

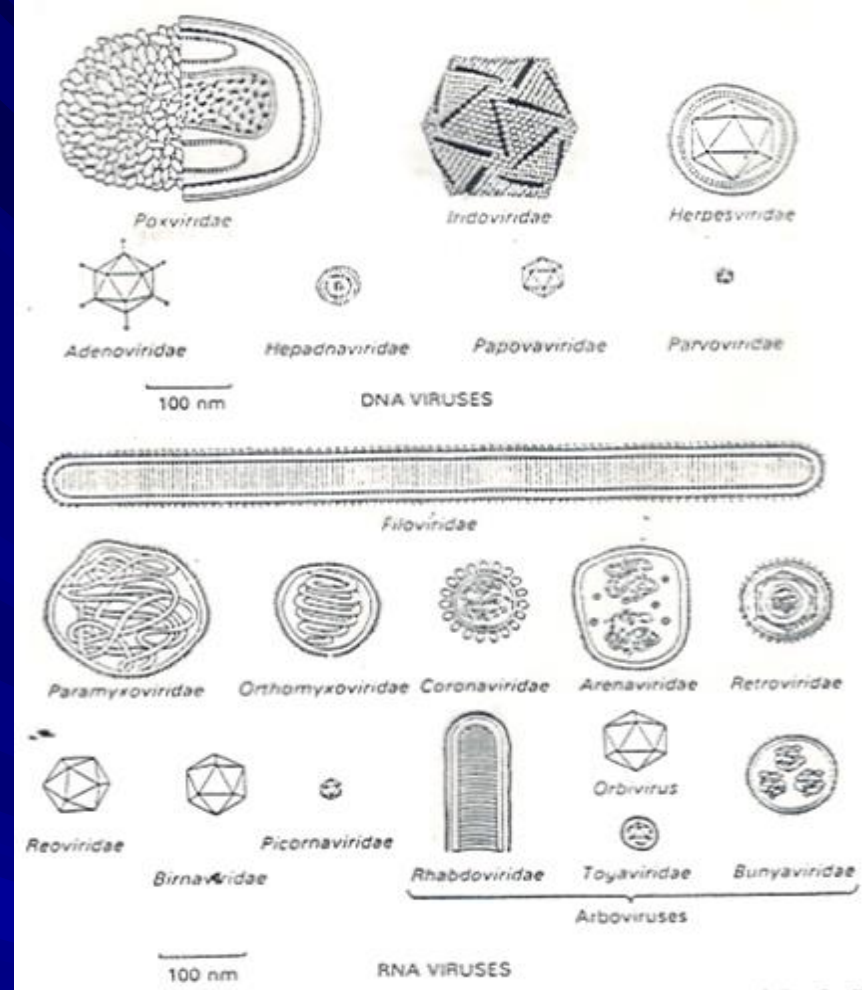
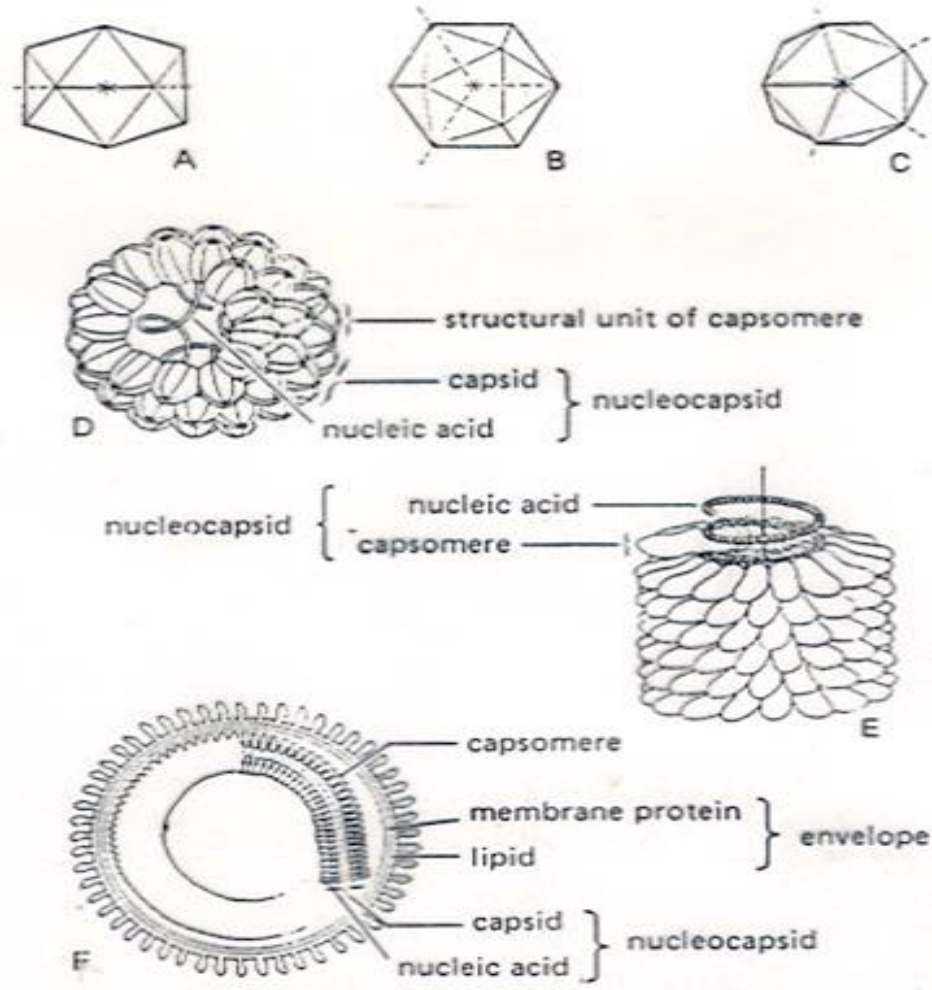
ΜΟΛΥΣΜΑΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

ΙΟΙ

- Οι ιοί αποτελούν πολύ μικρούς μολυσματικούς παράγοντες οι οποίοι πολλαπλασιάζονται μόνο μέσα σε ζωντανά κύτταρα κάποιου ξενιστή. Όμως, σε αντίθεση με κάποια άλλα ενδοκυτταρικά παράσιτα όπως βακτήρια, ρικέτσιες, χλαμύδιες και μυκοπλάσματα, δεν περιέχουν οργανίδια και δεν εμφανίζουν μεταβολισμό.
- Οι ιοί είναι υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα τα οποία χρησιμοποιούν τους μηχανισμούς λειτουργίας του παρασιτούμενου κυττάρου για την αναπαραγωγή τους.
- Άλλα χαρακτηριστικά τους αποτελούν το μικρό τους μέγεθος που ποικίλει από 18-300 νανόμετρα σε διάμετρο και το γεγονός ότι το γενετικό τους υλικό αποτελείται είτε από DNA ή από RNA ποτέ όμως και από τα δύο.

Μορφολογία και δομή των ιών

- *Το βίριον*
- Το σωματίδιο του ιού ή βίριον περιέχει το γένωμα του ιού το οποίο περιβάλλεται από ένα πρωτεϊνικό κάλυμμα ή κέλυφος το οποίο ονομάζεται καψίδιο.
- Μερικοί ιοί φέρουν και έναν επιπλέον εξωτερικό φάκελο ο οποίος αποτελείται από λιπίδια και γλυκοπρωτείνες (Εικόνα 1.1, 1.2).



Εικ. 1.1. Γεωμετρία και δομή του σωματιδίου των ιών, A,B,C,: Εικοσαεδρικό σωματίδιο ιού ορατό από διάφορες οπτικές γωνίες. D: Υπομονάδες ενός μη εγκαψωμένου σωματιδίου ιού εικοσαεδρικής συμμετρίας. E,F: Υπομονάδες ενός μη εγκαψωμένου σωματιδίου ιού με σωληνοειδές νουκλεοκαψίδιο και ελικοειδή συμμετρία.

Εικ. 1.2. Μορφολογία των ιών των ζώων.

Τα πυρηνικά οξέα των ιών

- Το γενετικό υλικό των ιών αποτελείται είτε από DNA ή από RNA.
- Τα πυρηνικά οξέα μπορεί να βρίσκονται είτε με τη μορφή διπλής ή μονής αλυσίδας, να χωρίζονται σε τμήματα ή να είναι κυκλικά και να έχουν θετική ή αρνητική πολικότητα.
- Η ποσότητα του γενετικού υλικού ποικίλει μεταξύ των διαφόρων ιών. Οι μικρότεροι ιοί picornavirus περιέχουν 2×10^6 daltons ενώ οι μεγάλοι roxvirus περιέχουν 2×10^8 daltons. Συγκριτικά, το γενετικό υλικό ενός κυττάρου θηλαστικού έχει μοριακή μάζα μεγαλύτερη από 10^{12} daltons.
- Η μοριακή μάζα της μοναδικής πρωτεΐνης που μεταφράζεται από το γενετικό υλικό ενός ιού picornavirus ποσότητας 2×10^6 daltons είναι περίπου 250.000 daltons (το 1/9 περίπου της μοριακής μάζας του γενετικού υλικού). Η πρωτεΐνη αυτή κατόπιν διασπάται σε πολλά μικρότερα πρωτεϊνικά μόρια τα οποία θα αποτελέσουν τις δομικές πρωτεΐνες και ένζυμα του ιού.

- Το πρωτεϊνικό κάλυμα των ιών (κάψα)
- Η κάψα των ιών σχηματίζεται από μορφολογικές μονάδες που ονομάζονται καψομερή, τα οποία μπορεί να διατάσσονται με τρεις τύπους συμμετρίας: εικοσαεδρική, ελικοειδή και περίπλοκη.
- Κάποιοι ιοί κατά την έξοδό τους από τα κύτταρα του ξενιστή μετά τον πολλαπλασιασμό τους καλύπτονται από τη κυτταρική μεμβράνη του κυττάρου που παρασιτούσαν. Αυτή η διαδικασία βοηθά τα σωματίδια που απελευθερώνονται να συνδέονται με άλλα κύτταρα του ξενιστή και να διαφεύγουν της ανοσολογικής άμυνας του ξενιστή.
- Ένζυμα των ιών
- Μερικοί ιοί χρειάζονται ένζυμα τα οποία λείπουν από τα κύτταρα του ξενιστή. Αυτά μπορεί να είναι δομικές πρωτεΐνες οι οποίες παίζουν διπλό ρόλο όπως η νευραμινιδάση του ιού της γρίππης ή μπορεί να έχουν καθαρά ενζυμική λειτουργία όπως η ανάστροφη τρανσκριπτάση των ρετροϊών.
- Τα αντιγόνα των ιών
- Οι ιοί μπορεί να περιέχουν από 4 μέχρι 100 δομικές πρωτεΐνες και η καθεμία από αυτές συνήθως φέρει από έναν έως τέσσερις διαφορετικούς επίτοπους.

- Περίπου 66 ιογενείς λοιμώξεις αφορούν τα ψάρια αλλά μια πιο λεπτομερής περιγραφή θα γίνει μόνο στις ιογενείς μολύνσεις που αφορούν τον Ελλαδικό χώρο.
- Έντεκα μεγάλες ομάδες ιών γνωστοί για τις μολύνσεις που προκαλούν στα ανώτερα σπονδυλωτά έχουν εκπροσώπους τους που προκαλούν ασθένειες στα ψάρια.
- Οι πιο πολυάριθμες αναφορές σε ιούς που προκαλούν ασθένειες στα ψάρια αφορούν τις παρακάτω οικογένειες ιών: ερπετοϊούς, ραβδοϊούς, ρετροϊούς, ιριδοϊούς και ρεοϊούς.
- Οι ιοί καταγράφονται ως οικογένειες DNA και RNA ιών και μέσα σε κάθε οικογένεια τα γένη των ιών διαιρούνται σε αυτά που έχουν απομονωθεί σε κυτταροκαλλιέργεια και σε αυτά που έχουν μόνο διαπιστωθεί με ηλεκτρονιοmikροσκοπία (ΗΜ).

**Πίνακας 2. Ιοί ψαριών χωρισμένοι σε οικογένειες
(αφορούν γενικά ψάρια που εκτρέφονται ή άγρια σε όλο τον κόσμο)**

Ομάδα	Απομόνωση	HM	Σύνολο
DNA-ιοί			
Ερπητοιοί	7	4	11
Ιριδοιοί	5	2	7
Αδενοιοί	0	3	3
			21
RNA-ιοί			
	1	0	1
Καλυκκοιοί	10	0	10
Ραβδοιοί	3	0	3
Μπιρναιοί	6	1	7
Ρεοιοί	2	0	2
Ορθομυξοιοί	1	0	1
Ρετροιοί	0	8	8
Αταυτοποίητοι	4	8	12

1. DNA-ιοί

- *Ερπητοιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Η οικογένεια των ερπητοιών περιλαμβάνει μεγάλους περιβαλλόμενους από φάκελο DNA-ιούς με διάμετρο περίπου 130 νανόμετρα, στους οποίους ο φάκελος αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της παθογένειας του ιού.
- Το γονιδίωμα του ιού αποτελείται από διπλή έλικα DNA 176 kb και μπορεί να εκφράσει τη παραγωγή έως και 49 πρωτεϊνών.

- Πολλοί από τους ερπητοϊούς έχουν την ικανότητα να υπεισέρχονται σε λανθάνουσα κατάσταση μέσα στον ξενιστή και να προκαλούν νόσο αργότερα.
- Έχει βρεθεί ότι ερπητοϊοί μπορούν να μολύνουν λεμφοκύτταρα και κατά συνέπεια η μόλυνση των τελευταίων μπορεί να αποτελεί σημείο κλειδί για την επιμονή τέτοιων μολύνσεων που μπορεί να οφείλεται σε ανοσοκατασταλτικά φαινόμενα.
- Γνωστοί ιοί στον άνθρωπο είναι ο ιός Epstein-Barr που συνδέεται με λεμφώματα και ρινοφαρυγγικά καρκινώματα και οι ερπητοϊοί-1 που προκαλούν αλλοιώσεις στο στόμα και τα χείλη.
- Οι ερπητοϊοί των ψαριών που ενδιαφέρουν τον Ελλαδικό χώρο, ο ξενιστής τους και ο τρόπος που ανευρέθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 3. Ερπητοιοί των ψαριών

Όνομα ιού	Ξενιστής	Ανέυρεση	Ερευνητές
<i>Herpesvirus kyprini</i>	(<i>Cyprinus carpio</i>)	A	Sano <i>et al</i> (1985)
<i>Herpesvirus salmonis</i>	(<i>Salmo gairdneri</i>)	A	Wolf & Taylor (1975)
<i>Herpesvirus scophthalmi</i>	(<i>Scophthalmus maximus</i>)	HM	Buchanan & Madeley (1978)
Ο ερπητοϊός του λούτσου (EHV-1)	(<i>Esox lucius</i>)	HM	Yamamoto <i>et al</i> (1984)
Ο ερπητοϊός του sheatfish	(<i>Silurus glanis</i>)	HM	Bekesi <i>et al</i> (1984)
Ο ερπητοϊός του μπακαλιάρου του Ειρηνικού	(<i>Gadus macrocephalus</i>)	HM	McArn <i>et al</i> (1978)

- *Ιριδοιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Η οικογένεια των ιριδοιών περιλαμβάνει μεγάλους ισομετρικούς ιούς με εικοσαεδρική συμμετρία, διαμέτρου 130-300 νανόμετρα, με γονιδίωμα αποτελούμενο από διπλή έλικα DNA μοριακού βάρους 130×10^6 daltons.
- Οι ιοί αυτοί πολλαπλασιάζονται μόνο στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου ξενιστή.
- Οι ιριδοιοί που έχουν αναφερθεί ότι προσβάλλουν τα ψάρια και έχουν ενδιαφέρον για την Ελλάδα είναι οι παρακάτω:

Πίνακας 4. Οι ιριδοιοί των ψαριών

Όνομα του ιού	Ξενιστής	Ανέυρεση	Ερευνητές
Ο ιός της λεμφοκύστης	142 είδη θαλάσσιων και ποταμίσσιων τελεότεων	A	Wolf (1962)
Ο ιριδοιός του μπακαλιάρου	Μπακαλιάρος του Ατλαντικού (<i>Gadus morhua</i>)	A	Jensen <i>et al</i> (1979)
Ο ιριδοιός της νέκρωσης των βραγχίων του κυπρίνου	Κυπρίνος (<i>Cyprinus carpio</i>)	A	Shchelkunov & Shchelkunova (1984)
Ο ιός της ερυθροκυτταρικής νέκρωσης (ENV)	21 είδη θαλάσσιων τελεόστεων	HM	Appy <i>et al</i> (1976)

- *Αδενοιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Στα ψάρια έχουν περιγραφεί τρεις αδενοιοί. Και οι τρεις έχουν παρατηρηθεί με ΗΜ και δεν έχουν απομονωθεί από κυτταροκαλλιέργεια.
- Δύο από αυτούς παρατηρήθηκαν σε νεοπλάσματα και δύο ενδιαφέρουν την ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια.

Πίνακας 5. Οι αδενιοί των ψαριών

Όνομα του ιού	Ξενιστής	Ανεύρεση	Ερευνητές
Αδενιός του μπακαλιάρου	Μπακαλιάρος του Ατλαντικού (<i>Gadus morhua</i>)	HM	Jensen & Bloch (1980)
Αδενιός της λευκής μουρούνας	Λευκή μουρούνα (<i>Acipenser transmontanus</i>)	HM	Hedrick <i>et al</i> (1985)

2. RNA-ιοί

- *Καλυκοιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Οι καλυκοιοί αποτελούν μικρά ισομετρικά σωματίδια πιθανά με εικοσαεδρική συμμετρία, διαμέτρου 35-40 νανόμετρα με χαρακτηριστικά εκκολπώματα υπό μορφή κυπέλλου στην επιφάνειά τους μετά από αρνητική χρώση.
- Το βίριον του ιού περιέχει μονή έλικα RNA μοριακού βάρους $2,6-2,7 \times 10^6$ daltons και μία κύρια πρωτεΐνη κάψας μοριακού βάρους 60-70 kDa.
- Οι καλυκοιοί δεν φέρουν φάκελο, είναι ανθεκτικοί στον αιθέρα και πολλαπλασιάζονται αποκλειστικά στο κυτταρόπλασμα.
- Δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την ιχθυοκαλλιέργεια.

- *Ραβδοιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Οι ραβδοιοί έχουν σχήμα σφαίρας και διαστάσεις 130-380 νανόμετρα μήκος και 60-95 νανόμετρα πλάτος. Φέρουν φάκελο ο οποίος φέρει άκανθες μήκους 5-10 νανόμετρα.
- Αυτές οι άκανθες αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της λοιμικότητας των ιών αυτής της ομάδας.
- Το γονιδίωμα αποτελείται από μονή έλικα RNA αρνητικής πολικότητας. Το γονιδίωμα αυτό εκφράζει πέντε κύριες πρωτεΐνες του ιού.
- Δύο γένη ραβδοιών έχουν βρεθεί στα ζώα: Οι φουσαλιδοιοί και οι λυσσοιοί (σε αυτό το γένος ανήκει ο γνωστός σε όλους ιός της λύσσας).
- Οι παρακάτω ιοί που ενδιαφέρουν τη μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια, έχουν βρεθεί σε ψάρια:

Πίνακας 6. Ραβδοιοί των ψαριών

Όνομα του ιού	Γένος	Ξενιστής	Ανέυρεση	Ερευνητές
EVX	V	Ευρωπαϊκό χέλι (<i>Anguilla anguilla</i>)	A	Sano <i>et al</i> (1977)
C ₃₀ , B ₄₄ , D ₁₃	V	Ευρωπαϊκό χέλι (<i>Anguilla anguilla</i>)	A	Castric <i>et al</i> (1984)
B ₁₂ , C ₂₆	L	Ευρωπαϊκό χέλι (<i>Anguilla anguilla</i>)	A	Castric <i>et al</i> (1984)
<i>Rhabdovirus salmonis</i>	?	Πέστροφα (<i>Salmo gairdneri</i>)	A	Osadchaya & Nakonechnaya (1981)
Ο ιός των νυμφών του λούτσου (PFRV)	V	Λούτσος (<i>Esox lucius</i>)	A	De Kinkelin <i>et al</i> (1973)
Ο ιός της ανοιξιάτικης αιμίας του κυπρίνου (SVCV)	V	Κυπρίνος (<i>Cyprinus carpio</i>)	A	Fijan <i>et al</i> (1971)
Ο ιός της μολυσματικής αιμοποιητικής νέκρωσης (IHNV)	L	Σολωμός (<i>Oncorhynchus nerka</i>)	A	Amend <i>et al</i> (1969)
Ο ιός της ιογενούς αιμορραγικής σηψαιμίας (VHSV)	L	Πέστροφα (<i>Salmo gairdneri</i>)	A	Jensen (1963)

- Αν και ο ιός της ιογενούς αιμορραγικής σηψαιμίας (VHSV) περιγράφηκε για πρώτη φορά στα σολωμοειδή, πρέπει να αναφέρουμε ότι έχει βρεθεί και σε τελεόστεους που ενδιαφέρουν την Μεσογειακή θάλασσα υδατοκαλλιέργεια, όπως στις νύμφες του λαβρακιού και σε νεαρά άτομα στο καλκάνι (*Scorpthalmus maximus*).

- *Μπιρναιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Οι Μπιρναιοί είναι ισομετρικοί ιοί χωρίς φάκελο και φέρουν στο γονιδίωμά τους διπλή έλικα RNA (δύο τμήματα).
- Ο σημαντικότερος εκπρόσωπος αυτής της ομάδας ιών στα ψάρια είναι ο ιός της μολυσματικής παγκρεατικής νέκρωσης.
- Έχουν περιγραφεί πολλές ορολογικές ομάδες και ορότυποι, όπως αναγράφονται παρακάτω:

Πίνακας 7. Ορολογικές ομάδες και ορότυποι του IPNV

Ορολογικές ομάδες - ορότυποι	Ξενιστής	Περιοχή
Ορολογική ομάδα 1		
IPNV-Sp	Πέστροφα	Ευρώπη, Β. Αμερική
IPNV-Ab	Λούτσος	Ευρώπη, Ασία
IPNV-He	Δίθυρα	Ευρώπη
IPNV-Te	Πέστροφα	Ευρώπη
IPNV-WB	Πέστροφα	Β. Αμερική
IPNV-Ja	Πέστροφα	Καναδάς
IPNV-C1	Σολωμός	Καναδάς
IPNV-C2	Πέστροφα	Καναδάς
IPNV-C3	Σολωμός	Καναδάς
Ορολογική ομάδα 2		
IPNV-TV1	Δίθυρα	Ευρώπη

- Σε ότι αφορά την γεωγραφική κατανομή του IPNV αυτή είναι μεγάλη σε όλο τον κόσμο και αφορά τόσο σολωμοειδή όσο και μη-σολωμοειδή ψάρια αλλά και κυκλόστομους ιχθείς, λάμπραινες, δίθυρα μαλάκια, γαστερόποδα και καρκινοειδή.
- Ένας άλλος μπιρναιός που έχει περιγραφεί από τα ψάρια είναι ο ιός του ασκίτη του κιτρινούρου (YAV).

- *Ρεοιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Οι ρεοιοί είναι ισομετρικά σωματίδια διαμέτρου 60-75 νανόμετρα που φέρουν ένα χαρακτηριστικό καψίδιο με διπλό τοίχωμα και περιέχουν διπλές έλικες RNA (10-12 τμήματα) κατά κύριο λόγο. Οι ρεοιοί δεν φέρουν φάκελο.
- Οι ρεοιοί που έχουν περιγραφεί σε ψάρια που ενδιαφέρουν τη μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια είναι:

Πίνακας 8. Οι ρεοιοί των ψαριών

Όνομα του ιού	Ξενιστής	Ανέυρεση	Ερευνητές
Ο ρεοιός του κυπρίνου των χόρτων	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	HM	Chen & Jiang (1984)
Ο ρεοιός 13p ₂	<i>Lepomis macrochirus</i> και <i>Salmo gairdneri</i>	I	Meyers (1980, 1983)

- **Ορθομυξοιοί:** χαρακτηριστικά της ομάδας
- Οι ορθομυξοιοί είναι σφαιρικοί ή επιμήκεις ιοί που φέρουν φάκελο, διαμέτρου 80-120 νανόμετρα. Ο φάκελος φέρει επιφανειακές προεκβολές δύο γλυκοπρωτεϊνών, αιμοσυγκολλητίνης και νευραμινιδάσης. Το γονιδίωμα αποτελείται από ss-RNA σε οκτώ τμήματα με αρνητική πολικότητα.
- Πιθανοί ιοί αυτής της ομάδας που έχουν απομονωθεί από τα ψάρια αποτελούν:
 - α) Ο ιός του χελιού 2 (EV-2) που απομονώθηκε από Ιαπωνικά χέλια και
 - β) ο ιός A₁β που απομονώθηκε και αυτός από αίμα Ευρωπαϊκών χελιών που έφεραν νεοπλασματικές αλλοιώσεις στο στόμα.

- *Παραμυξιοί: χαρακτηριστικά της ομάδας*
- Οι παραμυξιοί είναι παρόμοιοι με τους ορθομυξιούς στη μορφολογία αλλά περιέχουν μεγαλύτερο ελικοειδές νουκλεοκαψίδιο.
- Το γονιδίωμά τους αποτελείται από μονή έλικα RNA αρνητικής πολικότητας και η αντιγραφή των ιών είναι ανθεκτική στην ακτινομυκίνη D.
- Οι παραμυξιοί αποτελούν από μεγάλα σωματίδια, έχουν διάμετρο 150-200 νανόμετρα και φέρουν φάκελο.
- Οι προεκβολές του φακέλου μήκους 8-12 νανομέτρων καλύπτουν όλο το φάκελο και σε αυτές τις προεκβολές έχουν αποδοθεί δράσεις των ενζύμων αιμοσυγκολλητίνης και νευραμινιδάσης.
- Οι παραμυξιοί δεν ενδιαφέρουν τη μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια

- *Ρετροϊοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Οι ρετροϊοί είναι μία ομάδα μεγάλων σφαιρικών ιών που περιέχει μονή έλικα RNA σε ένα τμήμα με θετική πολικότητα ενώ το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι η κατοχή του ενζύμου ανάστροφη τρανσκριπτάση.
- Η διάμετρος του σωματιδίου μπορεί να είναι έως 100 νανόμετρα και τα βίριονς φέρουν φάκελο ο οποίος εγκλείει έναν πυρήνα εικοσαεδρικής συμμετρίας μέσα στον οποίο βρίσκεται ελικοειδές νουκλεοκαψίδιο.
- Οι ιοί αυτής της ομάδας κατά την έξοδό τους από το κύτταρο του ξενιστή παίρνουν μαζί τους και τμήμα της μεμβράνης.
- Οι ρετροϊοί των ψαριών κατηγοριοποιούνται σε αυτούς που έχει ανιχνευθεί η ανάστροφη τρανσκριπτάση ή όχι.
- Παρακάτω αναφέρονται οι πιθανοί ρετροϊοί των ψαριών που ενδιαφέρουν τη Μεσόγειο:

Πίνακας 9. Πιθανοί ρετροϊοί τω ψαριών

Όνομα του ιού	Ξενιστής	Ανάστροφη τρανσκριπτάση	Ερευνητές
“Esocid” λεμφοσάρκωμα	<i>Esox lucius</i>	+	Papas et al (1976)
Ο ιός της τσιπούρας	<i>Sparus aurata</i>	-	Gutierrez et al (1977)
Ο ιός του επιδερμικού πολ/μού του ψαριού “pike”	<i>Esox lucius</i>	-	Winqvist et al (1968) & Yamamoto et al (1984)

- *Αταξινόμητοι ιοί*: χαρακτηριστικά της ομάδας
- Οι ιοί που θα αναφερθούν παρακάτω εμφανίζουν πρόβλημα ταυτοποίησης και τοποθέτησης σε κάποια οικογένεια ιών.
- Κάποιοι έχουν απομονωθεί από καλλιέργεια ενώ κάποιοι άλλοι έγιναν ορατοί μόνο με ΗΜ.

Πίνακας 10. Αταξινόμητοι ιοί των ψαριών

Όνομα του ιού Παθολογία	Ξενιστής	Ανεύρεση	Ερευνητές
Ο ιός του χελιού – 1	<i>anguilla</i>	A	Wolf & Quimby (1972)
Ενδοερυθροκυτταρικά σωματίδια που μοιάζουν με ιό	<i>Salmo gairdneri</i>	ΣΜΙ	Landolt <i>et al</i> (1977)
Παπίλλωμα των πλευρονηκτιδών	<i>Hippoglossoides elassodon</i>	ΣΜΙ	Wellings <i>et al</i> (1965)

Ο ιός της ιογενούς σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας και αμφιβληστροειδοπάθειας VER Ιογενής νέκρωση (VNN).

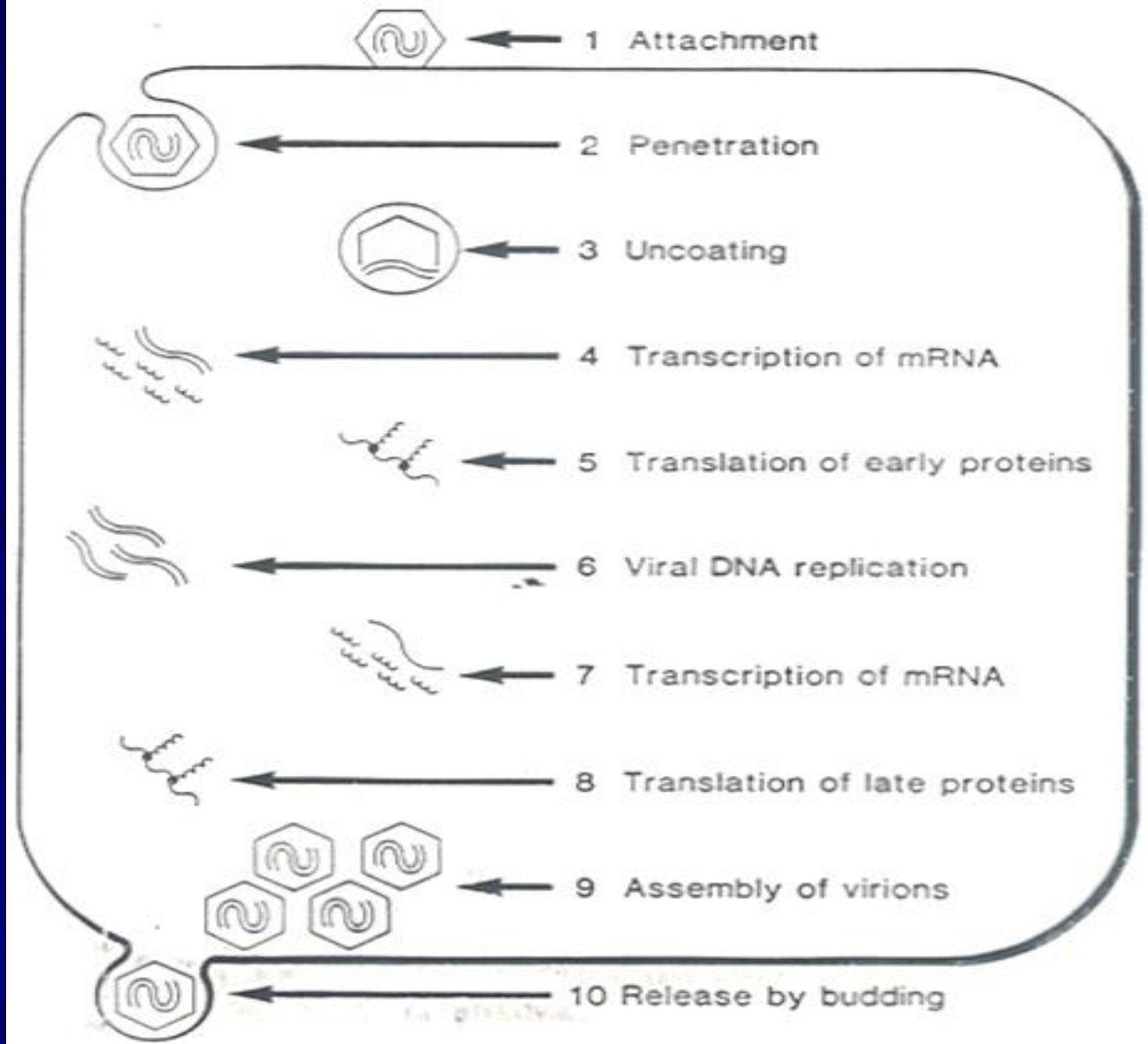
- Ο ιός αυτός αποτελεί σχετικά πρόσφατη ανακάλυψη και μέχρι πρότινος ήταν αταξινόμητος. Αρχικά θεωρήθηκε ότι ανήκει στην οικογένεια των πικορναϊών αλλά τελικά κατατάχθηκε στους noda-ιούς.
- Ο ιός έχει διαπιστωθεί σε 18 είδη στα οποία συμπεριλαμβάνονται είδη που αφορούν την θαλασσοκαλλιέργεια της Μεσογείου όπως στο λαβράκι, στο καλκάνι, στους ροφούς αλλά και πιθανά στη τσιπούρα.
- Ο ιός είναι ισομετρικός, χωρίς φάκελο με διάμετρο 30 νανόμετρα. Έχει δύο δομικά πολυπεπτίδια με μοριακό βάρος 40 και 42 kDa και ένα ssRNA που αποτελείται από δύο τμήματα μοριακού βάρους 1,10 και 0.51 Da.

■ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΙΟΥΣ

■ Η αντιγραφή των ιών

- Η διαδικασία παραγωγής νέων ιών περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια (για DNA-ιούς):
 - α) Τη προσκόλληση στο ευκαρυωτικό κύτταρο του ξενιστή,
 - β) Την διείσδυση,
 - γ) Την αποκάλυψη του γενετικού υλικού (απομάκρυνση της κάψας),
 - δ) Τη μεταγραφή του αγγελιοφόρου RNA,
 - ε) Τη μετάφραση στις πρώιμες πρωτεΐνες,
 - στ) Την αντιγραφή του DNA του ιού,
 - ζ) Τη μεταγραφή αγγελιοφόρου RNA,
 - η) Τη μετάφραση σε ώριμες πρωτεΐνες,
 - θ) Τη συναρμολόγηση των βίριονς και
 - ι) Την απελευθέρωση των τελευταίων μετά από κάλυψη με τη μεμβράνη του ευκαρυωτικού κυττάρου (Εικόνα 2).

- Πιο λεπτομερώς:



Εικ. 2. Στάδια κατά τον πολλαπλασιασμό ενός ιού DNA.

- Προσκόλληση στο ευκαρυωτικό κύτταρο
- Η προσκόλληση αποτελεί το κρίσιμο πρώτο στάδιο της μόλυνσης.
- Η γερή προσκόλληση του ιού απαιτεί τη παρουσία υποδοχέων για τον ιό πάνω στη μεμβράνη του κυττάρου. Συχνά υπάρχει μεγάλος βαθμός ειδικότητας του ιού για κάποιον κυτταρικό υποδοχέα, όμως εναλλακτικά υπάρχουν και ιοί οι οποίοι είναι ευκαιριακά παθογόνα και μπορεί να χρησιμοποιήσουν έναν κοινό υποδοχέα. Ούτε όλα τα κύτταρα ενός οργανισμού αλλά ούτε και όλα τα κύτταρα ενός οργάνου φέρουν απαραίτητα κατάλληλους υποδοχείς για ιούς και αυτό μπορεί να εξηγήσει τον συχνά παρατηρούμενο τροπισμό των ιών για συγκεκριμένους ιστούς και την παθολογία που παρατηρείται.
- Αντιστρόφως, η λοιμικότητα μερικών ιών μπορεί να σχετίζεται με μειωμένη δυνατότητα προσκόλλησης σε κύτταρα του ξενιστή γιατί έτσι ο ιός απομακρύνεται λιγότερο από τα φαγοκύτταρα και έτσι επιτρέπεται μεγαλύτερη διασπορά του στα όργανα στόχους.
- Ακόμη και εάν ένα κύτταρο φέρει τους κατάλληλους υποδοχείς για έναν ιό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα μολυνθεί διότι μετά τη προσκόλληση ο ιός θα πρέπει να αποκαλυφθεί και να αρχίσει ο κύκλος της αντιγραφής του γενετικού του υλικού.

- Διείσδυση
- Υπάρχουν τουλάχιστον τρεις μηχανισμοί εισόδου: Η ενδοκυττάρωση, η σύντηξη και η μετατόπιση.
- Κατά την ενδοκυττάρωση ακολουθείται μία διαδικασία που μοιάζει με την φαγοκυττάρωση ή τη πινοκύτωση. Τα περισσότερα κύτταρα είναι ικανά να ενδοκυτταρώσουν με την εμπλοκή υποδοχέων διάφορα μακρομόρια, όπως ορμόνες και άλλα. Κατά την ενδοκυττάρωση ένα μικρό τμήμα της κυτταρικής μεμβράνης φέρων τον ιό προσκολλημένο στον υποδοχέα σχηματίζει ένα εκκόλπωμα. Τα δύο πιο κοντινά άκρα του εκκόλπωματος έρχονται τελικά σε επαφή και σχηματίζουν ένα εσωτερικό σωματίδιο το οποίο εισέρχεται στο κυτταρόπλασμα και συνδέεται με ένα λυσοσωμάτιο για να σχηματίσει μία λυσοσωματική κύστη. Σε μερικούς ιούς ο φάκελος του ιού συνδέεται με τη μεμβράνη του λυσοσωματίου και κατόπιν το σωματίδιο του ιού αποβάλλεται στο κυτταρόπλασμα.
- Κατά τη σύντηξη, οι ιοί οι οποίοι φέρουν φάκελο με γλυκοπρωτεΐνες συντήκονται απευθείας με τη κυτταρική μεμβράνη και έτσι το βίριον απελευθερώνεται κατευθείαν στο κυτταρόπλασμα.
- Τέλος, κατά τη μετατόπιση, είναι πιθανό μερικοί εικοσαεδρικοί ιοί άνευ φακέλου να περάσουν απευθείας στο κυτταρόπλασμα μέσω της κυτταρικής μεμβράνης χωρίς την εμπλοκή κάποιου από τους παραπάνω μηχανισμούς.

- Αποκάλυψη του γενετικού υλικού
- Λίγα είναι γνωστά για αυτό το στάδιο και είναι πιθανό ότι οι μηχανισμοί αποκάλυψης του γενετικού υλικού διαφέρουν για τους DNA και RNA ιούς. Πιστεύεται ότι οι ιοί που συντήκονται με τη κυτταρική μεμβράνη ή το λυσοσωμάτιο αποκαλύπτονται κατά τη διαδικασία.
- Μεταγραφή του αγγελιοφόρου RNA
- Η μεταγραφή του DNA του ιού σε αγγελιοφόρο RNA γίνεται τυπικά στο πυρήνα του κυττάρου ξενιστή.
- Μετάφραση στις πρώιμες πρωτεΐνες
- Το αγγελιοφόρο RNA των ιών μεταφράζεται σε πρωτεΐνες στα ριβοσώματα του κυττάρου ξενιστή με την ίδια διαδικασία που ακολουθείται για τις πρωτεΐνες του ξενιστή. Οι πρωτεΐνες που δημιουργούνται από τη μετάφραση πρώιμων στη διαδικασία γονιδίων του ιού περιλαμβάνουν ένζυμα και άλλες πρωτεΐνες που πιστεύεται ότι παίζουν σημαντικό ρυθμιστικό ρόλο στη μεταγραφή.

- Αντιγραφή του DNA του ιού
- Αντιγράφεται και το υπόλοιπο του γονιδιώματος του ιού.

- Μεταγραφή αγγελιοφόρου RNA
- Όπως προαναφέρθηκε.

- Μετάφραση σε ώριμες πρωτεΐνες
- Αυτές αποτελούν τα μόρια που απαιτούνται για τη δημιουργία των σωματιδίων του ιού.

- Συναρμολόγηση των βίριονς
- Με τους απλούς σφαιρικούς ιούς εικοσαεδρικής συμμετρίας, οι δομικές πρωτεΐνες μπορούν συναχθούν αυτόματα και να σχηματίσουν καψομερή, τα οποία στη συνέχεια αυτό-συναρμολογούνται σε προ-καψίδια γύρω από το γενετικό υλικό του ιού. Τυχαία πολλά σωματίδια μπορεί να μην περιέχουν γενετικό υλικό.
- Η συναρμολόγηση των ιών DNA γίνεται συχνά στον πυρήνα του κυττάρου ξενιστή και για τους ιούς RNA στο κυτταρόπλασμα. Η συνάθροιση απλών σφαιρικών ιών ή άδειων προ-καψιδίων μπορεί δημιουργήσει παρακρυσταλλικές μορφές οι οποίες μπορεί να γίνουν ορατές κατά τη μικροσκοπία σαν έγκλειστα σωματίδια.
- Οι ιοί που καλύπτονται από φάκελο περιέχουν πάντα γλυκοπρωτεΐνες ιογενούς προελεύσεως. Οι τελευταίες μεταναστεύουν από τα ριβοσώματα μέσω του ενδοπλασματικού δικτυωτού συνήθως στη μεμβράνη του κυττάρου. Εκεί οι πρωτεΐνες αυτές ομαδοποιούνται σε χαρακτηριστικές ακανθώδεις μορφές.
- Κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης ενός ιού που φέρει φάκελο το νουκλεοκαψίδιο συναρμολογείται κάτω από τη κυτταρική ή πυρηνική μεμβράνη και κατόπιν προσκολλούνται οι παραπάνω άκανθες γλυκοπρωτεϊνών. Ένα στρώμα πρωτεϊνών εισέρχεται στην μεμβράνη γύρω από το νουκλεοκαψίδιο.
- Αυτή η διαδικασία αναγκάζει το νουκλεοκαψίδιο μέσα στη θήκη από άκανθες γλυκοπρωτεΐνης να περάσει μέσα από τη κυτταρική μεμβράνη του ξενιστή και να δημιουργήσει έτσι ένα εκκόλπωμα.

- Απελευθέρωση των σωματιδίων του ιού
- Ιοί οι οποίοι δεν φέρουν φάκελο απελευθερώνονται μετά το θάνατο και την εκφύλιση του κυττάρου ξενιστή που προκαλούνται από το κλείσιμο των μεταβολικών διαδικασιών του κυττάρου λόγω των προϊόντων του ιού.
- Οι ιοί που φέρουν φάκελο απελευθερώνονται με τα προαναφερθέντα εκκολπώματα της μεμβράνης του κυττάρου ξενιστή που αποτελεί μία σταδιακή διαδικασία.

- Επιδράσεις της μόλυνσης του ιού στο κύτταρο ξενιστή
- Αυτές μπορεί να χωριστούν στις παρακάτω:
 - α) Αναστρέψιμες αλλαγές, όπως η νεφελώδης διόγκωση του κυττάρου που παρατηρείται σε ιστολογικές τομές.
 - β) Μη αναστρέψιμες αλλαγές που οδηγούν στο θάνατο του κυττάρου. Αυτό ονομάζεται κυτταροτοξική επίδραση (CPE).
 - γ) Μη αναστρέψιμες αλλαγές που οδηγούν στην απώλεια ή τη βλάβη κάποιας συγκεκριμένης λειτουργίας.
 - δ) Μετατροπή του κυττάρου σε νεοπλαστικό.
 - ε) Μόλυνση που επιμένει μετά την επίδραση (α) και (γ). Τα πυρηνικά οξέα του ιού μπορεί να παραμείνουν στο γενετικό υλικό του κυττάρου ξενιστή και να λειτουργούν περιοδικά.

- Όποιο και να είναι το αποτέλεσμα όμως, κατά τα πρώιμα στάδια της μόλυνσης μπορεί να παρατηρηθούν διάφορες αλλαγές στην εμφάνιση των προσβεβλημένων κυττάρων, όπως:
 - α) Περιοχές του κυττάρου όπου εμφανίζεται διαφοροποίηση χρώσης κατά την ιστολογία.
 - β) Η συσσώρευση αντιγόνων του ιού μπορεί να λάβει χαρακτηριστικές μορφές οι οποίες ονομάζονται έγκλειστα σωμάτια.
 - γ) Σύντηξη δύο ή περισσότερων κυττάρων και σχηματισμός ενός πολυπύρηνου γιγαντοκυττάρου ή συνκύτιο.

- Επιδράσεις της μόλυνσης από ιούς στο ψάρι ξενιστή
- Από τη στιγμή που ο ιός επεκταθεί παραπέρα από μερικά κύτταρα τότε προκαλούνται διάφορες ειδικές και μη-ειδικές αμυντικές αντιδράσεις από τον οργανισμό.
- Ανάλογα με το πόσο καλά αυτές οι αντιδράσεις περιορίζουν τον ιό και ελαχιστοποιούν τις βλάβες σε κύτταρα και όργανα του ξενιστή, το αποτέλεσμα της μόλυνσης μπορεί να είναι
 - α) νόσος με θνησιμότητα ή
 - β) μόλυνση χωρίς συμπτώματα. Άρα λοιπόν η μόλυνση μπορεί να διαπιστωθεί μετά από εύρεση του ιού ή των αντιγόνων του ή τη διαπίστωση αντισωμάτων κατά του ιού.
- Η κατάληξη μίας ιογενούς μόλυνσης μπορεί να είναι η ακόλουθη:
 - 1) Ο ξενιστής δεν εμφανίζει κανένα σύμπτωμα και ο ιός εξαφανίζεται.
 - 2) Δεν υπάρχουν συμπτώματα αλλά όμως η νόσος επιμένει (φορέας).
 - 3) Ο ξενιστής αναπτύσσει κλινικά συμπτώματα και πεθαίνει.
 - 4) Ο ξενιστής αναπτύσσει συμπτώματα, αναρρώνει και εξαφανίζει τον ιό και
 - 5) Ο ξενιστής αναρρώνει από την ασθένεια αλλά η μόλυνση παραμένει χωρίς κλινικά συμπτώματα (φορέας).

Διάγνωση των ιογενών λοιμώξεων

■ Καλλιέργεια

- Η πιο κοινή μέθοδος για τη διάγνωση των ιογενών ασθενειών των ψαριών είναι η καλλιέργεια του ιού σε μονόστοιβες κυτταροκαλλιέργειες.
- Το κυτταροτοξικό αποτέλεσμα (CPE) που παρατηρείται αποτελεί αποτέλεσμα της μόλυνσης των κυττάρων από τον ιό και σημαίνει μία πρώτη θετική διάγνωση ιώσης.
- Το CPE μπορεί να είναι ορατό ως στρογγυλοποίηση των κυττάρων, συρρίκνωση, νέκρωση, ανάπτυξη συνκυτίων και αποκόλληση.
- Διαφορετικοί ιοί προκαλούν διαφορετικά CPE και αυτά μπορεί να αποτελέσουν μία πρώτη ταυτοποίηση του ιού.
- Όμως η διάγνωση μπορεί να επιβεβαιωθεί μόνο μετά από χρήση ανοσολογικών ή μοριακών δεικτών.

■ Μικροσκοπία

- Η απλή μικροσκοπία δεν μπορεί να βοηθήσει στην παρατήρηση των ιών διότι αυτοί είναι πολύ μικροί σε μέγεθος.
- Μπορούν όμως να παρατηρηθούν οι κυτταρικές αλλοιώσεις, όπως τα έγκλειστα σωμάτια, τα συνκύτια και άλλα.
- Η ηλεκτρονική μικροσκοπία μπορεί να βοηθήσει στη παρατήρηση του ιού, χρησιμοποιείται όμως για τη μελέτη της μορφολογίας του ιού μετά από κυτταροκαλλιέργεια και όχι πριν τη διαπίστωση της ίωσης λόγω της δυσκολίας της μεθόδου.

■ Ανεύρεση ειδικών στοιχείων του ιού

- Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τυπικά οι μόνες μέθοδοι για την επιβεβαίωση της μόλυνσης από ιό και την ταυτοποίηση του παθογόνου παράγοντα είναι αυτές που χρησιμοποιούν ειδικούς για το αίτιο ανοσολογικούς και μοριακούς δείκτες.

Αδρανοποίηση των ιών

- Φυσικές μέθοδοι
- Οι ιοί μπορεί να αδρανοποιηθούν με θέρμανση στους 56°C για 1-2 ώρες. Οι ακτίνες Χ, Γ και η υπεριώδης ακτινοβολία μπορούν να αδρανοποιήσουν τους ιούς πολύ γρήγορα.
- Χημικές μέθοδοι
- Οι περισσότεροι ιοί παραμένουν σταθεροί σε ουδέτερο pH. Σε pH μικρότερο από 3 και μεγαλύτερο από 11 οι περισσότεροι ιοί αδρανοποιούνται. Γι' αυτό το λόγο διαλύματα 2% υδροξειδίου του νατρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για απολύμανση πολλών υλικών εκτός από μεταλλικά λόγω της έντονης οξειδωσης που θα προκληθεί. Επίσης η σκόνη CaO μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση χωμάτων δεξαμενών όπου αναφέρθηκαν ιώσεις.
- Υποχλωρικά και ιωδιούχα διαλύματα μπορούν και αυτά να αδρανοποιήσουν ιούς αρκεί να μην υπάρχει μεγάλο οργανικό φορτίο στον υδάτινο όγκο όπου θα χορηγηθούν και να επιτραπεί η δράση τους για μερικές ώρες. Τέλος για την απολύμανση του νερού από ιούς αλλά και βακτήρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί όζον το οποίο δρα πολύ αποτελεσματικά.
- Η φορμαλδεύδη και η γλυταραλδεύδη αδρανοποιούν τους ιούς με δράση τόσο επί των πρωτεϊνών αλλά και των πυρηνικών οξέων τους. Στη πράξη όμως χρησιμοποιούνται μόνο εργαστηριακά.

Πρόληψη και έλεγχος των ιογενών λοιμώξεων στα ψάρια

- Αποφυγή εισόδου του ιού
- Πρέπει να ακολουθούνται οι γενικές αρχές πρόληψης που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο ιδιαίτερα σε ότι αφορά την αγορά και χρησιμοποίηση αυγών ή ψαριών πιστοποιημένα ότι είναι ελεύθερα από ιώσεις.
- Ιδιαίτερα για τους ιχθυογεννητικούς σταθμούς το νερό που εισέρχεται στο σταθμό θα πρέπει να απολυμαίνεται.

■ Εμβόλια

- Ο εμβολιασμός των ψαριών κατά των ιώσεων θα μπορούσε θεωρητικά να προστατεύσει τους ευαίσθητους ξενιστές από τη μόλυνση. Αυτό έχει αποδειχθεί και εργαστηριακά με τη χρήση τόσο ζωντανών μη λοιμογόνων ιών αλλά και με αδρανοποιημένους ιούς.
- Παρ' όλα αυτά όμως πρακτικά είναι ασύμφορη η παραγωγή ιικών σωματιδίων για τη χρήση τους σε εμβολιασμούς λόγω του υψηλού κόστους της διαδικασίας.
- Επιπλέον πρόβλημα για τους μη λοιμογόνους ζωντανούς ιούς είναι ότι απαγορεύεται η χρήση τέτοιων οργανισμών ιδιαίτερα όταν αυτοί απελευθερώνονται στο περιβάλλον διότι μπορεί να γίνουν λοιμογόνοι ή να προάγουν μεταλλάξεις.
- Ο μόνος πολλά υποσχόμενος τρόπος παραγωγής εμβολίων για τις ιογενείς νόσους είναι μέσω γενετικής μηχανικής. Έτσι ένα προστατευτικό αντιγόνο του ιού αναλύεται, το γονίδιο του ιού που είναι υπεύθυνο για τη παραγωγή του συναρμολογείται και κατόπιν τοποθετείται στο γονιδίωμα ενός βακτηρίου το οποίο πλέον εκφράζει το αντιγόνο του ιού με πολύ μικρότερο κόστος. Το βακτήριο κατόπιν αδρανοποιείται ή απομονώνεται το ιικό αντιγόνο και μπορεί με αυτό να εμβολιαστούν τα ευαίσθητα ψάρια.

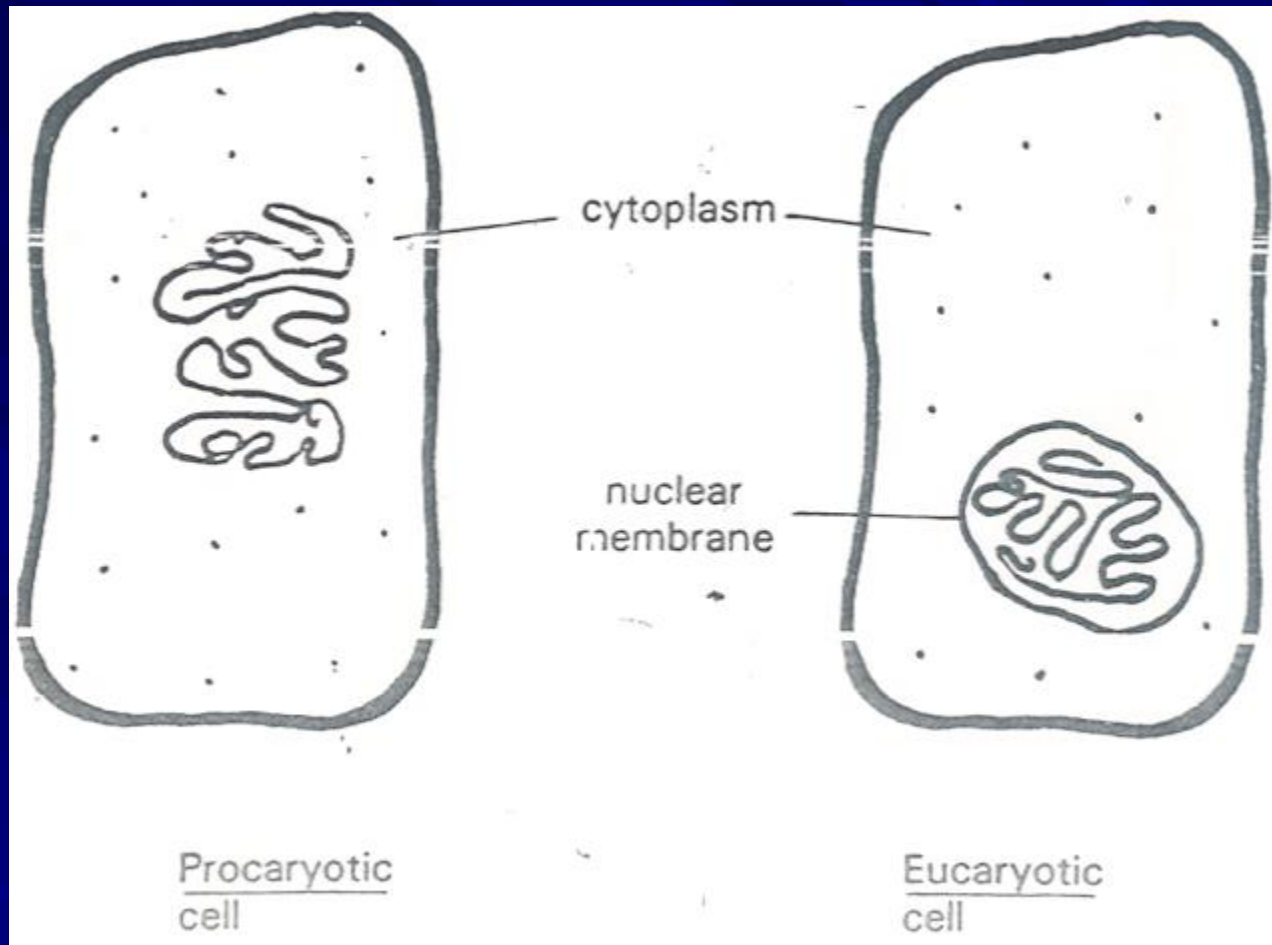
- Και αυτή η μέθοδος όμως δεν στερείται προβλημάτων που έχουν να κάνουν με τη προστασία που παρέχεται από την έκφραση τέτοιων αντιγόνων.
- Ο λόγος είναι ότι μπορεί η «τεχνητή» παραγωγή του αντιγόνου να έχει ως αποτέλεσμα να μην εκφράζονται τα ίδια χαρακτηριστικά (επίτοποι) με τα φυσικά αντιγόνα και έτσι τα αντισώματα που παράγονται να μην είναι προστατευτικά.

■ Χημειοθεραπεία

- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα παρασκευάσματα που χρησιμοποιούνται και στον άνθρωπο. Η αποτελεσματικότητά τους έχει αποδειχθεί εργαστηριακά, όμως λόγω κόστους και απαγορεύσεων της χρήσης τους σε ζώα που πρόκειται να καταναλωθούν δεν υπάρχει πρακτική εφαρμογή τους.

ΒΑΚΤΗΡΙΑ

- Τα βακτήρια και τα κυανοβακτήρια (οι μπλε-πράσινες άλγες) αποτελούν μονά προκαρυωτικά κύτταρα.
- Τα προκαρυωτικά κύτταρα διαφέρουν από τα ευκαρυωτικά κυρίως στο ότι το πυρηνικό τους υλικό δεν διαχωρίζεται από το υπόλοιπο κυτταρόπλασμα του κυττάρου μέσω οποιασδήποτε μεμβράνης.
- Άλλοι μικροοργανισμοί (άλγες, μύκητες, πρωτόζωα) καθώς και τα κύτταρα των ανώτερων φυτών και ζώων εμφανίζουν την κυτταρική οργάνωση ευκαρυωτικών κυττάρων με διαχωρισμό του γενετικού τους υλικού από το κυτταρόπλασμα (Εικόνα 3).
- Τα βακτήρια φέρουν συμπαγές κυτταρικό τοίχωμα και συνήθως πολλαπλασιάζονται με απόσχιση.

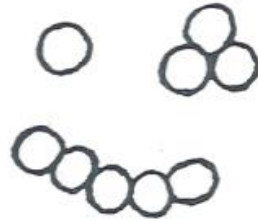


Εικ. 3. Βασική διαφορά ενός ευκαρυωτικού και προκαρυωτικού κυττάρου..

- *Μέγεθος και σχήμα*
- Τα βακτήρια μετρώνται στη κλίμακα των μικρομέτρων.
- Τα σχήματα που μπορεί να παρατηρηθούν ποικίλλουν από σφαιρικά σωματίδια (κόκκοι) που ανευρίσκονται είτε μονά ή σε αλυσίδες και έχουν διάμετρο 1 μικρόμετρο σε βακίλους με διάφορα μεγέθη από κοκκοβακίλους (0,3-1x 0,5-1 μικρόμετρα), μέσου μήκους βακίλους (0,3-1x 0,8-4 μικρόμετρα) και μακρούς βακίλους (νηματοειδείς) (0,3-1x 5-100 μικρόμετρα).
- Η μορφή τους μπορεί να είναι ευθεία, κυρτή, στρογγυλή ή με τετράγωνα άκρα και μπορεί να εμφανίζονται μονοί ή συνδεδεμένοι (Εικόνα 4).
- Τέλος παρατηρούνται και βακτήρια με μορφή διακλαδούμενων νηματίων (ακτινομύκητες).

Bacteria measured in terms of micrometers/microns (μm)

$$1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm } (10^{-6}\text{m})$$



spheres (cocci)

occur singly in groups or chains approximately
 $1 \mu\text{m}$ in diameter



rods (bacilli)

may be very short (coccobacilli), medium
length or very long (filamentous)

straight or curved

round or square ended

single or joined

size $0.3 - 1.0 \mu\text{m} \times 0.5 - 1.0 \mu\text{m}$ (coccobacilli)

$\times 0.8 - 4.0 \mu\text{m}$ (bacilli)

$\times 5 - 100 \mu\text{m}$ (filaments)

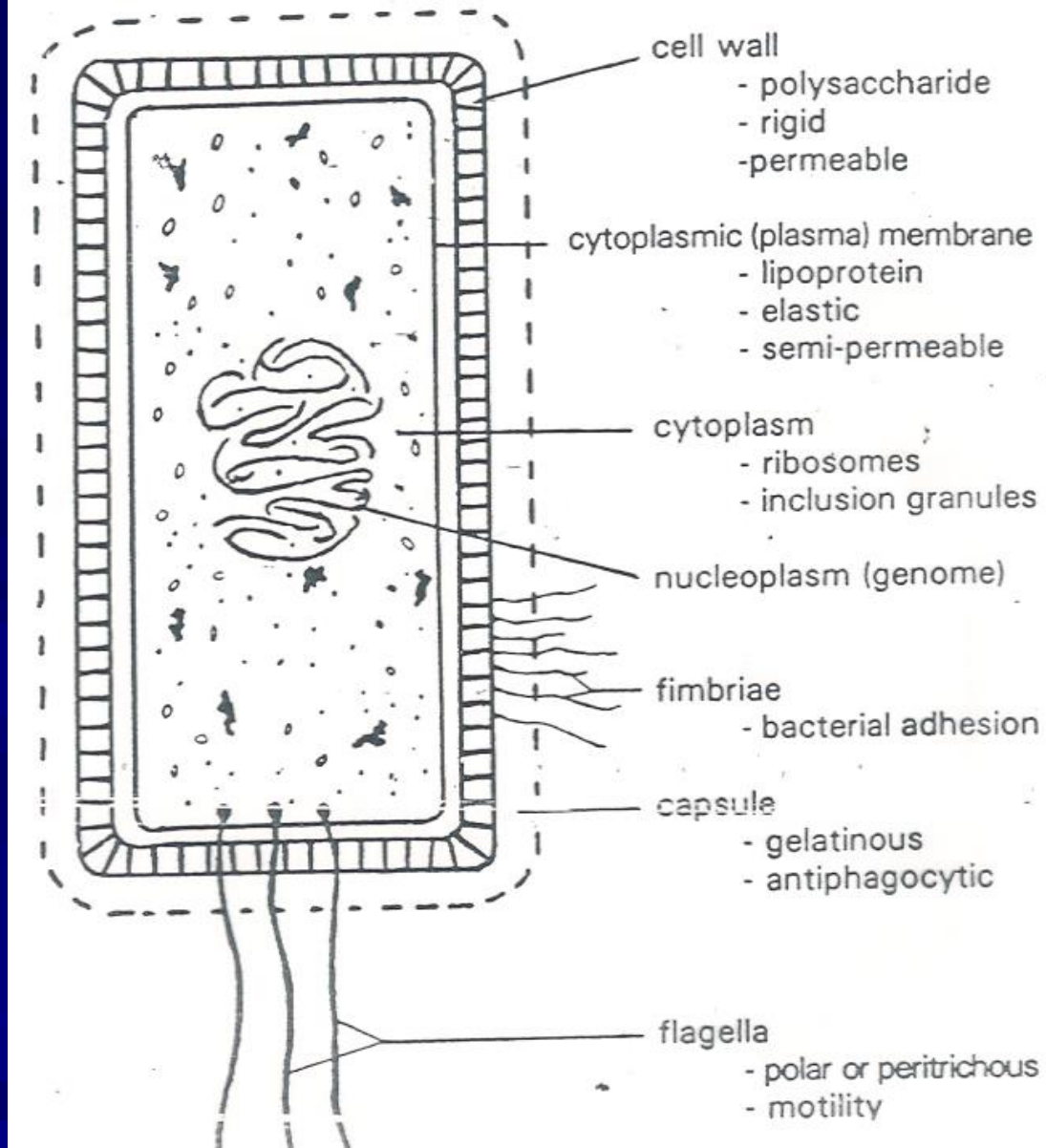


branching filaments (actinomycetes)

Εικ. 4. Βασικά σχήματα και μεγέθη βακτηριακών κυττάρων

■ Δομή του κυττάρου

- Το βακτηριακό κύτταρο από έξω προς τα έσω αποτελείται:
- Α) Από το κυτταρικό τοίχωμα ή εξωκυτταρική μεμβράνη. Περιέχει πολυσακχαρίδια τα οποία προς τα έξω μπορεί να επεκτείνονται ως λιποπολισακχαρίδια, ανάμεσα στα οποία βρίσκονται διάφορες πρωτεΐνες.
- Η εξωκυτταρική μεμβράνη είναι συμπαγής αλλά διαπερατή σε διάφορες ουσίες.
- Βοηθά το βακτήριο να διατηρεί το σχήμα του και να αντεπεξέρχεται αλλαγές στην οσμωτική πίεση του περιβάλλοντος.
- Η εξωκυτταρική μεμβράνη μπορεί να καλύπτεται από κάψα ζελατινώδη, βλεννώδη ή πολυσακχαριδική που βοηθά το βακτήριο κατά τη προσκόλλησή του σε επιθηλιακές μεμβράνες, να αποφεύγει τη φαγοκυττάρωση και την οψονοποίηση του βακτηρίου από αντισώματα αλλά και να αποφεύγει την επίδραση του συμπληρώματος και των λυσοσωματικών ενζύμων.
- Στην εξωκυτταρική μεμβράνη μπορούν να παρατηρηθούν και ινίδια τα οποία εμπλέκονται στη προσκόλληση του βακτηρίου. Τέλος, μερικά κινητά βακτήρια φέρουν μαστίγια που τα βοηθούν στη κίνηση τα οποία μπορεί να βρίσκονται περιμετρικά της εξωκυτταρικής μεμβράνης (περίτριχα βακτήρια) ή στους πόλους των βακτηρίων (Εικόνα 5).



Εικ. 5. Η δομή ενός βακτηριακού κυττάρου.

- Β) Από την εσωκυτταρική μεμβράνη η οποία είναι λιποπρωτεϊνικής φύσεως, ελαστική και ημιπερατή.
- Μεταξύ των δύο μεμβρανών υπάρχει ο μεσοσωματικός χώρος στον οποίο συγκεντρώνονται οι ουσίες που πρόκειται να εκκριθούν από το βακτηριακό κύτταρο.
- Στις ουσίες αυτές συγκαταλέγονται και τα ένζυμα που παράγει το βακτήριο για την απόσπαση και χρήση θρεπτικών ουσιών από το περιβάλλον του όπως πρωτεϊνών, λιπών και σακχαριτών.
- Δεν θα ήταν υπερβολή να ειπωθεί ότι έχει η περιγραφή η παραγωγή ενζύμων από βακτήρια σχεδόν για κάθε ουσία που μπορεί να διασπασθεί ενζυμικά στη φύση.
- Γ) Από το κυτταρόπλασμα. Εδώ συμπεριλαμβάνεται το γενετικό υλικό του βακτηρίου, οι συσκευές παραγωγής βακτηριακών προϊόντων (ριβοσώματα), έγκλειστα σωμάτια και άλλα.

- *Ουσίες που απαιτούνται για την ανάπτυξη των βακτηρίων*
- Νερό: το νερό αποτελεί το 80-90% το βακτηριακού βάρους και είναι το μέσο όλων των βιοχημικών αντιδράσεων.
- Στην απουσία του (ελεύθερο ή ενεργό νερό) στηρίζεται ένας ολόκληρος κλάδος φυσικής συντήρησης των τροφίμων.
- Ενεργειακή πηγή: ηλιακό φως (φωτοτρόφα βακτήρια) ή χημικές ουσίες (χημοτρόφα βακτήρια).
- Όλα τα παθογόνα βακτήρια είναι χημοτρόφα.

■ Υλικά για βιοσύνθεση:

■ α) Άνθρακας για τη σύνθεση όλων των οργανικών ουσιών του βακτηριακού κυττάρου. Τα βακτήρια μπορεί να χρησιμοποιούν ανόργανο άνθρακα (αυτότροφα βακτήρια) ή άνθρακα σε οργανική μορφή (οργανοτρόφα βακτήρια). Όλα τα παθογόνα βακτήρια απαιτούν οργανικό άνθρακα άρα είναι οργανοτρόφα και σύμφωνα με τα παραπάνω χημο-οργανοτρόφα.

■ β) Άζωτο για τη σύνθεση πρωτεϊνών, πυρηνικών οξέων και ενζύμων. Το άζωτο μπορεί να είναι σε αέρια μορφή ή σε μορφή ανόργανης ή οργανικής ένωσης.

■ γ) Φώσφορος και θείο (συστατικά φωσφολιπιδίων, πυρηνικών οξέων, ενζύμων, αμινοξέων και βιταμινών).

■ δ) Παράγοντες ανάπτυξης. Διάφορα μακρο- και μικρο- στοιχεία και βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Τέλος,

■ ε) Περιβάλλον που να ευνοεί την ανάπτυξή τους. Τα βακτήρια αντέχουν σε μεγάλη κλίμακα τιμών pH με ιδανικές τις 7.2-7.6. Οξυγόνο μπορεί να απαιτείται ή όχι.

- Όταν τα βακτήρια απαιτούν οξυγόνο για την ανάπτυξή τους καλούνται αερόβια, όταν απαιτούν έλλειψη οξυγόνου τότε καλούνται αναερόβια ενώ όταν μπορούν να αναπτυχθούν ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή όχι οξυγόνου τότε καλούνται προαιρετικά αναερόβια (τα περισσότερα παθογόνα).
- Σε ότι αφορά τη θερμοκρασία και εδώ παρατηρείται μεγάλο εύρος ιδανικών θερμοκρασιών ανάπτυξης. Όταν οι τελευταίες κυμαίνονται κάτω από 20°C τα βακτήρια χαρακτηρίζονται ψυχρόφιλα, από 20-40°C μεσόφιλα και από 40°C και πάνω, θερμόφιλα.

- *Ταυτοποίηση των βακτηρίων - Διάγνωση*
- Η ταυτοποίηση των βακτηρίων που ευθύνονται για μία ασθένεια γίνεται με τη λήψη δειγμάτων από τις αλλοιώσεις που παρατηρούνται και καλλιέργεια χρησιμοποιώντας θρεπτικά υλικά κατά περίπτωση.
- Μετά την ανάπτυξη αποικιών μπορεί να γίνει η ταυτοποίηση του αιτιολογικού παράγοντα. Εάν υφίσταται ο κατάλληλος εξοπλισμός, η διάγνωση της νόσου μπορεί να γίνει απευθείας σε δείγματα ιστών με ανοσολογικές ή μοριακές μεθόδους.
- Τυπικά όμως, εδώ και πολλές δεκαετίες τα βακτήρια ταυτοποιούνται βάσει των μορφολογικών, καλλιεργητικών και βιοχημικών χαρακτηριστικών τους.

■ Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Τέτοια είναι:

■ α) Ο τύπος του κυτταρικού τοιχώματος (θετικό ή αρνητικό κατά χρώση Gram).

■ β) Η μορφή του βακτηρίου.

■ γ) Το μέγεθός του.

■ δ) Εάν σχηματίζει σπόρους, φέρει κάψα ή ενδοκυτταρικά κοκκία.

■ ε) Εάν φέρει μαστίγιο (πολικό ή περίτριχο) ή ινίδια.

■ Gram (+) versus Gram (-)

■ Και οι δύο τύποι βακτηριακών κυττάρων φέρουν κυτταρικό τοίχωμα που καλύπτει τη μεμβράνη του κυττάρου.

■ Στα Gram(+) βακτήρια το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται κυρίως από ένα σύμπλεγμα πεπτιδογλυκάνης και τοιχοϊκών ή τοιχουρονικών οξέων.

■ Στα Gram(-) βακτήρια εξωτερικά της κυτταρικής μεμβράνης υπάρχει η εξωκυτταρική μεμβράνη που αποτελείται από λιποπολυσακχαρίδια, φωσφολιπίδια, γλυκολιπίδια και πρωτεΐνες, ενώ κάτω από την εξωκυτταρική μεμβράνη υπάρχει το σταθερό στρώμα, μία ακόμη μεμβράνη, που μοιάζει με το κυτταρικό τοίχωμα των Gram(+) βακτηρίων.

- Καλλιεργητικά χαρακτηριστικά.
- α) Η εμφάνιση της αποικίας.
- β) Η παραγωγή χρωστικής και τα χαρακτηριστικά της (διάχυση, διαλυτότητα, χρώμα).
- γ) Η κινητικότητα του μικροοργανισμού.
- δ) Η απαίτησή του σε οξυγόνο.
- ε) Η αντοχή του στη θερμοκρασία, στο pH, σε άλας και η ευαισθησία του σε χημικές ουσίες.

- Βιοχημικά χαρακτηριστικά. Τα βακτήρια μπορούν να ταυτοποιηθούν με ευκολία με μία σειρά βιοχημικών δοκιμασιών. Αυτές ελέγχουν την παραγωγή συγκεκριμένων ενζύμων και τη ζύμωση σακχάρων. Οι δοκιμασίες αυτές έχουν μάλιστα τυποποιηθεί και κυκλοφορούν στο εμπόριο ως έτοιμα τεστ για χρήση.

- Ορολογικές και μοριακές εξετάσεις. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει ρουτίνα οι εξετάσεις ταυτοποίησης των βακτηρίων (και επιβεβαίωσης της διάγνωσης) με τη βοήθεια ανοσολογικών και μοριακών δεικτών.

Βακτηριακές ασθένειες των ψαριών

- Έχουν σαν συνέπεια πολύ μεγάλες απώλειες τόσο σε καλλιεργούμενα όσο και σε άγρια ψάρια.
- Οι περισσότεροι από τους αιτιολογικούς μικροοργανισμούς είναι φυσικά σαπρόφυτα του υδάτινου περιβάλλοντος τα οποία χρησιμοποιούν τις οργανικές ουσίες και τα άλατα του περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό τους.
- Αυτοί οι μικροοργανισμοί είναι ουσιαστικά ευκαιριακά παθογόνα τα οποία μολύνουν οργανισμούς που έχουν καταστεί ευαίσθητοι στις μολύνσεις από παράγοντες στρες ή από κάποια άλλη ασθένεια.
- Παρ' όλα αυτά μερικά βακτήρια φαίνεται ότι είναι κύρια παθογόνα για τα ψάρια και απαιτείται η μόλυνση του ψαριού για να μπορέσουν να αναπτυχθούν. Ακόμη και αυτά όμως μολύνουν τους ευαίσθητους οργανισμούς κάτω από τις ίδιες συνθήκες που αναφέρθηκαν και για τα ευκαιριακά παθογόνα.

- Τα βακτήρια προκαλούν μετά την εγκατάστασή τους στο ξενιστή ή εξωτερική νόσο που περιλαμβάνει όλα τα επιθήλια που έρχονται σε επαφή με το υδάτινο περιβάλλον ή εσωτερική νόσο με σηψαιμική εικόνα.
- Έχει περιγραφεί εντόπιση βακτηρίων σε όλους τους ιστούς και όργανα ανάλογα με τη νόσο, το υπεύθυνο παθογόνο και το είδος του παρασιτούμενου ψαριού.
- Αν και τα περισσότερα βακτήρια παρατηρούνται στους εξωκυτταρικούς χώρους, υπάρχουν και βακτήρια που διαβιούν ενδοκυτταρικά (ρικέτσιες, χλαμύδιες) διότι χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν θρεπτικά συστατικά ή τις ενεργειακές μεταβολικές οδούς των κυττάρων του ξενιστή για τις ενεργειακές τους ανάγκες (δεν φέρουν τους κατάλληλους μηχανισμούς για παραγωγή ενέργειας με τα δικά τους μέσα).
- Τα μυκοπλάσματα είναι Gram(-) βακτήρια χωρίς κυτταρικό τοίχωμα, πολύ μικρού μεγέθους, με ακαθόριστο σχήμα (αλλάζει ανάλογα με το σε τι γειτνιάζει) τα οποία δεν μπορούν να καλλιεργηθούν στα κοινά μικροβιολογικά υλικά. Μπορούν να επιβιώσουν στα σωματικά υγρά και διαβιούν μέσα στα ευκαρυωτικά κύτταρα από όπου προσλαμβάνουν χοληστερόλη, αμινοξέα, λιπαρά οξέα και DNA χωρίς να προκαλούν το θάνατο του κυττάρου.

- Οι χλαμύδιες είναι υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά βακτήρια γιατί χρειάζονται τις μεταβολικές οδούς των ευκαρυωτικών κυττάρων για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες.
- Το ίδιο συμβαίνει και με τις ρικέτσιες που είναι Gram(-) βακτήρια. Το μέγεθός τους είναι πολύ μικρό και η καλλιέργειά τους γίνεται μόνο σε κυτταροκαλλιέργειες.
- Επιπλέον υπάρχουν και βακτήρια τα οποία μπορεί να βρίσκονται ενδοκυτταρικά για λόγους αποφυγής της δράσης της άμυνας του οργανισμού, αλλά για αυτό το λόγο μόνο.

Επίδραση της μόλυνσης από βακτήρια στα ψάρια

- Για να μπορέσει ένα βακτήριο να προκαλέσει μόλυνση και στη συνέχεια την εκδήλωση νόσου θα πρέπει να ξεπεράσει μία σειρά μη ειδικών και ειδικών αμυντικών μηχανισμών.
- Όπως για τις περισσότερες νόσους των ψαριών και οι βακτηριακές μεταδίδονται μέσω του νερού με λίγες μόνο εξαιρέσεις αλλά και εξαιρετικές περιπτώσεις που η μετάδοση του μικροοργανισμού γίνεται κάθετα από τους γεννήτορες στους απογόνους τους.
- Έτσι το βακτήριο θα πρέπει να διαπεράσει τη βλεννογόνα στιβάδα των εξωτερικών επιθηλίων και του εντέρου, να αποφύγει τη δράση των εκκριτικών αντισωμάτων και τελικά να προσκολληθεί στα επιθηλιακά κύτταρα και είτε να προκαλέσει αλλοιώσεις τοπικά ή να παραληφθεί από λευκοκύτταρα και μέσω αυτών να εισέλθει στον οργανισμό.

- Η μόλυνση και η είσοδος του μικροοργανισμού είναι ευκολότερη όταν τα ψάρια βρίσκονται υπό την επήρεια στρες διότι αυτές οι καταστάσεις επηρεάζουν τη παραγωγή βλέννας αλλά και την έκκριση αντισωμάτων και άλλων μη ειδικών αντιβακτηριακών ουσιών (όπως λυσοζύμη).
- Οι λύσεις συνεχείας του δέρματος από διάφορους τραυματισμούς ανοίγουν διάπλατα το δρόμο για την είσοδο μικροοργανισμών.
- Έτσι μία μόλυνση μπορεί να καταπολεμηθεί στην επιφάνεια του σώματος του ψαριού χωρίς τη εξέλιξη νόσου ή μπορεί να αναπτυχθεί νόσος με αλλοιώσεις ορατές εξωτερικά.
- Ανάλογα με τη σοβαρότητα της προσβολής, τη λοιμικότητα του μολύνοντα μικροοργανισμού και την αμυντική ικανότητα του ψαριού η νόσος μπορεί να καταπολεμηθεί ή να εξαπλωθεί είτε επιφανειακά ή προς τα έσω με αποτέλεσμα το θάνατο του ψαριού.
- Παρόμοια είναι και η εξέλιξη μίας εσωτερικής μόλυνσης. Αυτή μπορεί να καταλήξει στο περιορισμό του βακτηρίου και την καταπολέμησή του ή την ανάπτυξη του μικροοργανισμού και σηψαιμία με κατάληξη το θάνατο.
- Σε ορισμένες βακτηριακές νόσους των ψαριών ο μικροοργανισμός μπορεί να υφίσταται ακόμη και μετά τη καταπολέμησή του χωρίς κλινικά συμπτώματα, οπότε το ψάρι θεωρείται φορέας.

Πρόληψη και θεραπεία των βακτηριακών νόσων των ψαριών

- Η πρόληψη των βακτηριακών ασθενειών ιδιαίτερα για νόσους ενδημικές δεν στηρίζεται στην αποφυγή της εισόδου του μικροοργανισμού στην εκτροφή (όπως γίνεται με τα ιογενή νοσήματα) αλλά στη μείωση της περαιτέρω αύξησης του αριθμού των παθογόνων μικροοργανισμών τηρώντας γενικές αρχές υγιεινής.
- Επειδή οι βακτηριακές ασθένειες συνδέονται κατά κύριο λόγο με καταστάσεις στρες θα πρέπει οι τελευταίες να μειώνονται όσο το δυνατό περισσότερο.
- Αν παρ' όλα αυτά εκδηλωθεί μία νόσος και ταυτοποιηθεί ο αιτιολογικός παράγοντας καθώς και η ευαισθησία του στα αντιβιοτικά τότε εφαρμόζεται θεραπεία όπως θα αναφερθεί σε επόμενα κεφάλαια.

- Η πρόληψη των βακτηριακών ασθενειών μπορεί να γίνει και με τη διενέργεια εμβολιασμών.
- Σε αντίθεση με τα εμβόλια κατά των ιώσεων, τα εμβόλια κατά των βακτηριακών νόσων έχουν πολύ μικρότερο κόστος και είναι εύκολο να παρασκευαστούν αρκεί να έχουν διενεργηθεί οι κατάλληλες εργαστηριακές μελέτες για τη διαπίστωση των προστατευτικών αντιγόνων του παθογόνου μικροοργανισμού.
- Η πρόληψη των βακτηριακών νόσων με τη διενέργεια εμβολιασμών θα παρουσιαστεί λεπτομερώς σε επόμενα κεφάλαια.

ΜΥΚΗΤΕΣ

- Οι μύκητες είναι μέλη των θαλλοφύτων που με τη σειρά τους ανήκουν στο βασίλειο των φυτών.
- Τα θαλλόφυτα διαφέρουν από τα άλλα φυτά από την παντελή έλλειψη χλωροφύλλης. Η έλλειψη χλωροφύλλης σημαίνει ότι δεν μπορούν να είναι αυτότροφοι οργανισμοί και έτσι αναγκάζονται να σαπροφουτούν στο έδαφος, στο νερό και να παρασιτούν σε άλλους οργανισμούς για την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων που απαιτούνται για την ανάπτυξή τους.
- Οι μύκητες που παρασιτούν στα ψάρια είναι σχετικά λίγοι σε αριθμό αλλά είναι πολύ δύσκολο να ταξινομηθούν.
- Πράγματι, πολλοί από αυτούς ταξινομήθηκαν ως ατελείς μύκητες (*Deuteromycotina*) διότι έχουν γίνει γνωστοί από την ασεξουαλική τους μορφή, αν και πιθανολογείται ότι έχουν ή είχαν μια σεξουαλική μορφή.

- Οι περισσότεροι μύκητες είναι κοινοκυτταρικοί οργανισμοί και διακρίνονται από μία χαρακτηριστική βλαστική μορφή που είναι γνωστή ως μυκήλιο.
- Το μυκήλιο αποτελείται από μία πολυπυρηνική μάζα κυτταροπλάσματος που περιέχεται σε ένα σύστημα διακλαδιζόμενων σωλήνων οι οποίοι έχουν αρκετά σταθερή διάμετρο.
- Οι σωλήνες αυτοί αποτελούν μία προστατευτική κατασκευή που είναι ανάλογη προς το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων.
- Το μυκήλιο προκύπτει από τη βλάστηση και την ανάπτυξη ενός αναπαραγωγικού κυττάρου ή σπορίου.
- Το σπόριο των μυκήτων που ονομάζεται και κονίδιο, με τη βλάστησή του μετατρέπεται σε ένα νήμα που ονομάζεται υφή η οποία ύστερα από διαδοχικές διακλαδώσεις μετατρέπεται σε μυκήλιο.
- Καθώς το μυκήλιο επεκτείνεται είναι δυνατό το κυτταρόπλασμα να εξαφανιστεί από τις κεντρικές περιοχές παλιών υφών.
- Το μέγεθος του μυκηλίου δεν είναι σταθερό και εξαρτάται από την ύπαρξη θρεπτικών συστατικών.

- Οι μύκητες πολλαπλασιάζονται συνήθως με το σχηματισμό μονοπύρηνων ή πολυπύρηνων σπορίων που ελευθερώνονται από τις κορυφές των υφών.
- Τα σπόρια και τα μυκήλια στις πιο πολλές περιπτώσεις δεν έχουν την ικανότητα μετακίνησης αν και στο εσωτερικό του μυκηλίου παρατηρείται κάποιου είδους ρευματοειδής κίνηση του κυτταροπλάσματος.
- Οι πιο πολλοί μύκητες ζουν ελεύθεροι στο έδαφος ή σε νερά, ενώ λίγα είδη μυκήτων είναι παράσιτα άλλων οργανισμών.
- Οι μύκητες που παρασιτούν στα ψάρια ανήκουν κατά κύριο λόγο στα Ευμυκωτά ή αληθινούς μύκητες.
- Οι τελευταίοι έχουν υποδιαιρέσεις από τις οποίες τα Μαστιγομυκώτινα είναι η ομάδα που περιέχει τους πιο συχνά απαντώμενους μύκητες των ψαριών.
- Η ομάδα αυτή χαρακτηρίζεται από είδη με ένα τυπικό κινητό σεξουαλικό στάδιο και είτε ένα κινητό (*Saprolegnia*) ή μη κινητό (*Achlya*) ασεξουαλικό στάδιο.
- Τα Ζυγομυκώτινα που χαρακτηρίζονται από το ότι έχουν βιολογικό κύκλο χωρίς κινητά στάδια, είναι η άλλη ομάδα των Ευμυκωτά η οποία συμπεριλαμβάνει σημαντικά παθογόνα των ψαριών.

- Στην Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια και ειδικά στην Ελλάδα τα ευρύαλα ψάρια δεν εμφανίζουν μυκητιάσεις σε τέτοιο βαθμό που να αποτελούν πρόβλημα.
- Προβλήματα παρουσιάζονται στις υδατοκαλλιέργειες γλυκών υδάτων από δύο είδη μυκήτων.
- Το είδος *Saprolegnia* (Saprolegniales, Oomycetes, Mastigomycotina) και το είδος *Ichthyophonus hoferi* (Entomophthorales, Zygomycotina).
- Οι μυκητιάσεις των ψαριών συνδέονται με κακές συνθήκες εκτροφής και για την ιχθυοφονίαση με τάισμα των ψαριών με υπολείμματα από άλλα ψάρια.
- Η εντόπιση των αλλοιώσεων στις μυκητιάσεις είναι κατά κύριο λόγο εξωτερική στις επιφάνειες του σώματος (σαπρολεγνίαση) σε ορισμένες νόσους όμως παρατηρείται και εσωτερική εντόπιση.
- Πρόληψη των μυκητιάσεων γίνεται με τήρηση σωστών συνθηκών εκτροφής και διατροφής.
- Σε ότι αφορά τη θεραπεία, για τις εξω-μυκητιάσεις εφαρμόζονται αντιμυκητιακά λουτρά, ενώ σε ενδο-μυκητιάσεις δεν υπάρχει θεραπεία.
- Πρόληψη με εμβολιασμό δεν εφαρμόζεται.

ΠΑΡΑΣΙΤΑ

- Πολλά φύλα του ζωικού βασιλείου έχουν αντιπροσώπους που παρασιτούν στα ψάρια. Ο αριθμός των ειδών που παρασιτούν στα ψάρια μετράται σε χιλιάδες και πολλά ακόμη παραμένει να ανακαλυφθούν. Λίγα από αυτά αποτελούν σοβαρά παθογόνα των ψαριών.
- Τα περισσότερα άγρια ή/και καλλιεργούμενα ψάρια παρασιτούνται όμως, στο πλείστο των περιπτώσεων, δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλοιώσεις στους ξενιστές.
- Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις σε καλλιεργούμενα ψάρια έχουν αναφερθεί σοβαρές επιζωοτίες. Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού ψαριών υπό περιορισμό κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να προάγει την ανάπτυξη κάποιου παρασιτικού είδους έτσι ώστε ο πληθυσμός του να ανέλθει σε υψηλά επίπεδα.
- Ο αριθμός των παρασίτων που απαιτείται για να προκληθεί βλάβη στο ψάρι ξενιστή ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του ξενιστή αλλά και τα επίπεδα υγείας του. Πολλά είδη παρασίτων είναι ειδικά για τον ξενιστή τους έως ένα βαθμό και είναι ικανά να μολύνουν ένα ή μόνο περιορισμένο αριθμό ξενιστών.

Τα σημαντικότερα είδη παρασίτων της Μεσογείου

- Αν και έχει αναφερθεί η απομόνωση ή η παρατήρηση μεγάλου αριθμού παρασίτων επί του παρόντος θα αναφερθούμε μόνο σε εκείνα που προκαλούν σημαντικές βλάβες ή που απαντώνται συχνότερα στις Μεσογειακές ιχθυοκαλλιέργειες (αλμυρού και γλυκού ύδατος).
- Τα είδη των παρασίτων μπορεί να είναι μονοκύτταροι οργανισμοί όπως τα πρωτόζωα ή πολυκύτταροι οργανισμοί όπως οι σκώληκες και τα αρθρόποδα.
- Οι βλάβες που μπορούν να προκαλέσουν είναι από απλοί ερεθισμοί έως έντονες αλλοιώσεις που μπορεί να οδηγήσουν στο θάνατο και η εντόπιση μπορεί να είναι εξωτερική σε όλα τα επιθήλια ή εσωτερική σε όλους τους ιστούς και όργανα.
- Κάποια παράσιτα έχουν πολύπλοκο βιολογικό κύκλο και απαιτούν για την ολοκλήρωσή του κάποιο ενδιάμεσο ξενιστή όταν ο τελικός είναι το ψάρι ενώ για κάποια άλλα παράσιτα τα ψάρια είναι οι ενδιάμεσοι ξενιστές.

- Τα σημαντικότερα είδη παρασίτων που προκαλούν προβλήματα στα ευρύαλα ψάρια της Μεσογείου είναι:
- 1) Εξωπαράσιτα
- 1.1 Πρωτόζωα
- *Amyloodinium ocellatum*, *Cryptobia* spp., *Cryptocaryon irritans*, *Trichodina* spp.
- 1.2. Μονογενή Τρηματώδη
- *Microcotyle* spp., *Lamellodiscus* spp., *Gyrodactylus* spp., *Furnestinia* spp., *Diplectanum* spp., *Serranicotyle* spp.
- 1.3. Καρκινοειδή
- 1.3.1. Ισόποδα
- *Anilocra physodes*, *Nerocila obignyi*
- 1.3.2. Κωπήποδα
- *Ergasilus* spp., *Caligus* spp., *Lernathropus* spp., *Larnaecocera* spp.

- 2) Ενδοπαράσιτα
- 2.1. Πρωτόζωα
- 2.1.1. Μικροσπορίδια
- *Pleistophora spp.*
- 2.1.2. Ριζόποδα
- *Paramoeba spp.*
- 2.1.3. Μυξοσπορίδια
- *Ceratomyxa spp., Myxidium leei n. sp., Sphaerospora spp., Polysporoplasma sparisi, Henneguya spp., Kudoa spp., Zschokkela mugilis n. sp.*
- 2.1.4. Κοκκίδια
- *Eimeria spp.*
- 2.1.5. Νηματώδη
- *Anisakis spp.*

- Τα σημαντικότερα είδη που προκαλούν προβλήματα στα ψάρια των γλυκών υδάτων είναι:

- 1) Εξωπαράσιτα

- 1.1. Πρωτόζωα

- *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina* spp. *Myxidium* spp. *Dermocystidium anguillae*

- 1.2. Τρηματώδη

- *Pseudodactylogyrus* spp.

- 2) Ενδοπαράσιτα

- 2.1. Νηματώδη

- *Capillaria* spp., *Anguillicola crassus*.

- **Πρόληψη και θεραπεία των παρασιτώσεων των ψαριών**
- Η πρόληψη των παρασιτικών μολύνσεων στα ψάρια είναι περίπλοκη και ειδική κατά περίπτωση παρασιτώσεως ιδιαίτερα σε εκείνα τα παρασιτικά είδη που έχουν έμμεσο βιολογικό κύκλο (απαιτούν ενδιάμεσο ξενιστή).
- Γενικά όμως θα πρέπει να τηρούνται σωστές συνθήκες εκτροφής και υγιεινής και να απομακρύνονται ει δυνατόν τα άγρια ψάρια.
- Πρόληψη με τη διενέργεια εμβολιασμών δεν υπάρχει αν και για ορισμένες παρασιτώσεις κάτι τέτοιο θα ήταν θεμιτό και πρακτικά επιτεύξιμο.
- Η θεραπεία των παρασιτώσεων γίνεται για τις μεν εξωπαρασιτώσεις με διάφορα απολυμαντικά ή αντιπαρασιτικά μπάνια για τις δε ενδοπαρασιτώσεις με τη χορήγηση αντιπαρασιτικών δια του στόματος.
- Πολλές φορές όμως οι αλλοιώσεις που προκαλούνται στους ιστούς των ψαριών τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά αποκλείουν το ψάρι από την κατανάλωση.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ

- **Θεραπεία**
- Από τα πρώτα κιόλας περιστατικά ασθενειών—επιτυχής θεραπεία με τη χορήγηση αντιβιοτικών ή άλλων χημειοθεραπευτικών ουσιών.
- Κακές θεραπευτικές αγωγές + υπέρμετρη χρήση αντιβιοτικών--μία δεκαετία= οι νοσογόνοι μικροοργανισμοί απέκτησαν ανθεκτικότητα
- Τα αντιβιοτικά που είναι εγκεκριμένα και νόμιμα διαθέσιμα στην Ελληνική αγορά για τις υδατοκαλλιέργειες είναι περιορισμένα σε αριθμό και για όλα αυτά έχει περιγραφεί ανθεκτικότητα στους νοσογόνους μικροοργανισμούς των ψαριών.

■ Συνιστάται:

- α) να γίνεται περιστροφική χρήση
- β) οι αγωγές να είναι πάντοτε θεραπευτικές και όχι προληπτικές
- Η εφαρμογή θεραπευτικών αγωγών γίνεται:
- με την τροφή στις μονάδες πάχυνσης
- με μπάνιο στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς.

■ Η χορήγηση χημειοθεραπευτικών δια του στόματος συμβάλλει ακόμη περισσότερο στην αύξηση της ανθεκτικότητας των νοσογόνων παραγόντων για τους εξής λόγους:

- Α) η θεραπεία γίνεται όταν διαπιστωθεί ότι υπάρχει κάποια νόσος και μετά τη ταυτοποίηση και το αντιβιογράμμα του νοσογόνου παράγοντα
- Β) ακόμη και εάν τα τελευταία δεν έχουν γίνει, η διαπίστωση της νοσηρής κατάστασης γίνεται σχετικά αργά σε σχέση με την εξέλιξη της νόσου
- Γ) ένα από τα πρώτα συμπτώματα που εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις νόσους των ψαριών είναι η ανορεξία
- Δ) όταν επιχειρείται η χορήγηση αντιβιοτικού με τη τροφή αρκετή από αυτή πάει χαμένη και καταλήγει στο πυθμένα κάτω από τον ιχθυοκλωβό, ενώ τα περισσότερα ψάρια δεν λαμβάνουν την ενδεδειγμένη ποσότητα τροφής και κατά συνέπεια την ενδεδειγμένη θεραπευτική δόση του αντιβιοτικού
- Ε) η ύπαρξη αυξημένης ποσότητας αντιβιοτικού στο περιβάλλον συμβάλλει στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας στη φυσική βακτηριακή χλωρίδα αλλά και σε παθογόνα που βρίσκονται κοντά στις εκτροφές
- Στ) η υπο-θεραπευτική δόση αντιβιοτικού που τελικά λαμβάνεται από τα ασθενή ψάρια δεν αδρανοποιεί τους μικροοργανισμούς αλλά τους κάνει πιο ανθεκτικούς στη χορηγούμενη ουσία.

- Γι' αυτούς τους λόγους αποτελεί κοινή Ευρωπαϊκή πεποίθηση ότι η χρήση αντιβιοτικών θα πρέπει να μειωθεί στο ελάχιστο και να γίνεται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, ενώ θα πρέπει να αυξηθούν τα μέτρα πρόληψης των ασθενειών.

■ Οι θεραπείες διακρίνονται σε αντιπαρασιτικές και αντιμικροβιακές.

■ *Αντιπαρασιτικές:* ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία πρωτοζώων και μεταζώων παρασίτων είναι η φορμαδεύδη, το υπεμαγγανικό κάλιο και ο θειικός χαλκός.

■ Η χρήση των αντιπαρασιτικών θεραπευτικών αγωγών γίνεται με εμφάνιση για σύντομο ή μακρύτερο χρονικό διάστημα και σε μερικές περιπτώσεις στην τροφή.

■ *Αντιμικροβιακές:* Η χρήση των αντιμικροβιακών ουσιών με κύρια παραδείγματα το οξολινικό οξύ και την οξυτετρακυκλίνη είναι ευρύτατα διαδεδομένη στις Ελληνικές ιχθυοκαλλιέργειες για την αντιμετώπιση βακτηριακών σηψαιμικών νοσημάτων των ευρύαλων ψαριών.

■ Οι μέθοδοι εφαρμογής αντιμικροβιακών θεραπευτικών αγωγών είναι η προσθήκη του αντιβιοτικού στην τροφή ή η εμφάνιση σε διάλυμα της ουσίας.

- Οι κυριότερες μέθοδοι θεραπευτικής αγωγής είναι:
- - Θεραπεία εμφάνισης (εξωτερική θεραπεία)
- - Συστηματική θεραπεία μέσω της τροφής
- - Συνδυασμός των δύο παραπάνω
- - Θεραπεία σπόγγισης
- - Παρεντερική θεραπεία.
- Οι δύο τελευταίες εφαρμόζονται σπάνια και μόνο σε γεννήτορες (ή ψάρια ενυδρείων).

- α) Θεραπεία εμφύσησης
- Η επιτυχία της εξαρτάται από:
 - α) τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού,
 - β) τη σχέση τοξικότητας / δραστικότητας του φαρμάκου και
 - γ) τη φυσική κατάσταση των ψαριών.

- Θα πρέπει να ελέγχονται πριν και κατά τη διάρκεια της θεραπείας:
 - α) η θερμοκρασία του νερού,
 - β) τα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου,
 - γ) τα επίπεδα αμμωνίας,
 - δ) το pH,
 - ε) η σκληρότητα του νερού και
 - στ) τα διαλυμένα σωματίδια.

- Για τη μείωση κατανάλωσης οξυγόνου και της παραγωγής αμμωνίας συστήνεται νηστεία των ψαριών για 12-48 ώρες πριν την εφαρμογή της θεραπείας. Η εμφάνιση γίνεται συνήθως τις πρωινές ώρες.
- Η τοξικότητα εξαρτάται άμεσα από:
 - α) το φάρμακο,
 - β) την δοσολογία,
 - γ) τις φυσικοχημικές συνθήκες του νερού και
 - δ) την επιβάρυνση του οργανισμού του ψαριού.
- Η θεραπεία εμφάνισης διενεργείται με τις παρακάτω μορφές:
 - μπάνιο,
 - παρατεταμένη εμφάνιση,
 - σύντομη εμφάνιση,
 - έκχυση και
 - θεραπεία ροής.

■ β) Συστηματική θεραπεία

- Η ανάμειξη του φαρμάκου στην τροφή χρησιμοποιείται για θεραπεία συστηματικών βακτηριακών νοσημάτων και παρασιτώσεων του πεπτικού.
- Η εφαρμογή θεραπείας πρέπει να γίνεται έγκαιρα πριν την εγκατάσταση ανορεξίας για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.
- Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει καθοριστικά:
 - α) την απορρόφηση
 - β) το μεταβολισμό του φαρμάκου
 - γ) τη περίοδο παραμονής του στους ιστούς του ψαριού.
- Η αποτυχία της συστηματικής θεραπείας μπορεί να οφείλεται:
 - α) στην αργοπορία εφαρμογής της,
 - β) στη λανθασμένη επιλογή αντιβιοτικού και δοσολογίας,
 - γ) στην ανεπαρκή ανάμειξη της δραστικής ουσίας με τη τροφή κ.ά.

- Για να επιτραπεί η χρήση των αντιβιοτικών στη θεραπεία των βακτηριακών λοιμώξεων των ψαριών θα πρέπει πρώτα να έχει καθοριστεί και δημοσιευθεί το μέγιστο επιτρεπτό όριο καταλοίπου του αντιβιοτικού στη σάρκα του ψαριού.
- Τα μέγιστα όρια καταλοίπων (MRLs) αντιβιοτικών στα ψάρια παρουσιάζονται στον ΚΑΝ ΕC 2377/26-6-1990 όπως έχει μετατραπεί στις 16-6-2008 από τον ΚΑΝ ΕC 542/2008.

- Σύμφωνα με τον κανονισμό τα MRLs για κάποια από τα αντιβιοτικά είναι:
- Oxolinic acid: μέχρι 100μg/kg στους μύες και δέρμα
- Sarafloxacin: μέχρι 30μg/kg στους μύες και δέρμα
- Flumequine: μέχρι 600μg/kg στους μύες και δέρμα
- Deltamethrine: μέχρι 10μg/kg στους μύες και δέρμα
- Tefloibenzourone: μέχρι 500μg/kg στους μύες και δέρμα
- Emamectin B1a: μέχρι 100μg/kg στους μύες και δέρμα

- Πριν τη χρήση τους, ο εισαγωγέας ή παραγωγός ενός σκευάσματος πρέπει να το αδειοδοτήσει καταθέτοντας φάκελο με όλα τα σχετικά στοιχεία στον Εθνικό Οργανισμό Φαρμάκων (ΕΟΦ).
- Τα επί του παρόντος επιτρεπόμενα για χρήση αντιβιοτικά στην ιχθυοκαλλιέργεια στην Ελλάδα είναι τα: oxolinic acid, oxytetracycline, flumequine και ενδυναμωμένες σουλφοναμίδες (sulpfadiazine-trimethoprim).

■ Πρόληψη

- Η πρόληψη των ασθενειών πρέπει να είναι το κύριο μέλημα σε κάθε συστηματική εκτροφή ζωικών οργανισμών.
- Η πρόληψη των ασθενειών παρά η θεραπεία τους είναι αυτή που δίνει μεγαλύτερα οφέλη τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά.
- Η πρόληψη είναι δυνατόν να είναι:
- α) ειδική (χρήση εμβολιακών προγραμμάτων) και
- β) μη ειδική (μέτρα τα οποία αποσκοπούν στη βελτίωση της γενικής κατάστασης των εκτρεφόμενων ειδών είτε αυξάνοντας γενετικά την αντίσταση στις ασθένειες ή βελτιώνοντας τις συνθήκες διαχείρισης)

- α) Μη ειδική πρόληψη

- Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για:

- α) την μέθοδο εκτροφής,

- β) τη διατροφή των ψαριών και

- γ) το γενετικό τους υπόβαθρο

- ούτως ώστε να μειώνονται:

- α) οι πιθανότητες εισόδου νοσογόνων παραγόντων σε μία εκτροφή και

- β) η ευπάθεια των εκτρεφόμενων ζώων στις ασθένειες, αναφέρθηκαν

■ β) Ειδική πρόληψη

- Διενέργεια εμβολιασμών---πρόκληση ανοσολογικής αντίδρασης από τα ανοσοποιημένα ζώα έναντι του νοσογόνου παράγοντα.
- Στόχος η προετοιμασία του ανοσοποιητικού συστήματος των ψαριών για την αντιμετώπιση μίας ενδεχόμενης ασθένειας.

ΤΟ ΑΝΟΣΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΤΕΛΕΟΣΤΕΩΝ ΙΧΘΥΩΝ

- Τα ψάρια, όπως και άλλα σπονδυλωτά, για να καταπολεμήσουν τους μικροοργανισμούς που απειλούν την υγεία τους φέρουν μία μεγάλη ποικιλία αμυντικών μηχανισμών.
- Φυσικά (λέπια, δέρμα, βλέννα) και βιοχημικά (λυσοζύμη) εμπόδια προλαμβάνουν την είσοδο των περισσοτέρων μολυσματικών παραγόντων στο ξενιστή.
- Όμως, όταν η ομοιοστασία του τελευταίου διαταραχθεί από μία ποικιλία παραγόντων στρες τότε μπορεί να υπάρξει μόλυνση και νόσος.
- Τότε όμως ενεργοποιούνται οι ανοσολογικοί αμυντικοί μηχανισμοί οι οποίοι μειώνουν τη διάρκεια της μόλυνσης καταπολεμώντας τον μολυσματικό παράγοντα, αποσοβώντας το θάνατο του ψαριού.
- Γενικά, οι ανοσολογικές αντιδράσεις χωρίζονται σε δύο κύρια συστήματα: το εσωτερικό (ή μη συνδυαζόμενο) και το προσαρμοσμένο (ή συνδυαζόμενο) συστήματα ανοσίας.

- Η προσαρμοσμένη ανοσολογική αντίδραση χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ειδικότητα και τη δημιουργία μνήμης.
- Και τα δύο ανοσολογικά συστήματα συμπεριλαμβάνουν κύτταρα (λευκοκύτταρα) και χυμικούς παράγοντες υπεύθυνα για μία επιτυχή ανοσολογική αντίδραση.
- Έτσι, ενώ τα φαγοκύτταρα (μακροφάγα / μονοκύτταρα), τα κοκκιοκύτταρα (ουδετερόφιλα, εωσινόφιλα, βασεόφιλα) και τα μη ειδικά κυτταροτοξικά κύτταρα είναι χαρακτηριστικά του εσωτερικού ανοσολογικού συστήματος, τα λεμφοκύτταρα (T και B λεμφοκύτταρα) είναι απαραίτητα για όλες τις προσαρμοσμένες ανοσολογικές αντιδράσεις.
- Η λυσοζύμη, το συμπλήρωμα, οι ιντερφερόνες (α, β και γ), η C-αντιδρώσα πρωτεΐνη, η τρανσφερρίνη, οι λεκτίνες, η αιμολυσίνη, η πρωτεϊνάσες, η α2-μακρογλοβουλίνη, η χιτινάση και η α-πρεσιπιτίνη αποτελούν χαρακτηριστικά μόρια του εσωτερικού ανοσοποιητικού συστήματος, ενώ η ανοσοσφαιρίνη μπορεί να θεωρηθεί ως το τελικό επιδρών μόριο μίας προσαρμοσμένης ανοσολογικής αντίδρασης.

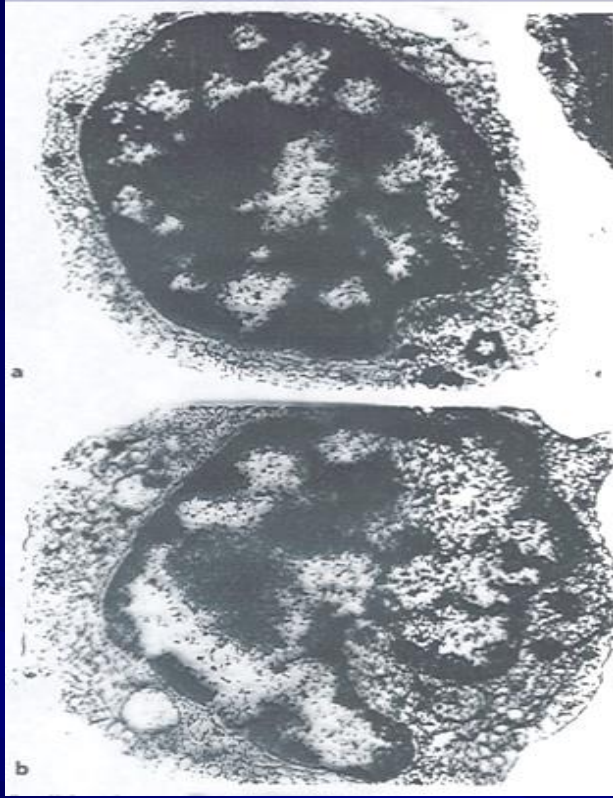
- Στη πράξη, και τα δύο συστήματα αλληλεπιδρούν σε σημαντικό βαθμό, κυρίως διαμέσω της απελευθέρωσης διαλυτών παραγόντων (κυτοκίνες και διαμεσολαβητές φλεγμονής) που εμπλέκονται στην επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων των συστημάτων.
- Η παρουσίαση αντιγόνων από τα φαγοκύτταρα και η ευκολότερη αναγνώριση αντιγόνων που έχουν οψωνοποιηθεί με αντίσωμα αποτελούν άλλα παραδείγματα της αλληλεπίδρασης των δύο συστημάτων.
- Οι περισσότερες ανοσολογικές αντιδράσεις αποτελούνται από μία ποικιλία παραγόντων και από τα δύο συστήματα με κυριαρχία του εσωτερικού κατά τα πρώτα στάδια της μόλυνσης και έμφαση του προσαρμοσμένου συστήματος στα τελικά στάδια.
- Σημασία για την πρόληψη των ασθενειών των ψαριών διαμέσω εμβολιασμών έχει το προσαρμοσμένο ανοσολογικό σύστημα και σε αυτό θα σταθούμε λίγο περισσότερο παρακάτω.

Κύτταρα που εμπλέκονται στην προσαρμοσμένη ανοσολογική αντίδραση

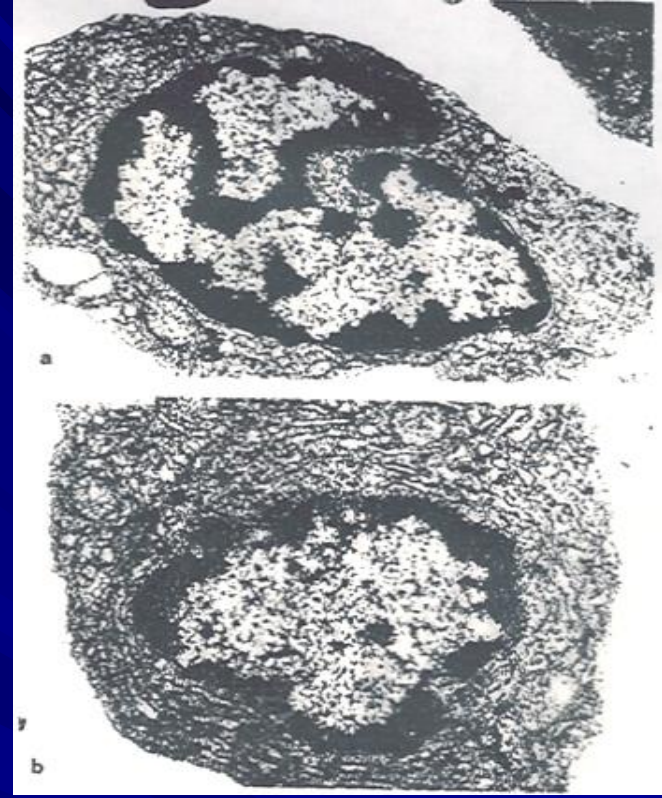
- Όλες οι ανοσολογικές αντιδράσεις των σπονδυλωτών γίνονται από τα λευκοκύτταρα.
- Όπως και στα θηλαστικά, τα λευκοκύτταρα των ψαριών μπορούν να ταξινομηθούν στα T και B λεμφοκύτταρα, τα μονοκύτταρα / μακροφάγα και τα κοκκιοκύτταρα.
- Τα λεμφοκύτταρα αποτελούν τον κυτταρικό τύπο που είναι απαραίτητος για την προσαρμοσμένη ανοσολογική αντίδραση διότι εκφράζουν την ετεροδιμερή ανοσοσφαιρίνη ή υποδοχείς των T λεμφοκυττάρων που δρουν ως μονάδες ειδικής αναγνώρισης ενός αντιγόνου.
- Απ' ότι φαίνεται στη βιβλιογραφία, το προσαρμοσμένο ανοσοποιητικό σύστημα υπάρχει σε όλα τα σπονδυλωτά που φέρουν σιαγόνες και λείπει από τους κυκλόστομους ιχθύες, τα κατώτερα χορδωτά και τους πρωτόστομους.
- Μπορούμε να διακρίνουμε δύο τύπους προσαρμοσμένων ανοσολογικών αντιδράσεων: την κυτταρική ανοσία, η οποία παρέχεται από κύτταρα που προέρχονται από τον θύμο και τη χυμική ανοσία, η οποία συμπεριλαμβάνει την παραγωγή αντισωμάτων από τα πλασμοκύτταρα.

■ Τ-Λεμφοκύτταρα

- Τα Τ-λεμφοκύτταρα (Εικόνα 6.1, 6.2) χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη στην εξωτερική επιφάνεια της κυτταρικής μεμβράνης ειδικών αντιγονικών υποδοχέων και την έκφραση μορίων τα οποία εμπλέκονται στην επικοινωνία μεταξύ κυττάρων και καθορίζουν τις υποομάδες των Τ-λεμφοκυττάρων οι οποίες υπεισέρχονται σε διαφορετικές λειτουργίες.
- Λόγω έλλειψης ειδικών δεικτών για την αναγνώριση αυτών των υποδοχέων και μορίων είναι δύσκολη η διαπίστωση των υποομάδων αυτών.



Εικ. 6.1. (α): Μικρό λεμφοκύτταρο το οποίο μπορεί να εξελιχθεί σε T ή B λεμφοκύτταρο. Πριν την ενεργοποίηση του λεμφοκυττάρου δεν είναι εύκολος ο διαχωρισμός σε T ή B λεμφοκύτταρο. Μεγέθυνση 60.000x.
(β) : T λεμφοκύτταρο με λίγο κοκκώδες ενδοπλασματικό δικτυωτό το οποίο είναι γεμάτο με ελεύθερα ριβοσώματα. Μεγέθυνση 28.000x.



Εικ. 6.2. (α) : B λεμφοκύτταρο το οποίο περιέχει μεγάλη ποσότητα ενδοπλασματικού δικτυωτού. Μεγέθυνση 28.000x.
(β) : Πλασματοκύτταρο (διεγερμένο B λεμφοκύτταρο) το οποίο περιέχει υψηλή ποσότητα ενδοπλασματικού δικτυωτού (διατεταγμένο εξαιτίας των παραγόμενων αντισωμάτων). Μεγέθυνση 28.000x.

- Έτσι, ο διαχωρισμός τους ανάλογα με την λειτουργία τους σε T κυτταροτοξικά κύτταρα και σε T βοηθητικά κύτταρα έχει γίνει εμμέσως μετά από μελέτες της λειτουργίας τους κάτω από πειραματικές συνθήκες, όπως: αντιδράσεις μικτών πληθυσμών λεμφοκυττάρων, απόρριψη μοσχεύματος, πειραματισμούς με απτένιαφορείς και μέσω της παραγωγής του παράγοντα ενεργοποίησης των μακροφάγων.
- Περαιτέρω μελέτες έχουν συμπεράνει ότι τα T-λεμφοκύτταρα των ψαριών έχουν ενισχυτικό ή ρυθμιστικό ρόλο παρόμοιο με αυτόν των ανώτερων σπονδυλωτών παίζοντας κεντρικό ρόλο στις ανοσολογικές αντιδράσεις έναντι πρωτεϊνικών αντιγόνων (T-εξαρτώμενα) συνθέτοντας και απελευθερώνοντας τις απαραίτητες ιντερλευκίνες για την διαφοροποίηση των B-λεμφοκυττάρων μετά την κατεργασία και παρουσίαση του αντιγόνου από τα συνεργά κύτταρα (accessory cells) τα οποία φέρουν κύρια αντιγόνα ιστοσυμβατότητας.

■ Β-Λεμφοκύτταρα

- Όπως και στα ανώτερα θηλαστικά, τα Β-λεμφοκύτταρα των ψαριών (Εικόνα 6) εκφράζουν μόρια ανοσοσφαιρίνης στην επιφάνειά τους, η οποία δρα ως ειδικός αντιγονικός υποδοχέας.
- Μελέτες με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έδειξαν ότι η ανοσοσφαιρίνη επιφανείας απαντάται κυρίως ομαδοποιημένη κατά περιοχές στην εξωτερική μεμβράνη των Β-λεμφοκυττάρων.
- Όπως και στα θηλαστικά, τα Β-λεμφοκύτταρα των ψαριών αναδιοργανώνουν τις βαριές αλυσίδες των ανοσοσφαιρινών και αποκλείουν αλληλουχίες κατά τη δημιουργία τους.
- Τα περισσότερα Β-λεμφοκύτταρα εκφράζουν στην επιφάνειά τους τη κλάση II των κύριων αντιγόνων ιστοσυμβατότητας τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στις αλληλεπιδράσεις (παρουσίαση του αντιγόνου) με τα Τ-λεμφοκύτταρα.
- Μονοκλωνικά αντισώματα που αναγνωρίζουν την ανοσοσφαιρίνη διαφόρων ειδών ψαριών έδειξαν ότι υπάρχει ετερογένεια μεταξύ των Β-λεμφοκυττάρων.

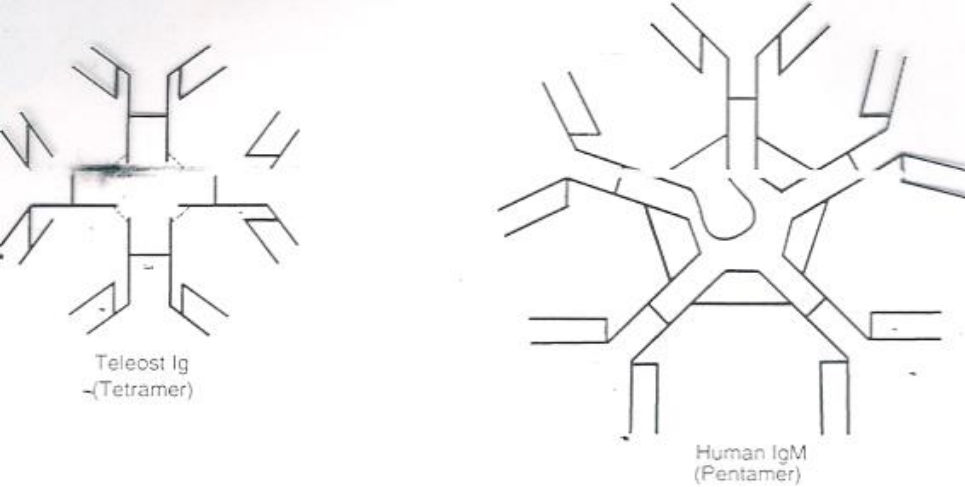
- Επιπλέον, έχειδειχθεί ότι στα ενήλικα ψάρια η αναλογία των κυττάρων που φέρουν μόρια ανοσοσφαιρίνης στην εξωτερική τους μεμβράνη είναι μεγαλύτερη σε πληθυσμούς λεμφοκυττάρων επί των λευκοκυττάρων του αίματος και ακολουθούν ο σπλήνας, ο πρόσθιος νεφρός και το έντερο, ενώ οι ποσότητές τους στο θύμο είναι αμελητέες.
- Η παραγωγή των Β-λεμφοκυττάρων μπορεί να διεγερθεί από πολυσακχαρίτες (αντιγόνα Τ-μη εξαρτώμενα) και αυτά μπορούν να διαφοροποιηθούν σε κύτταρα που παράγουν αντισώματα με την βοήθεια μίας ιντερλευκίνης-1 που παράγεται από βοηθητικά κύτταρα όπως μονοκύτταρα ή μακροφάγα..

- *Κύτταρα που παρουσιάζουν αντιγόνα*
- Όπως και στα θηλαστικά, τα μονοκύτταρα / μακροφάγα και τα Β-λεμφοκύτταρα αποτελούν τα κύρια κύτταρα που εμπλέκονται στη παρουσίαση του αντιγόνου παίζοντας σημαντικό ρόλο στην προσαρμοσμένη ανοσολογική αντίδραση.
- Αυτά τα κύτταρα είναι πλούσια σε μόρια των κύριων αντιγόνων ιστοσυμβατότητας κλάση II τα οποία είναι σημαντικά για τη παρουσίαση αντιγονικών πεπτιδίων, τα οποία προέρχονται από εξωγενείς πρωτεΐνες, στα Τ-βοηθητικά λεμφοκύτταρα βοηθώντας έτσι στην εκκίνηση των προσαρμοσμένων ανοσολογικών αντιδράσεων.
- Τα κύρια αντιγόνα ιστοσυμβατότητας στα ψάρια λειτουργούν παρόμοια με αυτά των θηλαστικών.
- Στη περίπτωση των αντιγόνων που εισέρχονται στα κύτταρα που παρουσιάζουν τα αντιγόνα με τη συνεργασία της κλάσης II κύριων αντιγόνων ιστοσυμβατότητας, αρχικά εντοπίζονται εντός των ενδοσωμάτων / λυσοσωματίων αυτών των κυττάρων.
- Κατόπιν γίνεται αποδόμηση των αντιγόνων και ανακατανομή τους στη μεμβράνη των κυττάρων για τη παρουσίασή τους στα Τ-λεμφοκύτταρα.

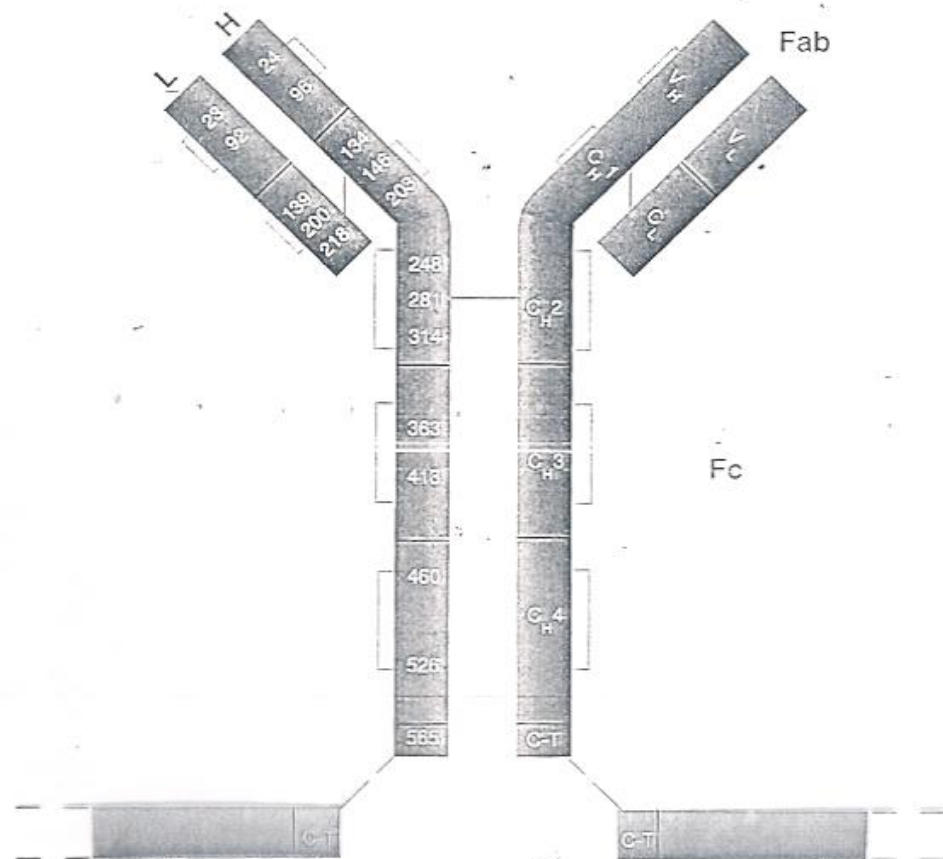
Οι ανοσοσφαιρίνες των τελεοστέων ιχθύων

- Το μόριο της ανοσοσφαιρίνης (αντισώματος) είναι υπεύθυνο για πολλές διεργασίες κατά την ειδική ανοσία ενάντια σε κάποιο παθογόνο.
- Εμφανίζεται σε όλα τα γναθόστομα σπονδυλωτά και ανήκει σε έναν τύπο πρωτεϊνών που βιοχημικά καθορίζονται ως ανοσοσφαιρίνες εξαιτίας των χαρακτηριστικών δομών της στερεοχημικής τους δομής.
- Η ανοσοσφαιρίνη του ορού στα ψάρια κυμαίνεται από πολύ μικρές ποσότητες στα σολωμοειδή (περίπου 1mg/ml, 2-6% της συνολικής πρωτεΐνης του ορού) σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις στα ολόστεα ψάρια (14-17mg/ml, 40-50% της συνολικής πρωτεΐνης του ορού).
- Χαμηλότερες συγκεντρώσεις βρίσκονται στη βλέννα, στη χολή και στα αυγά.

- *Μοριακός και βιοχημικός χαρακτηρισμός*
- Στα ψάρια υπάρχουν λίγες κλάσεις αντισωμάτων με τον κύριο τύπο να αντιστοιχεί στην ανοσοσφαιρίνη Μ των θηλαστικών.
- Η κύρια δομή του μορίου του αντισώματος φαίνεται ότι είναι τετραμερής (Εικόνα 7) , το μοριακό του βάρος κυμαίνεται από 600-900 KD και περιέχει έως 16% σάκχαρα.
- Το μόριο αποτελείται από τέσσερις μονομερείς μονάδες σε σχήμα Υ που συνολικά σχηματίζουν 8 θέσεις σύνδεσης με ένα αντιγόνο.



Εικ. 7. Το μόριο της ανοσοσφαιρίνης των τελεοστέων ιχθύων σε σχέση με την ανοσοσφαιρίνη M του ανθρώπου. Λεπτομερής δομή των βαρέων και ελαφρών αλυσίδων των υπομονάδων της ανοσοσφαιρίνης των ιχθύων.

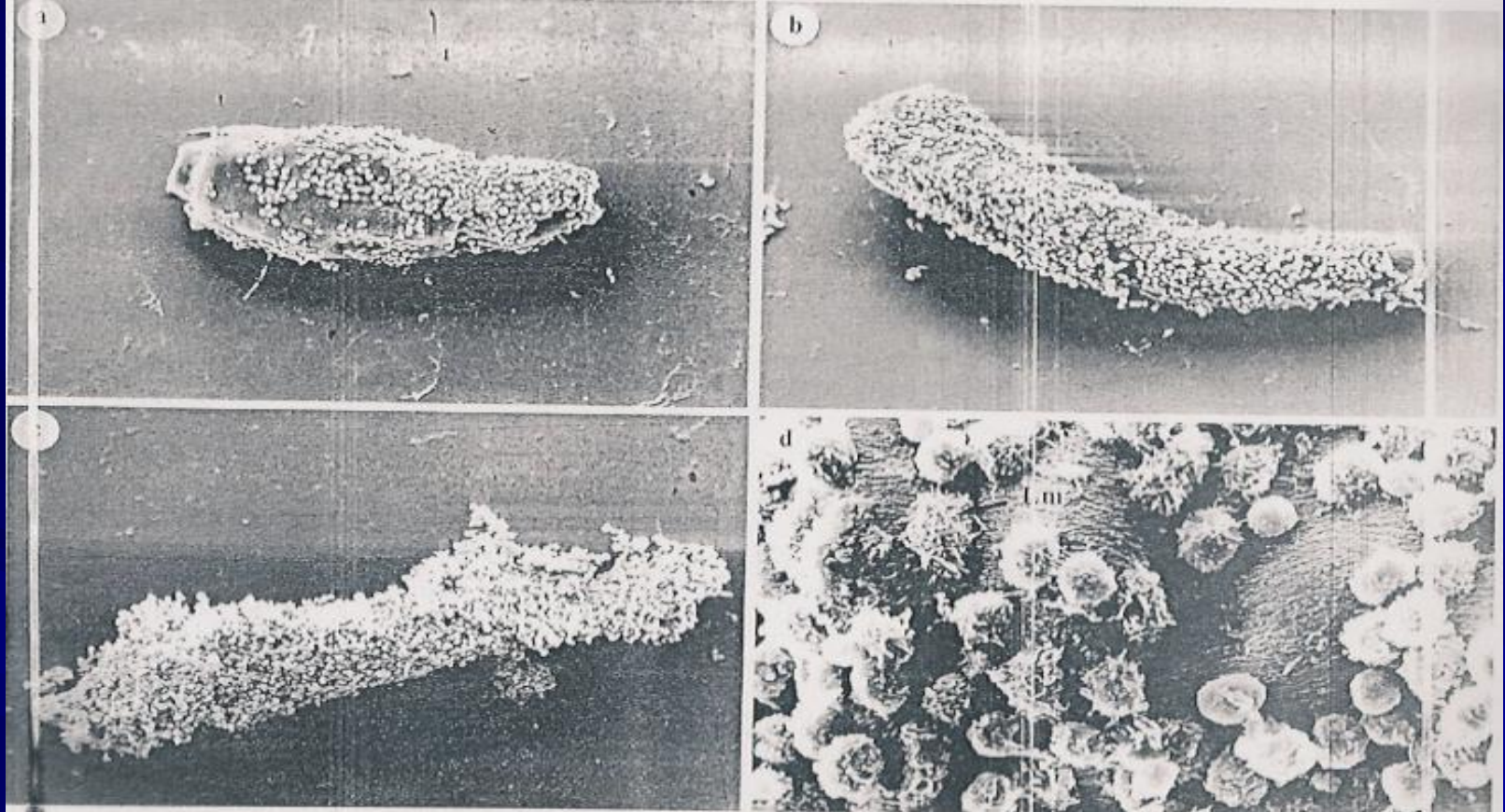


- Σε αντίθεση με τα θηλαστικά, τα ψάρια έχουν τη δυνατότητα σημαντικής δομικής ποικιλίας του μορίου της ανοσοσφαιρίνης με τη δημιουργία διαφόρων δεσμών μεταξύ των μερών του μορίου («ημιμερή», μονομερή, διμερή και τριμερή) του τετραμερούς αντισώματος.
- Έτσι τα ψάρια αντί να χρησιμοποιούν διαφορετικά γονίδια βαρέων αλυσίδων ανοσοσφαιρίνης για να δημιουργήσουν τους διάφορους ισότυπους (κλάσεις) που παρατηρούνται στα θηλαστικά, χρησιμοποιούν διαδικασίες μετά τη δημιουργία των μερών του αντισώματος για την έκκριση των παραπάνω ημιμερών, μονομερών, διμερών και τριμερών, συμπεριλαμβανομένης και της τετραμερούς μορφής.
- Αν και έχουν περιγραφεί στα ψάρια χαμηλού μοριακού βάρους ανοσοσφαιρίνες που μπορεί να σχετίζονται με την M, κάποια δομική ή λειτουργική σχέση με την ανοσοσφαιρίνη G των θηλαστικών δεν έχει αποδειχθεί.
- Παρ' όλα αυτά, κάτω από φυσιολογικές συνθήκες έχει περιγραφεί μία διμερής μορφή ανοσοσφαιρίνης στη βλέννα και τη χολή κάποιου ψαριού διαφορετική από την ανοσοσφαιρίνη του πλάσματος.
- Πρόσφατα μάλιστα μία νέα χιμαιρική βαριά αλυσίδα ανοσοσφαιρίνης που φέρει ομοιότητες με την ανοσοσφαιρίνη D των θηλαστικών περιγράφηκε στο γατόψαρο και το σολωμό του Ατλαντικού.

Χυμική ανοσία

■ Μηχανισμοί που εκκινούν από το αντίσωμα

- Τα μόρια των αντισωμάτων μπορούν να προκαλέσουν την έναρξη διαφόρων μηχανισμών οι οποίοι μπορούν, άμεσα ή έμμεσα, να επηρεάσουν την καταστροφή κάποιου ξένου αντιγόνου.
- Η εξουδετέρωση του αντιγόνου μετά από το μπλοκάρισμα μίας βασικής λειτουργίας του (έναν σημαντικό υποδοχέα, μία περιοχή ενζυματικά ενεργή ή κάποιο καθοριστή τοξικότητας) φαίνεται ότι είναι η πιο άμεση επίδραση του αντισώματος πάνω στο αντιγόνο.
- Η δημιουργία μακρομοριακών συμπλεγμάτων αντιγόνου-αντισώματος αρκετά μεγάλα ούτως ώστε να αποδιαλυτοποιηθούν (καθίζηση όταν το αντιγόνο είναι διαλυτό και συσσωμάτωση όταν το αντιγόνο είναι ένα ολόκληρο κύτταρο) είναι άλλη μία άμεση επίδραση του αντισώματος επί του αντιγόνου.
- Επιπλέον, αυτή η μη διαλυτή ύλη μπορεί πιο εύκολα να φαγοκυτταρωθεί και η συνύπαρξη πολλών αντισωμάτων στο σύμπλεγμα αντιγόνου-αντισώματος επίσης διευκολύνει την ενεργοποίηση του συμπληρώματος ή τη προσκόλληση αντισωμάτων στους ειδικούς υποδοχείς τους πάνω στα φαγοκύτταρα.
- Η τελευταία διαδικασία είναι ένα παράδειγμα οψωνοποίησης, η οποία συνήθως αναφέρεται στην κάλυψη με ειδικά αντισώματα ή άλλα συναφή ανοσολογικά μόρια των κυττάρων των βακτηρίων, μυκήτων και παρασίτων, η οποία συχνά προάγει την φαγοκυττάρωσή τους (Εικόνα 8).



Εικ. 8. Λευκοκύτταρα από τον πρόσθιο νεφρό της πέστροφας προσκολλώμενα σε προκερκοειδή του κεστώδους *Diphyllobotrium dendriticum* (α) σε έλλειψη ορού πέστροφας (x 148), (β) σε παρουσία φυσιολογικού ορού πέστροφας (x 143), (γ) σε παρουσία άνοσου ορού πέστροφας (φέροντος αντισώματα κατά του παρασίτου) (x 130) ή (δ) μεγαλύτερη μεγέθυνση της εικόνας (γ) όπου φαίνονται τα ψευδοπόδια των λευκοκυττάρου που προσκολλώνται στην επιφάνεια του παρασίτου.

- Η ειδική ενεργοποίηση του συστήματος του συμπληρώματος από το αντίσωμα (κλασσική οδός) αποτελεί μία έμμεση αλλά πολύ δραστική επίδραση του αντισώματος πάνω στο αντιγόνο του.
- Η σύνδεση του αντισώματος με ένα αντιγόνο έχει ως συνέπεια την αλλαγή της στερεοδομής του αντισώματος η οποία του επιτρέπει να συνδεθεί και να ενεργοποιήσει τον πρώτο παράγοντα του συμπληρώματος, ο οποίος με τη σειρά του ενεργοποιεί την σειρά αντιδράσεων του συστήματος του συμπληρώματος.
- Σε κάθε στάδιο των αντιδράσεων αυτών παράγονται πρωτεολυτικά προϊόντα τα οποία μπορούν να οψωνοποιήσουν ή να λύσουν τα παθογόνα, όπως επίσης και να δράσουν φαρμακολογικά για τη διενέργεια αλλαγών στο αγγειακό και το μυϊκό σύστημα του ξενιστή αλλά και ανοσολογικές αλλαγές στους ιστούς.
- Στα ψάρια, τέλος, έχουν περιγραφεί και οι κλασσικοί (εξαρτώμενοι από αντίσωμα) αλλά και οι εναλλακτικοί (μη εξαρτώμενοι από αντίσωμα) μηχανισμοί ενεργοποίησης του συστήματος του συμπληρώματος.

Χυμική ανοσολογική αντίδραση και ανοσολογική μνήμη

- Το επιστέγασμα της χυμικής ανοσίας είναι η παραγωγή ειδικών αντισωμάτων από τα πλασμοκύτταρα, τα οποία εκκινούν έναν αριθμό διαδικασιών που οδηγούν τελικά στη καταστροφή του ξένου αντιγόνου.
- Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα Β-λεμφοκύτταρα μπορούν να παραχθούν άμεσα ή έμμεσα και να διαφοροποιηθούν σε κύτταρα που παράγουν αντισώματα, ανάλογα με το εάν το αντιγόνο είναι πολυσακχαρίτης (Τ-λεμφοκύτταρο ανεξάρτητο) ή πρωτεΐνη (Τ-λεμφοκύτταρο εξαρτημένο).
- Εάν το αντιγόνο είναι διαφορετικής χημικής σύστασης (γλυκολιπίδια ή πυρηνικά οξέα), δεδομένα από τα θηλαστικά, δεικνύουν ότι το αντιγόνο θα αντιμετωπιστεί είτε ως Τ-λεμφοκύτταρο εξαρτημένο ή ανεξάρτητο αντιγόνο.
- Πάντως, στις πλείστες των περιπτώσεων το ανοσοποιητικό σύστημα καλείται να αντιδράσει σε πολύπλοκης χημικής σύστασης αντιγόνα εις βάρος (καταστολή) άλλων αντιγόνων που βρίσκονται στο ίδιο ή σε άλλο μόριο. Στα ψάρια έχουν περιγραφεί και οι δύο παραπάνω καταστολές σε αντιγόνα Τ-λεμφοκύτταρα εξαρτημένα.

- Μία πρώτη και σημαντική γραμμή άμυνας στα ψάρια είναι οι βλεννογόνες επιφάνειες.
- Ενώ στα θηλαστικά εμφανίζονται ειδικά ανοσολογικά όργανα στους βλεννογόνους και μία εκκριτική ανοσοσφαιρίνη A, στα ψάρια δεν εμφανίζονται τέτοιες οργανωμένες δομές αλλά ούτε και κάποια μορφή ανοσοσφαιρίνης A.
- Παρ' όλα αυτά, τα ψάρια φέρουν λεμφοειδή κύτταρα διασκορπισμένα σε στοιβάδες του εντερικού επιθηλίου με εξειδικευμένες λειτουργίες που αφορούν στη πρόσληψη και κατεργασία αντιγόνων.
- Επιπλέον έχειδειχθεί ότι τα ψάρια φέρουν ένα διαφορετικό ανοσοποιητικό σύστημα στους βλεννογόνους σε σύγκριση με αυτό των θηλαστικών, αφού τόσο αντισώματα όσο και κύτταρα που τα παράγουν μπορούν να παραχθούν, ειδικά, σε βλεννογόνα όργανα.

- Η ανοσολογική μνήμη σχετίζεται με την ικανότητα να εγερθεί μία πιο αποτελεσματική αντίδραση μετά από επαναλαμβανόμενη επαφή με κάποιο αντιγόνο.
- Η ανοσολογική μνήμη έχει μελετηθεί βάσει αντιδράσεων θηλαστικών σε πρωτεΐνες.
- Οι αντιδράσεις αυτές χαρακτηρίζονται από εξάπλωση και αλλαγές στις ιδιότητες των πληθυσμών των λεμφοκυττάρων που είναι ειδικά έναντι των αντιγόνων κατά την πρωταρχική αντίδραση.
- Οι αλλαγές αυτές ουσιαστικά καταλήγουν σε μία αυξημένη, πιο γρήγορη και πιο μακρά δευτερογενή αντίδραση καθώς και αλλαγή στον ισότυπο (κλάση των αντισωμάτων) και ωρίμανση της συνάφειας του αντισώματος με το αντιγόνο.
- Αυτά τα ειδικά φαινόμενα είτε δεν λαμβάνουν χώρα στα ψάρια ή συμβαίνουν σε πολύ μικρότερο βαθμό, με τη δευτερογενή αντίδραση των ψαριών να ομοιάζει της αντίδρασης παραγωγής ανοσοσφαιρίνης M στα θηλαστικά (πρωταρχική αντίδραση).
- Αν και μορφές ισοτύπων ανοσοσφαιρίνης έχουν πρόσφατα επιβεβαιωθεί στα ψάρια, ανοσολογική ωρίμανση παρόμοια με αυτή που συμβαίνει στα θηλαστικά δεν είναι δυνατό να συμβεί διότι λείπουν οι σχετικές γενετικές πληροφορίες.

- Έτσι η ανοσολογική μνήμη στα ψάρια έχει περισσότερο να κάνει με μία υψηλότερη και γρηγορότερη παραγωγή αντισωμάτων σε δευτερογενές επίπεδο.
- Παρ' όλα αυτά, οι δευτερογενείς αντιδράσεις στα ψάρια δεν εμφανίζουν πάντα τα δύο τελευταία αναμνηστικά φαινόμενα.
- Αυτό σχετίζεται με την ηλικία του ψαριού, τη θερμοκρασία, τον τύπο και την δόση του αντιγόνου, την οδό χορήγησης και τα διαστήματα μεταξύ των ανοσοποιήσεων.
- Μελετώντας την οντογένεση της χυμικής αντιδράσεως είναι πολύ σημαντικό να καθορισθεί η ηλικία του ψαριού στην οποία μπορεί να εμβολιαστεί χωρίς να προκληθεί ανοσολογική ανοχή, αφού έχει δειχθεί ότι η έκθεση σε αντιγόνα πολύ νωρίς μπορεί να προκαλέσει ανοχή.
- Επιπλέον, η ικανότητα αντίδρασης σε βακτηριακά αντιγόνα (T- λεμφοκύτταρα ανεξάρτητα) προϋπάρχει της ικανότητας αντίδρασης σε πρωτεϊνικής φύσεως αντιγόνα (T- λεμφοκύτταρα εξαρτημένα).

- Ανοσολογική ανοχή σε νεαρά ψάρια έχει δημιουργηθεί σε T-λεμφοκύτταρα εξαρτημένα αντιγόνα που χορηγήθηκαν με έγχυση όχι όμως σε παρόμοια ψάρια που το αντιγόνο δόθηκε με απευθείας εμφύσηση.
- Έτσι λοιπόν, η ανοσολογική αντίδραση των νεαρών ψαριών δεν εξαρτάται μόνο από τον τύπο του αντιγόνου αλλά και από την οδό χορήγησης.
- Στα είδη των ψαριών που έχουν ελεύθερα διαβιώσες νύμφες, οι τελευταίες συναντούν πληθώρα αντιγόνων στο περιβάλλον τους σε ένα στάδιο της ζωής τους όπου το ανοσοποιητικό τους σύστημα είναι ακόμη ανώριμο.
- Είναι πιθανό ότι αυτά τα ψάρια δεν προσλαμβάνουν αντιγόνα που μπορεί να προκαλέσουν ανοσολογική ανοχή κατά τη διάρκεια αυτού του ευαίσθητου σταδίου της ζωής τους.

■ Εμβολιασμός

- Η αρχή του εμβολιασμού βασίζεται πάνω στην ικανότητα της ανάπτυξης μνήμης από το ανοσολογικό σύστημα.
- Επιπλέον, είναι απαραίτητο τα παραγόμενα αντισώματα να στρέφονται ειδικά έναντι σημαντικών αντιγονικών καθοριστών του παθογόνου για να μπορέσει να προκληθεί ικανοποιητική προστασία.
- Έτσι, είναι πολύ σημαντικό να εξεταστούν οι μηχανισμοί παθογένειας και να αναπτυχθεί ένα εμβόλιο που θα περιέχει τα κατάλληλα αντιγόνα ή επίτοπους, τα οποία θα προκαλέσουν ανοσολογικές αντιδράσεις κατάλληλες να αδρανοποιήσουν τους μηχανισμούς που υπεισέρχονται στη λοιμικότητα του παθογόνου αιτίου.
- Μόρια που υποβοηθούν την προσκόλληση του παθογόνου παράγοντα (adhesins), την είσοδο μέσα σε κάποια κύτταρα (invasins), τοξίνες, πρωτεΐνες των εξωτερικών μεμβρανών και πρωτεάσες αποτελούν καλά παραδείγματα μορίων για εγκλεισμό σε εμβολιακά μίγματα.

- Παράλληλα, είναι επίσης σημαντικό να γνωρίζουμε τις συνθήκες που προάγουν την ιδανική ανοσοποίηση.
- Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, ο τύπος του αντιγόνου και η δόση, η οδός χορήγησης, η θερμοκρασία του νερού, η ηλικία του ψαριού και παράγοντες στρες, όλα μπορούν να επηρεάσουν τις ανοσολογικές αντιδράσεις των ψαριών και φαίνεται ότι είναι σημαντικοί παράγοντες για έναν επιτυχή εμβολιασμό.
- Το γεγονός ότι η ανοσολογική αντίδραση των ψαριών υπόκειται σε ρυθμιστικούς και κατασταλτικούς παράγοντες που αφορούν αντιγόνα τόσο επί του ιδίου μορίου όσο και επί άλλου μορίου, εγείρει ερωτήματα για το πώς αυτό μπορεί να επηρεάσει την ειδικότητα των ανοσολογικών αντιδράσεων έναντι των αντιγόνων του εμβολίου και την επίτευξη ανοσολογικής προστασίας ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται συνθετικά εμβόλια και εμβόλια που περιέχουν πεπτίδια.
- Έτσι, οι ειδικότητες μίας ανοσολογικής αντίδρασης στα ψάρια όπως και στα θηλαστικά μπορεί κατά προτίμηση να αφορούν ανοσοκυρίαρχους καθοριστές για τα Β- και Τ-λεμφοκύτταρα, οι οποίοι δεν είναι απαραίτητο να αφορούν αντιγόνα που υπεισέρχονται στην παθογένεια του παθογόνου και κατά συνέπεια δεν προστατεύουν τον ανοσοποιημένο οργανισμό από το παθογόνο.
- Μπορεί επίσης η ανοσολογική αντίδραση να κατασταλεί για άλλους επίτοπους πάνω στο ίδιο ή σε άλλο αντιγόνο που μπορεί να είναι σημαντικό για τη προστασία από το μικρόβιο.

- Όσον αφορά τους εμβολιασμούς, έχουν αναπτυχθεί πολλοί τρόποι για την μαζική ανοσοποίηση των ψαριών, όπως: έγχυση, υπεροσμωτική εμβάπτιση, απευθείας εμβάπτιση, μπάνιο, ψεκασμός και χορήγηση δια του στόματος.
- Ενδοπεριτοναϊκή έγχυση: έχει δειχθεί ότι είναι η πιο αποδοτική μέθοδος χορήγησης του εμβολίου σε ότι αφορά την συστηματική ανάπτυξη αντισωμάτων.
- Επιπλέον, επιτρέπει τη χρήση ανοσοενισχυτικών για τη βελτίωση της προστασίας.
- Παρ' όλα αυτά, απαιτεί υψηλά εργατικά και χρόνο, προκαλεί στρες και δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μικρού μεγέθους ψάρια.
- Πλέον σημαντικό είναι το γεγονός ότι αυτή η μέθοδος εμβολιασμού δεν προκαλεί την έκκριση αντισωμάτων στα επιθήλια με συνέπεια ο ξενιστής να μην προστατεύεται κατά την μόλυνση μέσω του νερού (η πιο συνήθης οδός μόλυνσης).

- Υπεροσμωτική εμφάπτιση: έχει αποδειχθεί ότι είναι αποδοτική μέθοδος χορήγησης του εμβολίου στα ψάρια.
- Βασίζεται στην αύξηση της διαπερατότητας των βραγχίων στα αντιγόνα.
- Δεν χρησιμοποιείται διότι μπορεί να προκληθούν βλάβες στα ψάρια και γιατί η απευθείας εμφάπτιση μπορεί να έχει παρόμοια αποτελέσματα.

- Απευθείας εμφάπτιση: έκθεση των ψαριών στο εμβολιακό μίγμα ακόμη και για 20 μόνο δευτερόλεπτα είναι αρκετή για επαρκή πρόσληψη των αντιγόνων, ενώ η αύξηση του χρόνου έκθεσης δεν έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη πρόσληψη αρκεί η συγκέντρωση του αντιγόνου να μην είναι ο δεσμευτικός παράγοντας.
- Αν και προκαλεί λιγότερο στρες από την υπεροσμωτική εμφάπτιση, η μέθοδος περιορίζεται από τον αριθμό των ψαριών που μπορούν να εμβολιαστούν ανά μονάδα όγκου του εμβολίου και είναι αρκετά ακριβή όταν πρέπει να εμβολιαστούν σχετικά μεγάλα ψάρια.

- Μπάνιο και ψεκασμός: θεωρούνται παραλλαγές της απευθείας εμφάντισης. Τα ψάρια εκτίθενται σε αραιωμένα διαλύματα αντιγόνου για μακρές περιόδους ή απλά ψεκάζονται με το εμβόλιο, αντίστοιχα.
- Έχει βρεθεί ότι μακρές περίοδοι έκθεσης αυξάνουν την πρόσληψη αντιγόνου και μπορούν να αντισταθμίσουν την υψηλή αραιώση του εμβολίου.
- Στις τρεις τελευταίες μεθόδους χορήγησης εμβολίων δεν έχει παρατηρηθεί σημαντική παραγωγή συστηματικών αντισωμάτων, παρά μόνο η ανάπτυξη των τελευταίων σε τοπικό επίπεδο στα επιθήλια.
- Έτσι τα ψάρια ενώ προστατεύονται καλύτερα από τις μολύνσεις μέσω του νερού, σε περίπτωση που ο παθογόνος μικροοργανισμός εισέλθει στο εσωτερικό του σώματος, εκεί παραμένουν απροστάτευτα.

- Δια του στόματος χορήγηση: είναι θεωρητικά η ιδανικότερη μέθοδος για τον εμβολιασμό μεγάλου αριθμού ατόμων.
- Δεν προκαλεί στρες, δεν διακόπτει τον κύκλο εργασιών της παραγωγής και όπως και για την εμφάνιση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα μεγέθη ψαριών.
- Παρ' όλα αυτά στη πράξη έχουν βρεθεί ποικίλες και ασταθείς ανοσολογικές αντιδράσεις χρησιμοποιώντας αυτήν την οδό. Αυτές κατά πάσα πιθανότητα οφείλονται στην αποδόμηση των αντιγόνων στο στόμαχο και το πρόσθιο τμήμα του εντέρου, διότι όταν τα αντιγόνα χορηγούνται δια της πρωκτικής οδού, μπορούν να μετρηθούν σταθερές αντιδράσεις.
- Νέα συστήματα χορήγησης δια του στόματος έχουν αναπτυχθεί τα οποία προστατεύουν τα αντιγόνα από τα χαμηλό pH του στομάχου επιτρέποντας την πρόσληψη ή την απελευθέρωση του αντιγόνου στο δεύτερο τμήμα του εντέρου.

- Επιπλέον, έχειδειχθεί ότι η δια του στόματος χορήγηση αντιγόνων, όταν υπάρχει επιτυχής πρόσληψη, εγείρει ανοσολογικές αντιδράσεις τόσο συστηματικά όσο και στις βλεννογόνες επιφάνειες.
- Η ανοσολογική διέγερση των επιθηλίων έχει μεγάλη σημασία διότι οι πλείστες των μολύνσεων εκκινούν από εκεί, ιδιαίτερα στο υδάτινο περιβάλλον που διαβιούν τα ψάρια.
- Παρ' όλα αυτά, απαιτούνται παραπέρα μελέτες για τον καθορισμό των δόσεων των αντιγόνων και το χρόνο χορήγησής τους ιδιαίτερα για πρωτεΐνες, για να αποφευχθεί η ανάπτυξη ανοσολογικής ανοχής.
- Ένα επιπλέον πρόβλημα συνυφασμένο με το τελευταίο είναι οι διαφορετικές ποσότητες τροφής που λαμβάνουν τα άτομα μέσα σε έναν πληθυσμό.

- Πρόσφατα, εμβόλια που αναπτύσσονται με την τεχνολογία ανασυνδυασμού του DNA προσφέρουν σημαντική βοήθεια για τη καταπολέμηση νόσων που οφείλονται σε ιούς και παράσιτα.
- Οι δυνατότητες της τεχνολογίας αυτής συνέχεια αυξάνουν και εμβόλια που βασίζονται σε «ανασυνδυασμένα» αντιγόνα θα μπορέσουν στο μέλλον να βοηθήσουν σημαντικά στη καταπολέμηση αρκετών ασθενειών των καλλιεργούμενων ψαριών.
- Τα «ανασυνδυασμένα» αντιγόνα / πρωτεΐνες, που εκφράζονται σε προκαρυωτικά ή ευκαρυωτικά κύτταρα που παράγονται κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες, τα ζωντανά αδρανή παθογόνα, οι μη παθογόνοι «ανασυνδυασμένοι» μικροοργανισμοί, που φέρουν ξένα γονίδια από παθογόνα και τα γενετικά ή εμβόλια DNA έχουν όλα δοκιμασθεί σε εμβολιασμούς με ικανοποιητικά ως ένα βαθμό αποτελέσματα, σε εργαστηριακές συνθήκες.
- Τα εμβόλια που περιέχουν «ανασυνδυασμένες» πρωτεΐνες δεν παρέχουν ικανοποιητική ανοσία πιθανά λόγω κακής αντιγονικότητας.

- Σε πλεονεκτικότερη θέση βρίσκονται τα εμβόλια που περιέχουν ζωντανούς «ανασυνδυασμένους» μικροοργανισμούς τα οποία μπορούν να δοθούν και με εμβάπτιση.
- Εν κατακλείδι όμως η χρήση τους σημαίνει απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών στο περιβάλλον με ακαθόριστες συνέπειες τόσο για τα εμβολιασμένα ζώα όσο και για το οικοσύστημα και για αυτό το λόγο οι έρευνες σε τέτοια εμβόλια δεν είναι σημαντικές.
- Τα περισσότερα πειράματα με εμβόλια DNA έχουν διεξαχθεί σε θηλαστικά και έτσι λίγα δεδομένα υπάρχουν πάνω στην έκφραση ξένων γονιδίων παθογόνων οργανισμών από τα ψάρια.
- Αν και η χρήση τους θεωρητικά έχει πολλά πλεονεκτήματα σε ότι αφορά το κόστος παραγωγής τους, σε σχέση με εμβόλια υπομονάδων ή «ανασυνδυασμένων» οργανισμών, στο ότι εγείρουν τόσο χυμική όσο και κυτταρική ανοσία η οποία κρατά επί μακρόν και στο ότι είναι μη μολυσματικά και σταθερά, εν τούτοις δεν είναι γνωστό πως το DNA θα συμπεριφερθεί σε ότι αφορά τη μετάδοσή του στους απογόνους εμβολιασμένων ψαριών ή σε άλλους οργανισμούς και άλλα.
- Τα εμβόλια αυτά υπεισέρχονται δηλαδή στην ίδια φιλοσοφία και τους ίδιους περιορισμούς με τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα και εάν στο μέλλον δεν υπάρξουν απτές αποδείξεις για την ασφάλειά τους μάλλον δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

- Τα εμβόλια τα οποία είχαν αδειοδοτηθεί και εγκριθεί για χρήση στην Ελλάδα κατά το έτος 2009, ήταν τα ακόλουθα (για τα νοσήματα των ευρύαλων ψαριών):
- α) Norvax (Intervet): το εμβόλιο αυτό είναι 4δύναμο περιέχοντας αδρανοποιημένα με φορμαλίνη ολόκληρα κύτταρα των βακτηρίων *V. anguillarum* O1 & O2a, *Aeromonas salmonicida* & *Vibrio salmonicida*, περιέχει ελαιώδες έκδοχο και χορηγείται ενδοπεριτοναϊκά.
- β) Alphaject (Aquavet): το εμβόλιο αυτό είναι 2δύναμο περιέχοντας αδρανοποιημένα με φορμαλίνη ολόκληρα κύτταρα των βακτηρίων *V. anguillarum* O1 & *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*, περιέχει ορυκτό έκδοχο και χορηγείται ενδοπεριτοναϊκά.

- γ) Alphadip 2000 (Aquavet): το εμβόλιο αυτό είναι 2δύναμο περιέχοντας αδρανοποιημένα με φορμαλίνη ολόκληρα κύτταρα των βακτηρίων *V. anguillarum* O1 & *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* και χορηγείται με εμβάπτιση.
- δ) Vibrogen-2: το εμβόλιο αυτό είναι 3δύναμο περιέχοντας αδρανοποιημένα με φορμαλίνη ολόκληρα κύτταρα των βακτηρίων *V. anguillarum* O1 biotype I, O2 biotype I, O2 biotype II & *Vibrio ordalii* και χορηγείται με όλες τις οδούς εκτός της δια στόματος.
- ε) Aquavac Vibrio (Schering-Plough): το εμβόλιο αυτό είναι 2δύναμο περιέχοντας αδρανοποιημένα με φορμαλίνη ολόκληρα κύτταρα των βακτηρίων *V. anguillarum* biotypes I & II και χορηγείται με όλες τις οδούς.