSHA) [26], ορίζονται τα ειδικά ρούχα και ο ανάλογος εξοπλισμός που φορούν οι εργαζόμενοι στο χώρο της υγείας, έτσι ώστε να προστατευτούν από βιολογικούς παράγοντες και γενικότερα από μικρόβια. Στα ΜΑΠ πιο αναλυτικά και αναλόγως με τον παράγοντα στον οποίο εκτίθενται εκάστη φορά οι εργαζόμενοι, συγκαταλέγονται τα γάντια, η μάσκα, η ρόμπα, η στολή και ειδικός ρουχισμός, η οφθαλμική προστασία, ο ιατρικός σκούφος κ.α. Για να είναι επιτυχής η προστασία, πρέπει τα ΜΑΠ να εφαρμόζονται σωστά. Εξίσου, δεν αρκεί μόνο η ατομική προστασία, αλλά πρέπει και ο χώρος του εργαστηρίου να διατηρείται καθαρός. Οι εργαζόμενοι είναι εξίσου υπεύθυνοι για την ευταξία και για τη σωστή απολύμανση και αποθήκευση του εξοπλισμού, ύστερα από το πέρας της εργασίας τους. Η χρήση των ΜΑΠ αποτελεί ένα «τελετουργικό», αφού πριν τη χρήση τους και μετά τη χρήση τους διενεργούνται συγκεκριμένες διαδικασίες. Υπάρχουν πλείστες κατευθυντήριες οδηγίες (π.χ. στην επίσημη σελίδα του Εθνικού Οργανισμού Δημόσιας Υγείας – ΕΟΔΥ) [27], οι οποίες περιγράφουν εκτενώς το πως πρέπει να λαμβάνονται τα ΜΑΠ και κάνουν λόγο για τη σωστή υγιεινή των χεριών, για το πως πρέπει να αφαιρείται η μάσκα κ.ο.κ.

Εφόσον είναι κανείς βέβαιος πως έχει προστατευτεί από τυχόν έκθεση σε μικρόβια ή σε βιολογικό παράγοντα, προτού εισέλθει στο εργαστήριο πρέπει να έχει γνώση των δυνητικών κινδύνων και να έχει κατανοήσει πλήρως τα μέτρα προφύλαξης, πριν την επεξεργασία του υλικού. Η τήρηση των Επιπέδων Βιοασφάλειας στο Εργαστήριο (Biosafety Levels in Laboratories – BSL) [28], καθίσταται απολύτως αναγκαία. Τα Επίπεδα Βιοασφάλειας, αποτελούν έναν συνδυασμό τεσσάρων βασικών κατηγοριών, στις οποίες αναγράφονται τα μέτρα της βιοασφάλειας αναλυτικά. Αναλόγως με τι είδους παράγοντα έρχεται κανείς αντιμέτωπος (risk assessment), επιλέγεται και το καταλληλότερο επίπεδο βιοασφάλειας. Ο τρόπος με τον οποίο θα προσδιοριστεί το ορθότερο BSL κάθε φορά έχει να κάνει με τη τοξικότητα το παράγοντα, την επίδρασή του στο περιβάλλον, τη παθογένεια, τη μεταδοτικότητα, το τρόπο εξάπλωσης (το πως έφτασε, δηλαδή ως το εργαστήριο για ανάλυση – διαδρομή) και αν τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή υπάρχει διαθέσιμο φάρμακο, ή αν υπάρχει διαθέσιμο εμβόλιο. Για την επιτυχή εφαρμογή των BSL, κάθε εργαστήριο πρέπει να έχει λάβει σαφείς οδηγίες από τη διοίκηση, να έχει τον κατάλληλο τεχνολογικό εξοπλισμό και φυσικά τον απαραίτητο εξοπλισμό για την ατομική του προστασία και να τηρούνται τα μέτρα της ορθής εργαστηριακής πρακτικής.

Το Επίπεδο Βιοασφάλειας 1 (BSL-1) [29], είναι το χαμηλότερο από τα τέσσερα επίπεδα της Βιοασφάλειας. Τίθεται σε ισχύ μόνο σε ομάδες εργαστηρίων, οι οποίες εργάζονται με μικρόβια χαμηλού κινδύνου. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου μικροβίου είναι ένα μη παθογόνο στέλεχος του βακτηρίου *E. Coli*. Στο BSL-1, η εργασία γίνεται στους κλασικούς εργαστηριακούς πάγκους, χωρίς να συνιστάται η χρήση ειδικού εξοπλισμού. Τα εργαστήρια, μπορεί να βρίσκονται είτε απομονωμένα, ως μια αυθύπαρκτη μονάδα, είτε να αποτελούν τμήμα ενός κτηρίου. Ένα εργαστήριο BSL-1 δεν απαιτείται να βρίσκεται κάπου απομονωμένο, μακριά από άλλες εγκαταστάσεις και αυτό συμβαίνει, διότι οι αναλύσεις τις οποίες καλείται να διενεργήσει, δεν δύνανται να εκθέσουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία, αν υπάρξει κάποιο εργαστηριακό ατύχημα. Αναλυτικότερα, η

ασφαλής και προσεκτική διαχείριση αιχμηρών αντικειμένων, το mechanical pipetting, η αποφυγή πιπιλιών ή αερολυμάτων, η τακτική καθημερινή απολύμανση όλων των επιφανειών εργασίας, η προσωπική υγιεινή, τα μέτρα ατομικής προστασίας, οι σημάνσεις βιολογικού κινδύνου και η απολύμανση με autoclave αποτελούν μερικά ουσιώδη χαρακτηριστικά για την ομαλή λειτουργία του BSL-1 επιπέδου [30].

Στο Επίπεδο Βιοασφάλειας 2 (BSL-2), η εργασία σχετίζεται με παράγοντες, οι οποίοι είναι ικανοί να προκαλέσουν ασθένειες στον άνθρωπο. Ο κίνδυνος ο οποίος ενέχουν οι παράγοντες αυτοί μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέτριος. Μερικά παραδείγματα τέτοιων παραγόντων είναι ο HIV και ο *Staphylococcus Aureus*. Τα BSL-2 φέρουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τα BSL-1. Στα BSL-2, όμως, υπάρχουν νέα μέτρα ασφαλείας, λόγω του πιθανού κινδύνου έκθεσης και μόλυνσης από τους παράγοντες, με τους οποίους οι εργαζόμενοι έρχονται σε επαφή. Το προσωπικό που εργάζεται στα εργαστήρια BSL-2, οφείλει να έχει αδιάσπαστη προσοχή κατά τη διάρκεια της εργασίας του, για να αποτρέψει τυχόν τραυματισμούς, όπως είναι τα κοψίματα και άλλες βλάβες στο δέρματος, εξαιτίας των οποίων ο βιολογικός παράγοντας μπορεί να εισέλθει στον οργανισμό. Επιπροσθέτως, πέρα από τη τήρηση των μέτρων ασφαλείας του επιπέδου BSL-1, οι εργαζόμενοι σε εργαστήρια επιπέδου BSL-2 πρέπει να φοράνε το κατάλληλο εξοπλισμό πριν την είσοδό τους στο χώρο του εργαστηρίου, οι διαδικασίες από τις οποίες μπορεί να προκληθεί μόλυνση από πιπιλιές ή από aerosol πρέπει να διενεργούνται μόνο μέσα σε θάλαμο βιολογικής ασφάλειας (Biological Safety Cabinet - BSC), η μέθοδος απολύμανσης πρέπει να γίνεται με autoclave και οι πόρτες του εργαστηρίου να είναι τύπου self – closing. Εξίσου, πρέπει να υπάρχει άμεσα διαθέσιμος νιπτήρας για πλύση ματιών και χεριών αν χρειαστεί και να υπάρχουν στα κατάλληλα σημεία οι απαραίτητες σημάνσεις βιολογικού κινδύνου (biohazard warning signs) [31]. Τέλος, τα άτομα με αυξημένο κίνδυνο μόλυνσης, συχνά δεν επιτρέπεται να εισέρχονται στο εργαστήριο κατά τη διεξαγωγή εργασίας.

Στο Επίπεδο Βιοασφάλειας 3 (BSL-3), έχοντας πάντα κατά νου τα μέτρα ασφαλείας που

τηρούνται στα προηγούμενα δύο επίπεδα, το προσωπικό του εργαστηρίου εργάζεται συνήθως με μικρόβια τα οποία είναι είτε εξωτικά, είτε ενδημικά και δύνανται να προκαλέσουν σοβαρή συμπτωματολογία και ασθένεια και δυνητικά θάνατο, δια μέσου της εισπνοής. Μερικά παραδείγματα αυτών είναι ο Yellow Fever και τα βακτήρια που προκαλούν φυματίωση. Επειδή τα μικρόβια με τα οποία έρχεται σε επαφή το εργαστηριακό προσωπικό είναι αρκετά παθογόνα, δέχονται τακτικά ιατρική παρακολούθηση και αν θεωρηθεί απαραίτητο, το προσωπικό δύναται να λάβει immunizations, έτσι ώστε να μην εκτεθεί σε κίνδυνο. Τα εργαστήρια του επιπέδου BSL-3 ελέγχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα από τους κρατικούς μηχανισμούς, έτσι ώστε να είναι βέβαιο πως όλες οι ενέργειες που διαπράττονται είναι νόμιμες και δεν θα εκθέσουν σε καμία περίπτωση σε κίνδυνο το γενικό καλό. Στα εργαστήρια BSL-3, τηρούνται τα χαρακτηριστικά των επιπέδων BSL-1,2. Ταυτόχρονα, προστίθενται ορισμένα επιπλέον μέτρα προστασίας για τους εργαζόμενους, αλλά και για τη δημόσια υγεία. Στα BSL-3, ίσως χρειαστεί αναπνευστική συσκευή, για περεταίρω προστασία του προσωπικού, sustained directional airflow (pressure reversal) [32], και γενικότερα, οι εργασίες με τα μικρόβια οφείλουν να διενεργούνται μόνο εντός του θαλάμου βιολογικής ασφάλειας (BSC) [33].

Στο Επίπεδο Βιοασφάλειας 4 (BSL-4) μπορούμε να διακρίνουμε λίγα εν λειτουργία εργαστήρια. Η σπανιότητα αυτή ανάγεται στο γεγονός ότι η εργασία στα συγκεκριμένα εργαστήρια αφορά σε άκρως παθογόνους οργανισμούς και μικρόβια, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή θνητότητα[34]. Για τους συγκεκριμένους παράγοντες δεν έχει βρεθεί ακόμη ανάλογη θεραπεία ή εμβόλιο, οπότε η έκθεση σε αυτούς φέρει πολλούς κινδύνους. Το επίπεδο BSL-4, ως μια συνέχεια του επιπέδου BSL-3, διαθέτει θάλαμο βιολογικής ασφάλειας κατηγορίας III, αλλαγή ένδυσης πριν την είσοδο στο εργαστήριο, πολύ καλή σωματική πλύση μετά την έξοδο και διεξοδική απολύμανση του χώρου μετά το πέρας της εργασίας. Το εργαστηριακό προσωπικό πρέπει να φορά τον κατάλληλο ατομικό προστατευτικό εξοπλισμό, ο οποίος είναι πιο ενισχυμένος σε σχέση με τα

προηγούμενα επίπεδα. Η στολή της εργασίας πρέπει να είναι ολόσωμη, χωρίς καθόλου κενά και ανοίγματα. Το δέρμα δεν πρέπει να εκτίθεται καθόλου στον εργαστηριακό χώρο. Χρειάζεται αναπνευστική υποστήριξη, καθώς η στολή να είναι τύπου positive pressure [35]. Τα εργαστήρια επιπέδου BSL-4 βρίσκονται απομονωμένα και απομακρυσμένα από τη κοινότητα.

Ηθικά διλήμματα: Γιατί είναι σημαντική η ύπαρξη μιας ισχυρής βιοάμυνας;

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί πως μια βιολογική επίθεση μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε μέρος, την οποιαδήποτε στιγμή. Η διασπορά του SARS – CoV- 2 απέδειξε με πολλούς τρόπους πόσο απροετοίμαστη υπήρξε εκάστη χώρα, ξεκινώντας από την τεχνητή νοημοσύνη και την τεχνολογική εξέλιξη γενικότερα, και καταλήγοντας στα αδύναμα συστήματα υγείας και τις ελλείψεις σε μια συστηματική αντιμετώπιση αναφορικά με τα ζητήματα αυτά [36]. Αυτό που χρήζει σημασίας είναι να αποφευχθεί μια τέτοιου είδους επιδημιολογική κατάσταση, πριν καν ακόμη ξεκινήσει και το πιο σημαντικό ίσως ανάγεται στον έγκαιρο περιορισμό του βιολογικού παράγοντα, πριν καν αυτός διασπαρθεί στη κοινότητα. Η λέξη - κλειδί εδώ είναι η «πρόληψη» (prevention). Πώς καθίσταται εφικτή, όμως, η αποτροπή μιας βιολογικής επίθεσης;

Το πρώτο που πρέπει να πράξουν οι κυβερνήσεις είναι η ενίσχυση των δεσμών τους με τα λοιπά κράτη, δηλώνοντας την αναπόσπαστη συμμετοχή τους στη πρόληψη της βιοτρομοκρατίας. Ο σκοπός της δημιουργίας ενός παγκόσμιου συστήματος ασφάλειας της υγείας είναι η ύπαρξη καθολικής ετοιμότητας, με κύριο στόχο την αύξηση της πολιτικής βούλησης και της χρηματοδότησης των χωρών, σε ένα υψηλό διεθνές επίπεδο [37]. Οφείλουν να υιοθετηθούν ορισμένες θεμελιώδεις αρχές όπως είναι η πρόληψη, η ταχύτατη ανίχνευση, η άμεση αντίδραση, τα ισχυρά συστήματα υγείας και η συμμόρφωση με τους διεθνείς κανόνες, προς επίρρωση της εθνικής ακεραιότητας μιας χώρας.

Επιπλέον, η πρόληψη μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας προγράμματα όπως

το Geographic Information System. Αποτελεί μια σημαντική εφαρμογή, η οποία συλλέγει, αναλύει και διαχειρίζεται δεδομένα από όλο τον κόσμο [38]. Μέσα από τέτοιου είδους εφαρμογές, δύναται να ενημερώνεται κανείς εγκαίρως για το που υπάρχει έξαρση κρουσμάτων και έτσι να προστατευτεί με ένα καλύτερο τρόπο. Επομένως, θα υπάρξει μια καλύτερη προετοιμασία ως προς την αντιμετώπιση των βιολογικών απειλών, αν χρησιμοποιηθεί το παρόν τεχνολογικό επίτευγμα ή αν δημιουργηθούν ανάλογα προγράμματα και εφαρμογές προς όφελος εκάστου κράτους. Ο εντοπισμός, ωστόσο, μιας βιολογικής επίθεσης πριν ακόμη ξεκινήσει αποτελεί ένα δυσχερές έργο. Για να πραγματοποιηθεί κάτι ανάλογο θα πρέπει ίσως να παρακολουθούνται οι συνομιλίες και οι συζητήσεις ατόμων που έχουν κριθεί ως ύποπτοι για τέτοιες επιθέσεις, μια πράξη που θα παραβίαζε το απόρρητό τους και τα εν γένει δικαιώματά τους. Οι δοθείσες προς τους κρατικούς μηχανισμούς πληροφορίες παραδίδονται στο βωμό της πρόληψης της τρομοκρατίας, όπως έχει καταστεί σαφές στο παρελθόν από τον Edward Joseph Snowden [39]. Όμως, παράλληλα με αυτήν τη στρατηγική, προκύπτουν και πλείστα ηθικά διλήμματα [40]. Γνωρίζοντας την άμεση ανάγκη για προστασία από τη βιοτρομοκρατία, έχει υπάρξει η σκέψη για πλήρη υποβολή των δεδομένων του ανθρώπινου γονιδιώματος, τα οποία δεδομένα θα μπορούσαν να βοηθήσουν τις κυβερνήσεις να αποτρέψουν και να προστατεύσουν τους πολίτες από μια βιολογική επίθεση. Το ανθρώπινο γονιδίωμα κωδικοποιεί την γονιδιακή ταυτότητα τινός, η οποία αντικατοπτρίζει όχι μόνο την καταγωγή ενός ανθρώπου, αλλά και την ευπάθεια ενός ατόμου σε ασθένειες και τη λειτουργία, ή τη δυσλειτουργία του ανοσοποιητικού του συστήματος. Το γενετικό απόρρητο δημιουργεί πολλές ηθικές προκλήσεις λόγω της εν δυνάμει πρόσβασης στο ανθρώπινο DNA και λόγω της ικανότητάς του για συλλογή πληροφοριών, σχετικά με τα metadata και το ψηφιακό προφίλ ενός ατόμου. Ως ένα σημείο, μια τέτοια πρόσβαση μπορεί να θεωρηθεί νόμιμη, αλλά σε τι βαθμό παραβιάζονται τα ηθικά όρια έναντι της υπαρκτής ανάγκης για καθολική προστασία; Η τεχνολογική πρόοδος συνοδεύεται πάντοτε από το φόβο των

άγνωστων συνεπειών, από ανησυχίες και αμφιλεγόμενες συζητήσεις, που βασίζονται στην ηθική και τη νομοθεσία, με γνώμονα πάντα τη πρόληψη και τη προστασία του ιδιωτικού και γενετικού απορρήτου. Το ζήτημα ανάγεται στο να βρεθεί μια χρυσή τομή, μεταξύ *privacy* και *utility*. Για να προστατευτεί η γενετική πληροφορία ενός ανθρώπου, υπάρχουν ορισμένες τεχνικές, όπως ελεγχόμενη πρόσβαση σε τέτοιου είδους δεδομένα, η κρυπτογράφηση δεδομένων και η κρυπτοανάλυση, καθώς και άλλοι ακόμα τρόποι διατήρησης της προστασίας του απορρήτου [41]. Οι περιπτώσεις υποκλοπής δεδομένων και παραβίασης των ιατρικών, ή προσωπικών, ή γενετικών πληροφοριών ενός ατόμου, είναι ίσως αυτό που ανησυχεί περισσότερο τους ειδικούς. Η καλύτερη λύση θα ήταν να μην καταγράφεται -επι το πολύ- η γενετική πληροφορία τινός, έτσι ώστε να μην υπάρχει ποτέ κίνδυνος παραβίασής της, αλλά αυτό είναι πρακτικά αδύνατο να συμβεί. Ωστόσο, ακόμη και αν ένα μικρό μέρος της πρέπει να κατατεθεί για λόγους εθνικής ασφάλειας, τότε πρέπει να ληφθούν αυστηρά μέτρα προστασίας, όπως μια ισχυρή τεχνολογική «ασπίδα», προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν υποκλοπές και να προστατευτούν πλήρως τα γενετικά δεδομένα [42].

Το χειρότερο σενάριο θα ήταν αν οι γενετικές πληροφορίες ενός πληθυσμιακού συνόλου υποπέσουν στην αντίληψη των βιοτρομοκρατών. Εάν οι βιοτρομοκράτες γνωρίζουν τις γενετικές πληροφορίες που φέρει μια κοινωνία, τότε μπορούν να υλοποιήσουν μια σκόπιμη επίθεση και να εξαλείψουν ολόκληρη την κοινότητα. Η γνώση των αδύναμων χαρακτηριστικών του ανοσοποιητικού συστήματος ενός ανθρώπου ή πολλών ανθρώπων και τα ασθενή χαρακτηριστικά του DNA, στη προκειμένη μπορεί να λειτουργήσει καταστροφικά για την ανθρωπότητα [43]. Το προαναφερθέν σενάριο αποτελεί ένα σενάριο που κανείς δεν θα ήθελε να επιβεβαιωθεί.

Το επόμενο κρίσιμο βήμα που πρέπει να πραγματοποιήσουν οι αρχές, όταν μια βιοτρομοκρατική επίθεση εξελίσσεται ή έχει ήδη πραγματοποιηθεί είναι η αποκατάσταση του ελέγχου και η πλήρης διευθέτηση του ζητήματος [44]. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ταχεία ανίχνευση του παράγοντα και παρακολούθησή

του, μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας, για τον ορθό χειρισμό της βιολογικής απειλής [45]. Η καθυστερημένη ανίχνευση και ανταπόκριση σε μια βιολογική επίθεση μπορεί να προκαλέσει απώλεια χιλιάδων ανθρώπινων ζωών [46]. Η ανίχνευση και αναγνώριση της απειλής αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για τη διαχείριση της επίθεσης [47]. Για να καταστεί εφικτό αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν όλες οι πηγές και τα δεδομένα που αφορούν έκαστο βιολογικό παράγοντα, έτσι ώστε να καταστεί απολύτως βέβαιο ότι θα ληφθούν οι σωστές αποφάσεις. Εν κατακλείδι, ως θεμελιώδης στόχος τίθεται η καθολική προστασία ανθρώπινης ζωής, η ενημέρωση του κοινού σχετικά με τους κινδύνους και η διασαφήνιση ορισμένων κατευθυντήριων γραμμών [48], για τη διατήρηση της ειρήνης και της ασφάλειας.

Remember the past, protect the future, act now: Χτίζοντας μια ισχυρή βιοάμυνα

Οι εξελίξεις στην επιστήμη και την τεχνολογία καθιστούν το ανθρώπινο γένος ικανό να οικοδομήσει ένα ισχυρό σύστημα βιοάμυνας. Για να λειτουργήσει ένα σύστημα βιοάμυνας, χρειάζεται μια σαφής προληπτική δράση [49]. Πρωτίστως, η ύπαρξη ισχυρών συστημάτων υγείας καθίσταται αναγκαία και απαραίτητη [50]. Πρέπει ουσιαστικά να ενισχυθούν τα υπάρχοντα συστήματα υγείας ή να δημιουργηθούν νέες και πιο εξειδικευμένες μονάδες, ιδίως στις πιο φτωχές χώρες. Επίσης, οι ιατροί της πρώτης γραμμής χρήζει σημασίας να εκπαιδευτούν περαιτέρω ως προς το πώς θα πρέπει να ανταποκρίνονται καταλλήλως σε ιδιόζουσες καταστάσεις βιολογικής απειλής, ποια ιατρική περίθαλψη θα πρέπει να παρέχουν στους ασθενείς τους και πώς θα μπορέσουν να προστατευτούν και οι ίδιοι από μια επικείμενη μόλυνση [51]. Επιπλέον, διακριτά από τους λοιπούς ιατρούς, πρέπει να δημιουργηθεί ένα εξειδικευμένο ιατρικό σώμα, μια δυναμική ομάδα ανθρώπων, με την κατάλληλη εμπειρογνωμοσύνη, μια ομάδα που να είναι καταλλήλως εκπαιδευμένη, για να αντιμετωπίζει τέτοιου είδους καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, όπως μια βιολογική επίθεση. Αυτή η συγκεκριμένη ομάδα πρέπει πάντα να είναι προετοιμασμένη να παρέμβει σε οποιοδήποτε μέρος και την οποιαδήποτε στιγμή, για να

διαχειριστεί τη βιολογική απειλή. Το 2015, όταν έπρεπε να αντιμετωπιστεί η επιδημία του ιού Ebola, η ανθρωπότητα υπήρξε αρκετά τυχερή [52]. Το γεγονός πως το ιατρικό προσωπικό και οι ειδικοί κατάφεραν να περιορίσουν με ορθότητα την εστία διασποράς του ιού και ανταποκρίθηκαν τόσο άμεσα στις απαιτήσεις, είναι ο λόγος που ο ιός Ebola δεν εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο. Όμως, αυτό δεν σημαίνει πως δύναται να γίνει λόγος για εφησυχασμό, παρά μόνο για πλήρη επαγρύπνηση.

Ακόμη, πρέπει να δοθεί έμφαση στην έρευνα και στην ανάπτυξη (τεχνολογική και ιατρική) και να καταβληθούν περισσότερες προσπάθειες εξέλιξης σε αυτούς τους τομείς [53]. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να επενδυθεί ένα μεγάλο χρηματικό ποσό σε άτομα με υψηλή εκπαίδευση, όπως είναι οι επιστήμονες και οι μηχανικοί και να δημιουργηθεί μια ισχυρή ομάδα, έτοιμη να σχεδιάσει emergency plans και καλύτερους τρόπους αντιμετώπισης των επιδημιών [54]. Μέρος αυτής της ομάδας θα μπορούσε, επίσης, να εργαστεί και σε εργαστήρια, προκειμένου να αποκτήσει καλύτερα διαγνωστικά μέτρα, προηγμένες θεραπείες και εμβόλια για τους βιολογικούς παράγοντες [55]. Αυτές οι επενδύσεις πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα, καθώς δύνανται να προσφέρουν σημαντικά οφέλη, όπως η εν γένει ενίσχυση ολόκληρου το συστήματος υγειονομικής περίθαλψης, η προστασία της κοινότητας, αλλά και η αποφυγή ανάλογων καταστάσεων όπως αυτή της COVID-19. Η συμβολή της επιστημονικής έρευνας αναμφίβολα είναι ανεκτίμητη, καθώς - αντλώντας ένα σύγχρονο παράδειγμα-, χάρη στην εν γένει έρευνα, στις κλινικές μελέτες και στη καθολική συμβολή της παγκόσμιας επιστημονικής κοινότητας, δημιουργήθηκαν τα εμβόλια κατά του SARS – CoV -2, και η ανθρωπότητα βρίσκεται ολοένα και πιο κοντά στη δημιουργία ενός ισχυρού τείχους ανοσίας. Τέλος, ως σημαντικό αποτρεπτικό μέσο, κρίνεται η θεσμοθέτηση κανόνων δικαίου, που θα αφορούν τη πρόληψη και την αποφυγή φαινομένων βιοτρομοκρατίας, σε εθνικό αλλά και σε διεθνές επίπεδο [56].

Συμπέρασμα

Στη παρούσα έρευνα, έγινε αναφορά σε μερικά από τα πιο σημαντικά ηθικά ζητήματα, σχετικά με τη βιοτρομοκρατία και τη βιοάμυνα. Κατέστη σαφής η ουσία της βιοτρομοκρατίας και των ειδικών όρων που τη περιβάλλουν. Αναλύθηκε εκτενώς η σημασία ύπαρξης και εύρυθμης λειτουργίας των Επίπεδων Βιοασφάλειας στα εργαστήρια. Εξίσου, τονίστηκε η αξία της προστασίας των γενετικών δεδομένων από τους βιοτρομοκράτες και κατανοήθηκε ποιες θα ήταν οι συνέπειες, αν υπήρξε υποψία παραβίασης. Υπογραμμίστηκαν τα φλέγοντα ηθικά ζητήματα και οι απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να γίνουν, προκειμένου να δημιουργηθούν ισχυρά συστήματα βιοασφάλειας. Προτάθηκαν ορισμένες ιδέες για τη δημιουργία ενός δυναμικού συστήματος βιοάμυνας, έναντι μιας βιοτρομοκρατικής επίθεσης. Εν κατακλείδι, η ανθρωπότητα οφείλει να μην λησμονεί το παρελθόν, έτσι ώστε να προστατεύονται διαρκώς οι μελλοντικές γενιές. Επομένως, διευκρινίστηκε πως οι αρμόδιες αρχές οφείλουν να δράσουν άμεσα, έτσι ώστε οι κοινωνίες να είναι καταλλήλως προετοιμασμένες για την επόμενη επιδημία.

Βιβλιογραφία

1. Berger KM. Emerging and Enabling Technologies in Biodefense. *Defense Against Biological Attacks* 2019, 1: 253–281.
2. Radosavljević V, Jakovljević B. Bioterrorism-types of epidemics, new epidemiological paradigm, and levels of prevention. *Public Health* 2007, 121: 549-557.
3. Chehrehgosha M. The Unpreparedness of the Healthcare System for the Management of COVID-19 Pandemic Leading to the Mistreatment of the Elderly: A Newly Emerging Moral Dilemma. *J Nutr Health Aging* 2020, 24: 973-974.
4. Robert R, Kentish-Barnes N, Boyer A. *et al.* Ethical dilemmas due to the Covid-19 pandemic. *Ann. Intensive Care* 2020, 10: 1-9.
5. Mehta A, Quinn TC. Addressing Future Epidemics: Historical Human Rights Lessons from the AIDS Pandemic. *Pathog Immun* 2016, 1: 1-11.

6. Riedel S. Biological warfare and bioterrorism: a historical review. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 2004, 17: 400-406.
7. Wallin A, Luksiene Z, Zagminas K, Surkiene G. Public health, and bioterrorism: renewed threat of anthrax and smallpox. *Medicina (Kaunas)* 2007 43: 278-284.
8. Frischknecht F. The history of biological warfare. Human experimentation, modern nightmares, and lone madmen in the twentieth century. *EMBO Rep* 2003, 4: 47-52.
9. Hope-Simpson RE. The method of transmission of epidemic influenza: further evidence from archival mortality data. *J Hyg* 1986, 96: 353-75.
10. Tian D, Zheng T. Comparison and analysis of biological agent category lists based on biosafety and biodefense. *PLoS One* 2014, 9: 1-6.
11. Kearney A, Pettit C. Introduction to Biological Agents and Pandemics. *Ciottoni's Disaster Medicine* 2016: 696-598.
12. Daly T, Dickson K. Biological hazards. *Nurs Stand* 1998, 13: 43-49.
13. Ahmad T, Haroon, Dhama K, Sharun K, Khan FM, Ahmed I, Tiwari R, Musa TH, Khan M, Bonilla-Aldana DK, J Rodriguez-Morales A, Hui J. Biosafety and biosecurity approaches to restrain/contain and counter SARS-CoV-2/COVID-19 pandemic: a rapid-review. *Turk J Biol* 2020, 44: 132-145.
14. Wynia MK, Gostin LO. Ethical challenges in preparing for bioterrorism: barriers within the health care system. *Am J Public Health* 2004, 94: 1096-1102.
15. Bedford J, Enria D, Giesecke J, Heymann DL, Ihekweazu C, Kobinger G, Lane HC, Memish Z, Oh MD, Sall AA, Schuchat A, Ungchusak K, Wieler LH. WHO Strategic and Technical Advisory Group for Infectious Hazards. COVID-19: towards controlling of a pandemic. *Lancet*, 395: 1015-1018.
16. Nicola M, O'Neill N, Sohrabi C, Khan M, Agha M, Agha R. Evidence based management guideline for the COVID-19 pandemic - Review article. *Int J Surg* 2020, 77: 206-216.
17. Artenstein AW. Bioterrorism and Biodefense. *Infectious Diseases*. 2017: 670-679.
18. Nuzzo JB. Improving Biosurveillance Systems to Enable Situational Awareness During Public Health Emergencies. *Health Secur* 2017, 15: 17-19.
19. Nayahangan LJ, Konge L, Russell L, Andersen S. Training, and education of healthcare workers during viral epidemics: a systematic review. *BMJ Open* 2021, 11: 1-9.
20. Lele DV. Risk assessment: A neglected tool for health, safety, and environment management. *Indian J Occup Environ Med* 2012, 16: 57-58.
21. Coelho AC, García Díez J. Biological Risks and Laboratory-Acquired Infections: A Reality That Cannot be Ignored in Health Biotechnology. *Front Bioeng Biotechnol* 2015, 3: 1-10.
22. Herron JBT, Hay-David AGC, Gilliam AD, Brennan PA. Personal protective equipment and Covid 19- a risk to healthcare staff? *Br J Oral Maxillofac Surg* 2020, 58: 500-502.
23. Agarwal A, Agarwal S, Motiani P. Difficulties Encountered While Using PPE Kits and How to Overcome Them: An Indian Perspective. *Cureus* 2020, 12: 1-10.
24. Shrivastava SR, Shrivastava PS, Ramasamy J. Risk Communication: An Integral Element in Public Health Emergencies. *Int J Prev Med* 2016, 7: 12.
25. Opel DJ, Lo B, Peek ME. Addressing Mistrust About COVID-19 Vaccines Among Patients of Color. *Ann Intern Med* 2021, 174: 698-700.
26. Occupational Safety and Health Administration. Personal Protective Equipment. Available at: <https://www.osha.gov/> Accessed 11.3.2020.
27. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας. Εφαρμογή μέτρων ατομικής προστασίας. Διαθέσιμο από: <https://eody.gov.gr/> Accessed 27.11.2020.
28. Consolidated Sterilizer Systems. Do You Know the Difference in Laboratory Biosafety Levels 1, 2, 3 & 4? Available at: <https://consteril.com/biosafety-levels-difference/> Accessed 2.12.2020.

29. Center of Disease and Control Prevention. Recognizing the Biosafety Levels. Available at: <https://www.cdc.gov/> Accessed 2.12.2020.
30. Gupta, A., Sterilization for Beginners: The Inner Workings of a Laboratory Autoclave. Consolidated Sterilizer Systems. Available at: <https://consteril.com/how-does-a-laboratory-autoclave-work/> Accessed 3.12.2020.
31. Janosko K, Holbrook MR, Adams R, Barr J, Bollinger L, Newton JT, Ntiforo C, Coe L, Wada J, Pusch D, Jahrling PB, Kuhn JH, Lackemeyer MG. Safety Precautions and Operating Procedures in an (A)BSL-4 Laboratory: 1. Biosafety Level 4 Suit Laboratory Suite Entry and Exit Procedures. J Vis Exp 2016, 116: 1-6.
32. Memarzadeh, F., 2010. Health and safety risk assessment methodology to calculate reverse airflow tolerance in a biosafety level 3 (BSL-3) or airborne infection isolation room (AII) environment. Int. J. Risk Assessment and Management, Vol. 14: 1-2.
33. Homer LC, Alderman TS, Blair HA, Brocard AS, Broussard EE, Ellis RP, Frerotte J, Low EW, McCarthy TR, McCormick JM, Newton JM, Rogers FC, Schlingens R, Stabenow JM, Stedman D, Warfield C, Ntiforo CA, Whetstone CT, Zimmerman D, Barkley E. Guidelines for Biosafety Training Programs for Workers Assigned to BSL-3 Research Laboratories. Biosecur Bioterror 2013, 11: 10-9.
34. Nisii C, Castilletti C, Raoul H, Hewson R, Brown D, Gopal R, Eickmann M, Gunther S, Mirazimi A, Koivula T, Feldmann H, Di Caro A, Capobianchi MR, Ippolito G. Biosafety Level-4 laboratories in Europe: opportunities for public health, diagnostics, and research. PLoS Pathog 2013, 9: 1-4.
35. Rasmussen L, Tigabu B, White EL, Bostwick R, Tower N, Bukreyev A, Rockx B, LeDuc JW, Noah JW. Adapting high-throughput screening methods and assays for biocontainment laboratories. Assay Drug Dev Technol 2015, 13: 44-54.
36. Tarricone R, Rognoni C. What can health systems learn from COVID-19? European Heart Journal Supplements 2020, 22: 4-8.
37. Osterholm MT. Global Health Security—An Unfinished Journey. Emerg Infect Dis 2017, 23: 225–227.
38. Wiecek WF, Delmerico AM. Geographic Information Systems. Comput Stat 2009, 1: 167-186.
39. Landau S. Transactional information is remarkably revelatory. Proc Natl Acad Sci U S A 2016, 113: 5467-9.
40. Hand DJ. Aspects of Data Ethics in a Changing World: Where Are We Now? Big Data 2018, 6: 176-190.
41. Shi X, Wu X. An overview of human genetic privacy. Ann N Y Acad Sci 2017, 1387: 161-172.
42. Sass HM. The Journal of Medicine and Philosophy: A Forum for Bioethics and Philosophy of Medicine 1998, 23: 227–233.
43. Williams M, Armstrong L, Sizemore DC. Biologic, Chemical, and Radiation Terrorism Review. StatPearls. 2020. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493217/> Accessed 3.07.2021.
44. Pinto VN. Bioterrorism: Health sector alertness. J Nat Sci Biol Med 2013, 4: 24-28.
45. Parida MM, Dash PK, Shukla J. Advance detection technologies for select biothreat agents. Handbook on Biological Warfare Preparedness, 2020: 83–102.
46. Prakash N, Sharada P, Pradeep G. Bioterrorism: Challenges and considerations. J Forensic Dent Sci 2010, 2: 59-62.
47. Cooper GF, Villamarin R, Rich Tsui FC, Millett N, Espino JU, Wagner MM. A method for detecting and characterizing outbreaks of infectious disease from clinical reports. J Biomed Inform 2015, 53: 15-26.
48. World Health Organization. Managing Epidemics. Key facts about Major Deadly Disease. Available at: <https://www.who.int/> Accessed 5.12.2020.
49. Narain JP, Dawa N, Bhatia R. Health System Response to COVID-19 and Future Pandemics. Journal of Health Management 2020, 22: 138-145.
50. Kieny MP, Bekedam H, Dovlo D, Fitzgerald J, Habicht J, Harrison G, Kluge H, Lin V, Menabde N, Mirza Z, Siddiqi S, Travis P. Strengthening health systems for universal health coverage and sustainable

- development. Bull World Health Organ 2017, 95: 537-539.
51. Chow C, Shahdadpuri R, Kai-Qian K, Hwee CY. The Next Pandemic: Supporting COVID-19 Frontline Doctors Through Film Discussion. J Med Humanit 2020, 41: 585-595.
52. Wojda TR, Valenza PL, Cornejo K, McGinley T, Galwankar SC, Kelkar D, Sharpe RP, Papadimos TJ, Stawicki SP. The Ebola Outbreak of 2014-2015: From Coordinated Multilateral Action to Effective Disease Containment, Vaccine Development, and Beyond. J Glob Infect Dis 2015, 7: 127-38.
53. Liu C, Zhou Q, Li Y, Garner LV, Watkins SP, Carter LJ, Smoot J, Gregg AC, Daniels AD, Jerve S, Albaiu D. Research and Development on Therapeutic Agents and Vaccines for COVID-19 and Related Human Coronavirus Diseases. ACS Cent Sci 2020, 6: 315-331.
54. Welby-Everard P, Quantick O, Green A. Emergency preparedness, resilience, and response to a biological outbreak. BMJ Mil Health 2020, 166: 37-41.
55. Zhu Y, Li J, Pang Z. Recent insights for the emerging COVID-19: Drug discovery, therapeutic options, and vaccine development. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences 2021, 16: 4-23.
56. Sharma D, Mishra A, Newaskar V, Khasgiwala A. Bioterrorism: Law Enforcement, Public Health & Role of Oral and Maxillofacial Surgeon in Emergency Preparedness. J Maxillofac Oral Surg 2016, 15: 137-143.