



**ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Τάσεις στη χρήση πειραματόζων στις**  
**Βιοϊατρικές Επιστήμες**

πτυχιακή εργασία  
της

**Γάκη Αικατερίνη Ειρήνη**  
**A.M: 2016/5321**

Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α



**Επιβλέπουσα:** Γιαννάκου Ουρανία, Βιολόγος, Δρ. Κτηνιατρικής  
Επίκουρη καθηγήτρια Γενικής Οικολογίας Εσωτερικών Υδάτων

2022



## Πίνακας περιεχομένων

1	1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2	2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ.....	7
3	3 ΗΘΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΖΩΩΝ.....	10
	I Κοινή Γνώμη.....	10
4	4 Η ΑΡΧΗ ΤΩΝ 3R.....	13
	I Replacement ή αναπλήρωση.....	13
	i Ολική αναπλήρωση.....	13
	ii Μερική αναπλήρωση.....	14
	II Reduction ή μείωση.....	14
	III Refinement ή τελειοποίηση.....	15
5	5 Η ΧΡΗΣΗ ΖΩΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ.....	16
	I Τα ζώα ως πηγή τροφής.....	16
	II Τα ζώα ως κατοικίδια.....	16
	III Τα ζώα ως διασκεδαστές.....	16
	IV Τα ζώα ως εργάτες.....	16
	V Τα ζώα ως βοηθοί.....	16
	VI Τα ζώα ως εργαλεία στην επιστήμη.....	16
6	6 ΧΡΗΣΗ ΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ.....	17
	I Χρήση ζώων στις βιοϊατρικές επιστήμες.....	17
	II Χρήση ζώων για εκπαιδευτικούς σκοπούς.....	19
	III Χρήση ζώων για έλεγχο της ασφάλειας των φαρμακευτικών προϊόντων.....	19
	IV Χρήση ζώων στην έρευνα για το ιό SARS-CoV-2.....	20
	V Χρήση ζώων στις τοξικολογικές μελέτες.....	22
	i Δοκιμασία οξείας συστηματικής τοξικότητας.....	24
	ii Δοκιμασίες οξείας τοπικής τοξικότητας.....	24
	iii Δοκιμασίες επαναλαμβανόμενης δόσης.....	24
	iv Δοκιμασίες έκθεσης σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές.....	25
	v Δοκιμασίες για καρκίνο.....	25
	vi Δοκιμασίες για ανάπτυξη και αναπαραγωγικότητα.....	25
	vii Δοκιμασίες για την ασφάλεια των εμβολίων και τη δραστηριότητα ουσιών.....	25
	viii Οικοτοξικολογικές μελέτες.....	26
	VI Χρήση ζώων στην ανάπτυξη εμβολίων.....	26
7	7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΡΗΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΓΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ.....	27
8	8 ΕΙΔΗ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ.....	29
	I Κρικητός ή χάμστερ ( <i>Mesocricetus auratus</i> ).....	29
	II Ινδικό χοιρίδιο ή ινδόχοιρος ( <i>Cavia porcellus</i> ).....	29
	III Όρνιθα ( <i>Gallus domesticus</i> ).....	30
	IV Επίμυς ή αρουραίος ( <i>Rattus norvegicus</i> ).....	30
	V Μυς ή ποντίκι ( <i>Mus musculus</i> ).....	31
	VI Κόνικλος ή κουνέλι ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> ).....	31
	VII Χοίρος.....	32
	VIII Σκύλος ( <i>Canis Familiaris</i> ).....	32
	IX Γάτα ( <i>Felis Catus</i> ).....	33
	X Πρόβατο.....	33
	XI Ζέρβιλος ( <i>Meriones unguiculatus</i> ).....	33

XII	Νυφίτσα ( <i>Mustela putorius furo</i> L.).....	34
XIII	Μη ανθρώπινα πρωτεύοντα.....	34
	i Πίθηκος Ρέζους ή Μακάκος ( <i>Macaca mulatta</i> ).....	34
	ii Χιμπατζής ( <i>Chimpansee troglodytes</i> και <i>Pan paniscus</i> ).....	35
XIV	Αμφίβια.....	35
	i Βάτραχος ( <i>Rana ripiens</i> ).....	35
9 9	ΕΚΤΡΟΦΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	36
	I Ινστιτούτο βιοεπιστημών και εφαρμογών του εθνικού κέντρου έρευνας φυσικών επιστημών “Δημόκριτος”.....	36
	II Εκτροφείο πειραματόζωων του τμήματος ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.....	36
	III Τμήμα ζωικών προτύπων βιοϊατρικής έρευνας του ελληνικού ινστιτούτου Παστέρ.....	36
10 10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	37
	I Τρισδιάστατες κυτταρικές σειρές.....	37
	II Υπολογιστικά μοντέλα.....	38
	III Τοξικολογία βασιζόμενη στη μεταβολική οδό.....	38
	IV Εναλλακτικές μέθοδοι για την ασφάλεια των εμβολίων και τη δραστικότητα ουσιών.....	38
	V Οργανοειδή.....	39
	i Χρήση των οργανοειδών.....	40
	Εγκέφαλος.....	41
	Πνεύμονας.....	42
	ii Τα οργανοειδή ως θεραπευτικά εργαλεία.....	43
	iii Η συμβολή των οργανοειδών στην έρευνα των φαρμάκων.....	43
	VI <i>In silico</i> .....	44
11 11	Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ.....	45
	I Πρότυποι Οργανισμοί.....	45
	i Τι είναι;.....	45
	ii Γιατί είναι χρήσιμοι οι οργανισμοί μοντέλα στην επιστήμη της γενετικής;.....	45
	iii Ποια είδη θεωρούνται οργανισμοί μοντέλα;.....	46
	Ο ζυμομύκητας <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	46
	Η μύγα των φρούτων <i>Drosophila</i> .....	46
	Ο νηματοειδής σκώληκας.....	48
	Οι ονυχοφόροι βάτραχοι.....	48
	Οι μύες.....	49
12 12	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ.....	51
13 13	ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΥΡΩΠΗΣ ΠΕΡΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ.....	52
	I Ευρωπαϊκή Οδηγία 86/609.....	52
	II Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/63.....	54
	i Αντικατάσταση.....	55
	ii Μείωση.....	56
	iii Βελτιστοποίηση.....	56
14 14	ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	57
	I Προεδρικό Διάταγμα 56/2013.....	57
15 15	Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ.....	59
16 16	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ.....	60
17 17	ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΛΑΘΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ.....	62
	I Η χρήση πειραματόζωων είναι χρονοβόρα, κοστοβόρα και περιορίζει των αριθμών χημικών που μπορούμε να δοκιμάσουμε.....	63
	II Τα ζώα δεν είναι απλά μικροί άνθρωποι.....	63

III Οι πολύ μεγάλες εκθέσεις σε χημικά που πραγματοποιούνται στα ζώα, οδηγούν σε λανθασμένα αποτελέσματα.....	64
IV Αυξάνεται ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκουν τη χρήση πειραματόζων ανήθικη.....	65
V Νομικά κίνητρα για περιορισμό της χρήσης πειραματόζων.....	65
18 18 Η ΕΠΙΘΥΜΙΑ ΝΑ ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΠΙΑ ΖΩΑ ΣΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ.....	66
19 19 ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	68
20 20 ABSTRACT.....	68
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση ζώων σε διάφορους τομείς ξεκίνησε από την αρχαιότητα και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Εμείς θα ασχοληθούμε με τη χρήση τους και τη συμβολή τους κυρίως στις βιοϊατρικές επιστήμες και στις ανακαλύψεις που αν δεν υπήρχαν τα ζώα, πιθανότατα δε θα είχαμε οδηγηθεί σε αυτές, τα υπέρ και τα κατά της χρήσης τους αλλά και το πως μπορούν να αντικατασταθούν από νέες εναλλακτικές μεθόδους που μας οδηγούν στα ίδια αποτελέσματα. Επίσης θα αναλύσουμε και τα ηθικά προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση των ζώων σε διάφορους τομείς αλλά και το πως λύνονται αυτοί οι προβληματισμοί με τη συμβολή όχι μόνο επιστημόνων αλλά και κρατικών φορέων που θεσπίζουν νόμους και κανόνες για την ευζωία αλλά και τη μείωση χρήσης των ζώων όπου είναι δυνατόν. Τέλος θα αναφερθούμε σε έρευνες που έγιναν σε διάφορους πληθυσμούς σχετικά με τη γνώμη τους περί της χρήσης ζώων για όφελος του ανθρώπου.



Εικόνα 1 Πίνακας που απεικονίζει τη διενέργεια χειρουργικής επέμβασης σε σκύλο.

## 2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

Οι πρώτες πληροφορίες που έχουμε για χρήση ζώων στην έρευνα μας έρχονται τον 1ο αιώνα π. Χ. από τον Αριστοτέλη, ο οποίος παρατηρώντας τα ζώα οδηγήθηκε στη θεμελίωση της συγκριτικής ανατομικής και εμβρυολογίας. Η επίτευξή του αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι πίστευε πως τα ζώα στερούνται νοημοσύνη και γι αυτό οι ηθικοί νόμοι δεν έχουν ισχύ πάνω τους.<sup>1</sup> Περίπου την ίδια εποχή στην Αλεξάνδρεια τον 3ο αιώνα π. Χ, δύο ιατροί ο Ερόφιλος και ο Ερασίστρατος χρησιμοποιούσαν ανθρώπους για να ανακαλύψουν περισσότερα για την ανθρώπινη ανατομία αλλά και να λύσουν αβεβαιότητες που υπήρχαν. Συγκεκριμένα ο Ερασίστρατος κατάφερε να μελετήσει τη λειτουργία της καρδιάς και της τραχείας σε ζωντανά πειραματόζωα. Λίγο αργότερα ο Ρωμαίος ιατρός Κέλσος (25 π. Χ-50 μ. Χ) περιγράφει στα χειρόγρατά του τη χρήση καταδικασμένων εγκληματιών για νεκροτομή, πρακτική που δεν ακολουθούσε ο ίδιος καθώς τη θεωρούσε μη απαραίτητη. Ο Γαληνός (129-217 μ. Χ), Έλληνας γιατρός που εξασκούταν στη Ρώμη και υπήρξε ογκόλιθος στην ιστορία της ιατρικής έκανε πειράματα σε ζώα για να κατανοήσει καλύτερα της ανατομία, τη φυσιολογία, την παθολογία αλλά και τη φαρμακολογία.<sup>2</sup> Ένας ακόμη Άραβας ιατρός ονόματι Avenzoar που έζησε τον 12ο αιώνα στην Ισπανία εισήγαγε τη χρήση ζώων για πειραματικό στάδιο χειρουργικών επεμβάσεων πριν αυτές διενεργηθούν στους ανθρώπους.<sup>3</sup>

Προχωρώντας και φτάνοντας τον 15ο αιώνα μ. Χ. ο Γαλιλαίος καθιέρωσε τις αρχές για πειραματική έρευνα. Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα όμως έχουμε μια κάμψη στην πρόοδο της επιστήμης η οποία σταματάει την περίοδο της Αναγέννησης όπου έχουμε αυξημένο ενδιαφέρον γύρω από την επιστήμη. Αρκετοί επιστήμονες ξεκινώντας από τον 16ο αιώνα μ. Χ. και μέχρι τον 19ο αιώνα μ. Χ. χρησιμοποιούσαν τα ζώα για να αναπαριστούν χειρουργικές επεμβάσεις, να κάνουν νεκροτομίες και διάφορα πειράματα ως ακαδημαϊκή γνώση αλλά και για το απλό κοινό. Ο William Harvey (1578-1657) ανακάλυψε μετά από πειράματα σε ζώα ότι η καρδιά είναι υπεύθυνη για την κυκλοφορία του αίματος και όχι οι πνεύμονες όπως πίστευαν μέχρι τότε. Κατά το δεύτερο ήμισυ του 19ου αιώνα παρατηρείται μία κλίση προς τις ιατρικές έρευνες όπου έχουμε τη χρήση εμβολίων, χρήση αιθέρα ως αναισθητικό, τεχνικές ασηψίας και αντισηψίας αλλά και γενικότερα μια αυξημένη αντίληψη της βιολογίας.<sup>4</sup> Ο Claude Bernard (1813-1878), γνωστός και ως πατέρας της φυσιολογίας πίστευε ότι τα πειράματα στα ζώα είναι καθοριστικά για την τοξικολογία και την υγιεινή του ανθρώπου. Θεωρούσε ότι τα αποτελέσματα των πειραμάτων είναι παρόμοια στο ανθρώπινο είδος και στα ζώα, εμφανίζουν μικρές διαφορές και ήταν αυτός που καθιέρωσε τα πειράματα σε ζώα ως βασική επιστημονική μέθοδο.<sup>5</sup> Τον 20ο αιώνα έχουμε αλματώδη πρόοδο στους τομείς της χημείας, βιοχημείας, φυσιολογίας, φαρμακολογίας, γενετικής, ανοσολογίας με επακόλουθο την ανάπτυξη διαγνωστικών και θεραπευτικών μεθόδων που είχαν ως αποτέλεσμα της αύξησης του προσδόκιμου ζωής κατά 25 και περισσότερα χρόνια. Η συμβολή των ζώων εργαστηρίων στα παραπάνω ήταν καταλυτική.<sup>6</sup>

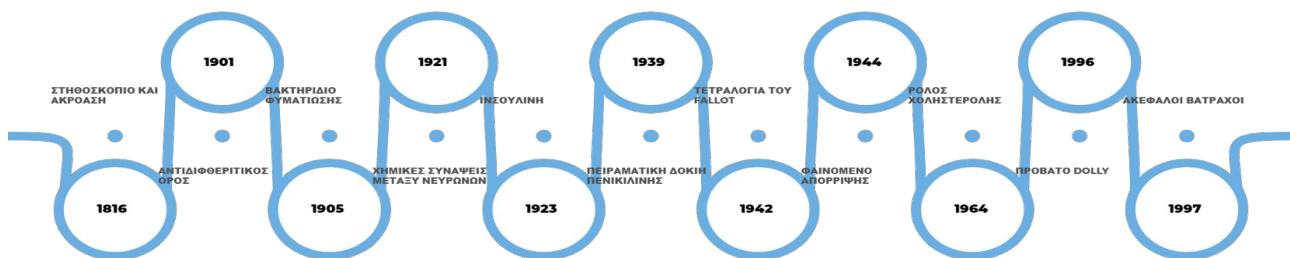
Κάποιες ενδεικτικές ανακαλύψεις που δε θα μπορούσαν να υπάρξουν χωρίς την παρουσία των ζώων είναι οι εξής:

- Το 1816 η René Laenne ανακάλυψε το στηθοσκόπιο καθώς και την ακρόαση.
- Το 1901 ο Von Behring ανακαλύπτει τον αντιδιφθεριτικό ορό χρησιμοποιώντας ινδικά χοιρίδια.
- Το 1905 ο Koch εντοπίζει για πρώτη φορά το βακτηρίδιο της φυματίωσης σε βοοειδή και πρόβατα.
- Το 1921 ο Otto Loewi απέδειξε χρησιμοποιώντας δύο καρδιές από βατράχους, ότι η νευρωσική επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων γίνεται με χημικές συνάψεις.
- Το 1923 ο Banding βρίσκει την ινσουλίνη στους σκύλους.
- Το 1939 ο Flemming δοκιμάζει πειραματικά την πενικιλίνη στα ποντίκια.<sup>7</sup>
- Το 1942 οι Blalock και Taussig πραγματοποίησαν την εγγείρηση που αντιμετωπίζει τη συγγενή καρδιοπάθεια, τετραλογία του Fallot σε σκύλους.



- Το 1944 ο P. B. Medawar θέλει να πραγματοποιήσει μεταμόσχευση δέρματος κάνοντας πειράματα σε νεογέννητες δίδυμες αγελάδες μελέτησε το φαινόμενο της απόρριψης και ταυτόχρονα θεμελίωσε την επιστήμη της ανοσολογίας.
- Το 1964 ο Bloch περιγράφει το ρόλο της χοληστερόλης έχοντας κάνει πειραματικές μελέτες σε επίμυες.
- Το 1996 οι Campbell και Wilmut δημιούργησαν την Dolly, το πρώτο κλωνοποιημένο θηλαστικό από ενήλικο σωματικό κύτταρο.
- Το 1997 ο Jonathan Slack δημιούργησε ακέφαλους βατράχους, μία καινοτομία που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αργότερα στη μεταμόσχευση οργάνων.

## ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΖΩΩΝ



### Χρονοδιάγραμμα σημαντικών γεγονότων

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η συμβολή των πιθήκων στην εύρεση του εμβολίου κατά του ιού της πολιομυελίτιδας. Το πείραμα ξεκίνησε το 1909 όταν οι Landsteiner και Popper χορήγησαν σε πιθήκους εκχύλισμα νωτιαίου μυελού ανθρώπων που πέθαναν από τη νόσο και παρατήρησαν ότι οι πίθηκοι παρέλυναν. Σε συνέχεια το 1954 οι Enders, Weller και Robbins καλλιέργησαν στο εργαστήριο νεφρικά κύτταρα από πίθηκο με αποτέλεσμα το 1983 οι Salk και Sabin να παρασκευάσουν το εμβόλιο κατά της πολιομυελίτιδας.<sup>8</sup>

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη σύγχρονη ιστορία η δοκιμή χημικών στα ζώα ξεκίνησε στην Αμερική το 1930 λόγω παρενεργειών ενός καλλυντικού. Ο οργανισμός τροφίμων και φαρμάκων καθιέρωσε τη δοκιμή των χημικών των προϊόντων πριν αυτά κυκλοφορήσουν στην αγορά, με βασικό τρόπο τη μελέτη σε πειραματόζωα.

### 3 ΗΘΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΖΩΩΝ

Από τα αρχαία χρόνια, οι φιλόσοφοι προσπαθούσαν να βρουν μία κοινή γραμμή σχετικά με το αν τα ζώα έχουν συνείδηση. Έτσι πολλοί φιλόσοφοι έχουν αναπτύξει θεωρίες για αυτό το ζήτημα με κάποιους να θεωρούν ότι τα ζώα δεν έχουν συνείδηση, όπως ο Αριστοτέλης που κατατάσσει τα ζώα κατώτερα από τον άνθρωπο καθώς λειτουργούν βάσει ενστίκτου και όχι λογικής. Αλλά και αρκετοί ακόμα έχουν αναπτύξει θεωρίες, όπως ο Καντ που θεωρεί ότι τα ζώα δεν έχουν αυτονομία αλλά και ο Καρτέσιος που προσπάθησε να αποδείξει το παραπάνω χρησιμοποιώντας τη μηχανική.

Όμως περνώντας ο καιρός έγινε πια αποδεκτό μετά από τις θεωρίες αρκετών φιλόσοφων ότι τα ζώα κατέχουν συνείδηση. Ένας από αυτούς ήταν ο Peter Harrinson, ο οποίος βασίστηκε στις ομοιότητες που εμφανίζει ο ανθρώπινος οργανισμός με των ζώων για να το αποδείξει. Επίσης μεγάλο ρόλο έπαιξε το βιβλίο του Peter Singer 'Απελευθέρωση των ζώων' για την έναρξη κινήματος σε Αμερική και Ευρώπη σχετικά με τα δικαιώματα των ζώων. Οι υποστηρικτές του κινήματος προσπαθούν να αναγνωρίσουν ποιες πράξεις προσφέρουν τα περισσότερα οφέλη για τους περισσότερους, 'ζυγίζοντας' τα υπέρ και τα κατά κάθε πράξης. Ο Singer επίσης θεωρεί ανάγκη ηθική ισότητα μεταξύ ζώων και ανθρώπων και ως παράδειγμα δίνει το γεγονός ότι οι ανώτεροι πνευματικοί άνθρωποι δεν είναι θεμιτό να εκμεταλλεύονται κατώτερους πνευματικά ανθρώπους, άρα γιατί να μπορούν οι άνθρωποι να εκμεταλλεύονται τα ζώα. Ακόμη ένας υποστηρικτής των ζώων, ο Tom Regan υποστηρίζει την άποψη ότι τα ζώα και κάθε ζωντανό ον σε αυτή τη γη έχει έμφυτη αξία και δικαιώματα από την ώρα που γεννιέται, όπως ακριβώς και οι άνθρωποι, έτσι πρέπει να σεβόμαστε οποιοδήποτε ζωντανό ον και να μην το χρησιμοποιούμε για προσωπικό μας όφελος.

Φτάνοντας στο σήμερα είναι κοινώς αποδεκτό ότι τα ζώα έχουν συνείδηση και συνεπώς βιώνουν θετικά και αρνητικά συναισθήματα. Έτσι η επιστημονική κοινότητα προσπαθεί να είναι όσο γίνεται περισσότερο γίνεται ηθική όσον αφορά τη χρήση των ζώων, και σε αυτό έχουν συμβάλει και διάφορες αρχές που έχουν διατυπωθεί για την προστασία των ζώων. Η χρήση των ζώων στην επιστήμη πρέπει να θεωρείται προτέρημα και σαφώς όχι δικαίωμα.<sup>9 10</sup>

#### I Κοινή Γνώμη

Σε αρκετές επιστημονικές έρευνες γνωρίζουμε ότι χρησιμοποιούνται ζώα για να αντλήσουμε τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε σχετικά με ασθένειες και θεραπείες. Τα ζώα χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατο του ανθρώπου, καθώς είδη όπως τα ποντίκια και οι αρουραίοι έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τους ανθρώπους. Όμως αυτό όπως είναι λογικό δημιουργεί σύγχυση στην κοινωνία καθώς υπάρχουν αυτοί που θέλουν να σταματήσουν όλα τα πειράματα σε ζώα, αυτοί που

πιστεύουν ότι μόνο με τα πειράματα σε ζώα η επιστήμη προχωράει και αυτοί που πιστεύουν ότι μας βοηθάνε να αντλήσουμε όσες περισσότερες πληροφορίες μπορούμε αλλά ταυτόχρονα τα ταλαιπωρούμε.

Οι περισσότεροι είναι σύμφωνοι στη σημερινή εποχή ότι τα ζώα έχουν ηθική υπόσταση και ότι είναι ανεπίτρεπτο να τους προκαλείται βλάβη. Οι υποστηρικτές που θέλουν να σταματήσει η χρήση πειραματόζωων βασίζονται στην άποψη ότι τα ζώα θα έπρεπε να έχουν τα ίδια δικαιώματα στη ζωή όπως οι άνθρωποι. Δηλαδή να μην έχουμε το δικαίωμα να τους αφαιρούμε τη ζωή ή να τα χρησιμοποιούμε για προσωπικό μας όφελος. Αυτό προκύπτει από τις αποδεδειγμένες έρευνες ότι τα ζώα μπορούν να βιώσουν πόνο αλλά και ευχαρίστηση και θα έπρεπε να τα μεταχειριζόμαστε αναλόγως.

Από την αντίθετη μεριά υπάρχουν οι υποστηρικτές των πειραμάτων στα ζώα. Οι υποστηρικτές αυτής της άποψης θεωρούν ότι δεν πρέπει τα ζώα να είναι ηθικά στο ίδιο σκαλί με τους ανθρώπους και ότι τα ευρήματα που έχουμε ανακαλύψει λόγω των πειραμάτων σε ζώα διορθώνουν τις υπομονεύσεις που έχουν γίνει σε βάρος των ζώων. Το γενικό πλαίσιο αυτής της άποψης σαφώς είναι ότι ο άνθρωπος είναι ανώτερος των ζώων και έχει θεμελιώδη δικαιώματα που τα ζώα αδυνατούν να έχουν.

Σαφώς υπάρχει και η ενδιάμεση άποψη ότι ναι μεν τα πειράματα σε ζώα είναι λάθος αλλά σε μερικές περιπτώσεις τα οφέλη που προκύπτουν, υπερνικούν οποιαδήποτε βλάβη προκαλείται στα ζώα. Αυτοί η ομάδα ανθρώπων πιστεύει ότι τα πειράματα θα πρέπει να γίνονται με βάση κάποιους κανόνες όπως είναι να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει η δυνατότητα απλούστεροι οργανισμοί που δε βιώνουν τόσο έντονα τον πόνο όπως είναι τα βακτήρια, τα φυτά και οι μύγες των φρούτων. Ένας ακόμη κανόνας είναι να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των ζώων που χρησιμοποιούνται στα πειράματα, να τους παρέχεται η μέγιστη ποιότητα ζωής κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αλλά και κατά τη διαμονή τους εκεί. Τέλος και ο πιο σημαντικός κανόνας είναι να προτιμούνται όσο γίνεται περισσότερο οι εναλλακτικές μέθοδοι στη θέση των ζώων.

Βέβαια δεν μπορεί να ακολουθηθεί πλήρως η απαγόρευση των ζώων από τα πειράματα καθώς θα προκύψουν άλλα ηθικά ζητήματα. Ένα από αυτά είναι ότι αν απαγορευτεί η χρήση τους και δεν υπάρχουν κατάλληλα εναλλακτικά μοντέλα για να γίνουν έρευνες σχετικά με διάφορες ασθένειες που μας απασχολούν ακόμη και δεν έχουμε βρει τη θεραπεία τους σημαίνει ότι θα πρέπει να αφήσουμε τους ανθρώπους να υποφέρουν χωρίς να προσπαθήσουμε καν να βρούμε τη θεραπεία. Στην ουσία ο πόνος που αφαιρείται από τα ζώα, μετατίθεται σε επόμενης γενιάς ανθρώπους που θα υποφέρουν από ανίατες ασθένειες.

Ας δούμε όμως ένα δείγμα της κοινής γνώμης περί των πειραμάτων στα ζώα.

Σε ένα γκάλοπ που έγινε το 2018 στο Ηνωμένο Βασίλειο σχετικό με τη χρήση ζώων στην επιστημονική κοινότητα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποδοχή του κόσμου εξαρτάται από τον σκοπό και το περιεχόμενο του πειράματος. Παρόλα αυτά η ευζωία των ζώων που χρησιμοποιούνται στα εργαστήρια απασχολεί ολοένα και περισσότερους με τη συσχέτιση ανάμεσα στη χρήση πειραματόζωων και την υγεία να εμφανίζεται ασθενέστερη. Ενώ η εμπιστοσύνη για την τήρηση των κανόνων φαίνεται να παραμένει σταθερή, η επίγνωση ότι οι κυβερνήσεις προσπαθούν για την τήρηση του κανόνα των 3R παραμένει σε χαμηλά επίπεδα.

Συγκεκριμένα λιγότεροι από 1 στους 10 γνωρίζουν ότι οι κυβερνήσεις προσπαθούν για τη μείωση του αριθμού ζώων που χρησιμοποιούνται, την αναπλήρωσή τους από άλλες τεχνικές αλλά και την τελειοποίηση των συνθηκών, με τους 9 στους 10 να μην έχουν ακούσει ποτέ για τη θεωρία των 3R. Τα 2/3 της δημόσιας γνώμης νιώθουν ότι δεν είναι σωστά ενημερωμένοι για τη χρήση των ζώων στην έρευνα και υπάρχει αύξηση στο ενδιαφέρον τους να μάθουν περισσότερα για τις εναλλακτικές και την βελτίωση της ευζωίας των ζώων. Κύρια πηγή ενημέρωσης των πολιτών είναι η τηλεόραση για το συγκεκριμένο θέμα. Οι κτηνίατροι που είναι υπεύθυνοι για τα πειραματόζωα σε κέντρα ερευνών θεωρούνται οι πιο έμπιστοι για να δώσουν σωστές πληροφορίες ενώ τα πανεπιστήμια έρχονται δεύτερα στο θέμα εμπιστοσύνης και ακολουθούν οι οργανώσεις υπέρ προστασίας των ζώων, οι γνώστες του αντικειμένου και τέλος το σύστημα υγείας. Το είδος του ζώου που χρησιμοποιείται επίσης παίζει μεγάλο ρόλο στην αποδοχή του κόσμου, με τους μύες και τους επίμυες που είναι και τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ζώα να είναι τα πιο αποδεκτά, σε αντίθεση με τη χρήση των σκύλων, των γατών και των πρωτευόντων που δεν γίνεται το ίδιο αποδεκτό από τους πολίτες. Παρόλο που υπάρχει απαγόρευση στη χρήση ζώων από τις εταιρίες κοσμημάτων πολλοί είναι αυτοί που πιστεύουν ότι δεν τηρείται και χρησιμοποιούνται ακόμη.<sup>11</sup>

## 4 Η ΑΡΧΗ ΤΩΝ 3R<sup>12 13</sup>

Η θεωρία των 3 Ή (replacement, reduction, refinement) διατυπώθηκε από τους Russell και Burch στο βιβλίο τους με τίτλο “The Principles of Humane Experimental Technique” το 1959 με σκοπό την ορθολογιστική μεταχείριση των πειραματόζωων. Αλλά τα τελευταία χρόνια έχει επικαιροποιηθεί για να συνάδει με τις πιο σύγχρονες ερευνητικές πρακτικές.

Πιο αναλυτικά:

### I Replacement ή αναπλήρωση

Ο βασικός κορμός είναι να αποφεύγεται η χρήση των ζώων ή να αναπληρώνεται σε τομείς που σε άλλη περίπτωση θα γινόταν χρήση τους. Οι επιστήμονες θα πρέπει πριν από την έρευνα να απαντούν στο ερώτημα αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές μέθοδοι και αν είναι αναγκαία η χρήση ανώτερων ζωικών οργανισμών. Στην επικαιροποιημένη εκδοχή επισπεύδεται η ανάπτυξη και η χρήση προφητικών και ισχυρών μοντέλων και εργαλείων σύμφωνα με τις τελευταίες τεχνολογίες για να απαντήσουν σε σημαντικά επιστημονικά ερωτήματα χωρίς τη χρήση ζώων.

Η αναπλήρωση αναφέρεται στις τεχνολογίες και στις προσεγγίσεις που αντικαθιστούν κατευθείαν ή αποφεύγουν τη χρήση ζώων σε έρευνες στις οποίες υπό άλλες συνθήκες θα ήταν υποχρεωτική.

Για πολλά χρόνια τα ζώα χρησιμοποιούνται στην έρευνα για να απαντηθούν σημαντικά επιστημονικά ερωτήματα, συμπεριλαμβανομένου αυτά που αφορούν την ανθρώπινη υγεία. Τα ζωικά μοντέλα είναι συχνά κοστοβόρα και χρονοβόρα και ανάλογα με το επιστημονικό ερώτημα που καλούνται να απαντήσουν παρουσιάζουν κάποιους επιστημονικούς φραγμούς όπως η παρουσία λίγων ομοιοτήτων με την ανθρώπινη βιολογία ή η διακύμανση των αποτελεσμάτων ανάλογα το ζώο και τη σωματική αλλά και πνευματική κατάστασή του. Τα εναλλακτικά μοντέλα θα μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που προκύπτουν καθώς τα περισσότερα από αυτά προέρχονται από τον ίδιο τον άνθρωπο (οργανοειδή) ή βασίζονται σε αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (υπολογιστικά μοντέλα).

Τις τελευταίες δεκαετίες η ανάπτυξη στις επιστήμες και την τεχνολογία προσφέρουν ρεαλιστικές εναλλακτικές για την αντικατάσταση των ζώων, με την επιστημονική κοινότητα να χωρίζει την αντικατάσταση σε δύο κατηγορίες : μερική και ολική.

#### i Ολική αναπλήρωση

Η ολική αναπλήρωση αναφέρεται σε εναλλακτικές μεθόδους που αποφεύγουν τη χρήση ζώων για ερευνητικούς και πειραματικούς σκοπούς. Αυτές οι εναλλακτικές μέθοδοι περιλαμβάνουν εθελοντές, ιστούς και κύτταρα, μαθηματικά και υπολογιστικά μοντέλα και κυτταρικές σειρές. Όλα

τα παραπάνω συχνά αναφέρονται και ως “non-animal Technologies” ή NATs. Τα τελευταία χρόνια βέβαια έχει υιοθετηθεί και ο όρος “NEW approach methodologies” ή NAMs για να περιγράψει τις μη ζωικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται κατά βάση στις δοκιμές για χημική ή φαρμακευτική τοξικότητα.

## **ii Μερική αναπλήρωση**

Η μερική αναπλήρωση αναφέρεται σε χρήση ζώων που είναι κοινώς αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα ότι δεν τους προκαλείται βλάβη. Σε αυτά τα ζώα περιλαμβάνονται ασπόνδυλα όπως η *Drosophila*, νηματοειδείς σκόληκες, αμοιβάδες και μη ώριμες μορφές σπονδυλωτών. Στη μερική αντικατάσταση περιλαμβάνεται επίσης η χρήση πρωτογενών κυττάρων ή/ και ιστών που έχουν παραληφθεί από νεκρά ζώα που έχουν θανατωθεί αποκλειστικά για αυτόν τον σκοπό χωρίς όμως να έχουν χρησιμοποιηθεί σε πειράματα και να τους έχει προηγουμένως προκληθεί πόνος.<sup>14</sup>

## **II Reduction ή μείωση**

Ο βασικός άξονας της μείωσης είναι η ελαχιστοποίηση του αριθμού των ζώων που χρησιμοποιούνται σε κάθε πείραμα ή μελέτη σύμφωνα με τους επιστημονικούς σκοπούς. Οι επιστήμονες θα πρέπει να απαντούν στο ερώτημα ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός ζώων που χρειάζεται έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του πειράματος.

Η επικαιροποιημένη μορφή στοχεύει στον κατάλληλο σχεδιασμό και ανάλυση των πειραμάτων τα οποία θα μπορέσουν να αναπαράγονται με μικρότερο αριθμό ζώων αλλά και τα ευρήματα αυτών να είναι χρήσιμα με σκοπό τον εμπλουτισμό των γνωστικών βάσεων.

Η μείωση επίσης περιλαμβάνει μεθόδους που επιτρέπουν οι πληροφορίες που θα συλλεχθούν από το πείραμα σε ένα ζώο να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά με σκοπό να μη χρειαστεί η χρήση παραπάνω ζώων. Παραδείγματα αυτών των μεθόδων είναι η χρήση απεικονιστικών μεθόδων που επιτρέπουν διαφορετικές μετρήσεις στο ίδιο ζώο, η λήψη μικρών ποσοτήτων αίματος με τις οποίες μπορούμε να επαναλαμβάνουμε τις εξετάσεις που χρειάζονται χωρίς να χρειαστεί επανάληψη της αιμοληψίας. Σε αυτά τα σενάρια είναι σημαντικό να διασφαλίσουμε ότι μειώνοντας τον αριθμό των ζώων δε θα προκληθεί επιπρόσθετος πόνος στα υπόλοιπα ζώα από τις επαναλαμβανόμενες χρήσεις. Ένας ακόμη τρόπος είναι να δημοσιοποιούνται τα επιστημονικά δεδομένα αλλά και οι πόροι (ζώα, ιστοί, εξοπλισμός) μεταξύ ερευνητικών ομάδων και οργανώσεων έτσι ώστε να μην επαναλαμβάνονται πειράματα ή μέρη αυτών που αφορούν ίδιο ή παρόμοιο αντικείμενο.

### III Refinement ή τελειοποίηση

Στην πρώτη διατύπωση έχουμε ως σκοπό την ελαχιστοποίηση του πόνου, της ταλαιπωρίας, της δυσφορίας αλλά και της μόνιμης βλάβης που μπορεί να αντιμετωπίσουν τα πειραματόζωα και με απώτερο σκοπό την ευζωία τους. Η επικαιροποιημένη μορφή έχει σκοπό τη βελτίωση της ευζωίας των ζώων εκμεταλλευόμενοι τις νέες in vivo τεχνικές αλλά και την κατανόηση ότι η ευζωία των πειραματόζωων συμβάλει και σε καλύτερα αποτελέσματα των πειραμάτων.

Η τελειοποίηση εφαρμόζεται σε όλους τους τομείς την χρήσης των ζώων από την στέγαση τους, την κτηνοτροφία μέχρι και τις επιστημονικές τεχνικές που εφαρμόζονται σε αυτά. Παραδείγματα της τελειοποίησης είναι η εξασφάλιση στέγης στα ζώα η οποία θα είναι σύμφωνη με τις διαφορετικές συμπεριφορές των διαφορετικών ειδών, η χρήση κατάλληλων αναισθητικών και αναλγητικών για τη μείωση του πόνου αλλά και η εκπαίδευση των ζώων για να συνεργάζονται με τις διάφορες τεχνικές για να μειωθεί η δυσχέρειά τους. Όπως και αβλαβής παρατήρηση σε ενσυνείδητα ζώα, αβλαβείς μέθοδοι όπως τομογραφία και ακτινογραφία, αβλαβείς τεχνικές όπως η εξωτερική συλλογή βιολογικών υλικών, περιορισμός βλαπτικότητας στη συλλογή δειγμάτων όπως ο ελάχιστος αριθμός αιμοληψιών, χρήση υποδόριας συσκευής αντί για χειρουργική επέμβαση για τοποθέτηση εμφυτεύματος αλλά και χρήση τοπικής και όχι γενικής αναισθησίας, χρήση φαρμάκων για ανακούφιση από τον πόνο, την ανησυχία, τον φόβο και την καταπόνηση των ζώων, μείωση μετεγχειρητικού πόνου και τέλος άμεση απόσυρση ή θανάτωση όταν έχει επιτευχθεί ο στόχος του πειράματος.

Από ενδείξεις που έχουμε φαίνεται ότι ο πόνος και η ταλαιπωρία μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά του ζώου, τη φυσιολογία του αλλά και το ανοσοποιητικό του. Κάποιες αλλαγές μπορεί να οδηγήσουν σε διακύμανση των αποτελεσμάτων των ερευνών και να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αξιοπιστία και την επαναληψιμότητα των πειραμάτων.

## 5 Η ΧΡΗΣΗ ΖΩΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ

Οι άνθρωποι από αρκετά παλιά μπορούμε να πούμε ότι σχετίζονται με τα ζώα. Τα χρησιμοποιούν για φαγητό, για συντροφιά, σε δραστηριότητες που σχετίζονται με τον ελεύθερο χρόνο και τη διασκέδαση, όπως είναι τα ενυδρεία, οι ζωολογικοί κήποι, τα τσίρκο και το κυνήγι.

## **I Τα ζώα ως πηγή τροφής**

Από τα αρχαία ακόμη χρόνια ο άνθρωπος για να αντλήσει την τροφή του κυνηγούσε ζώα. Ακόμη και σήμερα τα ζώα χρησιμοποιούνται για τροφή άμεσα, δηλαδή για το κρέας τους ή για τα παράγωγά τους, όπως είναι το γάλα και τα αβγά.

## **II Τα ζώα ως κατοικίδια**

Πολλά είδη χρησιμοποιούνται ως κατοικίδια και ως ζώα συντροφιάς, όμως δυστυχώς αρκετές φορές λόγω της ελλιπής εκπαίδευσης που έχουμε, πολλά από αυτά καταλήγουν σε καταφύγια και φιλοζωικές οργανώσεις ακόμα και κακοποιημένα.

## **III Τα ζώα ως διασκεδαστές**

Είναι πολλές οι περιπτώσεις που τα ζώα ταλαιπωρούνται για τη δική μας διασκέδαση όπως τα τσίρκο, που μεταφέρονται από πόλη σε πόλη κλεισμένα σε κλουβιά, οι ζωολογικοί κήποι στους οποίους ζουν σε μη φυσιολογικό περιβάλλον, σε αγώνες ταχύτητας όπως οι ιπποδρομίες αλλά ακόμη και σε βίαιους αγώνες που μπορούν να επιφέρουν μέχρι και θάνατο.

## **IV Τα ζώα ως εργάτες**

Τα ζώα πολλές φορές χρησιμοποιούνται ως εργάτες σε φάρμες, στον στρατό, στην αστυνομία, όπως τα εκπαιδευμένα σκυλιά για ναρκωτικά ή για εκρηκτικά. Αυτό γίνεται εδώ και αρκετά χρόνια αν και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας τείνουν να αντικατασταθούν.

## **V Τα ζώα ως βοηθοί**

Αρκετές φορές τα ζώα και κυρίως τα σκυλιά χρησιμοποιούνται ως βοηθοί σε άτομα με προβλήματα υγείας όπως οδηγοί των τυφλών, σκύλοι ειδοποίησης για επίπεδα γλυκόζης σε άτομα με διαβήτη, ως ασφάλεια αλλά και ως ψυχολογικοί υποστηρικτές σε άτομα που το χρειάζονται.

## **VI Τα ζώα ως εργαλεία στην επιστήμη**

Πολλές ανακαλύψεις που έχουν γίνει βασίζονται σε αποτελέσματα ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί σε ζώα.



## 6 ΧΡΗΣΗ ΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

Η χρήση των ζώων στην επιστήμη ξεκινάει τον 3ο αιώνα π. Χ ως αντικατάσταση των πειραμάτων σε ζωντανούς ανθρώπους με απότομη αύξηση της χρήσης των ζώων στον 20ο αιώνα, με αποστολή τους μέχρι και στο διάστημα.

Τα πειράματα στα ζώα χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη νέων θεραπειών και φαρμάκων για τους ανθρώπους και τα ζώα. Τα πειράματα αποσκοπούν τον έλεγχο της ασφάλειας, της δραστηριότητας αλλά και του κινδύνου των χημικών που χρησιμοποιούνται σε καλλυντικά, φάρμακα και εμβόλια.

Χρησιμοποιούνται επίσης και για εκπαιδευτικούς σκοπούς στη χειρουργική, στην κτηνιατρική αλλά και σε πολλούς ακόμη τους τομείς της βιολογίας και για εκμάθηση της ανατομίας.

Υπάρχουν αρκετές ανίατες ασθένειες όπως ο καρκίνος και η άνοια που για να βρεθούν θεραπείες πρέπει να απαντήσουμε σε ερωτήματα όπως αν μία θεραπεία είναι αποτελεσματική και τι παρενέργειες μπορεί να προκληθούν. Σε αυτό το ερώτημα μας βοηθάνε να απαντήσουμε τα πειράματα σε ζώα, γεγονός που προσπαθούμε να αντικαταστήσουμε με καινούργιες καινοτόμες εναλλακτικές μεθόδους.

Έτσι μπορούμε να πούμε ότι τα ζώα χρησιμοποιούνται στην έρευνα όχι μόνο για ωφέλεια των ανθρώπων αλλά για όλα τα είδη που ζουν στη γη. Η χρήση τους βοηθάει στην βελτίωση της υγείας και της ευημερίας και ευζωίας των ανθρώπων, των ζώων συντροφιάς και των παραγωγικών ζώων.

Ένας ακόμη σκοπός είναι η διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και προστασίας του περιβάλλοντος.

Τα ζώα χρησιμοποιούνται στην επιστήμη σε διάφορους τομείς όπως είναι:

- Η ιατρική.
- Για περαιτέρω έρευνα σε ανατομία, φυσιολογία, βιολογία, βιοχημεία, φαρμακολογία.
- Για χρήση σε εκπαιδευτικούς και πρακτικούς σκοπούς.
- Για έλεγχο καλλυντικών, τροφίμων και ειδών υγιεινής.
- Για έλεγχο ασφάλειας φαρμάκων, εμβολίων και θεραπευτικών προϊόντων.

### I Χρήση ζώων στις βιοϊατρικές επιστήμες

Η χρήση των ζώων στην ιατρική έρευνα έχει επιφέρει αρκετά οφέλη και ουσιαστικά όποιος αυτή τη στιγμή είναι ζωντανός έχει εμμέσως επωφεληθεί. Πολλές από τις ασθένειες που μας ταλαιπωρούσαν τον 20ο αιώνα πλέον έχουν εξαιρεθεί, θεραπείες για ασθένειες που ήταν ανίατες έχουν βρεθεί, διαγνωστικές εξετάσεις για σοβαρά ιατρικά προβλήματα έχουν αναπτυχθεί,

επεμβάσεις και μεταμοσχεύσεις έχουν ολοκληρωθεί. Βέβαια όλα τα προηγούμενα δε θα μπορούσαν να επιτευχθούν αν δε γινόταν χρήση των πειραματόζων.

Από τη χρήση τους στην ιατρική έρευνα δεν έχουμε οφέλη μόνο για το δικό μας είδος αλλά και για τα ίδια τα ζώα. Έχουμε καταφέρει να αυξήσουμε το προσδόκιμο ζωής τους αλλά και την ποιότητα ζωής τους, με την κτηνιατρική να έχει ανθίσει καθώς μπόρεσαν να βρεθούν θεραπείες για πολλές ασθένειες των ζώων, εμβόλια για την πρόληψη θανατηφόρων ασθενειών αλλά μπορέσαμε ακόμα να συμβάλλουμε και στη διάσωση ειδών που απειλούνταν με εξαφάνιση και χιλιάδες πέθαιναν ετησίως.

Πίνακας 1: ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΜΕ ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΑ ΖΩΑ, [AnimalResearchFS06.pdf \(nih.gov\)](#)

ΕΡΕΥΝΕΣ	ΟΦΕΛΟΣ ΓΙΑ ΤΑ ΖΩΑ
Έρευνα για τους ιούς	Εμβόλιο για τον παρβοϊό που προσβάλλει σκυλιά
Έρευνα για την αναπαραγωγή	Προγράμματα για την εκτροφή ζώων που είναι υπό εξαφάνιση
Έρευνα για τον ιό HIV	Εμβόλιο για τη λευχαιμία στις γάτες
Έρευνα στη χειρουργική	Βαλβίδες καρδιάς και αντικατάσταση γοφού στους σκύλους.
Έρευνες για θεραπεία μακροχρόνιων ασθενειών	Θεραπεία του διαβήτη και των καρδιολογικών προβλημάτων των κατοικίδιων

Οι αξιοσημείωτες ομοιότητες μεταξύ των ζώων, ιδίως των θηλαστικών, και των ανθρώπων έδωσαν τη δυνατότητα στους επιστήμονες να κατανοήσουν έναν μεγάλο αριθμό μηχανισμών αλλά και να δοκιμάσουν θεραπείες σε αυτά πριν τις χορηγήσουν στους ανθρώπους. Παρόλα αυτά αρκετά από τα ευρήματα των επιστημόνων δεν μπορούν να μεταφραστούν στους ανθρώπους, καθώς ο ανθρώπινος οργανισμός έχει αποδειχτεί αρκετά περίπλοκος.<sup>15</sup>

Τα ζώα έχουν αποδειχθεί ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια των επιστημόνων για να απαντήσουν ερωτήματα που τους απασχολούσαν αλλά και να αναπτύξουν θεραπείες και εμβόλια. Η χρήση τους δε βασίζεται μόνο στις ομοιότητες των θηλαστικών μεταξύ τους αλλά και στο γεγονός ότι αρκετές από τις ασθένειες που απασχολούν το ανθρώπινο είδος υπάρχουν και στα ζώα. Παραδείγματα τέτοιων ασθενειών είναι αρκετές μολυσματικές ασθένειες αλλά και ο διαβήτης τύπου I, η υπέρταση, οι αλλεργίες, αρκετοί τύποι καρκίνου, η επιληψία και πολλές ακόμη. Οι μηχανισμοί αυτών των ασθενειών είναι όμοιος στα είδη με αποτέλεσμα πολλά από τα κτηνιατρικά φάρμακα να είναι κατά 90% ίδια στη σύστασή τους με αυτά που χορηγούνται στους ανθρώπους.

Τα περισσότερα εμβόλια που σώζουν ετησίως εκατομμύρια ανθρώπινες και μη ζώες τα οφείλουμε στα ζωικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην έρευνα. Ακόμη ανακαλύψεις όπως η ινσουλίνη που αποτελεί θεραπεία για τον διαβήτη τύπου 1, οι θεραπείες με βλαστοκύτταρα, χειρουργικές επεμβάσεις και αμέτρητες ακόμη ανακαλύψεις βρέθηκαν λόγω της χρήση των πειραματόζωων στην έρευνα.<sup>16</sup>

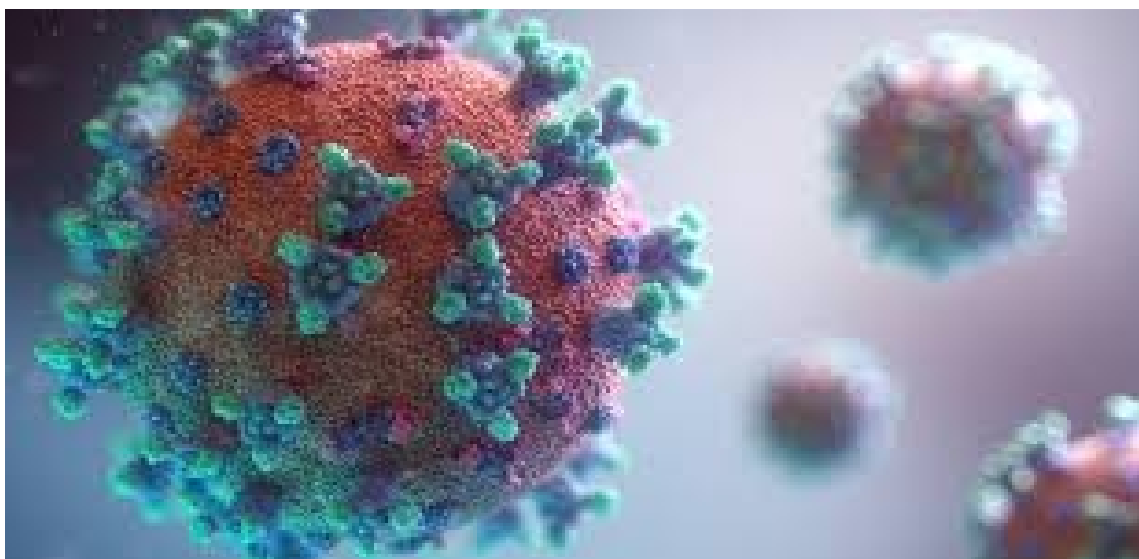
## **II Χρήση ζώων για εκπαιδευτικούς σκοπούς.**

Η κύρια χρήση των ζώων στην εκπαίδευση δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια είναι η ανατομία. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να δουν ή ακόμη να μάθουν την ανατομία των ζώων κάνοντας μόνοι τους τομές. Τα ζώα χρησιμοποιούνται είτε ζωντανά είτε νεκρά, διατηρημένα σε φορμόλη, για να μην αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά σημεία. Το κύριο είδος που χρησιμοποιείται είναι ο βάτραχος, αλλά χρησιμοποιούνται ακόμη και έμβρυα γουρουνιών, αλεπούδες, νυφίτσες, γεωσκώληκες και ακρίδες. Χρησιμοποιούνται είτε ολόκληρα για μελέτη ολόκληρου του σώματός τους αλλά και ξεχωριστά όργανα όπως η καρδιά, οι πνεύμονες, τα μάτια και οι εγκέφαλοι. Μία ακόμη τεχνική είναι και η επώαση αυγών πουλερικών έως ότου εκκολαφθούν έτσι ώστε να παρατηρηθεί η διαδικασία.<sup>17 18 19</sup>

## **III Χρήση ζώων για έλεγχο της ασφάλειας των φαρμακευτικών προϊόντων.**

Από τη στιγμή που οι επιστήμονες θα ανακαλύψουν θεραπεία για κάποια ασθένεια θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες δοκιμές για να αποδειχθεί ότι το προϊόν είναι ασφαλές αλλά και αποτελεσματικό. Συνήθως οι δοκιμές ξεκινάνε με *in vitro* ελέγχους όπως κύτταρα και ιστούς και αργότερα προχωρούν στο επόμενο στάδιο που είναι η δοκιμή σε ζώα. Οι προκλινικές μελέτες, δηλαδή οι μελέτες που γίνονται πριν το σκεύασμα δοκιμαστεί σε ανθρώπους, γίνονται κυρίως για να ελεγχθεί η βλάβη που μπορεί να προκαλέσει αλλά και η αποτελεσματικότητα. Τα ζώα συμβάλουν στο να ερευνήσουν οι επιστήμονες αν το προϊόν είναι αποτελεσματικό στο να μην αναπτύξει την ασθένεια αυτός που θα το λάβει, αλλά και να μην προκαλούνται ανεπιθύμητες αντιδράσεις που μπορεί να οδηγήσουν μέχρι και στον θάνατο. Στις δοκιμασίες αυτές κατά βάση χρησιμοποιούνται ποντικοί, αρουραίοι και μαϊμούδες. Αφού επιτευχθεί αυτό το στάδιο των δοκιμασιών η θεραπεία δοκιμάζεται σε μία ομάδα υγιών εθελοντών για να ελεγχθεί αν θα έχουμε τα ίδια αποτελέσματα που είχαμε στα ζώα και στους ανθρώπους. Οι δοκιμές στα ζώα δίνουν τη

δυνατότητα στους κατασκευαστές φαρμάκων και εμβολίων να επισπεύσουν σε περιόδους έκτακτης ανάγκης τις διαδικασίες για κάποιο προϊόν, όπως στην περίπτωση του COVID-19.<sup>20 21</sup>



Εικόνα 2: SARS-CoV-2

#### **IV Χρήση ζώων στην έρευνα για το ιό SARS-CoV-2.**

Η χρήση ζώων στην έρευνα για τον ιό βοήθησε τους επιστήμονες να κατανοήσουν τον ίδιο τον ιό, τους μηχανισμούς μετάδοσης του, αλλά και την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των εμβολίων που αναπτύχθηκαν για να μπορέσουμε να φτάσουμε ένα βήμα πιο κοντά στο τέλος της πανδημίας.

Τα εμβόλια για τον SARS-COV-2 μπόρεσαν και αναπτύχθηκαν σε ανύποπτο χρόνο, με 3 εμβόλια να κυκλοφορήσουν σε διάστημα ενός χρόνου από την έξαρση της πανδημίας. Αυτό ήταν δυνατό λόγω της χρήσης των πειραματόζωων στην έρευνα που έδειξαν τον δρόμο για βασική έρευνα αλλά και ανάπτυξη φαρμάκων χωρίς περαιτέρω καθυστέρηση μόλις μπορέσαμε και αλληλουχήσαμε το γονιδίωμα του ιού.<sup>22</sup>

Τα ποντίκια ως οργανισμοί μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί παλαιότερα σε προηγούμενους κορωνοϊούς όπως ο MERS. Προτιμούνται ως ζώα καθώς μπορούν να αναπαράγουν γρήγορα τους ιούς, έχουν χαρακτηριστικό ανοσοποιητικό σύστημα και καθορισμένο γονιδίωμα. Τον πρώτο καιρό αρκετά εργαστήρια στράφηκαν στο συγκεκριμένο είδος για να μελετήσουν τον ιό, όμως γρήγορα ανακαλύφθηκε ότι δεν προσβάλλονται από τον ιό. Αυτό συμβαίνει καθώς για να μπορέσει ο ιός να προσβάλλει κύτταρα πρέπει να συνδεθεί με την ανθρώπινη πρωτεΐνη ACE2, που παρουσιάζει διαφορές στα δύο είδη με αποτέλεσμα ο ιός να μην συνδέεται με τα κύτταρα των ποντικών. Το

πρόβλημα αυτό επιλύθηκε καθώς οι επιστήμονες μπόρεσαν να δημιουργήσουν ποντίκια που εκφράζουν την ανθρώπινη ACE2 και κατά συνέπεια να μολύνονται με τον ιό. Αυτά τα γενετικά τροποποιημένα ποντίκια όταν προσβάλλονταν από το ιό παρουσίαζαν έλλειψη βάρους και συμπτώματα παρόμοια με αυτά των ανθρώπων. Με αυτό τον τρόπο οι επιστήμονες μπορούν να μελετήσουν τον ιό σε βάθος μέχρι και σήμερα.<sup>23 24</sup>

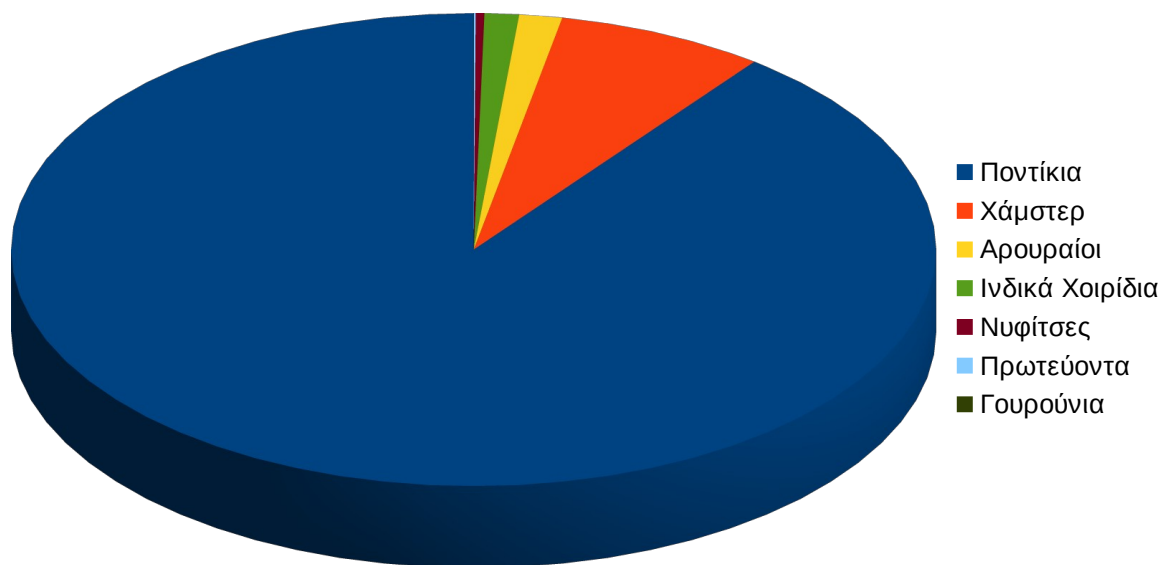
Ένα ακόμη είδος που βοήθησε αρκετά και σε μεγάλο βαθμό στη μελέτη του ιού και είναι κατάλληλο είναι το χάμστερ. Το χάμστερ αναπτύσσει κλινικά χαρακτηριστικά παρόμοια με του ανθρώπου, ο μηχανισμός του ιού είναι παρόμοιος, παρουσιάζει ιστοπαθολογικές αλλαγές όπως εμείς αλλά και ανοσολογικές αποκρίσεις που είναι παρόμοιες με τις ανθρώπινες. Μεγάλο ρόλο έχει και στην ανάπτυξη των εμβολίων καθώς μελέτη σε μεγάλο αριθμό ζώων έδειξε ότι ο εμβολιασμός τους μείωσε το ιικό φορτίο και κατά συνέπεια τη μετάδοση.<sup>25</sup>

Επίσης τα είδη που ανήκουν στην ίδια ομοταξία με τη νυφίτσα, έχει αποδειχθεί ότι προσβάλλονται από τον ιό και τα συμπτώματά τους είναι παρόμοια με τα δικά μας. Αυτό συμβαίνει καθώς παρουσιάζουν ομοιότητες με εμάς στη φυσιολογία των πνευμόνων και των αεροφόρων οδών, όργανα που προσβάλλει κυρίως ο ιός. Το γεγονός αυτό εκμεταλλεύτηκαν οι επιστήμονες για να μελετήσουν περισσότερο τα διάφορα συμπτώματα που προκύπτουν αλλά και το πως ο ιός μεταδίδεται από άτομο σε άτομο.<sup>26</sup>

Ενώ χρησιμοποιήθηκαν αρχικά αρουραίοι και ινδικά χοιρίδια, αργότερα αποδείχθηκε ότι δεν είναι κατάλληλα είδη για τη μελέτη του ιού.<sup>27</sup>

Επίσης οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν χοίρους οι οποίοι βοήθησαν τους επιστήμονες να ερευνήσουν κατά πόσο είναι ασφαλή και αποτελεσματικά τα εμβόλια αλλά και αν μπορούν να προχωρήσουν σε δοκιμασίες σε ανθρώπους, καθώς και σε παραγωγή αναπνευστικών μηχανημάτων. Όμως κύριο ρόλο στην ανάπτυξη των εμβολίων έπαιξαν τα μη ανθρώπινα πρωτεύοντα. Τα πρωτεύοντα βοηθούν στην έρευνα καθώς έχουν περισσότερες ομοιότητες με το ανθρώπινο είδος απ' ότι τα τρωκτικά και είναι πιο εύκολο να μεταφραστούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν στο ανθρώπινο είδος. Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά είδη όπως το είδος μακάκα που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη του μηχανισμού του ιού και παραγωγή θεραπειών με αντισώματα αλλά και οι μπαμπούνιοι που βοήθησαν στη μελέτη των παρενεργειών που έχει ο ιός σε γηραιό πληθυσμό αλλά και σε ζώα με υποκείμενα νοσήματα.<sup>28 29</sup>

Μπορούμε να πούμε ότι το κάθε είδος συνέβαλε με τον δικό του τρόπο στη μελέτη της πανδημίας. Στατιστικά στοιχεία που έχουν δημοσιευθεί έχουν δείξει ότι τα ποντίκια χρησιμοποιήθηκαν σε ποσοστό 89,5%, τα χάμστερ 7,3%, οι αρουραίοι 1,5 %, τα ινδικά χοιρίδια 1,2%, οι νυφίτσες 0,3%, τα πρωτεύοντα 0,06% και τέλος τα γουρούνια 0,01%.



## V Χρήση ζώων στις τοξικολογικές μελέτες.

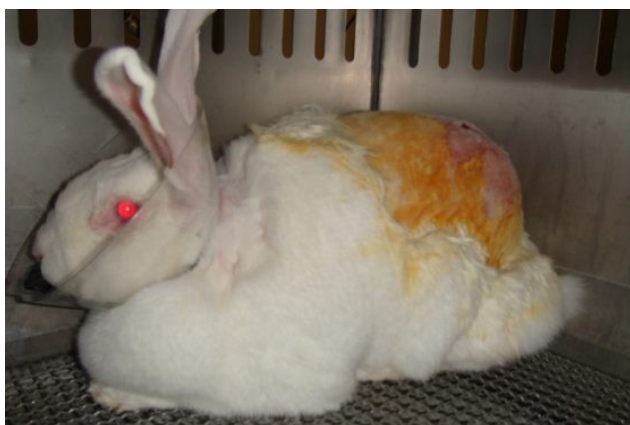
Καθημερινά ερχόμαστε σε επαφή με χιλιάδες χημικά που βρίσκονται στα καλλυντικά που χρησιμοποιούμε, στα φάρμακα μας, στα φαγητά και τα ποτά που καταναλώνουμε ακόμα και στον αέρα που αναπνέουμε.

Για να κυκλοφορήσει ένα προϊόν στην αγορά θα πρέπει να γνωρίζουμε ποια ποσότητά του είναι τοξική. Αυτό κρίνεται από διάφορους παράγοντες όπως ο τύπος του χημικού που περιέχει, η ποσότητα του χημικού, αν είναι εισπνεόμενο, βρώσιμο ή για εξωτερική χρήση και οι φορές και ο χρόνος που ερχόμαστε σε επαφή με αυτό σε καθημερινή βάση. Επίσης οι αντιδράσεις εξαρτώνται και από το άτομο, την ηλικία του, το φύλο του, το γενετικό του υπόβαθρο, αν πάσχει από κάποια ασθένεια και η εγκυμοσύνη. Γι αυτό τις περισσότερες φορές πριν βγει στην κυκλοφορία ένα προϊόν περνάει από δοκιμασίες. Οι δοκιμασίες αυτές τα προηγούμενα χρόνια χρησιμοποιούσαν κατά κόρον ζώα, όμως τα τελευταία χρόνια πολλές χώρες έχουν απαγορεύσει τη χρήση τους.

Στις δοκιμασίες αυτές τα ζώα αναγκάζονται να έρθουν σε επαφή με το χημικό, είτε καταναλώνοντας το, είτε εισπνέοντας το, ή να τους χορηγηθεί ενδοφλεβίως ή να τους γίνει εξωτερική επάλειψη σε δέρμα ή μάτια. Η διάρκεια της δοκιμής κυμαίνεται από μία εβδομάδα έως και δύο χρόνια και τα ζώα που θα χρησιμοποιηθούν μπορεί να είναι λιγότερα από 10 και περισσότερα από 2000.

Οι υπεύθυνοι επιστήμονες παρατηρούν για τυχόν επιπλοκές από τη χορήγηση του χημικού που μπορεί να είναι ένας απλός ερεθισμός, βλάβη σε κάποιο εσωτερικό όργανο, μείωση της παραγωγικότητας, ή να προκαλέσει εκ γενετής ανωμαλία αλλά ακόμη και θάνατο. Μετά το τέλος της δοκιμασίας συλλέγουν τα αποτελέσματα και τα χρησιμοποιούν για να προβλέψουν τον αντίκτυπο που θα έχει το ίδιο χημικό στον άνθρωπο ή/και σε κάποιο άλλο είδος.

Οι δοκιμασίες που πραγματοποιούνται είναι για να ελέγξουμε αν το χημικό προκαλεί ερεθισμό των ματιών, αλλεργική δερματίτιδα, ερεθισμό του δέρματος, δερματική συστηματική τοξικότητα, βλάβη μετά από εισπνοή, βλάβη στη στοματική κοιλότητα σε ποντίκια και σκύλους, καρκίνο, γενετικές διαταραχές, διαταραχές στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα σε τρωκτικά και πρωτεύοντα, τοξικότητα σε ψάρια και πουλιά και να ελέγξουμε την ασφάλεια και τη δραστηριότητα των εμβολίων.<sup>30 31</sup>



Εικόνα 3: Δοκιμασία συστηματικής δερματικής τοξικότητας



Εικόνα 4: Δοκιμασία εισπνοής χημικού



Εικόνα 5: Ανάπτυξη όγκου μετά από δοκιμασία τοξικότητας



Εικόνα 6: Έλεγχος στοματικής κοιλότητας σκύλου

Πιο συγκεκριμένα:

### **i Δοκιμασία οξείας συστηματικής τοξικότητας**

Διενεργείται για να καθοριστεί η ποσότητα μίας μόνος δόσης ενός χημικού που μπορεί να σκοτώσει ένα ζώο. Σε αυτή, τα ζώα εκτίθενται σε διαφορετικές και μεγάλες ποσότητες της ουσίας και παρακολουθούνται για τυχόν παρενέργειες. Η ποσότητα αυξάνεται έως ότου καθοριστεί η δόση που οδηγεί σε θάνατο και κατά κανόνα είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή που μπορεί να βρεθεί στο περιβάλλον ή να εκτεθεί ο άνθρωπος. Ο αριθμός των ζώων που χρησιμοποιούνται σε αυτού του είδους τις δοκιμασίες είναι περίπου 5-30 ζώα για κάθε ουσία που ελέγχεται.

### **ii Δοκιμασίες οξείας τοπικής τοξικότητας**

Διενεργείται για να ελέγξουμε αν μία τοπική επαφή με το χημικό προκαλεί άμεσα κάποια παρενέργεια. Συνήθως χρησιμοποιούνται ινδικά χοιρίδια, κουνέλια και ποντίκια στα οποία εφαρμόζεται ποσότητα της ουσίας στο δέρμα ή στα μάτια τους και ελέγχονται για παρενέργειες. Αυτές μπορεί να είναι ερυθρότητα, ερεθισμός, αλλεργική αντίδραση ή πρήξιμο για κάποιες μέρες. Στη συνέχεια το ζώο θανατώνεται και εξετάζεται εκτενέστερα για ανεπιθύμητες βλάβες.

### **iii Δοκιμασίες επαναλαμβανόμενης δόσης**

Ελέγχονται οι πιθανές παρενέργειες της μακροχρόνιας επαναλαμβανόμενης έκθεσης στην ουσία. Η χρονική διάρκεια της δοκιμασίας κυμαίνεται από 28 ημέρες μέχρι 2 χρόνια και ο αριθμός των ζώων από δεκάδες μέχρι και χιλιάδες. Τα ζώα που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από την ουσία που θέλουμε να ελέγξουμε, συνήθως χρησιμοποιούνται αρουραίοι και ποντικοί σαν γενικός κανόνας εκτός αν πρόκειται για παρασιτοκτόνα όπου χρησιμοποιούνται σκυλιά και αν πρόκειται για ανθρώπινα φάρμακα χρησιμοποιούμε γουρούνια και μαϊμούδες.



#### **iv Δοκιμασίες έκθεσης σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές**

Χρησιμοποιούνται για διάφορα χημικά. Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας το ζώο ελέγχεται για διάφορες παρενέργειες όπως έλλειψη βάρους, δείγματα στρες όπως οι διαταραχές της αναπνοής, αυτο-ακρωτηριασμός, μειωμένη τριχοφυΐα ή τρέμουλο αλλά και η χημική σύσταση του αίματος και των ούρων. Στη λήξη των δοκιμασιών τα ζώα θανατώνονται και γίνεται νεκροτομία έτσι ώστε να παρατηρηθούν τυχόν ιστικές και οργανικές βλάβες, προ-καρκινικές βλάβες και ανάπτυξη όγκων. Συνήθως τα είδη ζώων που χρησιμοποιούνται είναι ποντικοί, αρουραίοι ή/και σκυλιά και μερικές φορές κουνέλια ή ινδικά χοιρίδια ανάλογα τη δοκιμασία και την πορεία της έκθεσης. Οι ποσότητες της έκθεσης παραμένουν πολύ υψηλότερες από αυτές της πραγματικότητας, αν και μικρότερες από τις οξείες δοκιμασίες, καθώς πρέπει να δούμε τα αποτελέσματα σε εβδομάδες ή μήνες στις δοκιμασίες των ζώων για να προβλέψουμε τα αποτελέσματα της έκθεσης για μήνες ή χρόνια στην πραγματικότητα.

#### **v Δοκιμασίες για καρκίνο**

Χρειάζονται γύρω στα 400 ποντίκια ή αρουραίοι που εκτίθενται στη ουσία για όλη τη διάρκεια της ζωής τους (2 χρόνια για τους αρουραίους και 18 μήνες για τα ποντίκια). Τα ζώα παρατηρούνται για πιθανή εμφάνιση όγκων και μετά το τέλος των δοκιμασιών θανατώνονται και ελέγχονται για εμφάνιση αλλαγών που προμηνύουν καρκίνο.

#### **vi Δοκιμασίες για ανάπτυξη και αναπαραγωγικότητα**

Γίνεται έκθεση ενήλικων ποντικών, αρουραίων ή κουνελιών πριν να ζευγαρώσουν αλλά και θηλυκών κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Όταν θέλουμε να ελέγξουμε πολλές γενιές εκτίθενται και τα μικρά τους καθόλη τη διάρκεια της ζωής τους και κάποιες φορές και η επόμενη γενιά τους. Σε κάποιες δοκιμασίες προς το τέλος της εγκυμοσύνης ένας αριθμός μητέρων (γύρω στις 100 τουλάχιστον) και τα έμβρυα τους (γύρω στα 800) σκοτώνονται για να ελεγχθούν τα έμβρυα για τυχόν ανωμαλίες. Σε όλες τις διαδικασίες στο τέλος τα ζώα θανατώνονται και ελέγχονται δίνοντας βαρύτητα στο αναπαραγωγικό σύστημα αλλά και στην υγεία, την ανάπτυξη και τη λειτουργικότητα των απογόνων. Ο αριθμός των ζώων που χρησιμοποιούνται κυμαίνεται από 675-2600 για κάθε ουσία που ελέγχεται.

#### **vii Δοκιμασίες για την ασφάλεια των εμβολίων και τη δραστηριότητα ουσιών**

Τα εμβόλια είναι περίπλοκες ουσίες που η δραστηριότητα τους αλλά και το πως λειτουργούν δεν είναι δυνατό να ελεγχθούν με χημικές ή φυσικές μεθόδους και χρησιμοποιούμε ζώα. Η δοκιμή τους σε ζώα παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο σε όλα τα στάδια της παραγωγής, δηλαδή στην πρώιμη παραγωγή, στις προ-κλινικές δοκιμές, στις κλινικές και αλλά και αφού η ουσία πάρει την άδεια

κυκλοφορίας. Ειδικά για τα εμβόλια τα ζώα χρησιμοποιούνται σε διάφορα στάδια όπως, στη διαδικασία ελέγχου της αρχικής ουσίας για παραγωγή ιικών εμβολίων και να ελέγξουν τα ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα πριν την κυκλοφορία τους. Για να ελέγξουμε την ασφάλεια και τη δραστηριότητα των προϊόντων συνήθως τα ζώα εμβολιάζονται με διαφορετικές αραιώσεις από το εμβόλιο και παρατηρούνται για τυχόν παρενέργειες ή εμβολιάζονται και προσβάλλονται με το ιοφόρο αντιδραστήριο ή εμβολιάζονται και μετά λαμβάνεται αίμα για να μετρηθεί η προστασία (τα αντισώματα) έναντι του ιού.

### **viii Οικοτοξικολογικές μελέτες**

Αφορούν μελέτες για την τοξικότητα διάφορων ουσιών στα είδη ενός οικοσυστήματος σχετικά με τις αλλαγές στη δυναμική ή την κατάσταση σε επίπεδο οργανισμού ή σε επίπεδο της βιολογικής οργάνωσης του οικοσυστήματος. Για παράδειγμα, η εξέταση των τοξικών παρενεργειών από χημικά σε είδη που ζουν κάτω από την επιφάνεια του νερού, γίνεται με οργανισμούς που αντιπροσωπεύουν τα τρία τροφικά επίπεδα: φύκια ή φυτά, ασπόνδυλα (καρκινοειδή) και σπονδυλωτά (ψάρια). Στο εργαστήριο η δοκιμασία τοξικότητας γίνονται συνήθως σε κάθε είδος ξεχωριστά, στα οποία η τοξικότητα μετράτε σύμφωνα με τη θνησιμότητα, με τον μειωμένο αριθμό ανάπτυξης και τη μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα.

Με άλλα λόγια οι δοκιμασίες οξείας τοξικότητας μετράνε τις βαριές παρενέργειες που προκαλούνται όπως θνησιμότητα και παράλυση που παθαίνουν οργανισμοί που έρχονται σε επαφή με μία ουσία για μικρό χρονικό διάστημα. Ενώ οι δοκιμασίες χρόνιας τοξικότητας μελετούν παρενέργειες μετά από μεγάλα χρονικά διαστήματα έκθεσης στην ουσία (π.χ. ολόκληρη τη ζωή τους) που είναι υποθανατηφόρες (π.χ. που αφορούν την ανάπτυξη) ή μετρούν τις επιπτώσεις που έχουν στην ανάπτυξη και στην αναπαραγωγικότητα. Τα αποτελέσματα από τις μελέτες οξείας τοξικότητας χρησιμοποιούνται ευρέως από τις ρυθμιστικές αρχές ως βάση, ενώ οι χρόνιες για να αποκτηθούν περισσότερες γνώσεις.<sup>32</sup>

## **VI Χρήση ζώων στην ανάπτυξη εμβολίων.**

Κάθε χρόνο γύρω στα 10 εκατομμύρια ζώα χρησιμοποιούνται για δοκιμές εμβολίων πριν αυτά



κυκλοφορήσουν. Η επιστημονική κοινότητα υποστηρίζει την αδυναμία της χρήσης των πειραματόζωων στις δοκιμές των εμβολίων και την ανάγκη της αντικατάστασής τους από μεθόδους που δε χρησιμοποιούν ζώα.

Η πλειοψηφία των δοκιμών βασίζονται σε παλιές τεχνικές που είναι ταυτόχρονα επίπονες αλλά και απαρχαιωμένες με κάποιες από αυτές να είναι σχεδόν έναν αιώνα παλιές. Οι δοκιμές αυτές παρεμποδίζονται ακόμα περισσότερο από τη φτωγή αναπαραγωγιμότητα, περιορισμένη αξιοπιστία, το ότι είναι κοστοβόρα και χρονοβόρα και οδηγούν πολλές φορές σε επανάληψη των δοκιμών που αυξάνει ακόμη περισσότερο το χρόνο που θα κυκλοφορήσουν αλλά και το κόστος που θα επιβαρυνθεί ο καταναλωτής.

Η χρήση ζώων έχει επιστημονικά, μεθοδολογικά και κυρίως ηθικά ελαττώματα που σήμερα δε θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται παρότι είναι βασική μέθοδος για δεκαετίες. Όμως είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες και η αποδοχή τους δε σηκώνει συζήτηση.

Εναλλακτικές μέθοδοι που υπηρετούν πιστά τα 3R, έχουν αναπτυχθεί και σε πολλές περιοχές έχουν ήδη υιοθετηθεί με ακόμα περισσότερα να αναπτύσσονται σε έρευνες σε όλο τον κόσμο.

Η χρήση ζώων είναι βαθιά ριζωμένη στην παραγωγή εμβολίων και για να γίνει ευρέα η χρήση των εναλλακτικών μεθόδων θα χρειαστεί να δημιουργηθεί ένα ευνοϊκό και γόνιμο κλίμα με περισσότερα επιστημονικά στοιχεία. Μεγάλο ρόλο παίζει και η προώθηση των μεθόδων αυτών από τις πιο ανεπτυγμένες χώρες, στις λιγότερο με έμφαση στο κόστος, τον χρόνο αλλά και την ασφάλεια.<sup>33 34</sup>

## **7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΡΗΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΓΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ**

Τα πιο πρόσφατα στατιστικά που διαθέτουμε δημοσιοποιήθηκαν το 2020 και αφορούν δεδομένα που συλλέχθηκαν το χρονικό διάστημα 2015-2017 και αφορούν τρία πεδία:

1. αριθμός ζώων που χρησιμοποιούνται για έρευνα, δοκιμές, εργασίες ρουτίνας και εκπαιδευτικούς σκοπούς και αφορά συμβατικά αλλά και γενετικά τροποποιημένα ζώα.
2. Λεπτομερής περιγραφή όλων των χρήσεων των ζώων στην έρευνα και στα πειράματα με σκοπό να αποκτηθεί μία πλήρη εικόνα όλων των χρήσεων των ζώων σε επιστημονικούς σκοπούς. Αλλά ακόμη εμβαθύνουμε και στη φύση των πειραμάτων, το νομοθετικό περιεχόμενο, την επαναχρησιμοποίηση των ζώων, το γενετικό τους προφίλ αλλά και τη σοβαρότητα όσων βιώνει το ζώο.

3. Αριθμός και χρήσεις ζώων για την παραγωγή και την εδραίωση των γενετικά τροποποιημένων ζωικών σειρών που δημιουργούνται καθαρά για επιστημονικούς σκοπούς.

Τα αποτελέσματα μας δείχνουν:

- Ο συνολικός αριθμός των ζώων που χρησιμοποιούνται για επιστημονικούς σκοπούς ήταν 9,590,379 το 2015, 9,817,946 το 2016 και 9,388,162 το 2017.
- ο συνολικός αριθμός ζώων που χρησιμοποιήθηκε για γενετικά τροποποιημένες κυτταρικές σειρές ανέρχεται σε 1,588,025 το 2015, 1,193,962 το 2016 και 1,276,587 το 2017.
- πιο αναλυτικά το 2017 από 9,388,162 ζώα που χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά το 92% αποτελούταν από ποντίκια, ψάρια, αρουραίους και πουλιά. Ενώ ζώα όπως οι σκύλοι, οι γάτες και τα πρωτεύοντα μόλις το 0.3 %, ενώ δε χρησιμοποιήθηκαν καθόλου πίθηκοι.

<b>Numbers of animals used for the first time by species</b>	<b>2017</b>	<b>% in 2017</b>
Mice	5,707,471	60.79
Rats	1,146,299	12.21
Other Fish	719,932	7.67
Zebra fish	499,763	5.32
Domestic fowl	464,553	4.95
Rabbits	351,961	3.75
Guinea-Pigs	144,824	1.54
Other birds	99,410	1.06
Pigs	71,522	0.76
Cattle	30,643	0.33
Other mammals	26,335	0.28
Other rodents	25,172	0.27
Sheep	18,812	0.20
Dogs	13,688	0.15
Xenopus	13,539	0.14
Hamsters (Syrian)	12,700	0.14
Other amphibians	10,683	0.11
Cynomolgus monkey	7,227	0.08
Mongolian gerbil	5,239	0.06
Rana	3,485	0.04
Reptiles	2,937	0.03
Horses, donkeys and cross-breeds	2,414	0.03
Other carnivores	2,386	0.03
Ferrets	2,016	0.02
Cats	1,879	0.02
Goats	1,563	0.02
Cephalopods	514	0.01
Marmoset and tamarins	465	0.00
Rhesus monkey	353	0.00
Hamsters (Chinese)	187	0.00
Prosimians	98	0.00
Vervets (Chlorocebus spp.)	33	0.00
Baboons	25	0.00
Other species of Old World Monkeys (Cercopithecoidea)	23	0.00
Squirrel monkey	8	0.00
Other species of New World Monkeys (Ceboidea)	3	0.00
<b>Total</b>	<b>9,388,162</b>	<b>100.0</b>

## 8 ΕΙΔΗ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ<sup>35 36</sup>



Εικόνα 7: Κρικητός ή χάμστερ (*Mesocricetus auratus*)

### I Κρικητός ή χάμστερ (*Mesocricetus auratus*)

Θεωρείται το 3ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενο πειραματόζωο μετά τον μυ και τον επίμυ. Έχει 2 κύρια είδη τον συριακό ή χρυχόχοο και τον κινέζικο. Από αυτά τα είδη στο 90 % χρησιμοποιείται ο συριακός ή χρυσόχοος, παρόλα αυτά η συχνότητα χρήσης του στην έρευνα δεν ξεπερνάει το 1%. Είναι αμιγώς νυκτόβιο ζώο. Χρησιμοποιείται για τη μελέτη καρκίνου, διαβήτη και υποθερμίας. Πιο συγκεκριμένα σε μελέτες παραγωγής πειραματικών όγκων, μελέτες επίδρασης ορμονών στην αναπαραγωγή, μελέτες για οδοντική τερηδόνα, καρδιαγγειακές μελέτες αλλά και σε φαρμακολογικές έρευνες για μολυσματικές ασθένειες.

### II Ινδικό χοιρίδιο ή ινδόχοιρος (*Cavia porcellus*)

Χωρίζεται σε τρεις βασικές φυλές, την αγγλική, την αβυσσινιακή και την περουβιανή. Το μέγεθος τους είναι μικρότερο από το κουνέλι αλλά μεγαλύτερο από τον μυ και τον επίμυ. Ως



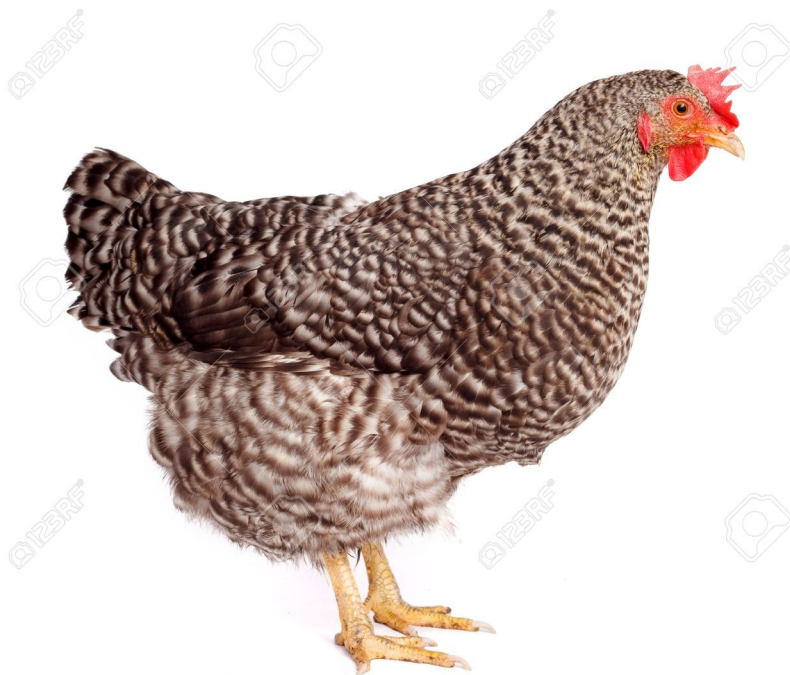
Εικόνα 8: Ινδικό χοιρίδιο ή ινδόχοιρος (*Cavia porcellus*)

πειραματόζωο χρησιμοποιείται η αγγλική φυλή. Είναι ήμερο ζώο με μεγάλη αναπαραγωγική ικανότητα και χορτοφάγο. Χρησιμοποιείται στους τομείς της ανοσολογίας, της ωτολογίας, της τερατολογίας και της τοξικολογίας. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ως μοντέλο για την ακοή, την αβιταμίνωση C, του έρπητα αλλά και για την πάθηση της αναπνευστικής αναφυλακτικής αντίδρασης. Βέβαια χρησιμοποιείται και σε πολλά ακόμα πεδία καθώς μπορεί να χρησιμεύσει ως πηγή ερυθρών κυττάρων, πολυκλωνικών αντισωμάτων, συμπληρώματος και ιστών.

### III Όρνιθα (*Gallus domesticus*)

Μόνο περίπου 5 από τα 27 μέλη της τάξης των ορνιθόμορφων χρησιμοποιούνται στην έρευνα.

Χρησιμοποιούνται με επιτυχία ως πειραματόζωα λόγω του γρήγορου ρυθμού ανάπτυξής τους που τα καθιστά χρήσιμα μοντέλα για διατροφικές μελέτες. Όπως επίσης και τα εμβρυοφόρα αυγά τους που χρησιμοποιούνται σε ιολογικές μελέτες. Επίσης συμβάλλουν και στην έρευνα ανωμαλιών αλλά και στη μελέτη των διαφορών μεταξύ ερυθρών και λευκών μυϊκών ιστών.



Εικόνα 9: Όρνιθα (*Gallus domesticus*)

### IV Επίμυς ή αρουραίος (*Rattus norvegicus*)

Έχει πολλαπλές χρήσεις στην έρευνα και είναι το πιο διαδεδομένο πειραματόζωο μετά το ποντίκι. Είναι παμφάγο και παρουσιάζει κινητικότητα κατά τις νυκτερινές ώρες. Πρόκειται για έξυπνο ζώο και ίσως το έξυπνότερο από τα μικρά θηλαστικά.

Χρησιμοποιείται στους τομείς της διατροφής, μεταμόσχευσης, ανοσολογίας, γενετικής καρκίνου, φαρμακολογίας, φυσιολογίας, νευροεπιστημών, τοξικολογίας, τερατολογίας και κοσμετολογίας. Επίσης χρησιμοποιείται και στην ψυχολογία για έρευνα πάνω στους μηχανισμούς μάθησης. Είναι γενετικά καθορισμένο ζώο και χρησιμοποιείται για διαδικασίες που εφαρμόζονται



Εικόνα 10: Επίμυς ή αρουραίος (*Rattus norvegicus*)

δύσκολα στο ποντίκι λόγω του μεγέθους του. Μετά την εξημέρωσή του δημιουργήθηκαν διάφορες φυλές όπως: Sprague-Dawley, Wistar, Long Evans, Hairless Rat, SHR Rat και WKY Rat.

## V Μυς ή ποντίκι (*Mus musculus*)

Η χρήση τους ξεκίνησε το 19ο αιώνα στην Ευρώπη. Είναι το περισσότερο διαδεδομένο και πιο συχνά χρησιμοποιούμενο πειραματόζωο με πολλαπλές χρήσεις στην έρευνα. Το μικρό τους μέγεθος τα καθιστά εύχρηστα και οικονομικά. Ανήκει στα μικρά τρωκτικά, είναι παμφάγο και κινείται κυρίως τη νύχτα.

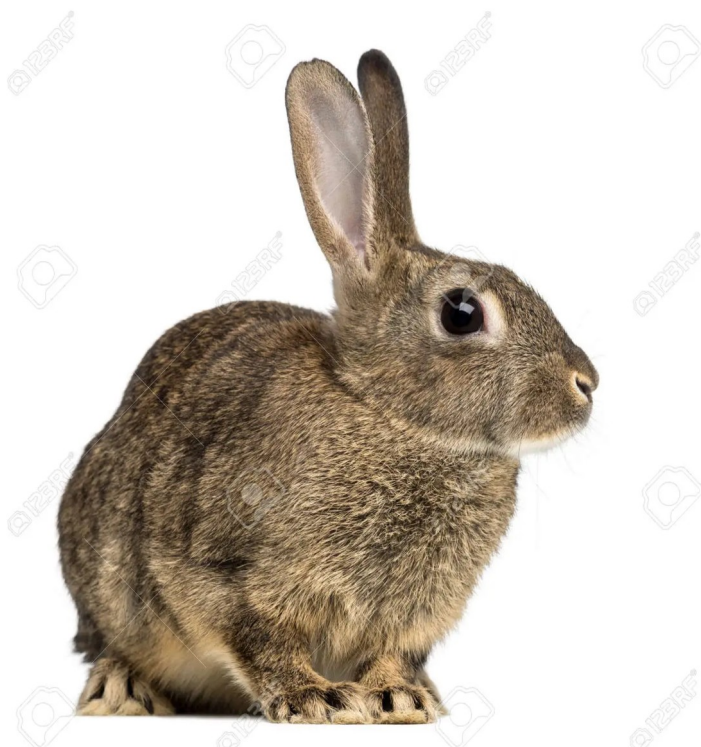


Είναι τα καλύτερα γενετικά καθορισμένα ζώα και έχουν μεγάλη Εικόνα 11: Μυς ή ποντίκι (*Mus musculus*)

γονιμότητα. Στην πλειοψηφία τους χρησιμοποιούνται για την έρευνα του καρκίνου, αλλά και σε διάφορους άλλους τομείς όπως η φαρμακολογία, τοξικολογία, τερατολογία, ανοσολογία, γηριατρική, διατροφή και έρευνα του κεντρικού νευρικού συστήματος. Υπάρχουν πολλές ποικιλίες από εσωτερική και εξωτερική διασταύρωση. Από τις 100 ποικιλίες ομομικτικών μόνο 7 ή 8 χρησιμοποιούνται συχνά στην έρευνα όπως επίσης και από ετερομικτικά. Τα κυριότερα είδη που χρησιμοποιούνται είναι το CF1 MOUSE, NMRI MOUSE, C 57 BL MOUSE, DBA/2 MOUSE, CBA MOUSE, BALB/C MOUSE, C3H HeJ MOUSE, B6D2F1 MOUSE, και NUDE MOUSE.

## VI Κόνικλος ή κουνέλι (*Oryctolagus cuniculus*)

Είναι το βασικό πειραματόζωο για μελέτες του ουρογεννητικού συστήματος αλλά και για φαρμακολογικές έρευνες, πιο συγκεκριμένα το 85% έχει χρήση για διάγνωση, έρευνα και βιολογικές εξετάσεις. Προσφέρει καλή πρόσβαση στα αγγεία του καθώς έχει μεγάλες φλέβες στο πτερύγιο του αυτιού του, έχει μεσαίο μέγεθος αλλά έχει μεγάλη ποικιλία σε βάρος και διάπλαση γεγονός που δίνει στους ερευνητές τη δυνατότητα επιλογής. Στο θέμα της αναπαραγωγής μπορούμε να προσδιορίσουμε με ακρίβεια τον τοκετό γεγονός που βοηθάει σε τερατολογικές έρευνες. Η πιο διαδεδομένη φυλή τους είναι η λευκή της Ζηλανδίας. Χρησιμοποιείται στους



Εικόνα 12: Κόνικλος ή κουνέλι (*Oryctolagus cuniculus*)

τομείς της ιολογίας, ογκολογίας, οδοντιατρικής, βιοχημείας, καρδιολογίας, τοξικολογίας, οφθαλμολογίας και τερατολογίας. Πιο συγκεκριμένα στην παραγωγή αντιορών, δοκιμασία πυρετογόνων ουσιών, αθηροσκλήρωσης, γλαυκώματος, μυοκαρδιοπάθειας, υπέρτασης, νόσου Von Willebrand, μεταμοσχευτικών όγκων, γηριατρικές μελέτες και τοξικολογικές μελέτες ρουτίνας. Πλεονέκτημά τους είναι ότι εκτρέφονται εύκολα σε κλωβούς.

## VII Χοίρος

Χρησιμοποιούνται κυρίως νανόμορφες φυλές, μεγάλο πλεονέκτημά του είναι ότι παρουσιάζει ομοιότητες με τον άνθρωπο όσον αφορά σε φυσιολογία και ανατομία. Είναι ένα ζώον που μας έχει βοηθήσει στη μελέτη επούλωσης εγκαυμάτων, επεμβάσεων καρδιάς και λειτουργία πεπτικού συστήματος. Έχουν όμως ευαισθησία στο stress που μπορεί να αποβεί και θανατηφόρο κατά τη μεταφορά τους.



Εικόνα 13: Σκύλος ράτσας beagle σε εργαστηριακή μελέτη

## VIII Σκύλος (Canis Familiaris)

Συμβάλλει στους τομείς της φυσιολογίας, της φαρμακολογίας, εγχειρητικής, καρδιολογίας, τοξικολογίας, ογκολογίας και οφθαλμολογίας. Πιο συγκεκριμένα για πειράματα που αφορούν τον σακχαρώδη διαβήτη (πάγκρεας- ινσουλίνη), τα οστά, τους νεφρούς, την ελκωτική κολίτιδα (λεπτό-παχύ έντερο), εγχειρήσεις ανοικτής καρδιάς, μεταμόσχευση οργάνων και κυρίως ήπατος,



παρασιτικά και μεταβολικά νοσήματα, καρκινογένεση, τοξικότητα γενικά αλλά και εμβρυοτοξικότητα. Η φυλή beagle είναι η δημοφιλής ράτσα των ερευνητικών εργαστηρίων λόγω της ομοιομορφίας του και της εύκολης χειραγώγησής του. Είναι κυνηγόσκυλο μεσαίου μεγέθους, ήρεμο ζώο με μεγάλη προσαρμοστικότητα στην ομαδική εκτροφή.

## IX Γάτα (*Felis Catus*)

Διαθέτει ορισμένα φυσιολογικά χαρακτηριστικά κοινά με τους ανθρώπους σε σχέση με άλλα πειραματόζωα και έχει χρησιμοποιηθεί στην έρευνα της συμπεριφοράς, βιοϊατρικής, φαρμακολογίας, φυσιολογίας, τοξικολογίας, αναπαραγωγής και ειδικά στις νευροεπιστήμες. Συμβάλλουν στις έρευνες της νευροανατομίας, νευροχειρουργικής, νευροφυσιολογίας, νευροφαρμακολογίας, αρτηριοσκλήρωσης, όγκους μαστών, καρκίνο οισοφάγου και δέρματος, λεμφοσαρκώματος, πέψης, μεταβολικές παθήσεις αλλά και παθήσεις του Κ.Ν.Σ.



Εικόνα 14: Γάτα (*Felis Catus*)

## X Πρόβατο

Χρησιμοποιείται στην ενδοκρινολογία, φυσιολογία αναπαραγωγής, φυσιολογία καρδιαγγειακού συστήματος, ομοιόσταση υγρών και ηλεκτρολυτών, ανοσολογία, νευροφυσιολογία, νευροανατομία, θερμορύθμιση, αιματολογία, διατροφή και φυσιολογία πεπτικού. Όψιμο έμβρυο για εμβρυϊκή φυσιολογία. Συλλογή οργάνων από σφαγεία: ανακάλυψη και ταυτοποίηση μεγάλου αριθμού ορμονών.

## XI Ζέρβιλος (*Meriones unguiculatus*)

Είναι εύκολοι στη διατήρησή τους αλλά και στη διαχείρισή τους αλλά δε χρησιμοποιούνται συχνά στις έρευνες. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ως πειραματικό μοντέλο για μελέτες πρωτόζωων και άλλων παρασίτων και για μελέτες του ωτός.



Εικόνα 15: Ζέρβιλος (*Meriones unguiculatus*)

## XII Νυφίτσα (*Mustela putorius furo* L.)

Είναι μικρόσωμα. Χρησιμοποιούνται για την έρευνα της νόσου Carre, αλλά και των ιών της γρίπης. Συμβάλλουν στους τομείς ιολογίας, ανοσολογίας, αναπαραγωγής, οδοντιατρικής και φαρμακολογίας.



Εικόνα 16: Νυφίτσα (*Mustela putorius furo* L.)

## XIII Μη ανθρώπινα πρωτεύοντα

Οι έρευνες που σχετίζονται με τον άνθρωπο γίνονται πάνω σε ζώα που μοιάζουν ή συγγενεύουν με αυτόν. Υπάρχουν πολλά είδη αλλά αυτό που χρησιμοποιείται ευρύτατα είναι ο πίθηκος Ρέζους (*Rhesus, Macaca mulatta*). Ο αριθμός που χρησιμοποιείται είναι πολύ μικρός σε σχέση με άλλα πειραματόζωα λόγω οικονομικής δαπάνης αλλά και της μειωμένης αναπαραγωγικής ικανότητας που παρουσιάζεται κάτω από εργαστηριακές συνθήκες. Οι κύριες ομάδες στις οποίες ταξινομούνται είναι οι : πιθηκοειδή και προ-πιθηκοειδή. Χρησιμεύουν σε πολλαπλά πεδία έρευνας όπως στην ιολογία, παρασιτολογία, τοξικολογία, ανοσοβιολογία, φαρμακολογία, χειρουργική, νευρολογία, αιματολογία ψυχολογία και διαιτολογία.

### i Πίθηκος Ρέζους ή Μακάκος (*Macaca mulatta*)

Το συγκεκριμένο είδος χρησιμοποιείται για πειραματικούς σκοπούς στην ενδοκρινολογία, φαρμακολογία, τοξικολογία, παρασιτολογία, ψυχοβιολογία και στη φυσιολογία της αναπαραγωγής. Συγκεκριμένα έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του εμβολίου της πολιομυελίτιδας, για τη μελέτη διάφορων μολυσματικών ασθενειών όπως ηπατίτιδα και τύφος, για καλλιέργεια ιστών, αιματολογικές μελέτες όπως η ανακάλυψη του παράγοντα αίματος ρέζους, για την τοξικομανία αλλά και για τη μελέτη της ελονοσίας. Στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν 50000 πιθήκους ανά έτος με το 40% αυτών να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή του εμβολίου της πολιομυελίτιδας, το 35% για μελέτη συγκεκριμένων ασθενειών όπως ηπατίτιδα και τύφος, το 15% για τη νευροφυσιολογία ενώ μόλις το 10% για τη φυσιολογία, την αναπαραγωγή αλλά και την κοινωνική συμπεριφορά.



Εικόνα 17: Πίθηκος Ρέζους ή Μακάκος (*Macaca mulatta*)



Εικόνα 18: Χιμπατζής (*Chimpansee troglodytes*)



Εικόνα 19: Χιμπατζής (*Pan paniscus*)

## ii Χιμπατζής (*Chimpansee troglodytes* και *Pan paniscus*)

Τα χαρακτηριστικά του πλησιάζουν αυτά του ανθρώπου και θεωρείται το πιο έξυπνο ζώο μετά τον άνθρωπο. Στην έρευνα χρησιμοποιείται για την πολυμουελίτιδα, για την ανάπτυξη νέων χειρουργικών μεθόδων και για τη θεραπεία διαφόρων ψυχικών ασθενειών.

## XIV Αμφίβια

Χρησιμοποιούνται για ερευνητικούς σκοπούς, κυρίως χρησιμοποιούνται οι βάτραχοι *Rana ripiens* και *Rana catesbiana*.



Εικόνα 20: Βάτραχος (*Rana ripiens*)

χρησιμοποιείται σε ασκήσεις ανατομίας για ιατρική εκπαίδευση καθώς οι θέσεις των εσωτερικών οργάνων του μοιάζουν με αυτές του ανθρώπου, αλλά και για επίδειξη της φυσιολογίας νεύρων, μυών και καρδιάς.

### i Βάτραχος (*Rana ripiens*)

στην αρχαιότητα

χρησιμοποιούνταν για την

παρασκευή διάφορων

φαρμάκων όπως, αντίδοτα για

δηλητήρια ερπετών, φάρμακα

για την αιμορραγία, για τη

θεραπεία χρόνιων

αποστημάτων, δερματικών και

οφθαλμολογικών παθήσεων και

για τον πονόδοντο. Σήμερα

Πίνακας 2: Ζώα και η ανακάλυψη την οποία βοήθησαν [AnimalResearchFS06.pdf \(nih.gov\)](#)

ΕΙΔΟΣ ΖΩΟΥ	ΙΑΤΡΙΚΟ ΓΕΓΟΝΟΣ ΠΟΥ ΣΥΝΕΒΑΛΕ
Σκύλος	Ανακάλυψη της ινσουλίνης
Πίθηκος	Εμβόλιο κατά της πολυομυελίτιδας
Ποντίκι	Εμβόλιο κατά της λύσσας
Γουρούνι	Μεταμόσχευση δέρματος
Γουρούνι	Ανάπτυξη της αξονικής τομογραφίας.
Κουνέλι	Μεταμόσχευση κερατοειδούς
Γάτα	Απεικόνιση καρκινογένεσης

## 9 ΕΚΤΡΟΦΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στη χώρα μας λειτουργούν τρία εκτροφεία πειραματόζωων.

### I Ινστιτούτο βιοεπιστημών και εφαρμογών του εθνικού κέντρου έρευνας φυσικών επιστημών “Δημόκριτος”<sup>37</sup>

Είναι ένα από τα πρώτα εκτροφεία πειραματόζωων στη χώρα μας και σε αυτό διατηρούνται και αναπαράγονται είδη από μύες, επίμυες και κόνικλες. Το εκτροφείο παρέχει υπηρεσίες όπως αναπαραγωγή, προμήθεια, διατήρηση και χρήση των ειδών που αναφέρθηκαν, προσωρινή στέγαση, κτηνιατρική μέριμνα, συλλογή βιοπαθολογικών υλικών, μικρές επεμβάσεις, προμήθεια και αναπαραγωγή άλλων ειδών κατά παραγγελία, έγκριση υποστήριξη και εκτέλεση ερευνητικών πρωτοκόλλων, υποστήριξη στους επιστήμονες για τον σχεδιασμό των πειραμάτων αλλά και εκπαίδευση και επιμόρφωση.

### II Εκτροφείο πειραματόζωων του τμήματος ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.<sup>38</sup>

Λειτουργεί από το 1982 και χρησιμοποιείται κυρίως για εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς.

### III Τμήμα ζωικών προτύπων βιοϊατρικής έρευνας του ελληνικού ινστιτούτου Παστέρ.<sup>39</sup>

Σκοπός του είναι η εκτροφή, προμήθεια, χρήση ζώων για ακαδημαϊκούς, ερευνητικούς σκοπούς, προ κλινικές μελέτες, ποιοτικό έλεγχο της φαρμακοβιομηχανίας αλλά και για εκπαίδευση. Το

δυναμικό των ζώων αποτελείται από μύες, επίμυες, ινδικά χοιρίδια και κονίκλους. Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι η εκτροφή, προμήθεια, χρήση των ζώων, διατήρηση αποικιών των διαγονιδιακών στελεχών, προσωρινή στέγαση για επιστημονικούς σκοπούς, κτηνιατρική μέριμνα, επιτήρηση της υγείας των ζώων, παροχή τεχνικής εφαρμογής και υποστήριξης ορθής ζωοτεχνικής πρακτικής, εκπαίδευση και συνεχιζόμενη εκπαίδευση των επιστημόνων που ασχολούνται με τα ζώα, συμβουλευτική στο σχεδιασμό και υλοποίηση αδειοδοτημένων πρωτοκόλλων. Επίσης σε συνεργασία με το εργαστήριο διαγονιδιακής τεχνολογίας του ελληνικού ινστιτούτου διενεργούνται εμβρυομεταφορές, κρυοσυντηρήσεις ωαρίων και σπέρματος και δημιουργία στειρών αρσενικών και θετών μητέρων για τις ανάγκες της διαγένεσης. Όλα τα εκτροφεία στην Ελλάδα λειτουργούν σύμφωνα με τις διεθνείς και εθνικές νομοθεσίες όπως ορίζονται από το ΠΔ 56/2013 και 2010/63/ΕΕ, καθώς επίσης και με τις επίσημες άδειες από τις αρμόδιες αρχές.

## 10 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μπορεί τα πειραματόζωα να είναι το πιο κοντινό δείγμα για έρευνες στον άνθρωπο όμως πάλι βρίσκουμε διαφορές στα αποτελέσματα λόγω της πολυπλοκότητας του ανθρώπινου οργανισμού. Για αυτό η επιστημονική κοινότητα προσπαθεί να εξαλείψει αυτές τις διαφορές και ταυτόχρονα τη χρήση πειραματόζωων με την ανάπτυξη νέων εναλλακτικών μεθόδων που βασίζονται στην πρόοδο της τεχνολογίας.<sup>40 41 42 43</sup>

Αυτές είναι:

### I Τρισδιάστατες κυτταρικές σειρές

Είναι μία μέθοδος που επιτρέπει τις κυτταρικές σειρές να αναπτυχθούν προς όλες τις κατευθύνσεις αλλά *in vitro*. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της μεθόδου αυτού που υπόσχονται την κατανόηση και της φυσιολογίας του ανθρώπου αλλά και των μηχανισμών των ασθενειών. Για παράδειγμα έχουν δημιουργηθεί όργανα μικρογραφίες που αναπαριστούν τη δομή αλλά και τη λειτουργικότητα του οργάνου. Αυτή η μικρο-μηχανική ονομάζεται μικρο-φυσιολογικά συστήματα και περιέχουν καλλιέργειες από ανθρώπινα κύτταρα μαζί με δυναμική ροή ρευστού που αναπαριστούν τη μεταφορά των απαραίτητων ουσιών, τις μηχανικές δυνάμεις και τις μοριακές κλίσεις όπως ακριβώς *in vivo*, και στοχεύουν στη δημιουργία των βιολογικών λειτουργιών σε μικροσκοπική κλίμακα. Μέχρι στιγμής οι λειτουργίες διάφορων οργάνων και ιστών έχουν αναπαραχθεί σε *in vitro* μοντέλα, όπως ο πνεύμονας, το συκώτι και ο νεφρός. Έτσι έχει προταθεί η μέθοδος αυτή για μελέτη της λειτουργίας ολόκληρων οργάνων αλλά και για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους στον οργανισμό.

## **II Υπολογιστικά μοντέλα**

Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των βιολογικών δεδομένων αυξάνεται συνεχώς ιδίως με την ανάπτυξη τεχνολογιών αλληλουχίας μεγάλης παραγωγικότητας. Οι υπολογιστές βασίζονται σε μαθηματικές και στατιστικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν μία σχετική ματιά για το τι σημαίνουν όλα αυτά τα δεδομένα. Τα ανεπτυγμένα υπολογιστικά μοντέλα στοχεύουν στο να μελετήσουν πως τα δίκτυα από τα αλληλεπιδρούμενα βιολογικά τμήματα αναγνωρίζουν τις απαιτήσεις και τις δραστηριότητες των συστημάτων συγχέοντας όλες τις πληροφορίες μαζί. Το ζητούμενο είναι να δημιουργηθούν ολοκληρωτικά υπολογιστικά μοντέλα της λειτουργικότητας του κυττάρου, των πολυκύτταρων συστημάτων και ολόκληρου του οργανισμού. Αυτά τα μοντέλα θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν για να γίνουν εικονικά τεστ τοξικότητας που θα ελέγχουν τις αντιδράσεις των κυττάρων, των ιστών και του οργανισμού. Επίσης έχουν αναπτυχθεί μοντέλα που είναι σημαντικά για την πρόβλεψη βιολογικών αντιδράσεων σε χημικές ουσίες βασιζόμενα σε μαθηματικά και στατιστικά μοντέλα.

## **III Τοξικολογία βασιζόμενη στη μεταβολική οδό**

Στη συγκεκριμένη μέθοδο οποιαδήποτε σύγκριση περί της τοξικολογικής μεταβολικής οδού προσεγγίζεται με νέα μεθοδολογίες της μοριακής βιολογίας, της βιοπληροφορικής, της υπολογιστικής τοξικολογίας και ενός περιεκτικού συνόλου από *in vitro* πειράματα που βασίζονται πρωτίστως στην ανθρώπινη βιολογία. Αυτή η μέθοδος εξυπηρετεί πρώτον να ανακαλύψουμε εν τω βάθει, άγνωστες μεταβολικές οδούς και συσχετίσεις και δεύτερον για να μπορέσουμε να σχηματίσουμε μία γενική γνώμη που θα μας οδηγήσουν σε εμπεριστατωμένες υποθέσεις. Αυτό πιστεύεται ότι θα μας οδηγήσει από την αποκλειστική χρήση ακραίων τελικών σημείων σε χρήση των μεταβολικών οδών για μία πιο ασφαλέστερη δοκιμή.

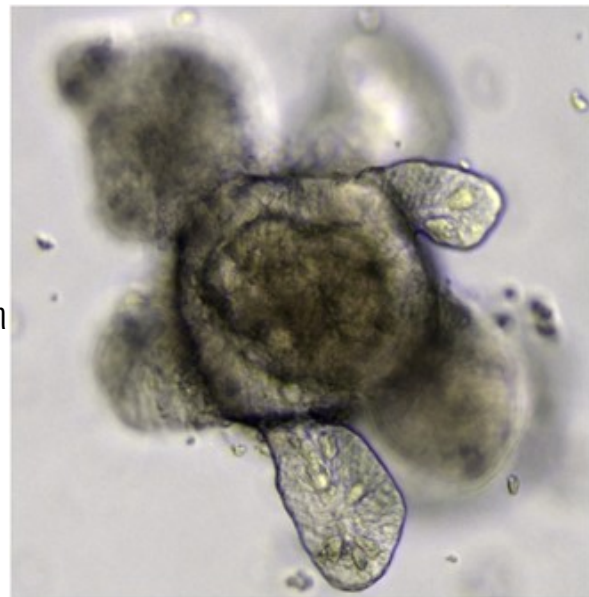
## **IV Εναλλακτικές μέθοδοι για την ασφάλεια των εμβολίων και τη δραστικότητα ουσιών**

Παρόλο που ακόμη δεν έχει γίνει πλήρης αντικατάσταση των πειραματόζων, η χρήση κάποιων βελτιωμένων εναλλακτικών μεθόδων έχουν οδηγήσει στον καθορισμό καινοτόμων εμβολίων με τις τελικές τους δοκιμές για την ασφάλεια και τη δραστικότητα τους να μη χρησιμοποιηθούν ζώα. Επιπρόσθετα η παραγωγή των εμβολίων αποστασιοποιείται σιγά σιγά από τη χρήση ζωικών κυτταρικών σειρών αλλά και γονιμοποιημένων αυγών. Ο παραδοσιακός τρόπος ελέγχου των εμβολίων τείνει να καταργηθεί εντελώς και μερικές εταιρείες δεν τους χρησιμοποιούν καν. Για κάποια ιικά εμβόλια, όπως της γρίπης, αλλά και για εδραιωμένα εμβόλια, όπως του μηνιγγιτιδόκοκκου, η δραστικότητα μπορεί να ελεγχθεί εξ ολοκλήρου *in vitro* για να οριστεί η

ποσότητα του αντιγόνου αλλά και για να γίνει καθορισμός της ύπαρξης του συζευγμένου μορίου. Για πιο περίπλοκα εμβόλια ο έλεγχος μπορεί να περιλαμβάνει ανοσοποίηση κάποιου ζώου στην οποία θα χρησιμοποιηθούν τελικά ανθρώπινα σημεία ή μία και μόνο αραίωση για να βελτιστοποιηθεί η μέθοδος και να μειωθεί ο αριθμός των ζώων που χρησιμοποιούνται.

## V Οργανοειδή

Τα οργανοειδή είναι μικροσκοπικές τρισδιάστατες κυτταρικές καλλιέργειες που προέρχονται από βλαστικά κύτταρα που διαθέτουν κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά του οργάνου από το οποίο προέρχονται. Το μέγεθος τους μπορεί να κυμαίνεται όσο μία τρίχα και μέχρι 5 χιλιοστά. Η δημιουργία τους βασίζεται στις ιδιότητες αυθόρμητης οργάνωσης που έχουν τα βλαστικά κύτταρα κατά το στάδιο της διαφοροποίησης. Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία τεχνητών οργάνων σε μικρογραφία που αναπαριστούν την *in vivo* αρχιτεκτονική, λειτουργικότητα αλλά και τη γενετική υπογραφή των πρωτότυπων ιστών. Μπορούν να προέρχονται από δύο είδη ιστών: από τα πολυδύναμα βλαστικά κύτταρα (PSC) ή από τα βλαστικά κύτταρα ενήλικου ατόμου (ASC)



Εικόνα 21: Οργανοειδές εντέρου

Τα οργανοειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

- για μελέτη αναπτυξιακών μηχανισμών των οργάνων *in vitro*, παρόμοια με την ανάπτυξη *in vivo*
- ως απόλυτα συμβατά μοσχεύματα, όταν προέρχονται από κύτταρα του ίδιου του ασθενούς
- για μοντελοποίηση ασθενειών

Παρόλα αυτά ακόμη δεν έχει επιτευχθεί πλήρης ομοιότητα ή και λειτουργικότητα με τα αντίστοιχα όργανα, αλλά δρουν συμπληρωματικά των πειραματόζωων για να αντλήσουμε περισσότερες πληροφορίες.

Η προέλευση τους μπορεί να είναι απευθείας από τμήματα ιστών, από κύτταρα καλλιέργειών ή από απομονωμένα βλαστικά κύτταρα (πλειοδύναμα ή πολυδύναμα), σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να βρεθούν οι ιδανικές συνθήκες διαφοροποίησης. Μέχρι στιγμής έχουν δημιουργηθεί οργανοειδή για

τα εξής όργανα: εγκέφαλο, μαστό, πνεύμονα, νεφρό, ουροδόχο κύστη, προστάτη, οφθαλμό, οισοφάγος, στομάχι, έντερο, ωοθήκη και ήπαρ.

Το πρώτο οργανοειδές δημιουργήθηκε το 1977 και ήταν τεχνητό δέρμα το οποίο προήλθε από ανθρώπινα κύτταρα του δέρματος. Από το 2014 οι επιστήμονες μπόρεσαν και δημιούργησαν οργανοειδή από πολυδύναμα βλαστικά κύτταρα.

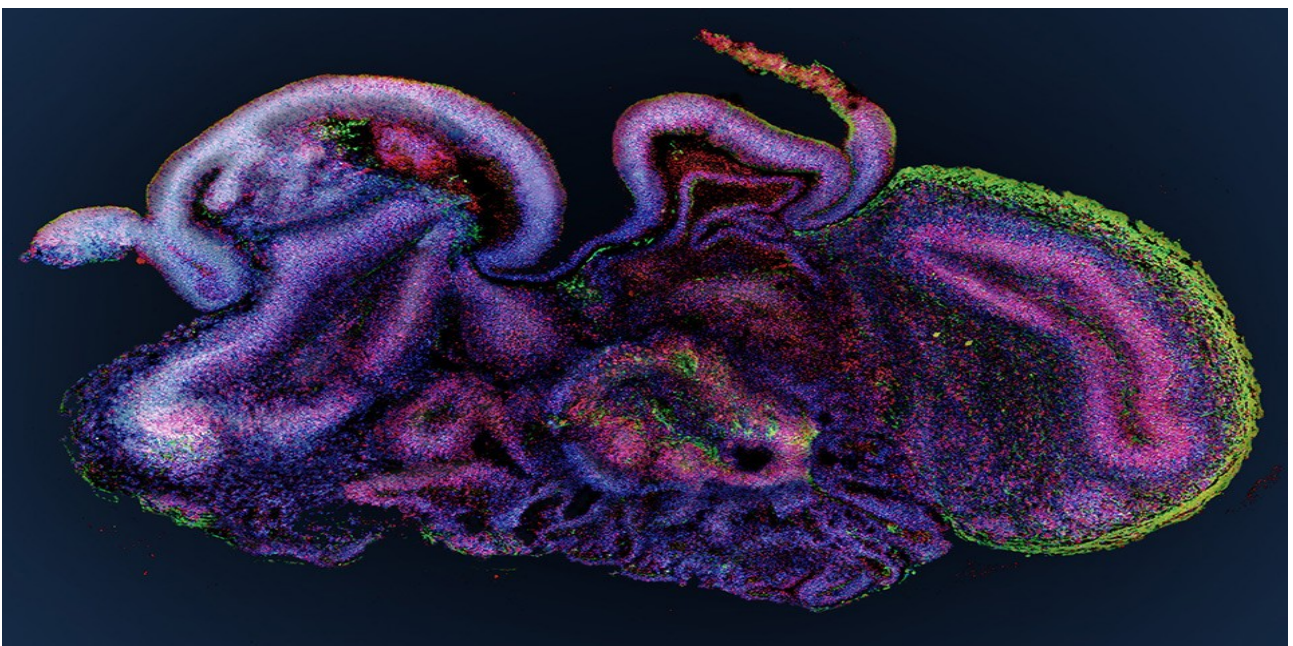
Τα οργανοειδή είναι ένα δυνατό εργαλείο στα χέρια των επιστημόνων καθώς μπορούν να δουν με λεπτομέρεια πώς τα όργανα μορφοποιούνται και αναπτύσσονται. Ως συνέπεια αυτού έχουν την ευκαιρία να δουν την ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού, των ασθενειών αλλά και την αντίδραση του οργανισμού σε διάφορα φάρμακα.

Τα οργανοειδή συμβάλλουν και στην αναγεννητική αλλά και στη γονιδιακή θεραπεία, συγκεκριμένα κύτταρα από υγιή δότη ενοφθαλμίζονται με τα τροποποιημένα γονιδιακά κύτταρα του ασθενή και μετά το οργανοειδές ή τα κύτταρα που προκύπτουν μεταμοσχεύονται στον ασθενή.

Επίσης λειτουργούν βιοτράπεζες οργανοειδών οι οποίες χρησιμεύουν κυρίως για μοντελοποίηση ασθενειών, πιο συγκεκριμένα χρησιμεύουν για τη μελέτη των μηχανισμών των ασθενειών, τον έλεγχο και τη δοκιμή φαρμάκων πριν χορηγηθούν στον ίδιο τον ασθενή.

## **i Χρήση των οργανοειδών**

Πριν την εύρεση των οργανοειδών ο,τι είχαμε μάθει για τον ανθρώπινο οργανισμό το οφείλουμε στα πειραματόζωα. Πλέον όμως οι επιστήμονες μπορούν και καλλιεργούν μικρογραφίες των ιστών χρησιμοποιώντας ανθρώπινα κύτταρα.



Εικόνα 22: Εγκεφαλικό οργανοειδές

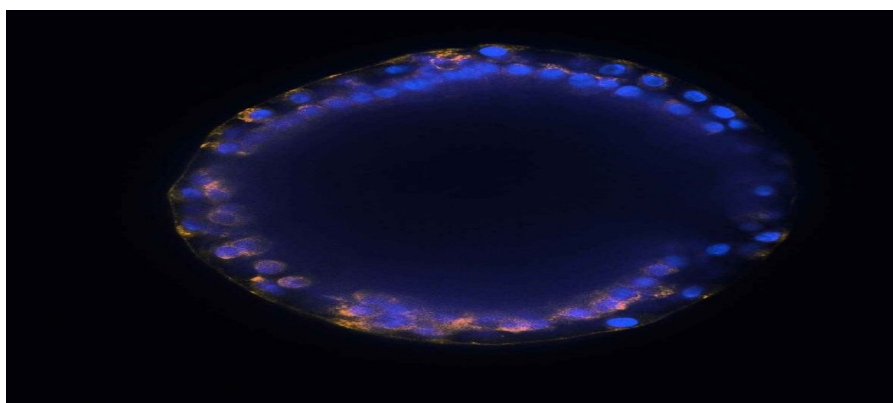


## Εγκέφαλος

Τα οργανοειδή που προέρχονται από εγκεφαλικά κύτταρα βοηθούν για τη μελέτη πολύπλοκων χαρακτηριστικών αλλά και ασθενειών όπως η σχιζοφρένεια και το φάσμα του αυτισμού που είναι οι ίδιες πολύπλοκες ασθένειες και επιδρούν σε όλο το ανθρώπινο γονιδίωμα. Έχουν αναπτυχθεί πρωτόκολλα που επιτρέπουν στα οργανοειδή να αναπτυχθούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα να έχουν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και ωριμότητα. Αυτά τα πιο ώριμα οργανοειδή, αποτελούνται από χιλιάδες κύτταρα και από πολλούς διαφορετικούς τύπους εγκεφαλικών κυττάρων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με πολύπλοκους μηχανισμούς, έτσι τα καθιστά εξαιρετικά μοντέλα για να μελετήσουμε το πώς οι διάφορες παθολογικές ασθένειες του εγκεφάλου επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούν τα εγκεφαλικά κύτταρα μεταξύ τους. Μέχρι στιγμής οι επιστήμονες έχουν καταφέρει να χρησιμοποιήσουν οργανοειδή προερχόμενα από ασθενείς με αυτισμό για να αποδείξουν τις ανωμαλίες που παρουσιάζουν στις ρυθμιστικές περιοχές των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό. Επιπρόσθετα μας φέρνουν αποτελέσματα για το πώς ο εγκέφαλος μορφοποιείται κατά την πρώιμη ανάπτυξη, ερώτημα που απασχολεί τους επιστήμονες για περισσότερο από έναν αιώνα. Παρόλο που ο στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν τα οργανοειδή ως μοντέλα για ασθένειες, πιστεύεται ότι κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών θα αποκτηθούν αρκετές επιπλέον γνώσεις που αφορούν τον εγκέφαλο.

Επίσης έρευνες συγκρίνουν τα αποτελέσματα αντιδράσεων φυσιολογικών και μη φυσιολογικών οργανοειδών σε διάφορα ερεθίσματα.

Τα βλαστοκύτταρα είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο στη θεραπεία λόγω της ικανότητας τους να διαιρούνται και να δημιουργούν συνεχώς καινούργιο ιστό. Βέβαια πολλοί επιστήμονες ανακαλύπτουν ότι αρκετές ασθένειες μπορεί να προέρχονται από ανωμαλίες στα ίδια τα βλαστοκύτταρα ή στους τρόπους που τα άλλα κύτταρα επικοινωνούν με αυτά, έτσι χρησιμοποιούν οργανοειδή για να προσδιορίσουν τον ρόλο των βλαστοκυττάρων στη δημιουργία, τη συντήρηση και τη λειτουργικότητα των ιστών αλλά και να κατανοήσουν πώς αυτά επικοινωνούν μεταξύ τους.



Εικόνα 23: Οργανοειδές πνεύμονα

## Πνεύμονας

επιστημονική ομάδα του πανεπιστημίου του Harvard κατάφερε να δημιουργήσει οργανοειδή που μιμούνται δύο χαρακτηριστικά σημεία του πνεύμονα, την αναπνευστική οδό και τις κυψελίδες, όπου πραγματοποιείται η ανταλλαγή αερίων. Αυτό επετεύχθη χρησιμοποιώντας μία ειδική εγκατάσταση για καλλιέργειες που επιτρέπει τα κύτταρα να είναι σε επαφή με αέρα και υγρό ταυτόχρονα έτσι ώστε να μιμηθούν το πραγματικό περιβάλλον των πνευμόνων. Σε αυτές πρόσθεσαν βοηθητικά κύτταρα, απομονωμένα από αιμοφόρα αγγεία, για να συμβάλλουν στην ανάπτυξη των βλαστοκυττάρων.

Πολλές πνευμονικές ασθένειες φαίνεται να οφείλονται σε αποτυχία των βλαστοκυττάρων να επιδιορθώσουν κάποια ρήξη και για πολλά χρόνια οι επιστήμονες πίστευαν ότι ασθένειες όπως το εμφύσημα οφειλόταν σε ελαττώματα των βλαστοκυττάρων αλλά χωρίς να μπορούν να το αποδείξουν. Τώρα οι επιστήμονες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν οργανοειδή από τα κύτταρα ασθενούς και να ελέγξουν αν η αιτία της ασθένειας είναι τα ίδια τα βλαστοκύτταρα ή τα βοηθητικά κύτταρα που επικοινωνούν με αυτά. Αν οι επιστήμονες ανακαλύψουν τι δε λειτουργεί σωστά σε επίπεδο βλαστοκυττάρων τότε θα μπορούσε να υπάρξει ένα καινούργιο κύτταρο που θα γίνει στόχος για φάρμακα και θεραπείες.

Τα οργανοειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για να υποδείξουν ποια φάρμακα μπορούν να ενεργοποιήσουν τη δημιουργία κάποιου εξειδικευμένου κυτταρικού τύπου. Το γεγονός αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση θεραπείας για ασθένειες όπως η κυστική ίνωση όπου έχουμε δυσλειτουργία των κυττάρων που αφαιρούν τη βλέννα από τον πνεύμονα. Οι επιστήμονες μπορούν να δημιουργήσουν οργανοειδή από κύτταρα που θα απομονωθούν από ασθενείς με κυστική ίνωση στα οποία θα δοκιμαστούν φάρμακα που θα επαναφέρουν τη φυσιολογική λειτουργία τους.

Το ερώτημα που καλούνται να απαντήσουν οι επιστήμονες είναι πως ένα βλαστοκύτταρο γνωρίζει τι είδους εξειδικευμένα κύτταρα να δημιουργήσει και ποιοι παράγοντες και χημικές ενώσεις πρέπει να υπάρχουν για να συμβεί αυτό. Εξαιρετικό ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει και η διαφορετική προσέγγιση του ερωτήματος, τι οδηγεί τα βλαστοκύτταρα να αποτύχουν ή να δημιουργήσουν ελαττωματικά κύτταρα που θα οδηγήσουν στη δημιουργία κάποιας ασθένειας. Τα οργανοειδή μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην απάντηση των ερωτημάτων αυτών.

Επίσης καινοτόμο είναι ότι τα οργανοειδή μπορούν να δημιουργηθούν από κύτταρα που κυκλοφορούν στο αίμα και δε χρειάζεται βιοψία του ασθενούς.

## **ii Τα οργανοειδή ως θεραπευτικά εργαλεία**

Σε αρκετά εργαστήρια ανά τον κόσμο προσπαθούν να βρουν τρόπους για να μεταφέρουν και να μεταμοσχεύσουν κύτταρα αλλά ακόμη και ιστούς που θα μπορέσουν να λειτουργήσουν ως θεραπεία για ασθένειες. Σε εργαστήριο του Harvard οι επιστήμονες έχουν κάνει ένα τεράστιο βήμα και έχουν αναπτύξει μέθοδο που μετατρέπει επιθηλιακά κύτταρα του εντέρου σε Β-λεμφοκύτταρα που παράγουν ινσουλίνη, η οποία δοκιμάστηκε σε οργανοειδή εντέρου. Η μετατροπή αυτή μπορεί να γίνει επειδή τα κύτταρα αυτά έχουν κοινή προέλευση κατά την ανάπτυξη και μοιράζονται αρκετά κοινά χαρακτηριστικά. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να μας οδηγήσει στη θεραπεία του διαβήτη που απασχολεί μεγάλο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού. Οι επιστήμονες δοκίμασαν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου εμφυτεύοντας τα τροποποιημένα κύτταρα σε ποντικό που πάσχει από διαβήτη και είδαν μείωση των επιπέδων της γλυκόζης. Η μέθοδος αυτή μπορεί να πάει ένα βήμα παρακάτω αν οι επιστήμονες μπορέσουν να δημιουργηθούν οργανοειδή από κύτταρα ασθενών με διαβήτη τα οποία θα μπορέσουν να μετατραπούν σε κύτταρα που παράγουν ινσουλίνη.

Η δυνατότητα να δημιουργηθούν κύτταρα που προέρχονται από τον ασθενή και κατά συνέπεια ειδικά για αυτόν και θα μπορούσαν να μετατραπούν σε Β-κύτταρα σε ένα ή δύο στάδια θα ήταν πρόοδος στη θεραπεία του διαβήτη.

## **iii Η συμβολή των οργανοειδών στην έρευνα των φαρμάκων.**

Οι επιστήμονες για να απαντήσουν σε επιστημονικά ερωτήματα δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουν περίπλοκες καλλιέργειες που φέρουν σε ιστούς και αποτελούνται από διαφορετικά κύτταρα. Αλλά κάποιοι επιστήμονες χρειάζονται εξειδικευμένους τύπους κυττάρων που είναι παρόμοια μεταξύ τους. Παράδειγμα αποτελεί η διαδικασία ανακάλυψης των φαρμάκων στην οποία πολυάριθμες ουσίες πρέπει να δοκιμαστούν σε κύτταρα για το πως λειτουργούν. Στο παρόν για να διενεργήσουν οι επιστήμονες τέτοιες δοκιμασίες στον τομέα της φαρμακευτικής βασιζόταν σε ζωικά μοντέλα ή ανθρώπινες κυτταρικές σειρές που έχουν μικρή συσχέτιση με τους φυσιολογικούς και τους ασθενείς ιστούς. Σύμφωνα με τους επιστήμονες αυτός είναι και ένας από τους λόγους που έχουμε μεγάλο ποσοστό αποτυχιών στις κλινικές δοκιμασίες αλλά οφείλονται και για το υψηλό κόστος. Πιστεύεται ότι αν χρησιμοποιηθούν ανθρώπινα κύτταρα αντί για ζωικά μοντέλα η εύρεση φαρμάκων και τη διαδικασία ανάπτυξης πιο γρήγορη αλλά και πιο αποτελεσματική. Κάποια εργαστήρια δουλεύουν πάνω σε εγκεφαλικές σφαίρες νευρώνων που είναι αρκετά κοντά η μία στην άλλη που παράγουν έναν ή παραπάνω τύπους κυττάρων σε μεγάλες ποσότητες. Αυτή η μέθοδος παράγει πολλά κύτταρα με καλύτερη ποιότητα από τις κλασικές καλλιέργειες σε πιάτο. Είναι μία μαζικής παραγωγής και οικονομικότερη προσέγγιση για τις κυτταρικές καλλιέργειες. Πέρα από την ανάπτυξη από εμβρυονικά κύτταρα, τα σφαιροειδή

μπορούν να απομονωθούν από τα ίδια τα κύτταρα του ασθενούς και να αποθηκευτούν σε μία βιολογική τράπεζα από εξειδικευμένα κύτταρα του ασθενούς. Αν συσχετίσουμε τις βιολογικές τράπεζες με κλινικά και γονιδιακά στοιχεία μπορούμε να βρούμε ειδικά θεραπευτικά πλάνα για κάθε ασθενή ξεχωριστά. Αυτό το γεγονός μπορεί να μας βοηθήσει να ταυτοποιήσουμε ομάδες ασθενών που ανταποκρίνονται καλύτερα σε συγκεκριμένες θεραπείες σε σχέση με άλλους. Η δυνατότητα παραγωγής απεριόριστου αριθμού ιστών από τον κάθε ασθενή θα βοηθήσει στη μελέτη και θεραπεία σπάνιων ασθενειών στις οποίες ο αριθμός των ασθενών που μπορούν να γίνουν δοκιμές είναι περιορισμένος. Έτσι οι επιστήμονες θα μπορέσουν να διενεργήσουν πειράματα σε μεγαλύτερη κλίμακα και να μπορέσουμε να έχουμε πρόοδο σε ασθένειες που πριν είχαμε λιγοστές πληροφορίες.

## VI In silico <sup>44</sup>

Η φράση χρησιμοποιείται για ερευνητικές δοκιμασίες που προσομοιάζονται σε υπολογιστή ή χρησιμοποιώντας υπολογιστικά μοντέλα.<sup>45</sup>

Πρώτη φορά τα υπολογιστικά μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν στον τομέα της φαρμακοκινητικής. Με την πάροδο του χρόνου μπόρεσαν να τα εξελίξουν και να προσθέσουν επιπλέον παράγοντες, για προσωποποιημένη εξατομίκευση όπως η ανάπτυξη του εμβρύου για την εγκυμοσύνη, η φυσιολογία για την απώλεια κιλών αλλά και χημικές αντιδράσεις για την τοξικολογία.

Τον 21ο αιώνα οι επιστήμονες διχάστηκαν και κάποιοι θέλησαν χρησιμοποιώντας τον υπολογιστή να εξελίξουν τις γνώσεις τους σχετικά με τους ιστούς, τα όργανα αλλά και γενικότερα τον οργανισμό αξιοποιώντας τα μέχρι τώρα δεδομένα και να χαρτογραφήσουν τη φυσιολογία του ανθρώπινου είδους. Ενώ κάποιοι άλλοι θέλησαν να αξιοποιήσουν τη νέα τεχνολογία σε μοριακό επίπεδο, σε επίπεδο κυττάρου και να το μελετήσουν όπως ακριβώς ένα πολύπλοκο σύστημα του οργανισμού.

Εν συνέχεια έγιναν αρκετές δημοσιεύσεις που βασίζονταν στα υπολογιστικά μοντέλα αποδεικνύοντας πόσο βοηθάει στην επιστημονική κοινότητα. Με τα υπολογιστικά μοντέλα μπορούμε ψηφιακά να δημιουργήσουμε ένα μοντέλο ασθενούς και με την κατάλληλη μετάφραση των αποτελεσμάτων να προβούμε σε κλινική διάγνωση. Υπολογιστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται όμως και σε φαρμακευτικές εταιρίες αλλά και σε ακαδημαϊκό επίπεδο.

Μετά από μία δημοσίευση η οποία πρότεινε την εναλλακτική χρήση υπολογιστικών μοντέλων ως εξειδικευμένα μοντέλα ασθενών για κλινικές δοκιμασίες, σύμφωνα με ειδικούς από τομείς όπως η βιομηχανία και η πανεπιστημιακή κοινότητα. Έγινε κοινώς αποδεκτό το γεγονός ότι η χρήση

εξατομικευμένου ηλεκτρονικού προσομοιωτή θα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ιατρικών προϊόντων πριν αυτά βγουν στην αγορά. Έτσι ως επακόλουθο το Αμερικάνικο Κογκρέσο και το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο έκαναν συστάσεις να γίνεται χρήση τέτοιων μοντέλων για έλεγχο βιοϊατρικών προϊόντων πριν αυτά κυκλοφορήσουν.

Χρησιμοποιείται για σκοπούς της ατομικής αλλά και της δημόσιας υγείας. Η μέθοδος προσφέρει μεγάλη απόδοση με χαμηλό κόστος και βοηθάει στην ανακάλυψη νέων πληροφοριών με τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται ως κριτήρια κινδύνου.

## **11 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ**

### **I Πρότυποι Οργανισμοί<sup>46</sup>**

#### **i Τι είναι;**

Οι οργανισμοί μοντέλα είναι οργανισμοί οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως συνήθως επειδή μπορούν εύκολα να διατηρηθούν και να εκτραφούν στο εργαστήριο αλλά και προσφέρουν πολλά στην επιστήμη. Είναι μη ανθρώπινοι οργανισμοί οι οποίοι βοηθούν τους επιστήμονες να κατανοήσουν τις βιολογικές διαδικασίες. Για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα έμβρυα τους για έρευνες σχετικές με την ανάπτυξη ή να έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη των ειδών και να βοηθήσουν τους επιστήμονες να κατανοήσουν την εξελικτική ικανότητα.

#### **ii Γιατί είναι χρήσιμοι οι οργανισμοί μοντέλα στην επιστήμη της γενετικής;**

Πολλοί οργανισμοί μοντέλα μπορούν να εκτραφούν και να δώσουν μεγάλο αριθμό απογόνων. Μερικά από αυτά τα είδη έχουν αρκετά μικρή διάρκεια γενιάς, γεγονός που δίνει τη δυνατότητα οι επιστήμονες να μπορούν να ακολουθούν πολλές γενιές ταυτόχρονα. Γενιά θεωρείται ο χρόνος από τη γέννηση μέχρι ο οργανισμός να είναι έτοιμος να αναπαραχθεί. Τα μεταλλαγμένα άτομα δίνουν τη δυνατότητα στους επιστήμονες να ερευνήσουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και παθήσεις. Μεταλλαγμένα θεωρούνται τα άτομα που έχουν κάποια μετάλλαξη στο DNA τους που μπορεί να προκαλέσει κάποια αλλαγή στα χαρακτηριστικά του. Κάποια είδη έχουν παρόμοια γονίδια ή ίδιου μεγέθους γονιδιώματα με τους ανθρώπους. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία γονιδιακού χάρτη, ένας χάρτης που είναι μια αναπαράσταση της τοποθεσίας των γονιδίων στο χρωμόσωμα. Για παράδειγμα παρουσιάζει τις περιοχές του DNA που διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών ατόμων του ίδιου είδους ή γενεών.

### iii Ποια είδη θεωρούνται οργανισμοί μοντέλα;

Ο ζυμομύκητας *Saccharomyces cerevisiae*, η μύγα των φρούτων *Drosophila melanogaster*, ο νηματοειδής σκώληκας *Caenorhabditis elegans*, ο δυτικός βάτραχος με όνυχες *Xenopus tropicalis*, ο μύς *Mus musculus* και το ψάρι ζέβρα *Danio rerio*.

Απ' όσο μπορούμε να κατανοήσουμε τα ζώα είναι κυρίαρχα και στη γενετική με τους οργανισμούς μοντέλα που χρησιμοποιούνται σχεδόν όλα να είναι ζώα.

#### **Ο ζυμομύκητας *Saccharomyces cerevisiae*<sup>47</sup>**

Είναι ο πιο γνωστός μη ζωικός οργανισμός που έχει ερευνηθεί διεξοδικά. Είναι ένας μονοκύτταρος οργανισμός που χρησιμοποιείται ευρέως στην αρτοποιία. Είναι από τους πιο απλούς ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Το γονιδίωμα του ολοκληρωμένο δημοσιεύτηκε το 1996. Αποτελείται από 12,157,105 ζεύγη βάσεων σε μέγεθος και περιέχει 6,692 γονίδια. Η μελέτη του βοήθησε τους επιστήμονες να κάνουν τη σύνδεση μεταξύ των γονιδίων και των πρωτεϊνών καθώς και τις λειτουργίες που πραγματοποιούνται από τις πρωτεΐνες στα κύτταρα μας. Μπορεί να φαίνεται ότι δεν έχουμε πολλά κοινά με έναν ζυμομύκητα αλλά όντας ένας ευκαρυωτικός οργανισμός έχει πυρήνα όπου εκεί το DNA του είναι πακεταρισμένο σε χρωμοσώματα. Τα κύτταρά του με τα δικά μας μοιράζονται πολλές βασικές βιολογικές ιδιότητες. Ο χειρισμός τους είναι φθηνός και εύκολος σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μοντέλα που είναι ζωικοί οργανισμοί. Τουλάχιστον 20% από τα ανθρώπινα γονίδια που έχουν σχέση με ασθένειες υπάρχουν αντίστοιχα στο ζυμομύκητα. Οι ασθένειες αυτές είναι αποτέλεσμα διαταραχών πολύ βασικών κυτταρικών λειτουργιών, και για αυτό χρησιμοποιούνται κύτταρα του ζυμομύκητα που παίρνουν μέρος στην κυτταρική διαίρεση και στη συνέχεια εισάγονται σε ανθρώπινα καρκινικά κύτταρα. Ο ζυμομύκητας έχει και κοινά κύτταρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δοκιμή νέων φαρμάκων. Χιλιάδες φάρμακα μπορούν να δοκιμαστούν σε κύτταρα του ζυμομύκητα που περιλαμβάνουν μεταλλαγμένα γονίδια με ανθρώπινα για να ελεγχθεί αν τα φάρμακα μπορούν αν επιφέρουν τις φυσιολογικές κυτταρικές λειτουργίες. Τα γονίδια του ζυμομύκητα με τις περισσότερες ομοιότητες με τα ανθρώπινα είναι το MSH2 και το MLH1 τα οποία σχετίζονται με τον μη πολυποδιακό ορθολογικό καρκίνο στους ανθρώπους και η έρευνα από τους επιστήμονες τους βοήθησε να μάθουν περισσότερα για τον ρόλο αυτών των γονιδίων στον καρκίνο του ορθού.

#### **Η μύγα των φρούτων *Drosophila*<sup>48</sup>**

Είναι ο πρότυπος οργανισμός για τον οποίο έχουμε τις περισσότερες γνώσεις και χρησιμοποιείται πιο συχνά. Έχει περίπου 3 χιλιοστά μήκος, οι προνύμφες της είναι μικρές, άσπρες και γυαλιστερές και μοιάζουν με αυτές των σκωλήκων και σε 5-6 μέρες αυξάνουν το



Εικόνα 24: Μύγα των φρούτων *Drosophila*

βάρος τους περίπου 1000 φορές. Οι ενήλικες μορφές της στη φύση έχουν καφέ χρώμα με μαύρες ρίγες στο πίσω μέρος της κοιλιάς και έντονα κόκκινα μάτια. Το είδος τους παρουσιάζει διάφορες μεταλλάξεις, όπως διαφορετικό χρώμα ματιών το οποίο είναι μεγάλης σημασίας για τους γενετιστές που μελετούν το συγκεκριμένο είδος. Τα θηλυκά ζουν περίπου 1 μήνα σε θερμοκρασία δωματίου αλλά αυτό μπορεί να παραταθεί αν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη. Σε θερμοκρασία δωματίου το θηλυκό μπορεί να γεννήσει 30-50 αυγά ανά μέρα κατά τη διάρκεια ζωής της, ενώ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ο αριθμός αυγών που γεννάει τη μέρα μειώνεται. Η *Drosophila* τρέφεται και αναπαράγεται σε φρούτα που έχουν υποστεί ζύμωση ή σε άλλες πηγές ζύμωσης γλυκόζης όπως σε απόβλητα σωλήνων αλλά και σε κάδους απορριμμάτων. Η ιστορία της ως επιστημονικό εργαλείο ξεκινάει στις αρχές του 20ου αιώνα, είναι το ιδανικό είδος για τη μελέτη της γενετικής και της ανάπτυξης και το γονιδίωμά της δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 2000. Το γονιδίωμά της αποτελείται από 168,736,537 ζεύγη βάσεων σε μήκος και από 13,937 γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες. Η σχέση των γονιδίων του ανθρώπου με της *Drosophila* είναι στενή με αποτέλεσμα πολλές φορές οι αλληλουχίες από γονίδια του ανθρώπου που ανακαλύφθηκαν πρόσφατα συμπεριλαμβανομένου γονίδια υπεύθυνα για κάποια ασθένεια να μπορούν να ταιριάξουν με αντίστοιχα της *Drosophila*. Το 75% των γονιδίων που προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο έχουν βρεθεί και στην *Drosophila*. Η *Drosophila* παρουσιάζει μικρό και απλό αναπαραγωγικό κύκλο που διαρκεί περίπου 8-14 μέρες ανάλογα τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να έχουμε πολλές γενιές σε διάστημα μηνών. Έχουν μικρό μέγεθος αλλά όχι τόσο μικρό ώστε να μην μπορούμε να τις δούμε με γυμνό μάτι πράγμα που συμβάλλει να μπορούν οι επιστήμονες να διατηρούν εκατομμύρια από αυτές στο εργαστήριο. Είναι φθηνές στη διατήρησή τους στο εργαστήριο που προϋποθέτει μία δίαιτα που αποτελείται από απλές πηγές με υδατάνθρακες όπως το καλαμποκάλευρο αλλά και πρωτεΐνες όπως το εκχύλισμα μυκήτων. Το μόνο που χρειάζονται είναι η αλλαγή του φαγητού τους κάθε 10-14 μέρες σε θερμοκρασία δωματίου ή 5-6 εβδομάδες στους 18°C. Η *Drosophila* έχει πολυταινικά χρωμοσώματα δηλαδή μεγάλα χρωμοσώματα που παρουσιάζουν μορφή ραβδοκώδικα δηλαδή ένα μοτίβο από γραμμές φωτεινές και σκούρες. Σε πρόσφατη έρευνα που έγινε οι επιστήμονες μπορούσαν με ευκολία να αναγνωρίσουν χρωμοσωμικές ανακατατάξεις αλλά και αφαιρέσεις γονιδίων κάτω από το μικροσκόπιο. Είναι σχετικά απλό να προκαλέσουμε μετάλλαξη στα γονίδια της. Επίσης προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας διαγονιδιακών ζώων με σκοπό την έκφραση συγκεκριμένων πρωτεϊνών όπως την πρωτεΐνη του φθορίζοντος πράσινου των μεδουσών. Η πολύχρονη και εξέχουσα έρευνα που έχει γίνει στη *Drosophila* έχει οδηγήσει στο να γνωρίζουμε πολλά για τη βιολογία της.

## **Ο νηματοειδής σκώληκας<sup>49</sup>**

Σε αντίθεση με τη *Drosophila* χρησιμοποιείται μόλις από το 1960. Έχει δύο φύλα, αρσενικό ή ερμαφρόδιτο που παρουσιάζει αρσενικά και θηλυκά αναπαραγωγικά όργανα. Το ερμαφρόδιτο μπορεί να αυτό-αναπαραχθεί αλλά επίσης μπορεί να ζευγαρώσει με το αρσενικό. Είναι ένας απλός οργανισμός χωρίς οστά, καρδιά και κυκλοφορικό σύστημα αλλά παρόλα αυτά έχει κοινά γονίδια και κοινά βιολογικά μονοπάτια με εμάς. Κάθε σκώληκας αποτελείται από περίπου 1000 σωματικά κύτταρα με το 1/3 αυτών να είναι νευρικά και περίπου 1000 γεννητικά κύτταρα στη γονάδα. Ολόκληρο το γονιδιόμα του δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1998 και έχει 100 εκατομμύρια ζεύγη βάσεων μήκος και 20,500 γονίδια, αριθμός παρόμοιος με του ανθρώπου. Μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς μεγάλο κόστος και εύκολα σε τριβλία με βακτήρια. Οι υγιείς καλλιέργειες του μπορούν να ψυχθούν και να αποψυχθούν και να επανέλθουν στη ζωή όποτε χρειαστεί. Αναπαράγει περίπου 1000 αυγά την ημέρα, έχει μικρό κύκλο ζωής που διαρκεί γύρω στις 2 εβδομάδες γεγονός που το καθιστά εύκολο για την έρευνα της ανάπτυξής του. Είναι πολύ μικρός οργανισμός και συνεπώς βολικός για να διατηρηθεί στο εργαστήριο. Είναι διαφανές καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του κι έτσι η συμπεριφορά των διαφορετικών κυττάρων του μπορεί να παρακολουθηθεί σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του. Η ανάπτυξη αλλά και η ανατομία του μπορούν εύκολα να φανούν κάτω από το μικροσκόπιο. Το μοναδικό του χαρακτηριστικό είναι ότι η ανάπτυξή του είναι ιδιαίτερη καθώς τα κύτταρά του διαιρούνται και ειδικεύονται με χαρακτηριστικό τρόπο με αποτέλεσμα κάθε κύτταρο να μπορεί να εντοπιστεί στο έμβρυο. Αν και είναι ένας απλός οργανισμός πολλά από τα σήματα που ρυθμίζουν την ανάπτυξή του τα βρίσκουμε και σε πιο περίπλοκους οργανισμούς όπως ο άνθρωπος. Μεταλλαγμένες μορφές του στις οποίες συγκεκριμένα γονίδια του έχουν υποστεί αλλαγές μπορούν να αναπαραχθούν πολύ εύκολα για περαιτέρω έρευνα της λειτουργίας των γονιδίων. Πολλά από τα γονίδια του γονιδιώματος του έχουν αντίστοιχα λειτουργικά γονίδια στο γονιδίωμα του ανθρώπου γεγονός που το καθιστά χρήσιμο πρότυπο οργανισμό για ασθένειες. Οι μεταλλαγμένες μορφές προσφέρουν πρότυπα για πολλές ασθένειες όπως νευρολογικές, συγγενής καρδιακή ανεπάρκεια και ηπατική ανεπάρκεια. Μπορούν επίσης να γίνουν δοκιμασίες φαρμάκων σε αυτά για πολλές σημαντικές ασθένειες. Παρακολουθώντας τον κυτταρικό θάνατο και την απόπτωση μπορούμε να φτάσουμε στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της γήρανσης στους ανθρώπους αλλά και να συλλέξουμε περισσότερα στοιχεία για τον καρκίνο τον διαβήτη και πολλές ακόμη ασθένειες.

## **Οι ονυχοφόροι βάτραχοι <sup>50</sup>**

Υπάρχουν δύο είδη βατράχων με όνυχες. Ο αφρικάνικος *Xenopus laevis* και ο δυτικός *Xenopus tropicalis*. Το είδος *Xenopus* προέρχεται από την Αφρική αλλά σήμερα μπορεί να βρεθεί σε



περιοχές της Αμερικής και της Ευρώπης. Το γένος *Laevis* μπορεί να φτάσει τα 12 εκατοστά σε μήκος ενώ το *Tropicalis* στα 5 εκατοστά. Ο *Tropicalis* έχει μικρότερο κύκλο ζωής και φτάνει σε ενήλικη ζωή σε 4 μήνες σε αντίθεση με τον *Laevis* που φτάνει σε 12 μήνες. Ο *Laevis* έχει 18 χρωμοσώματα με 4 αντίγραφα από το καθένα ενώ ο *Tropicalis* έχει 10 χρωμοσώματα με 2 αντίγραφα από το καθένα. Το είδος *Xenopus* έχει ιδιαίτερη μορφολογία τα σώματα τους είναι πεπλατυσμένα με μικρά κεφάλια χωρίς βλέφαρα, μυώδη πίσω άκρα με ενωμένα δάκτυλα τα οποία στις άκρες έχουν νύχια και μικρά μπροστινά άκρα που τους βοηθούν να κατευθύνουν την τροφή στο στόμα τους. Έχει διάστικτο δέρμα κυρίως με πράσινη απόχρωση, γκρι στην πίσω μεριά με πιο ανοιχτές αποχρώσεις στην κάτω μεριά αλλά χωρίς να σημαίνει ότι άλλα χρώματα είναι κοινά ενώ μπορεί να έχουν και αλφισμό. Το δέρμα τους δίνει τη δυνατότητα να καμουφλάρονται για να αποφύγουν τους εχθρούς τους. Τα θηλυκά είναι 20% πιο μεγάλα από τα αρσενικά, είναι υδρόβια και η βιολογία τους είναι η πιο κατανοητή από όλα τα αμφίβια. Εκτρέφονται και διατηρούνται εύκολα στο εργαστήριο, υπό αιχμαλωσία το *Laevis* μπορούν να ζήσουν μέχρι και 30 χρόνια ενώ στη φύση ζουν 5-15 χρόνια. Λόγω του μικρού μεγέθους του δεν πιάνουν χώρο στο εργαστήριο. Το είδος τους μπορούν να γεννούν αυγά όλο τον χρόνο στο εργαστήριο, αν τρώνε καλά και έχουν καλή φροντίδα τα θηλυκά μπορούν να ζευγαρώσουν 4-6 φορές τον χρόνο και τα αρσενικά μία φορά το μήνα. Το γένος *Laevis* μπορούν να γεννήσουν μέχρι 1000 αυγά ενώ το *Tropicalis* μέχρι 3000 αυγά. Η ωορρηξία μπορεί να επιτευχθεί όλο το χρόνο αν τους κάνουμε ένεση με ορμόνες. Τα αυγά τους και τα έμβρυα τους είναι μεγάλα και μπορούν να αναπτυχθούν σε αλατισμένο διάλυμα και να παρακολουθηθούν σε όλα τα στάδια. Τα αυγά είναι αδιαφανή αλλά σε λίγες ημέρες μετασηματίζονται σε διαφανείς γυρίνους οι οποίοι μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν για έρευνα της εμβρυονικής ανάπτυξης. Επειδή τα έμβρυα τους αναπτύσσονται έξω από το σώμα τους μπορούν εύκολα να χειριστούν χειρουργικά ή να επεξεργαστούν με πρωτεΐνες και χημικά που θα παρέμβουν στην ανάπτυξη. Το γένος *Tropicalis* είναι πιο απλό γενετικά επειδή έχει 2 αντίγραφα σε αντίθεση με το *Laevis* που έχει 4. Γενετικά το είδος *Xenopus* παρουσιάζει ομοιότητες με τον άνθρωπο και μπορεί να είναι πρότυπο για ασθένειες.

### **Οι μύες<sup>51</sup>**

Ο μυς έχει πολλά κοινά γενετικά χαρακτηριστικά και εξετάζοντας τη φυσιολογία, ανατομία και τον μεταβολισμό του οι επιστήμονες μπορούν να αντλήσουν πως λειτουργεί ο ανθρώπινος οργανισμός. Από τον περασμένο αιώνα ο μυς έγινε το προτεινόμενο θηλαστικό για γενετική επιστημονική έρευνα. Στις μέρες μας στις βιοϊατρικές επιστήμες οι επιστήμονες έχουν καταφέρει να δημιουργήσουν πρότυπα μοντέλα ποντικών επιλέγοντας και εκτρέφοντας συγκεκριμένα ποντίκια με σκοπό να αναπαράξουν απογόνους με συγκεκριμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Σήμερα οι

επιστήμονες χρησιμοποιούν τα ποντίκια για να προσομοιώσουν γενετικές διαταραχές με σκοπό την παρατήρηση τους αλλά και να δοκιμάσουν νέες θεραπείες. Οι μύες έχουν συμβάλει στην επιτάχυνση της διαδικασίας της έρευνας και βοήθησαν στην ανάπτυξη νέων φαρμάκων. Το γονιδίωμά του δημοσιεύτηκε το 2002 και έχει μήκος 3,500 εκατομμύρια ζεύγη βάσεων και περιέχει πάνω από 23,000 γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες. Ο μυς έχει πολλές ομοιότητες με τον άνθρωπο όσον αφορά την ανατομία, τη φυσιολογία και τη γενετική του. Το γονιδίωμά του είναι αρκετά όμοιο με το δικό μας και το κάνει χρήσιμο στην έρευνα των ασθενειών. Το κόστος τους είναι μικρό και είναι εύκολα στη φροντίδα τους. Οι ενήλικες μύες πολλαπλασιάζονται πολύ γρήγορα και μπορούν να αναπαραχθούν κάθε 3 εβδομάδες, και μπορούν να ζευγαρώσουν την ίδια ημέρα που γεννάνε με αποτέλεσμα οι επιστήμονες να έχουν αρκετά για να δουλέψουν. Είναι μικρό ζώο και εύκολο να στεγαστεί. Ο χρόνος που περνάει από τη στιγμή που γεννιέται μέχρι την ηλικία που μπορεί να ζευγαρώσει είναι περίπου 10 εβδομάδες με αποτέλεσμα να μπορούν να παρατηρηθούν πολλές γενιές μαζί. Οι μύες έχουν μικρό προσδόκιμο ζωής και κάθε έτος ζωής τους αντιστοιχεί σε 30 ανθρώπινα χρόνια γεγονός που βοηθάει στην έρευνα των επιπτώσεων της γήρανσης. Βοηθούν στις πολύπλοκες ασθένειες όπως την αθηροσκλήρωση και την υπέρταση καθώς πολλά από τα γονίδια που είναι υπεύθυνα για αυτές τις ασθένειες είναι κοινά με τους ανθρώπους. Η έρευνα στους μύες προσφέρουν εικόνα για τους γενετικούς παράγοντες κινδύνου αυτών των ασθενειών στον ανθρώπινο πληθυσμό. Είναι εύκολο να μετασχηματίσεις το γονιδίωμά του όπως για παράδειγμα την προσθήκη ή αφαίρεση ενός γονιδίου για να μελετήσουμε τον ρόλο του στον οργανισμό. Το καθιστά σημαντικό εργαλείο για συγκεκριμένες ασθένειες όταν ένα μεταλλαγμένο γονίδιο είναι γνωστό ότι συμβάλει στην ασθένεια. Οι μύες είναι καλύτερα πρότυπα ζώα από τις μύγες ή τους σκώληκες για μελέτη των πολύπλοκων βιολογικών συστημάτων του ανθρώπου όπως το ανοσοποιητικό, ενδοκρινολογικό, νευρικό, καρδιαγγειακό και σκελετικό, καθώς πολλές φορές αναπτύσσουν ασθένειες που επηρεάζουν αυτά τα συστήματα όπως καρκίνο και διαβήτη. Μύες με ανοσοανεπάρκεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ξενιστές για φυσιολογικούς αλλά και ασθενείς ανθρώπινους ιστούς, γεγονός που έχει χρησιμοποιηθεί στην έρευνα του καρκίνου και του AIDS.

Το ψάρι ζέβρα από το 1960 έχει γίνει σημαντικό στην επιστημονική έρευνα καθώς έχει χαρακτηριστικά που το κάνουν χρήσιμο για έρευνα της γενετικής και ασθενειών του ανθρώπου. Είναι τροπικό ψάρι από τη νοτιοανατολική Ασία. Είναι περίπου 2,4 έως 4 εκατοστά. Στις προνυμφικές του μορφές είναι διαφανές αλλά όσο αναπτύσσεται σε ενήλικο εμφανίζει ρίγες μπλε χρώματος σε όλο του το μήκος. Τα αρσενικά είναι λεπτά, με σχήμα τορπίλης και συνήθως με ροζ ή κίτρινο απαλό χρώμα. Τα θηλυκά έχουν πιο απαλό ροζ χρώμα και είναι πιο παχιά λόγω των αυγών που κυοφορούν. Έχουν συμβάλει στην εύρεση των βιολογικών διαδικασιών της μυϊκής δυστροφίας

και είναι σημαντικά για την κατανόηση των μηχανισμών που προκαλούν ασθένειες όπως ο καρκίνος. Ολοκληρωμένο το γονιδίωμα του δημοσιεύτηκε το 2013 και έχει 1,505,581,940 ζεύγη βάσεων και περιέχει 26,247 γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες. Είναι μικρό και στιβαρό, είναι οικονομικότερο στη διατήρησή του από τους μύες, το φως της ημέρα επηρεάζει το ζευγάρι τους. Γεννάνε εκατοντάδες απογόνους σε εβδομαδιαία βάση με αποτέλεσμα οι επιστήμονες να έχουν αρκετά έμβρυα να μελετήσουν. Έχουν υψηλό ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με τους ανθρώπους. Τα έμβρυα τους είναι διαφανή με αποτέλεσμα οι επιστήμονες να μπορούν να μελετήσουν την ανάπτυξη των εσωτερικών δομών. Κάθε αγγείο ενός εμβρύου μπορεί να παρατηρηθεί χρησιμοποιώντας απλά μικροσκόπιο. Τα αυγά γονιμοποιούνται και αναπτύσσονται έξω από το σώμα τους και έτσι μπορεί να μελετηθεί η πρόωρη ανάπτυξη. Το 70% των γονιδίων τους είναι όμοια με τα δικά μας και το 84% των γονιδίων που εμπλέκονται σε ασθένειες έχουν αντίστοιχο στο γονιδίωμα του ψαριού. Το σπονδυλωτό έχει κοινά όργανα και ιστούς με τους ανθρώπους με τους μύες, αίμα, ήπαρ και μάτια να έχουν ομοιότητες με τα αντίστοιχα ανθρώπινα. Έχει τη δυνατότητα να αποκαθιστά τον καρδιακό μυ, για παράδειγμα αν τμήμα της καρδιάς τους αφαιρεθεί μπορούν να το αναπληρώσουν σε λίγες εβδομάδες. Οι επιστήμονες ψάχνουν τους παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτή τη διαδικασία για να δουν αν μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στους ανθρώπους με καρδιακή ανεπάρκεια ή σε αυτούς που έχουν υποστεί καρδιακό επεισόδιο. Το γονιδίωμα του έχει αλληλουχηθεί με μεγάλη επιτυχία και οι επιστήμονες χρησιμοποιώντας αυτό το γεγονός μπόρεσαν να μεταλλάξουν περισσότερα από 14,000 γονίδια για να μελετήσουν τη λειτουργία τους.

## **12 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ**

Με τη χρήση ζώων από την επιστημονική κοινότητα κρίθηκε αναγκαίο να θεσπιστούν κανόνες οι οποίοι θα εξασφαλίζουν την ευημερία των ζώων. Έτσι στη χώρα μας η θέσπιση ξεκινάει από το 1901 με τον νόμο 287/1901 που έχει ως σκοπό την προστασία των ζώων σε γενικό πλαίσιο. Στη συνέχεια έχουμε τη θέσπιση του νόμου 1038/17 που είναι και ο πρώτος που εμπεριέχει κανόνες δικαίου για την προστασία των ζώων. Το 1919 έχουμε το βασιλικό διάταγμα στο οποίο περιγράφονται οι περιπτώσεις που θεωρούνται βασανισμοί ζώων και τότε είναι θεμιτή η ευθανασία τους. Το 1981 με τον νόμο 1197/81 που έχει ως σκοπό την προστασία των ζώων και συγκεκριμένα με τον άρθρο 4 γίνεται για πρώτη φορά λόγος στη χρήση ζώων για πειραματικούς σκοπούς και ορίζει τι είναι πείραμα, τα προσόντα του προσώπου που επιθυμεί να πραγματοποιήσει το πείραμα καθώς και η αναγκαιότητα της ύπαρξης ειδικής άδειας για τον σκοπό αυτό. Επίσης το προεδρικό

διάταγμα 160/91 το οποίο βασίστηκε στην οδηγία της ΕΟΚ 86/609 και είχε ως σκοπό την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τα ζώα που χρησιμοποιούνται σε πειραματικούς σκοπούς. Μέσα στη συγκεκριμένη οδηγία γίνεται λόγος για την εξασφάλιση της μείωσης του αριθμού ζώων που χρησιμοποιούνται για πειραματικούς σκοπούς, την κατάλληλη μέριμνα καθώς και την ελαχιστοποίηση της πρόκλησης της βλάβης καθώς θεσπίστηκε και η απαγόρευση της άσκοπης επανάληψης των πειραμάτων. Το νομοθετικό πλαίσιο συμπληρώθηκε με την οδηγία 123/86 από το συμβούλιο της Ευρώπης και στην Ελλάδα με τον νόμο 2015/92.

## **13 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΥΡΩΠΗΣ ΠΕΡΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ**

### **I Ευρωπαϊκή Οδηγία 86/609**

Η οδηγία αυτή αφορά την προστασία των ζώων που χρησιμοποιούνται για επιστημονικούς και μη σκοπούς. Εξασφαλίζει επίσης ότι υπάρχει εναρμόνιση των κανονισμών για να μην υπάρχουν προβλήματα στην κοινή αγορά.

Πειράματα στα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ζώα:

- για ανάπτυξη, για παραγωγή, για έλεγχο ασφάλειας, ποιότητας και δραστηριότητας φαρμάκων, τροφίμων, εμβολίων και άλλων ουσιών.
- Για αποφυγή, πρόληψη, διάγνωση, θεραπεία ασθενειών, ανωμαλιών και συνεπειών σε ανθρώπους, ζώα και φυτά.
- Για αξιολόγηση, διερεύνηση, ρύθμιση, αλλαγή φυσιολογικών χαρακτηριστικών σε ανθρώπους, ζώα και φυτά.
- Προστασία του περιβάλλοντος προς όφελος της υγείας και της ευζωίας των ανθρώπων και των ζώων.

Απαγορεύεται η χρήση οποιουδήποτε ζώου ανήκει σε απειλούμενο είδος εκτός και αν η έρευνα αφορά της διατήρηση του είδους ή υπάρχει επιστημονική εξήγηση ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο το συγκεκριμένο είδος.

Επίσης διασφαλίζεται ότι τα πειραματόζωα ζουν σε ικανοποιητικές συνθήκες με συχνό έλεγχο από αρμόδιο άτομο και με κατάλληλες συνθήκες.

Το κάθε κράτος-μέλος ορίζει τις αρμόδιες αρχές που είναι υπεύθυνες για την τήρηση των μέτρων και την ορθή εκτέλεση των διατάξεων.

Τα πειράματα διεξάγονται μόνο από αρμόδια πρόσωπα με σχετική άδεια, αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άλλη μέθοδος επιστημονικά τεκμηριωμένη δεν γίνεται χρήση ζώων. Απαιτείται μεγάλη προσοχή στην επιλογή των ζώων με προτίμηση σε ζώα που χρειάζεται λιγότερος αριθμός, που έχουν μικρή ευαισθησία, βιώνουν λιγότερο πόνο, αγωνία και ταλαιπωρία και δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ο σχεδιασμός των πειραμάτων γίνεται με τέτοιον τρόπο που το ζώο να μην ταλαιπωρηθεί άσκοπα.

Όλα τα πειράματα γίνονται με αναισθησία εκτός και αν θεωρείται περισσότερο τραυματική από το ίδιο το πείραμα ή εάν δε συμβαδίζει με τους στόχους του πειράματος και εξασφαλιστεί ότι δε θα διενεργηθούν άσκοπα παρόμοια πειράματα. Σε περίπτωση που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αναισθησία, γίνεται χορήγηση αναλγητικών και μόνο στην περίπτωση που ο πόνος συνεχίζεται οδηγούμαστε στην ευθανασία η οποία δε γίνεται σε καμία περίπτωση με βάνουσο τρόπο.

Μετά το πέρας του πειράματος πρέπει να αποφασιστεί αν το ζώο θα διατηρηθεί στη ζωή ή εάν πρέπει να υποβληθεί στο ζώο ευθανασία. Στην περίπτωση που αποφασιστεί ότι το ζώο θα επανέλθει σε όλους τους τομείς μετά το πείραμα και έπειτα από τη σύμφωνη απόφαση αρμόδιου, τότε το ζώο κρατείται στη ζωή. Ενώ αν το ζώο δεν πρόκειται να επιστρέψει στις φυσιολογικές συνθήκες που ήταν πριν από το πείραμα τότε αποφασίζεται ευθανασία, η οποία διενεργείται επίσης από αρμόδιο άτομο.

Επίσης τα ζώα που έχουν υποστεί έντονο πόνο, ταλαιπωρία και αγωνία δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

Τα ζώα μπορούν να επανεταχθούν στο φυσικό τους περιβάλλον εφόσον το επιτρέπουν οι συνθήκες της υγείας του και δεν αποτελεί κίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

Σε περίπτωση που σε κάποιο πείραμα το ζώο θα υποστεί μεγαλύτερο πόνο από τον προβλεπόμενο, τότε θα πρέπει να δηλωθεί και να αποφασιστεί από τις αρμόδιες αρχές αν το πείραμα είναι αναγκαίο και πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Σύμφωνα με την οδηγία τα κράτη μέλη συλλέγουν στοιχεία που αφορούν κυρίως τα είδη και τον αριθμό των ζώων που χρησιμοποιούνται σε πειράματα και τα δημοσιοποιούν περιοδικά στο κοινό. Τα πρόσωπα που απασχολούνται στον επιστημονικό τομέα που ασχολείται με τα πειράματα θα πρέπει να είναι άρτια εκπαιδευμένα σχετικά με αυτά.

Οι εγκαταστάσεις προμήθειας και εκτροφής θα πρέπει να είναι δηλωμένες και να λειτουργούν σύμφωνα με το περιεχόμενο των άρθρων της παρούσας οδηγίας. Επίσης τα ζώα προμηθεύονται μόνο από νόμιμους προμηθευτές εκτός και αν το ζώο έχει εισαχθεί νόμιμα και δεν είναι άγριο ή αδέσποτο. Επίσης στις εγκαταστάσεις θα πρέπει να δηλώνεται κάποιο αρμόδιο άτομο για τη φροντίδα των ζώων. Κάθε εγκατάσταση είτε είναι εκτροφής είτε είναι προμήθειας θα πρέπει να κρατάει βιβλία στα οποία θα καταγράφονται ο αριθμός και τα είδη των ζώων που αποστέλλονται ή

πωλούνται, τις ημερομηνίες αποστολής, ονόματα και διευθύνσεις των αποδεκτών αλλά και τον αριθμό και τα είδη των ζώων που πεθαίνουν ενώ βρίσκονται σε αυτές τις εγκαταστάσεις. Τα στοιχεία αυτά καταγράφονται από άτομο που ορίζεται υπεύθυνο και φυλάσσονται για τουλάχιστον τρία χρόνια. Τα ζώα στις εγκαταστάσεις σημαδεύονται το συντομότερο δυνατόν μετά τον απογαλακτισμό, αν έχει παραληφθεί μετά τον απογαλακτισμό και δεν είναι ακόμα σημαδεμένο πρέπει να σημαδευτεί όσο πιο σύντομα γίνεται, ενώ αν αλλάξει εγκατάσταση πριν από τον απογαλακτισμό θα πρέπει να γίνει πλήρης καταγραφή των στοιχείων του ζώου που θα το συνοδεύουν και κατά τη μεταφορά και την παραλαβή από την επόμενη εγκατάσταση. Επίσης τα χαρακτηριστικά της ταυτότητας των ζώων καταγράφονται σε ειδικά βιβλία σε κάθε εγκατάσταση. Οι εγκαταστάσεις πειραματισμού θα πρέπει να δηλώνονται και να ελέγχονται από αυτήν για τα κατάλληλα μέτρα. Οι εσωτερικές εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός θα πρέπει να είναι κατάλληλα για τα ζώα που θα χρησιμοποιηθούν και για τη διεξαγωγή των πειραμάτων για τα οποία προορίζονται. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η λειτουργία τους θα πρέπει να επιτρέπουν την αποτελεσματικότερη διεξαγωγή των πειραμάτων με τα λιγότερα ζώα αλλά και τον λιγότερο δυνατό πόνο που μπορεί να επιτευχθεί. Η κάθε εγκατάσταση πειραματισμού θα πρέπει να έχει έναν ή περισσότερους διοικητικούς υπεύθυνους, κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό αλλά και κτηνίατρο ο οποίος αναλαμβάνει και συμβουλευτική θέση σχετικά με τις συνθήκες διαβίωσης των ζώων. Κάποια πειράματα είναι δυνατόν να διεξαχθούν εκτός των εγκαταστάσεων μόνο με ειδική άδεια. Τα ζώα πρέπει να προέρχονται από εγκαταστάσεις εκτροφής ή προμήθειας και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αδέσποτα ζώα, ακόμα και σε περίπτωση απαλλαγής τα αδέσποτα ζώα παραμένουν εκτός. Οι εγκαταστάσεις καταγράφουν τον αριθμό και το είδος των ζώων καθώς και την ημερομηνία άφιξής τους και πρέπει να τα υποδεικνύουν όταν τους ζητηθεί από τις αρμόδιες αρχές.

Για να μη γίνονται άσκοπα πειράματα τα κράτη μέλη αναγνωρίζουν τα αποτελέσματα πειραμάτων άλλων κρατών μελών στα όρια του δυνατού και αν δεν πρόκειται για τη δημόσια υγεία.

Θα πρέπει τα κράτη μέλη να ενθαρρύνουν τις έρευνες για να βρεθούν εναλλακτικοί τρόποι που δε θα χρησιμοποιούνται ζώα ή που θα χρησιμοποιούνται λιγότερα και με λιγότερο επώδυνο τρόπο.

Στη συγκεκριμένη οδηγία υπάρχει και παράρτημα με τα είδη που χρησιμοποιούνται για πειράματα αλλά και κατευθυντήριες γραμμές για τη στέγαση και τη φροντίδα των ζώων.

## **II Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/63**

Περιέχει τις οδηγίες για την προστασία των ζώων που χρησιμοποιούνται σε επιστημονικά πειράματα.

Στο άρθρο 1 περιγράφεται ακριβώς ο λόγος και ο σκοπός της οδηγίας όπως επίσης τα είδη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα πρωτεύοντα εκτός του ανθρώπου, προνυμφικές μορφές που τρέφονται μόνες τους, εμβρυικές μορφές θηλαστικών στο τελευταίο τρίμηνο της ανάπτυξής τους αλλά και κεφαλόποδα. Οι ζώντες οργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην έρευνα, για δοκιμασίες ελέγχου, για πανεπιστημιακούς σκοπούς αλλά και για εκπαίδευση.

Στο άρθρο 3 δίνεται ο ορισμός της επέμβασης ως: οποιαδήποτε χρήση ζώου, επεμβατική και μη, για πειραματικούς ή επιστημονικούς σκοπούς με γνωστό ή άγνωστο αποτέλεσμα ή για εκπαιδευτικούς σκοπούς που μπορεί να προκαλέσει πόνο, άγχος και ταλαιπωρία στο ζώο ή μακροχρόνια βλάβη που θα είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το τι προκαλεί η εισαγωγή μίας βελόνας σε συνάρτηση με την κτηνιατρική τεχνική.

Η οδηγία έχει ισχύ για όλα τα κράτη μέλη και είναι βασισμένη στην αρχή των 3R.

Η οδηγία περιλαμβάνει μέτρα για : τα απειλούμενα είδη, τα πρωτεύοντα εκτός του ανθρώπου, τα ζώα που προέρχονται από την άγρια φύση και τα αδέσποτα ζώα. Επίσης οριστικοποιεί τα ζώα που θα πρέπει να τρέφονται αποκλειστικά για πειράματα που είναι: το ποντίκι, ο αρουραίος, το ινδικό χοιρίδιο, το χάμστερ, το κουνέλι, ο σκύλος, η γάτα, όλα τα είδη των πρωτευόντων εκτός του ανθρώπου αλλά και το ψάρι ζέβρα.

Η οδηγία συνοπτικά: στην ευρωπαϊκή ένωση τα σπονδυλωτά ζώα και τα κεφαλόποδα χρησιμοποιούνται μόνο για συγκεκριμένους επιστημονικούς σκοπούς, που το πείραμα είναι αδειοδοτημένο από τις αρμόδιες αρχές και έχοντας ξεκαθαρίσει ότι οι βλάβες που προκαλούνται είναι λιγότερες από τα οφέλη που θα αποκτηθούν από το πείραμα και έχουν ληφθεί υπόψη και οι ηθικοί φραγμοί. Τα πειράματα πρέπει να διενεργούνται από εκπαιδευμένο προσωπικό, κάτω από τους κανόνες που θέτει η Ευρωπαϊκή οδηγία, σε εγκαταστάσεις που ελέγχονται συχνά και κατέχουν την απαραίτητη αδειοδότηση. Τέλος πρέπει οι συνθήκες διαβίωσης των ζώων να είναι άρτιες και να υπάρχουν υπεύθυνα άτομα κατάλληλα για τα ζώα.

Η οδηγία έχει εδραιώσει την αρχή των 3 R και παραθέτει πως πρέπει να εφαρμόζονται σε όλες τις πτυχές, στην ανάθρεψη, στη φροντίδα, στις διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο πείραμα αλλά ακόμα και στη θανάτωση.

## **i Αντικατάσταση**

Είναι οι διαδικασίες, στρατηγικές αλλά και μέθοδοι που δε χρησιμοποιούν ζώα, όπως τα συστήματα in vitro που χρησιμοποιούν ιστούς και κύτταρα.

Σύμφωνα με την οδηγία θα πρέπει η αντικατάσταση να γίνεται με επιστημονικά αποδεδειγμένες μεθόδους και στρατηγικές δοκιμασίας. Τα άρθρα 13 και 4 κάνουν σαφές ότι τα ζώα θα πρέπει να αντικαθίστανται οπουδήποτε είναι δυνατό. Οι εναλλακτικές μέθοδοι, πέρα από το ότι θα πρέπει να είναι επιστημονικά αποδεδειγμένες, θα πρέπει να παρέχουν και τις απαραίτητες πληροφορίες, ανάλογα με το πείραμα. Ο σκοπός του πειράματος θα πρέπει να είναι όσο γίνεται περισσότερο ξεκάθαρος για να βρεθεί η κατάλληλη εναλλακτική λύση. Για παράδειγμα αν ο στόχος του πειράματος είναι η ευζωία του ανθρώπου, είναι καταλληλότερο να χρησιμοποιηθούν κυτταρικές σειρές παρά κάποια τεχνική με βάση τα ζώα.

Η εγκυρότητα της μεθόδου που προορίζεται για εναλλακτική πρέπει να γίνει στο είδος που αφορά το πείραμα, για παράδειγμα αν αφορά κάποια ανθρώπινη ασθένεια θα πρέπει να ελεγχθεί σε ανθρώπινους ιστούς ή κύτταρα και όχι να συγκριθεί με κάποια τεχνική που χρησιμοποιεί ζώα, ακόμα και αν αυτή θεωρείται η καλύτερη μέθοδος.

## **ii Μείωση**

Οποιαδήποτε μέθοδος στοχεύει στη χρήση λιγότερων ζώων για να επιτύχουμε το ίδιο αποτέλεσμα με στόχο την άντληση περισσότερων πληροφοριών από κάθε ζώο, τη μείωση του αριθμού των ζώων αλλά και ελαχιστοποιώντας την επανάχρηση του ίδιου ζώου περισσότερες από μία φορές.

Η οδηγία αναγνωρίζει ότι δυστυχώς σε κάποια πειράματα είναι ακόμη απαραίτητη η χρήση ζώων. Σκοπός είναι να επιτύχουμε την άντληση των ίδιων πληροφοριών με τον ελάχιστον δυνατό αριθμό ζώων. Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας υπολογιστικά μοντέλα για να προβλέψουμε την έκβαση ενός πειράματος, μπορούμε να αποφύγουμε την επανάληψη ενός πειράματος και κατά συνέπεια τη χρήση λιγότερων ζώων.

## **iii Βελτιστοποίηση**

Οποιαδήποτε τροποποίηση των μεθόδων που αφορούν την φροντίδα των ζώων έτσι ώστε να μειώσουμε στο ελάχιστο τον πόνο, την ταλαιπωρία και το άγχος που βιώνουν τα ζώα και να βελτιώσουμε την ευζωία τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση ζώων που θεωρούνται λιγότερο ευαίσθητα στη θέση των πιο ευαίσθητων.

Υπάρχουν δύο τρόποι για να επιβεβαιώσουμε ότι ένα πείραμα είναι σύμφωνο με τις αρχές των 3R. Η πρώτη είναι μία λίστα η οποία αποτελείται από 3 βασικούς τίτλους με 15 υποενότητες τα οποία οι επιστήμονες πρέπει να τσεκάρουν και είναι απαραίτητα για τις αιτήσεις. Αυτά αφορούν την προετοιμασία της αίτησης, τι πρέπει να εξηγεί η αίτηση, επεξηγήσεις σχετικά με λειτουργικά κομμάτια και σχετικά με τις εγκαταστάσεις αλλά και το θέμα της ποιότητας του προγράμματος όσον αφορά τα ζώα, τα υλικά και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται αλλά και τις εγκαταστάσεις.



Η δεύτερη αφορά τα in vivo πειράματα και αποτελείται από 5 βασικούς τίτλους και 20 υποενότητες. Αυτό ασχολείται με τον τίτλο του προγράμματος αλλά και μία περίληψη του, παρασκήνιο αλλά και στόχοι του προγράμματος, τα αποτελέσματα αλλά και κάποια θέματα συζήτησης.

Η οδηγία της ευρωπαϊκής ένωσης επίσης προβλέπει ότι οι εκτραφείς, οι προμηθευτές αλλά και οι φροντιστές έχουν την πλήρη ευθύνη για τα ζώα, έχουν πρόσβαση σχετικά με το κάθε είδος και είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο και έχει συνεχή κατάρτιση. Επίσης είναι υποχρεωτικό να υπάρχει υπεύθυνος κτηνίατρος ο οποίος θα ειδικεύεται στα ζώα εργαστηρίου.

## 14 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

### I Προεδρικό Διάταγμα 56/2013<sup>52</sup>

Τα πειραματόζωα προστατεύονται από το [Προεδρικό Διάταγμα 56/2013](#) που εναρμονίζει την εθνική μας νομοθεσία με την κοινοτική οδηγία [2010/63](#)<sup>53</sup> και τον [νόμο 2015/2001](#)<sup>54</sup>, ο οποίος ενσωματώνει στο εθνικό δίκαιο την Σύμβαση του Συμβουλίου της Ευρώπης για τα σπονδυλωτά ζώα που χρησιμοποιούνται για ερευνητικούς και άλλους επιστημονικούς σκοπούς.

Συγκεκριμένα στο προεδρικό διάταγμα θεσπίζονται μέτρα και κανόνες για την προστασία των ζώων που χρησιμοποιούνται σε για ερευνητικούς και επιστημονικούς σκοπούς. Αυτοί οι κανόνες συμβάλλουν στην αντικατάσταση και μείωση των ζώων που χρησιμοποιούνται αλλά και τη βελτίωση της ευζωίας των ζώων. Εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που τα ζώα, τα όργανά τους ή ιστοί τους χρησιμοποιούνται για επιστημονικούς σκοπούς και μέχρι τη διεκπεραίωση αυτών. Στα ζώα αυτά περιλαμβάνονται όλα τα ζώοντα σπονδυλωτά, εκτός του ανθρώπου, συμπεριλαμβανομένου τις προνύμφες, των εμβρύων θηλαστικών από το τελευταίο τρίτο της ανάπτυξής τους καθώς και τα ζώοντα κεφαλόποδα. Βέβαια δεν έχει εφαρμογή σε μη πειραματικές γεωργικές και κτηνιατρικές πρακτικές, σε πρακτικές που απαιτούνται για την κυκλοφορία κτηνιατρικού φαρμακευτικού προϊόντος, σε πρακτικές αναγνωρισμένης ζωικής παραγωγής και ταυτοποίησης αυτού αλλά και σε οποιαδήποτε πρακτική που το ζώο θα υποστεί πόνο, ταλαιπωρία αγωνία αλλά και βλάβη μεγαλύτερη ή ίση με τη βλάβη που προκαλεί η εισαγωγή της βελόνας. Στον τομέα των καλλυντικών και του καλλωπισμού σύμφωνα με τις επιφυλάξεις των διαταγμάτων του ΦΕΚ Β' 352/18.3.2005. Το προεδρικό διάταγμα δίνει και τους ορισμούς των εννοιών της διαδικασίας, του πρωτοκόλλου, των εγκαταστάσεων, του εκτροφέα, του προμηθευτή και του χρήστη. Αρμόδιες αρχές είναι οι κτηνιατρικές υπηρεσίες του υπουργείου αλλά και της αντίστοιχης περιφερειακής ενότητας. Το προεδρικό διάταγμα θεσπίζει επίσης την συμμόρφωση σύμφωνα με την αρχή των 3 R

δηλαδή την αντικατάσταση, μείωση αλλά και τη βελτίωση όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Οι διαδικασίες στις οποίες επιτρέπεται η χρήση ζώων είναι η βασική έρευνα, η εφαρμοσμένη έρευνα με σκοπό την υγεία των ανθρώπων των ζώων και των φυτών, καθώς και τη φυσιολογία αυτών αλλά και για τη ευζωία των ζώων που χρησιμοποιούνται για γεωργικούς σκοπούς. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ζώα σε παραγωγή ουσιών και προϊόντων όπως φαρμάκων, τροφίμων και ζωοτροφών. Σε έρευνες σχετικές με την προστασία των ειδών, για ανώτερη εκπαίδευση αλλά και σε ιατροδικαστικές έρευνες. Σχετικά με τις μεθόδους θανάτωσης πρέπει να εξασφαλίζεται ότι τα ζώα θα υποστούν όσο το δυνατόν λιγότερο πόνο, ταλαιπωρία και αγωνία, σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις και από κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Οι αρμόδιες αρχές μπορούν να εγκρίνουν εξαιρέσεις σχετικά με τη μέθοδο θανάτωσης αν αυτές βέβαια είναι επιστημονικά τεκμηριωμένες. Σε περίπτωση όμως που το ζώο πρέπει να θανατωθεί για λόγους έκτακτης ανάγκης. Στις διαδικασίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν απειλούμενα είδη εκτός και αν πρόκειται για εφαρμοσμένη έρευνα για λόγους υγείας των ειδών, προστασίας τους ή για παραγωγή φαρμάκων, τροφίμων και ζωοτροφών ή επειδή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ζώα από τα επιτρεπόμενα είδη. Τα πρωτεύοντα πλην του ανθρώπου δε χρησιμοποιούνται εκτός και αν πρόκειται για εφαρμοσμένη έρευνα στον τομέα της υγείας αλλά και για παραγωγή ουσιών και προϊόντων όπως φάρμακα και τροφές. Επίσης για λόγους βασικής έρευνας αλλά και για την προστασία των ειδών και σε εξαιρέσεις που μπορούν να τεκμηριωθούν επιστημονικά ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άλλο είδος. Απαγορεύεται η χρήση ζώων που έχουν απομακρυνθεί από την άγρια φύση εκτός και αν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ζώο που έχει αναπτυχθεί για αυτόν τον λόγο, αλλά και πάλι πρέπει να συλλεχθεί με κατάλληλο τρόπο έτσι ώστε να μην του προκληθεί πόνος ή βλάβη. Στις έρευνες χρησιμοποιούνται ζώα που έχουν εκτραφεί για τη συγκεκριμένη χρήση είτε σε συνθήκες αιχμαλωσίας είτε σε αυτοδύναμους εκτρεφόμενους πληθυσμούς. Τα αδέσποτα ζώα ή ζώα που έχουν επανέλθει σε ημίγρια κατάσταση δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός και αν η χρήση τους αφορά την ευζωία αυτών και των άλλων ειδών αλλά και μόνο αν υπάρχει επιστημονικά τεκμηριωμένη άποψη ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άλλο ζώο.

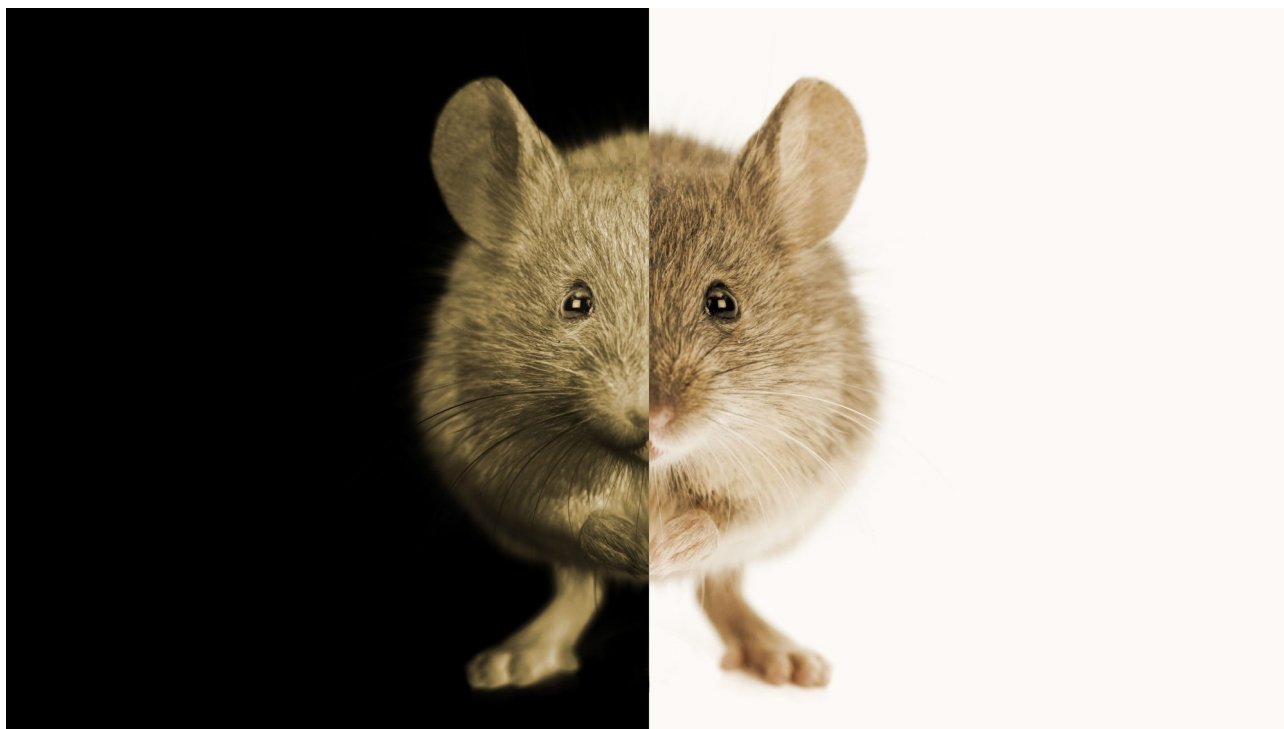
Οι διαδικασίες των ερευνών γίνονται μόνο από τους χρήστες σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις και μόνο σε συμφωνία με το πρωτόκολλο που έχει εγκριθεί από τις αρμόδιες αρχές. Αν υπάρχει μέθοδος η οποία φέρνει τα ίδια αποτελέσματα χωρίς να χρησιμοποιεί ζώα τότε ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει αυτή. Σε κάθε άλλη περίπτωση χρησιμοποιείται η μέθοδος η οποία πληροί τα περισσότερα κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά σχετίζονται με τη χρήση όσο γίνεται λιγότερων ζώων, χρήση ζώων που βιώνουν όσο γίνεται λιγότερο τον πόνο και υπόκεινται σε μικρότερη βλάβη αλλά και η ίδια η μέθοδος να προκαλεί όσο το λιγότερο πόνο και βλάβη. Σκοπός είναι να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα τηρώντας ταυτόχρονα όσα περισσότερα κριτήρια είναι δυνατό. Στις

διαδικασίες αυτές το ιδανικό είναι να αποφεύγεται ο θάνατος του ζώου πράγμα που αν είναι αναπόφευκτο θα πρέπει να θανατώνονται όσο λιγότερα ζώα γίνεται αλλά και ο θάνατος να είναι ανώδυνος. Χρησιμοποιείται γενική ή τοπική αναισθησία ή αναλγητικά εκτός και αν είναι διαδικασίες που προκαλούν μόνιμη βλάβη ή έντονο πόνο που τότε χρησιμοποιείται αναισθητοποίηση. Για το αν είναι κατάλληλη η χρήση της αναισθησίας πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας αν η αναισθησία θα είναι πιο τραυματική από την ίδια τη διαδικασία και αν είναι συμβατή με τον σκοπό της διαδικασίας. Το επίπεδο των αναλγητικών θα πρέπει να είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο και να έγκριση γίνεται από την αρμόδια αρχή. Οι χρήστες κατατάσσουν τις διαδικασίες σύμφωνα με τη δριμύτητα της σε χωρίς ανάνηψη, ήπια, μέτρια, βαριά βάσει κριτηρίων και η διαδικασία δεν εφαρμόζεται αν προκαλεί μακροχρόνιες βλάβες και δεν μπορεί να βελτιωθεί στο κομμάτι αυτό. Ένα ζώο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε περίπτωση που η προηγούμενη διαδικασία είχε καταταχθεί σε ήπιας ή μέτριας δριμύτητας αλλά πάντα με τη σύμφωνη γνώμη του κτηνιάτρου και με προϋπόθεση η επόμενη διαδικασία να κατατάσσεται εξίσου σε ήπια, μέτρια ή χωρίς ανάνηψη. Σε περίπτωση που το ζώο προηγουμένως χρησιμοποιήθηκε σε βαριάς δριμύτητας διαδικασία θα πρέπει να υπάρχει γνώμη κτηνιάτρου που θα ελέγξει συνολικά το ζώο και θα αποφασίσει αν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Ζώα που έχουν ταλαιπωρηθεί από προηγούμενη διαδικασία δεν επαναχρησιμοποιούνται. Μία διαδικασία ολοκληρώνεται όταν δεν υπάρχουν άλλα πράγματα να παρατηρηθούν. Το ζώο μετά από τη διαδικασία το εξετάζει κτηνίατρος ο οποίος εκτιμά αν το ζώο θα θανατωθεί επειδή θα συνεχίσει να βιώνει αγωνία ή πόνο ή του έχει προκληθεί μόνιμη βλάβη ή θα παραμείνει ζωντανό με προϋπόθεση να του δώσουν φροντίδα και στέγη. Από τα ζώα που θανατώνονται οι χρήστες προσπαθούν να εκμεταλλευτούν τα όργανα και ιστούς και σε άλλα προγράμματα. Μετά από τις διαδικασίες οι αρμόδιες αρχές μπορούν να δώσουν άδεια τα ζώα που χρησιμοποιήθηκαν να επιστρέψουν στο φυσικό τους περιβάλλον εφόσον η κατάσταση της υγείας τους το επιτρέπει, δεν υπάρχει κίνδυνος για τη δημόσια υγεία και έχουν ληφθεί τα κατάλληλα μέτρα για την ευζωία του ζώου.

## **15 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ**

Ακόμα δεν έχουμε καταφέρει να αντικαταστήσουμε εντελώς τη χρήση των ζώων αλλά έχουν γίνει σημαντικά βήματα περί αυτού, κυρίως για να μπορέσουμε να ξεπεράσουμε το κομμάτι της ηθικής σχετικά με τη χρήση των ζώων. Με την καλπάζουσα ανάπτυξη σε τομείς όπως η γενετική, η επιστήμη των βλαστοκυττάρων, τα υπολογιστικά μοντέλα, η συστημική βιολογία και παρόμοιες με αυτές φτάνουμε πιο κοντά στην αντικατάσταση των ζώων στην επιστήμη και η χρήση τους να είναι πια παρελθόν. Η καθεδραίωση των εναλλακτικών αυτών μεθόδων θα οδηγήσει στην πλήρη

αντικατάσταση των ζώων. Το μέλλον ανήκει στις εναλλακτικές μεθόδους και ένας από τους κύριους παράγοντες είναι η ενσυναίσθηση μας για την ταλαιπωρία και την εκμετάλλευση των ζώων. Το μόνο που μένει να απαντήσουμε είναι η ταχύτητα με την οποία θα καταφέρουμε να επιτύχουμε την πλήρη αντικατάσταση, η οποία εξαρτάται από παράγοντες όπως, ο ρυθμός των επενδύσεων που γίνονται σε τέτοιου είδους έρευνες, η εκπαίδευση των επιστημόνων που μπορούν να φτάσουν την έρευνα ένα βήμα παρακάτω, η οπτική γωνία των επενδυτών και της βιομηχανίας αλλά και τις κοινωνικές πιέσεις που δέχεται ο κλάδος. Μέχρι στιγμής είμαστε στο στάδιο πριν από την αντικατάσταση των ζώων. Για παράδειγμα οι φαρμακευτικές εταιρείες πρέπει από τον νόμο να ελέγχουν καινούργια φάρμακα σε ζώα πριν προχωρήσουν σε κλινικές δοκιμές σε ανθρώπους, καθώς δεν υπάρχουν εναλλακτικές για τις συγκεκριμένες δοκιμασίες και δεν υπάρχουν παραδείγματα φαρμάκων που πριν ελεγχθούν σε ανθρώπους είχαν δοκιμαστεί σε μη ζωικά μοντέλα. Επίσης τα ζώα είναι απαραίτητα σε εκπαιδευτικό επίπεδο και είναι δύσκολο να αντικατασταθούν.



Εικόνα 25: Debate Mouse

## 16 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ <sup>55</sup>

Οι επιστήμονες είχαν τη δυνατότητα να μάθουν περισσότερα για την υγεία των ζώων και των ανθρώπων μελετώντας πρότυπους οργανισμούς ή οργανισμούς μοντέλα. Οργανισμούς δηλαδή που

είχαν τη δυνατότητα να ερευνηθούν εκτενέστερα λόγω της εύκολης εκτροφής τους μέσα στο εργαστήριο. Όμως ακόμα και σήμερα δεν υπάρχει ο τέλειος πρότυπος οργανισμός και υπάρχουν διαφορές μεταξύ των πρότυπων οργανισμών και των ανθρώπων.

Η ανακάλυψη των αντιβιοτικών, της ινσουλίνης, των εμβολίων, της μεταμόσχευσης οργάνων αλλά και της θεραπείας του ιού του HIV έγινε διενεργώντας πειράματα στα ζώα. Όμως τα ζώα και οι άνθρωποι δεν αντιδρούν το ίδιο στις ίδιες θεραπείες και έτσι κάποιες από αυτές δεν καταλήγουν ποτέ για ευρεία χρήση καθώς μπορεί να έχουν επιτυχία σε κάποιο ζώο αλλά όχι στον άνθρωπο.

Τα ζώα παίζουν μικρό μεν αλλά ζωτικής σημασίας δε ρόλο στην επιστήμη καθώς οι άνθρωποι με ασθένειες βασίζονται σε αυτά για να βρεθεί η θεραπεία τους όπως για παράδειγμα του καρκίνου, της καρδιακής ανεπάρκειας και της νόσου του Alzheimer. Βέβαια πολλοί είναι αυτοί οι οποίοι θεωρούν ότι τα ζώα δεν είναι τόσο σημαντικά όπως ισχυρίζεται η επιστημονική κοινότητα.

Η χρήση των πειραματόζωων έχει συμβάλει σε νέες θεραπείες και φάρμακα, βοήθησαν τους επιστήμονες να κατανοήσουν σε μεγάλο βαθμό τον ανθρώπινο οργανισμό αλλά και να εξασφαλίσουν την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια νέων τεχνικών, με τις εναλλακτικές μεθόδους να μην μπορούν να προσομοιάσουν επαρκώς τον ανθρώπινο οργανισμό. Όμως η χρήση των ζώων είναι κοστοβόρα και χρονοβόρα καθώς τα ζώα πρέπει να αγοραστούν, να τους προσφερθεί στέγη, τροφή και φροντίδα. Πολλά από τα ζώα που χρησιμοποιούνται θανατώνονται αφού ολοκληρώσουν τον σκοπό τους με πολλούς να θεωρούν τη χρήση τους ανήθικη.

Σχετικά με το πόσο απαραίτητα ή αναγκαία είναι τα πειράματα σε ζώα αξίζει να αναφέρουμε ότι ασθένειες όπως το άσθμα και η κυστική ίνωση είναι περίπλοκες και μπορούν να ερευνηθούν μόνο σε κάποιο ζωντανό οργανισμό και μέχρι να υπάρξει κάποιο κύτταρο που θα μπορέσει ανεξάρτητα να κάνει μόνο του όλες τις λειτουργίες ενός ζωντανού οργανισμού τα ζώα θα είναι αναπόσπαστο κομμάτι της επιστήμης. Όλα τα φάρμακα πριν φτάσουν στα χέρια των καταναλωτών θα πρέπει να ελεγχθούν πρώτα σε ζώα. Σε κάθε περίπτωση οι επιστήμονες με τα εργαλεία που διαθέτουν στη διάθεσή τους προσπαθούν να χρησιμοποιούν τα ζώα μόνο στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει άλλη επιλογή. Με τη δοκιμή φαρμάκων στα ζώα πριν από τον άνθρωπο οι επιστήμονες είναι σε θέση να γνωστοποιήσουν αλλά και να ελαχιστοποιήσουν τον οποιοδήποτε κίνδυνο για τον άνθρωπο που μπορεί να επιφέρει παρενέργειες ακόμη και θάνατο. Βέβαια πολλοί θεωρούν ότι δεν είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούνται ζώα όταν έχουν αναπτυχθεί υπολογιστικά και μαθηματικά μοντέλα, άνθρωποι ιστοί και κυτταρικές καλλιέργειες αλλά και κλινικές μελέτες οι οποίες μπορούν να μας δώσουν εικόνα για το τι συμβαίνει στον ανθρώπινο οργανισμό μας όταν προσβαλλόμαστε από κάποια ασθένεια.

Στο ηθικό κομμάτι τώρα το Ηνωμένο Βασίλειο είναι αυτό που έχει εφαρμόσει διεξοδικά ηθικά νομοθετικά πλαίσια για τα ζώα που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη. Συγκεκριμένα η νομοθετική

πράξη του 1986 για τα ζώα εξασφαλίζει ότι ο κάθε επιστήμονας που χρησιμοποιεί ζώα στην έρευνά του θα πρέπει να λειτουργεί σύμφωνα με τους όρους για τη βλάβη των ζώων. Αυτό περιλαμβάνει διεξοδικό έλεγχο των τεχνικών που χρησιμοποιούνται αλλά και τον αριθμό και τα είδη των ζώων που χρησιμοποιούνται. Η χρήση των ζώων στην επιστήμη δεν παίρνεται αφήφιστα. Οι επιστήμονες που δουλεύουν με τα ζώα προσπαθούν τα πειράματά τους να προκαλέσουν όσο μικρότερο ή και καθόλου πόνο. Όταν χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν παυσίπονα ή αναισθητικά είναι για να διαχειριστεί ο πόνος τους όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα κατοικίδια στον κτηνίατρο. Αν σταματήσουμε να χρησιμοποιούμε ζώα στην επιστήμη θα επηρεαστεί η ανάκτηση γνώσεων αλλά και η εύρεση θεραπειών πράγμα ανήθικο για αυτούς που τις έχουν πραγματικά ανάγκη. Η εναλλακτική της χρήσης ζώων στη δοκιμή νέων φαρμάκων είναι οι επιστήμονες να τα δοκιμάσουν σε ανθρώπους. Αυτό καθίσταται δύσκολο καθώς θα πρέπει να βρεθούν εθελοντές οι οποίοι θα δώσουν τη συγκατάθεσή τους να δοκιμαστούν σε αυτούς φάρμακα που πριν δεν έχουν δοκιμαστεί σε ζώα. Έχει βρεθεί ότι ο αριθμός των ζώων που σκοτώνονται κάθε χρόνο για τροφή είναι περίπου 700 φορές περισσότερα σε αριθμό από αυτά που σκοτώνονται για την επιστήμη. Από ηθικής άποψης όμως τα ζώα νιώθουν και αυτά φόβο και πόνο όπως εμείς. Αν αποδεχτούμε ότι τα ζώα έχουν δικαιώματα τότε η χρήση του σε πειράματα παραβιάζει τα δικαιώματά τους και δεν είναι σωστό και οποιοσδήποτε ισχυρισμός για όφελος προς την ανθρωπότητα είναι αβάσιμος. Η βλάβη που προκαλείται στα ζώα από τα πειράματα είναι κάτι γνωστό, αντίθετα δεν ξέρουμε τι βλάβη προκαλείται στους ανθρώπους αν δεν πραγματοποιηθούν πειράματα σε ζώα.

Στο ερώτημα αν είναι αναγκαστική η χρήση πειραματόζωων υπάρχουν υπέρ και κατά. Η χρήση ζώων στη δοκιμή φαρμάκων είναι μία νόμιμη διαδικασία η οποία γίνεται αναγκαστικά για ένα πιο αξιόπιστο αποτέλεσμα. Οι δοκιμασίες στα ζώα γίνονται ταυτόχρονα με δοκιμασίες με άλλες τεχνικές όπως οι κυτταρικές καλλιέργειες, τα υπολογιστικά μοντέλα αλλά και κλινικές δοκιμές σε ανθρώπους. Η χρήση των ζώων έχει υπάρξει καθοριστική στην επιστήμη και έχουν βοηθήσει στην κατανόηση πως λειτουργεί ο ανθρώπινος οργανισμός σε διάφορα ερεθίσματα. Όμως η χρήση των ζώων θα πρέπει από υποχρεωτική σταδιακά να γίνει προαιρετική. Πράγμα που θα μπορέσει να συμβεί αν υπάρξει μεγαλύτερη χρηματοδότηση για την ανάπτυξη των εναλλακτικών μεθόδων. Η αποδοχή της χρήσης των ζώων στη σημερινή εποχή δε σημαίνει ότι θα πρέπει να επαναπαυτούμε για το πως θα γίνονται τα επιστημονικά πειράματα στο μέλλον.<sup>56 57</sup>

## **17 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΛΑΘΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΩΝ**

Η έρευνα για την ανακάλυψη φαρμάκων και της ανάπτυξης βασίζεται κατά βάση στη χρήση προκλινικών ζωικών μοντέλων. Βέβαια πάνω από 90% των ουσιών αποτυγχάνουν να βγουν σε

ευρεία κυκλοφορία λόγω ανεπαρκούς αποτελεσματικότητας, ή/και μη αποδεκτή τοξικότητα στους ανθρώπους εξαιτίας της μειωμένης προβλεψιμότητας των κλινικών μελετών. Η έλλειψη της μετάφρασης των αποτελεσμάτων σε ζώα στους ανθρώπους συμβαίνει εξαιτίας διάφορων παραγόντων, όπως σημαντικές διαφορές μεταξύ των ειδών, μη ακριβής μίμηση των ανθρώπινων ασθενειών από τα ζώα, έλλειψη γνώσεων περί των μηχανισμών των ασθενειών αλλά και τα ελαττώματα του σχεδιασμού των πειραμάτων.

Παρόλα αυτά διαδίδεται ολοένα και περισσότερο η άποψη ότι για να αυξηθεί το ποσοστό επιτυχίας των δοκιμασιών θα πρέπει να επενδύσουμε σε ανθρωποκεντρικά εργαλεία και να μεταβούμε από από ένα σύστημα που βασίζεται σε ζώα σε κάποιο που να στοχεύει να αναγνωρίσει και να χαρακτηρίσει συγκεκριμένους μηχανισμούς και μονοπάτια που οδηγούν σε αρνητικές παρενέργειες στους ανθρώπους, να σχεδιάσουμε δοκιμασίες για τη μέτρηση των αντιδράσεων των βιολογικών δρόμων, να αναπτύξουμε μοντέλα που προβλέπουν την τοξικότητα σύμφωνα με τα δεδομένα των δοκιμασιών αλλά και να θέσουμε προτεραιότητες για τις χημικές ουσίες για να μπορέσουμε να έχουμε να έχουμε πιο περιεκτικά αποτελέσματα.

Η χρήση των ζώων, μετά από αρκετές δεκαετίες, μας έχουν υποδείξει τους περιορισμούς που οι πιο μοντέρνες τεχνολογίες θα πρέπει να βοηθήσουν να ξεπεραστούν:

## **I Η χρήση πειραματόζων είναι χρονοβόρα, κοστοβόρα και περιορίζει των αριθμών χημικών που μπορούμε να δοκιμάσουμε**

Όπως συμβαίνει με τα φυτοφάρμακα που για να ελεγχθεί μόνο ένα ενεργό συστατικό του χρειάζεται περίπου 10 χρόνια, 71,000,000\$ και τη θανάτωση περίπου 8,000 ζώων για να ολοκληρωθούν όλες οι απαραίτητες δοκιμασίες για να βγει στην κυκλοφορία. Πέρα όμως από τα φυτοφάρμακα αρκετές χώρες πλέον απαιτούν να ελέγχονται όλα τα εργοστασιακά χημικά που χρησιμοποιούνται στο οτιδήποτε, από τον ρουχισμό μέχρι τις ηλεκτρονικές συσκευές, με τρόπους παρεμφερείς με αυτούς των φυτοφαρμάκων. Εκτιμάται ότι από αυτά τα χημικά 35,000-100,000 υπάρχουν ήδη τριγύρω μας, με χιλιάδες να δημιουργούνται ετησίως, και αν χρησιμοποιήσουμε ζώα για τον έλεγχό τους θα χρειαστούν δισεκατομμύρια δολάρια, ολόκληρες δεκαετίες και εκατοντάδες χιλιάδες ζώα. Ενώ αν χρησιμοποιηθούν υπολογιστικά μοντέλα θα μειωθεί ο χρόνος που χρειάζεται μπορεί και σε λίγες μόνο ημέρες και φυσικά το κόστος.

## **II Τα ζώα δεν είναι απλά μικροί άνθρωποι**

Κάνοντας πειράματα σε ζώα υπονοούμε ότι οι άνθρωποι είναι τεράστιοι αρουραίοι, ποντικοί, τεράστια κουνέλια. Υπάρχουν κάποιες ομοιότητες στη βασική βιολογία, στα κύτταρα και σε κάποια οργανικά συστήματα αλλά υπάρχουν και αρκετές διαφορές. Οι βασικοί παράγοντες για το πως

επηρεάζει ένα ζώο η έκθεση σε χημικό είναι 4: πως το χημικό απορροφάται, πως κυκλοφορεί σε όλο τον οργανισμό, πως μεταβολίζεται και τέλος πως αποβάλλεται. Αυτοί οι παράγοντες διαφέρουν από είδος σε είδος και μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα για το κάθε είδος. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν το είδος που η βιολογία του είναι πιο κοντά στον άνθρωπο, ανάλογα με το χημικό που θέλουν να ελέγξουν. Για παράδειγμα αν θέλουν να δουν πως επηρεάζεται η καρδιά, χρησιμοποιούν σκύλο ή γουρούνι, αν θέλουν να ελέγξουν το νευρικό σύστημα χρησιμοποιούν γάτες ή πρωτεύοντα. Αλλά ακόμη και με τα πειράματα σε ζώα που έχουν αρκετά κοινά με τον άνθρωπο, τα αποτελέσματα τους μπορεί να μην μπορέσουν να μεταφραστούν στον ανθρώπινο οργανισμό, γιατί ακόμα και οι μικρές διαφορές μπορούν να επηρεάσουν αρκετά τους 4 παράγοντες που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Ακόμη ένα παράδειγμα αποτελούν τα χημικά που απορροφούνται από το δέρμα, το δέρμα των τρωκτικών τα απορροφά με μεγαλύτερο ρυθμό από το ανθρώπινο. Έτσι μπορούμε να υπερεκτιμήσουμε τον κίνδυνο που υπάρχει, καθώς υπάρχουν διαφορές ακόμα και στη λειτουργία του στομάχου που επηρεάζει το πόσο γρήγορα το χημικό θα επέλθει στην κυκλοφορία του αίματος. Ως αποτέλεσμα η παραγωγή φαρμάκων, που βασίζεται σε πειράματα σε ζώα, έχει κάποιους περιορισμούς όπως το μεγάλο κόστος, τα αρκετά χρόνια αλλά και τα αμέτρητα ζώα που σκοτώνονται για να βγει ένα φάρμακο στην αγορά. Αλλά πριν δοκιμαστούν σε ανθρώπους πολλά από αυτά είχαν τα επιθυμητά αποτελέσματα στα ζώα, αλλά πολλά από αυτά ανακαλούνται από τα ράφια των φαρμακείων λόγω μη επιθυμητών παρενεργειών όπως εμφράγματα, καρδιακή προσβολή, αρρυθμίες και καρδιακά προβλήματα. Όμως συμβαίνει και το αντίθετο, πολλά φάρμακα δε βγαίνουν ποτέ στην αγορά, λόγω των μη επιθυμητών αποτελεσμάτων, και μπορεί στον άνθρωπο να έχουν αποτέλεσμα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η ασπιρίνη, που είναι τοξική για τα σκυλιά, και αν είχε ανακαλυφθεί στο τέλος του 20ου αιώνα πολύ πιθανόν να μην έβγαине στην κυκλοφορία επειδή θα δοκιμαζόταν σε ζώα. Στον αντίποδα όλων αυτών των περιορισμών που προέρχονται από τις διαφορές του ανθρώπινου οργανισμού με αυτούς των διάφορων ζώων, η χρήση εναλλακτικών εργαλείων που χρησιμοποιούν ανθρώπινα κύτταρα ή ενσωματώνουν τα δεδομένα από εκθέσεις στην πραγματικότητα, δίνουν στους επιστήμονες πιο ακριβής εικόνα για το πως αντιδρά ο ανθρώπινος οργανισμός.

### **III Οι πολύ μεγάλες εκθέσεις σε χημικά που πραγματοποιούνται στα ζώα, οδηγούν σε λανθασμένα αποτελέσματα**

Οι επιστήμονες όταν μελετούν για ένα χημικό, τι επιπτώσεις έχει στον άνθρωπο, στα φυτά, στα ζώα ή στο περιβάλλον, μελετούν για μικρές ποσότητες σε μεγάλα χρονικά διαστήματα έκθεσης. Οι επιστήμονες καλούνται να απαντήσουν για την ασφάλεια των χημικών που ερχόμαστε σε επαφή



μαζί τους μακροχρονίως αλλά ταυτόχρονα με μικρές ποσότητες ουσίας. Όμως τα αποτελέσματα αυτής της μακροχρόνιας έκθεσης δεν μπορούμε να τα μελετήσουμε στα ζώα καθώς ζουν λιγότερα χρόνια από τον άνθρωπο και τα οι παρενέργειες είναι συνήθως σπάνιες. Για να μπορέσουμε να τα μελετήσουν οι επιστήμονες στο μικρό διάστημα της ζωής τους, εκθέτουν τα ζώα σε υπερβολικά μεγάλες ποσότητες, που ο άνθρωπος δεν πρόκειται να έρθει σε επαφή (η μεγαλύτερη ποσότητα που χρησιμοποιείται σε πειράματα στα ζώα αγγίζει την υπερβολική δόση ή αλλιώς overdose). Έτσι σε αυτά τα πειράματα η ποσότητες του χημικού είναι χιλιάδες φορές παραπάνω από το τι μπορεί να συναντήσουμε στην πραγματικότητα, και δημιουργούνται διάφορα προβλήματα. Έτσι τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε από αυτά τα πειράματα είναι τι μπορεί να συμβεί κατά την υπερβολική δόση του χημικού και όχι τι θα συμβεί σε περίπτωση που ερχόμαστε σε επαφή με μικρότερες ποσότητες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι οι επιστήμονες χρησιμοποιώντας εναλλακτικές μεθόδους που δε βασίζονται στα ζώα θα μπορέσουν να συγκρίνουν τη δράση του χημικού στον ανθρώπινο οργανισμό με τα δεδομένα που έχουν από άλλα χημικά και να έχουν εικόνα για την τοξικότητα που μπορεί να προκαλέσει. Επιπρόσθετα μπορούν να γίνουν μελέτες παρακολούθησης του πληθυσμού και να αναγνωρίσουμε τι κινδύνους εμπεριέχει η μακροχρόνια έκθεση. Οι μελέτες παρακολούθησης δίνουν στους επιστήμονες στοιχεία για τους κινδύνους που δεν μπορούν να μας δώσουν τα ζώα.<sup>58</sup>

#### **IV Αυξάνεται ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκουν τη χρήση πειραματόζων ανήθικη**

Τα τελευταία χρόνια σε έρευνες που γίνονται στον πληθυσμό πάνω από τους μισούς είναι αντίθετοι με τη χρήση ζώων, με αυτό το ποσοστό να αυξάνεται, και όλο και περισσότεροι να είναι υπέρμαχοι των εναλλακτικών μεθόδων.

#### **V Νομικά κίνητρα για περιορισμό της χρήσης πειραματόζων**

Στην ευρωπαϊκή ένωση υπάρχει νόμος που περιέχει τα μέτρα για την προστασία των ζώων που χρησιμοποιούνται για ερευνητικούς και εκπαιδευτικούς σκοπούς. Η κάθε χώρα βέβαια χρησιμοποιεί το νόμο όπως θέλει, όμως υπό αυτόν τον νόμο, κάθε επέμβαση που γίνεται σε σπονδυλωτό ζώο πρέπει να εγκριθεί από τις αντίστοιχες αρμόδιες αρχές. Ο νόμος για τα καλλυντικά απαγορεύει την προώθηση των προϊόντων και των συστατικών, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, που ελέγχονται σε ζώα από το 2013, άσχετα με το ότι δεν υπάρχουν μέθοδοι για να αντικαταστήσουν πλήρως τη χρήση ζώων για περίπλοκες παρενέργειες. Από τότε πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο, αλλά και διάφορες πολιτείες της Αμερικής έχουν εγκρίνει παρόμοιους περιορισμούς. Το Ηνωμένο Βασίλειο απαγόρευσε και τις δοκιμές οικιακών χημικών (καθαριστικά,

απορρυπαντικά, αποσμητικά χώρου), σε ζώα και όπως φαίνεται ακόμα περισσότερες χώρες θα ψηφίσουν παρόμοιους περιορισμούς όσο περισσότερος κόσμος εναντιώνεται στη χρήση των ζώων.

## 18 Η ΕΠΙΘΥΜΙΑ ΝΑ ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΠΙΑ ΖΩΑ ΣΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ.

Μία υπέρμαχος της άποψης να σταματήσουν να χρησιμοποιούνται ζώα για πειράματα είναι η Dr. Charu Chandrasekera η οποία στην ομιλία της στο TED με τίτλο 'Είναι καιρός να σκεφτούμε έξω από το κλουβί' εξηγεί ότι η μετάφραση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που γίνονται στα ζώα, είναι ακατόρθωτο να γίνουν στους ανθρώπους. Οι εναλλακτικές μέθοδοι θα βοηθήσουν να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο.

Έτσι μερικά από τα επιχειρήματά της είναι:

- έχουν βρεθεί θεραπείες για ασθένειες όπως η κυστική ίνωση, η νόσος του Πάρκινσον, η νόσος του Alzheimer αλλά έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές σε ποντίκια και όχι σε ανθρώπους.
- Πολλά φάρμακα έχουν ανακληθεί από τα ράφια μας επειδή ναι μεν ήταν ελεγμένα σε ζώα και βγήκαν στην κυκλοφορία δεν ήταν ασφαλή για τους ανθρώπους.
- Είναι γεγονός ότι τα τελευταία 100 χρόνια πολλά φάρμακα παράχθηκαν μετά από πειράματα σε ζώα, όμως οι αποτυχίες είναι πολύ περισσότερες από τις επιτυχίες με ποσοστό 95% έναντι 5%. Από το 5% βέβαια των επιτυχημένων φαρμάκων που καταφέρνουν να κυκλοφορήσουν στην αγορά, τα μισά ανακαλούνται καθώς παρουσιάζουν μη επιθυμητές παρενέργειες στους ανθρώπους.
- Υπάρχουν πολλές κοινωνικές πιέσεις σχετικά με την αλλαγή της άποψης ότι τα πειράματα σε ζώα είναι κοινωνικά αποδεκτή τεχνική και επιστημονικά αποδεδειγμένη μέθοδος για τους ανθρώπους.
- Τα ποντίκια και οι αρουραίοι έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τη βιολογία μας και αποτελούν το 90% των ζώων που χρησιμοποιούνται σε πειράματα. Το προσδόκιμο ζωής τους είναι μικρό και εμφανίζουν διαφορετικούς γενετικούς, φυσιολογικούς και βιοχημικούς παράγοντες σε σχέση με τους ανθρώπους. Τοξικολογικές δοκιμασίες που έγιναν σε αυτά τα δύο είδη, εμφάνισαν παρόμοιες αντιδράσεις με τους ανθρώπους μόνο στο 60%, γεγονός που κάνει εμφανή τη διαφορά τους με τον άνθρωπο. Οι παράγοντες που τα κάνουν να διαφέρουν αφορούν το φύλο, την ηλικία και συνάρτηση πολλών ακόμη παραγόντων.
- Η νόσος του Alzheimer αποτελεί τρανταχτό παράδειγμα ότι τα ζώα δεν είναι ο κατάλληλος τρόπος για τα ιατρικά πειράματα, καθώς ανακαλύφθηκε το 1906 και μετά από περίπου 400

αποτυχημένες προσπάθειες βρέθηκε η θεραπεία στα ποντίκια αλλά δυστυχώς όχι ακόμη στον άνθρωπο.

- Τώρα που η επιστήμη έχει ανθίσει σε διάφορους τομείς είναι καιρός να περάσουμε από τη χρήση ζώων στη χρήση νέων εναλλακτικών μοντέλων. Ιδίως για σοβαρές ασθένειες όπως είναι ο καρκίνος και ο διαβήτης, η χρήση των ζώων δεν έχει επιφέρει αποτελεσματικές θεραπείες. Μπορεί η χρήση των εναλλακτικών μεθόδων να βοηθήσει στην επίλυση των προβλημάτων που έχουν δημιουργηθεί από τη χρήση των ζώων.
- Από το 2003 που έγινε η πλήρης χαρτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος έχουμε περισσότερες πληροφορίες αλλά και εργαλεία για να ερευνήσουμε την ανθρώπινη βιολογία. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κύτταρα και ιστούς από νεκρά σώματα, από χειρουργικά απόβλητα αλλά ακόμη και να δημιουργήσουμε τεχνητά κύτταρα. Μία μικρή βιοψία από το δέρμα μας χρειάζεται για να παραχθούν βλαστοκύτταρα που αργότερα θα μπορέσουν να ξαναδημιουργηθούν ως ένα διαφορετικό τύπο κυττάρου. Αυτά τα κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή πολύπλοκων μορφών όπως τα οργανοειδή που θεωρούνται μικρογραφίες οργάνων. Όλες αυτές οι εναλλακτικές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση μίας ασθένειας και να δοκιμαστούν έτσι διάφορα φάρμακα και θεραπείες.
- Άλλες τεχνικές που βασίζονται σε υπολογιστή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση αποτελεσμάτων προηγούμενων πειραμάτων. Όπως για παράδειγμα στην νόσο Alzheimer, όπου μπορούν να ληφθούν βλαστοκύτταρα από ανθρώπους που πέθαναν από τη συγκεκριμένη νόσο και είχαν την τάση να παράγουν κύτταρα που έφεραν τη νόσο και χρησιμοποιήθηκαν για να παραχθεί μία μικρογραφία του εγκεφάλου. Παρόμοια προσέγγιση χρησιμοποιείται και για τη νόσο του Πάρκινσον.
- Αντικαθιστώντας τη χρήση πειραματόζωων με κατοχυρωμένες εναλλακτικές μεθόδους μπορούμε πιο εύκολα να προβλέψουμε τα αποτελέσματα των δοκιμασιών.
- Η αντικατάσταση τους θα βοηθήσει στη μείωση του κόστους, στην ταχύτερη ανάπτυξη λύσεων, στη μείωση της συχνότητας των αποτυχιών (χρησιμοποιώντας υπολογιστικά μοντέλα για πρόβλεψη αποτελεσμάτων, από στοιχεία που έχουμε αντλήσει από προηγούμενα πειράματα χωρίς να χρειαστεί να γίνει ξανά κάποιο πείραμα), δημιουργώντας έτσι μία σχετικότητα με τον ανθρώπινο οργανισμό και βελτιώνοντας ταυτόχρονα τη σχέση μας με τα ζώα.
- Τέλος μπορούμε να επενδύσουμε στην προσωποποιημένη θεραπεία χρησιμοποιώντας κύτταρά μας και δημιουργώντας μικρογραφίες οργάνων στα οποία θα μπορέσουμε να δοκιμάσουμε φάρμακα και να επιλέξουμε το καλύτερο για εμάς.

## 19 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ζώα χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες με σκοπό την απάντηση διάφορων δύσκολων ερωτημάτων από την αρχαιότητα. Σε όλα αυτά τα χρόνια, η χρήση τους έχει αποδειχτεί βασικό εργαλείο, ιδίως στις βιοϊατρικές επιστήμες για την ανακάλυψη της ανατομίας, των λειτουργιών των οργανισμών όλων των ειδών, την εύρεση θεραπειών για ασθένειες που προσβάλουν μεγάλο μέρος του πληθυσμού, την παραγωγή φαρμάκων και εμβολίων και τον έλεγχο της ασφάλειας πολλών προϊόντων. Παράδειγμα αποτελεί και η συμβολή τους στην πανδημία COVID-19, που με τη βοήθειά τους μπόρεσαν να αναπτυχθούν εμβόλια και φάρμακα σε μικρό χρονικό διάστημα, να ελεγχθούν και να μπορέσουν να προωθηθούν άμεσα για την καταπολέμησή της. Όμως πέρα από όλα τα οφέλη που μας προσφέρει η χρήση αυτή, δημιουργούνται και αρκετοί προβληματισμοί σχετικά με το ηθικό κομμάτι της χρήσης τους, το οποίο τείνει σε λύση με βασικές αρχές, νόμους, κανόνες αλλά και με την ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων που θα αντικαταστήσουν πλήρως στο μέλλον τη χρήση ζώων στην έρευνα.

## 20 ABSTRACT

Animals have been used by scientists to answer various difficult questions since ancient times. Over the years, their use has proved to be an essential tool, particularly in the biomedical sciences, for discovering the anatomy and functions of organisms of all kinds, finding cures for diseases affecting a large part of the population, producing drugs and vaccines and testing the safety of many products. An example of this is their contribution to the COVID-19 pandemic, which enabled vaccines and drugs to be developed in a short period of time, tested and immediately marketed to combat it. However, in addition to all the benefits that this use offers us, there are also a number of concerns about the ethical aspect of their use, which tends to be resolved by basic principles, laws, rules and the development of alternative methods that will completely replace the use of animals in research in the future.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gluck JP, Bell J. Ethical issues in the use of animals in biomedical and psychopharmacological research. *Psychopharmacology*. 2003;(1):6-12. doi:10.1007/s00213-003-1478-y
2. Guerrini A. *Experimenting with Humans and Animals*. JHU Press; 2003.
3. RE Abdel-Halim. *Contributions of Ibn Zuhr (Avenzoar) to the Progress of Surgery.*; 2005.
4. Ribatti D. William Harvey and the discovery of the circulation of the blood. *Journal of Angiogenesis Research*. 2009;(1):3. doi:10.1186/2040-2384-1-3
5. Daston L. Scientific Error and the Ethos of Belief. *Social Research: An International Quarterly*. 2005;(1):1-28. doi:10.1353/sor.2005.0016
6. Goeke JE. The history of the use of animals in research and the development of the animal welfare concept. *J Am Coll Toxicol*. 1987;6(2):187-194. doi:10.3109/10915818709075130
7. Chain E, Florey HW, Gardner AD, et al. PENICILLIN AS A CHEMOTHERAPEUTIC AGENT. *The Lancet*. 1940;(6104):226-228. doi:10.1016/s0140-6736(01)08728-1
8. Zutphen LFM, Baumans V, Beynen AC. *Principles of Laboratory Animal Science*. Elsevier Science Health Science Division; 2001.
9. Baumans V. Use of animals in experimental research: an ethical dilemma? *Gene Therapy*. 2004;(S1):S64-S66. doi:10.1038/sj.gt.3302371
10. *The Ethics of Research Involving Animals.*; 2005.
11. [Normal dot \(Rev02 January 2009\) \(ipsos.com\)](#)
12. The 3Rs | NC3Rs. NC3Rs. Accessed October 20, 2022. [https://www.nc3rs.org.uk/who-we-are/3rs#anchor\\_0](https://www.nc3rs.org.uk/who-we-are/3rs#anchor_0)
13. Russell WMS, Burch RL. *The Principles of Humane Experimental Technique.*; 1959.
14. Croft PG. The Assessment of Pain Perception. *Journal of Mental Science*. 1952;(412):427-432. doi:10.1192/bjp.98.412.427
15. Begley CG, Ellis LM. Raise standards for preclinical cancer research. *Nature*. 2012;(7391):531-533. doi:10.1038/483531a
16. Barré-Sinoussi F, Montagutelli X. Animal models are essential to biological research: issues and perspectives. *Future Science OA*. 2015;(4). doi:10.4155/fso.15.63
17. Adkins J, Lock R. Using animals in secondary education— a pilot survey. *Journal of Biological Education*. 1994;(1):48-52. doi:10.1080/00219266.1994.9655364
18. Balcome J. *The Use of Animals in Higher Education*. First. The Humane Society Press; 2000:23.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

19. Hammoud MM, Nuthalapaty FS, Goepfert AR, et al. To the point: medical education review of the role of simulators in surgical training. *Am J Obstet Gynecol*. 2008;199(4):338-343. doi:10.1016/j.ajog.2008.05.002
20. Takahashi N, Smithies O. Human genetics, animal models and computer simulations for studying hypertension. *Trends Genet*. 2004;20(3):136-145. doi:10.1016/j.tig.2004.01.004
21. Greaves P, Williams A, Eve M. First dose of potential new medicines to humans: how animals help. *Nat Rev Drug Discov*. 2004;3(3):226-236. doi:10.1038/nrd1329
22. Taylor PC, Adams AC, Hufford MM, de la Torre I, Winthrop K, Gottlieb RL. Neutralizing monoclonal antibodies for treatment of COVID-19. *Nature Reviews Immunology*. 2021;(6):382-393. doi:10.1038/s41577-021-00542-x
23. Woolston C. The tale of a mouse-lab mastermind. *Nature*. 2020;(7831):818-818. doi:10.1038/d41586-020-02992-0
24. Yang XH, Deng W, Tong Z, et al. Mice transgenic for human angiotensin-converting enzyme 2 provide a model for SARS coronavirus infection. *Comp Med*. 2007;57(5):450-459.
25. Sia SF, Yan L-M, Chin AWH, et al. Pathogenesis and transmission of SARS-CoV-2 in golden hamsters. *Nature*. 2020;(7818):834-838. doi:10.1038/s41586-020-2342-5
26. Muñoz-Fontela C, Dowling WE, Funnell SGP, et al. Animal models for COVID-19. *Nature*. 2020;(7830):509-515. doi:10.1038/s41586-020-2787-6
27. Brooke GN, Prischi F. Structural and functional modelling of SARS-CoV-2 entry in animal models. *Scientific Reports*. 2020;(1). doi:10.1038/s41598-020-72528-z
28. Muñoz-Fontela C, Dowling WE, Funnell SGP, et al. Animal models for COVID-19. *Nature*. 2020;(7830):509-515. doi:10.1038/s41586-020-2787-6
29. Vogel AB, Kanevsky I, Che Y, et al. BNT162b vaccines protect rhesus macaques from SARS-CoV-2. *Nature*. 2021;(7853):283-289. doi:10.1038/s41586-021-03275-y
30. Stokes WS. Best practices for the use of animals in toxicological research and testing. *Ann N Y Acad Sci*. 2011;1245:17-20. doi:10.1111/j.1749-6632.2011.06334.x
31. *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals*.; 2002.
32. Festing MFW. Inbred Strains Should Replace Outbred Stocks in Toxicology, Safety Testing, and Drug Development. *Toxicologic Pathology*. 2010;(5):681-690. doi:10.1177/0192623310373776
33. Herati RS, Wherry EJ. What Is the Predictive Value of Animal Models for Vaccine Efficacy in Humans? *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. 2017;(4):a031583. doi:10.1101/cshperspect.a031583

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

34. Griffin JF. A strategic approach to vaccine development: animal models, monitoring vaccine efficacy, formulation and delivery. *Adv Drug Deliv Rev.* 2002;54(6):851-861. doi:10.1016/s0169-409x(02)00072-8
35. Πούρλης Α. Πειραματόζωα.
36. Σούμπλης Π, Βογιατζάκη Χ. *Εγχειρίδιο Μελέτης Ζώων Εργαστηρίου. 2nd ed. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ; 2008:161.*
37. Administrator. Εκτροφείο Πειραματόζωων - Institute of Biosciences & Applications. Institute of Biosciences & Applications. Accessed October 18, 2022. <http://bio.demokritos.gr/el/services/experimental-animal-colony>
38. Εκτροφείο Πειραματοζώων - Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Αρχική - Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Accessed October 18, 2022. [https://med.uoi.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=139&lang=el](https://med.uoi.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=139&lang=el)
39. Τμήμα Ζωικών Προτύπων Βιοϊατρικής Έρευνας - (ΤΖΠΒΕ) | Ελληνικό Ινστιτούτο Παστέρ. Ελληνικό Ινστιτούτο Παστέρ. Accessed October 18, 2022. <https://www.pasteur.gr/tmima-zoikon-protypon-vioiatrikis-erevnas-tzpv/>
40. Blaauboer BJ, Barratt MD, Houston JB. The Integrated Use of Alternative Methods in Toxicological Risk Evaluation. *Alternatives to Laboratory Animals.* 1999;(2):229-237. doi:10.1177/026119299902700211
41. Balls M. Defined Structural and Performance Criteria would Facilitate the Validation and Acceptance of Alternative Test Procedures. *Alternatives to Laboratory Animals.* 1997;(5):483-484. doi:10.1177/026119299702500501
42. Höfer T, Gerner I, Gundert-Remy U, et al. Animal testing and alternative approaches for the human health risk assessment under the proposed new European chemicals regulation. *Arch Toxicol.* 2004;78(10):549-564. doi:10.1007/s00204-004-0577-9
43. de Vries RBM, Buma P, Leenaars M, Ritskes-Hoitinga M, Gordijn B. Reducing the Number of Laboratory Animals Used in Tissue Engineering Research by Restricting the Variety of Animal Models. Articular Cartilage Tissue Engineering as a Case Study. *Tissue Engineering Part B: Reviews.* 2012;(6):427-435. doi:10.1089/ten.teb.2012.0059
44. Baker M. A living system on a chip. *Nature.* 2011;(7340):661-665. doi:10.1038/471661a
45. World Wide Words: In silico. World Wide Words. Accessed October 20, 2022. <http://www.worldwidewords.org/weirdwords/ww-ins1.htm>

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

46. What are model organisms? – YourGenome. @yourgenome · Science website. Accessed October 20, 2022. <https://www.yourgenome.org/facts/what-are-model-organisms/>
47. Why use yeast in research? – YourGenome. @yourgenome · Science website. Accessed October 20, 2022. <https://www.yourgenome.org/facts/why-use-yeast-in-research/>
48. Why use the fly in research? – YourGenome. @yourgenome · Science website. Accessed October 20, 2022. <https://www.yourgenome.org/facts/why-use-the-fly-in-research/>
49. Why use the worm in research? – YourGenome. @yourgenome · Science website. Accessed October 20, 2022. <https://www.yourgenome.org/facts/why-use-the-worm-in-research/>
50. Why use the frog in research? – YourGenome. @yourgenome · Science website. Accessed October 20, 2022. <https://www.yourgenome.org/facts/why-use-the-frog-in-research/>
51. Why use the mouse in research? – YourGenome. @yourgenome · Science website. Accessed October 20, 2022. <https://www.yourgenome.org/facts/why-use-the-mouse-in-research/>
52. ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 56 /2013
53. DIRECTIVE 2010/63/EU
54. Νόμος 2015/1992 (ΦΕΚ Α' 30)
55. Should animals be used in research? – YourGenome. @yourgenome · Science website. Accessed October 20, 2022. <https://www.yourgenome.org/debates/should-animals-be-used-in-research/#q4>
56. Pound P, Ebrahim S, Sandercock P, Bracken MB, Roberts I; Reviewing Animal Trials Systematically (RATS) Group. Where is the evidence that animal research benefits humans?. *BMJ*. 2004;328(7438):514-517. doi:10.1136/bmj.328.7438.514
57. Perel P, Roberts I, Sena E, et al. Comparison of treatment effects between animal experiments and clinical trials: systematic review. *BMJ*. 2007;334(7586):197. doi:10.1136/bmj.39048.407928.BE
58. Stokes WS. Humane endpoints for laboratory animals used in regulatory testing. *ILAR J*. 2002;43 Suppl:S31-S38.

## ΕΙΚΟΝΕΣ

EIKONA 1: <https://beonchip.com/wp-content/uploads/2021/06/vivisection-painting.jpg>

EIKONA 2: [https://nikh.gr/images/2022/09/27/covid19\\_large.jpg](https://nikh.gr/images/2022/09/27/covid19_large.jpg)

EIKONA 3: <https://www.afsacollaboration.org/wp-content/uploads/2020/03/dermal-systemic-irritation-555x370.jpg>

EIKONA 4: <https://www.afsacollaboration.org/wp-content/uploads/2020/03/inhalation.jpg>



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

EIKONA 5: <https://www.afsacollaboration.org/wp-content/uploads/2020/03/genotox-carcino-555x370.jpg>

EIKONA 6 : <https://www.afsacollaboration.org/wp-content/uploads/2020/03/dog-oral-gavage-555x370.png>

EIKONA 7: <https://janvier-labs.com/wp-content/uploads/2019/05/1-Hamster.jpg>

EIKONA 8: <https://www.bio-serv.com/mm5/graphics/maincats/guineapmc.jpg>

EIKONA 9: <https://previews.123rf.com/images/icefront/icefront1406/icefront140600048/29619488-speckled-chicken-on-white-background-gallus-gallus-domesticus.jpg?fj=1>

EIKONA 10:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/34/Rattus\\_norvegicus\\_\(white\\_background\).png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/34/Rattus_norvegicus_(white_background).png)

EIKONA 11: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQHme9tcFtfffx2zm1iV0vBBOLzpi2MGORTg&usqp=CAU)

[q=tbn:ANd9GcQHme9tcFtfffx2zm1iV0vBBOLzpi2MGORTg&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQHme9tcFtfffx2zm1iV0vBBOLzpi2MGORTg&usqp=CAU)

EIKONA 12: <https://previews.123rf.com/images/isselee/isselee1211/isselee121100407/16486432-european-rabbit-or-common-rabbit-3-months-old-oryctolagus-cuniculus-against-white-background.jpg>

EIKONA 13: <https://i0.wp.com/www.onegreenplanet.org/wp-content/uploads/2017/11/768234c9-47d3-4edb-bd81-f24ef5b3e7a8.jpeg?w=1600&ssl=1>

EIKONA 14: <https://previews.123rf.com/images/isselee/isselee1112/isselee111200329/11611972-mixed-breed-cat-felis-catus-6-months-old-standing-in-front-of-white-background.jpg>

EIKONA 15: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ1ON0j5Ndi0xKpT3ez6udbR0S96VN5B8DdRg&usqp=CAU)

[q=tbn:ANd9GcQ1ON0j5Ndi0xKpT3ez6udbR0S96VN5B8DdRg&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ1ON0j5Ndi0xKpT3ez6udbR0S96VN5B8DdRg&usqp=CAU)

EIKONA 16: <https://thumbs.dreamstime.com/b/ferret-mustela-putorius-furo-14441582.jpg>

EIKONA 17: <https://asset.library.wisc.edu/1711.dl/5RPVXWBR4C7U48X/M/h1380-706f9.jpg>

EIKONA 18: <https://www.pri.kyoto-u.ac.jp/sections/langint/ai/photos/publication/Ueno2008/fig1.jpg>

EIKONA 19: <https://www.brown.edu/Research/Primate/RedShirt.cover.50.jpg>

EIKONA 20:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a4/Lithobates\\_pipiens.jpg/1280px-Lithobates\\_pipiens.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a4/Lithobates_pipiens.jpg/1280px-Lithobates_pipiens.jpg)

EIKONA 21:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a0/Intestinal\\_organoid.PNG/330px-Intestinal\\_organoid.PNG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a0/Intestinal_organoid.PNG/330px-Intestinal_organoid.PNG)

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

EIKONA 22: [https://www.viennabiocenter.org/fileadmin/user\\_upload/VBC/Research/Key\\_discoveries/VBCF\\_Feature\\_HumanBrainOrganoids.jpg](https://www.viennabiocenter.org/fileadmin/user_upload/VBC/Research/Key_discoveries/VBCF_Feature_HumanBrainOrganoids.jpg)

EIKONA 23: <https://www.corning.com/content/dam/corning/media/worldwide/cls/images/clsApplications/cls-lung-organoids-airway-organoid-sq.jpg>

EIKONA 24:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/95/Drosophila\\_melanogaster\\_Proboscis.jpg/330px-Drosophila\\_melanogaster\\_Proboscis.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/95/Drosophila_melanogaster_Proboscis.jpg/330px-Drosophila_melanogaster_Proboscis.jpg)

EIKONA 25: <https://www.yourgenome.org/wp-content/uploads/2022/03/banners-debate-mouse-2000x1125.jpg>