ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ
REVIEW

Νεοφανείς παρασιτικές ζωονόσοι που μεταδίδονται με το νερό και τα τρόφιμα

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2003, 20(4):407–424
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2003, 20(4):407–424

Ν.Μ. Καποτάς

Εργαστήριο Μικροβιολογίας, Ιατρικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Are emerging waterborne and foodborne parasitic zoonoses a significant public health issue?

Abstract at the end of the article

Το νερό, το χώμα και τα τρόφιμα είναι σημαντικές οδοί μόλυνσης με πολλά πρωτόζωα και έλμινθες. Τα παράσιτα έχουν τη δυνατότητα παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων λοιμογόνων μορφών, που εμφανίζουν εξαιρετική αντοχή σε συνήθεις και ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες και μπορούν να επιβιώσουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έτσι, δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα δημόσιας υγείας σε ανθρώπους και ζώα (κτηνοτροφικά και οικόσιτα). Σήμερα, η αυξημένη χρήση των φυσικών πηγών ύδρευσης και διατροφής αυξάνει ευθέως ανάλογα και τον κίνδυνο της μόλυνσης των περιβαλλοντικών χώρων με λοιμογόνες παρασιτικές μορφές. Τα πρωτόζωα *Cryptosporidium, Giardia, Toxoplasma* και *Microsporidium* είναι τα συχνότερα παρασιτικά αίτια που μεταδίδονται με το μολυσμένο νερό. Η ζωονοτική μετάδοση της κρυπτοσποριδίωσης και της λαμβλίασης δεν έχουν αξιολογηθεί επαρκώς ελλείψει αξιόπιστων εργαστηριακών μεθόδων. Τα τρόφιμα μολύνονται είτε ενδογενώς (*Trichinella spiralis*), είτε επιφανειακά στους τόπους παραγωγής, συσκευασίας και διακίνησής τους με λοιμογόνες παρασιτικές μορφές. Κύρια οδός επιφανειακής μόλυνσης είναι τα κόπρανα μολυσμένων κτηνοτροφικών ζώων και η χρήση μολυσμένου αρδευτικού νερού (φρούτα, λαχανικά). Οι σπουδαιότερες παρασιτικές ζωονόσοι που μεταδίδονται με το ζωικό κρέας είναι η τοξοπλάσμωση, η τριχίνωση, η κυστικέρκωση και η ταινίαση, ενώ με το κρέας των ψαριών, η ανισακίαση και η μικροσποριδίωση (Pleistophora-like μικροσπορίδια). Η εφαρμογή σύγχρονων εργαστηριακών μεθόδων τυποποίησης των λοιμογόνων μορφών (ανοσολογικών και μοριακών) ελπίζεται ότι θα διαφωτίσει την επιδημιολογική συμπεριφορά των παρασιτικών ζωονόσων και τον πραγματικό κίνδυνο που ενέχουν για τη δημόσια υγεία.

Λέξεις ευρετηρίου

Διατροφική μετάδοση
Δημόσια υγεία
Παρασιτικές ζωονόσοι

Υποβλήθηκε 29.10.2001
Εγκρίθηκε 26.4.2002

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο ζωονόσος περιγράφεται κάθε νόσος των ζώων που μπορεί να μεταδοθεί και στον άνθρωπο. Συμβατικά, οι ζωονόσοι ταξινομούνται ως (α) ευζωονόσοι (euzoonoses), δηλαδή νόσοι που παρατηρούνται με την ίδια συχνότητα τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα αποθηκευτικούς ξενιστές, (β) παραζωονόσοι (parazoonoses), δηλαδή νόσοι για τις οποίες ο άνθρωπος είναι απλά ένας σποραδικός και επομένως τυχαίος ξενιστής και (γ) ζωοανθρωπονόσοι (zooanthroponoses), δηλαδή νόσοι από τις οποίες νοσεί κατεξοχήν ο άνθρωπος, ενώ τα ζώα είναι απλά σποραδικοί και επομένως τυχαίοι ξενιστές. Ειδικότερα, οι παρασιτικές ζωονόσοι μεταδίδονται στον άνθρωπο υποχρεωτικά με τις διακριτές λοιμογόνες μορφές των παρασίτων (σπόροι, κύστεις, ωοκύστεις, αβγά, νύμφες και εγκυστωμένες μορφές) είτε με άμεσο τρόπο (π.χ. άμεση επαφή ανθρώπου-ζώου ή άμεση επαφή με μολυσμένα κόπρανα ζώου σε χώμα ή και απόβλητα), είτε διαμέσου του μολυσμένου νερού (πόσιμο νερό, αρδευτικό νερό, νερό χώρων αναψυχής κ.ά.) και των τροφών (φρούτα, λαχανικά, ζωικά κρέατα, κρέατα ψαριών και οστρακόδερμων κ.ά.). Σε μια παρασιτική ζωονόσο, ο άνθρωπος μπορεί να είναι κύριος, ενδιάμεσος, αποθηκευτικός ή τυχαίος ξενιστής του παρασίτου. Οι σπουδαιότερες από τις παρασιτικές ζωονόσους που μεταδίδονται κατεξοχήν με το νερό και τα τρόφιμα συνοψίζονται στον πίνακα 1.

2. ΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΩΣ ΠΗΓΕΣ ΛΟΙΜΩΞΗΣ

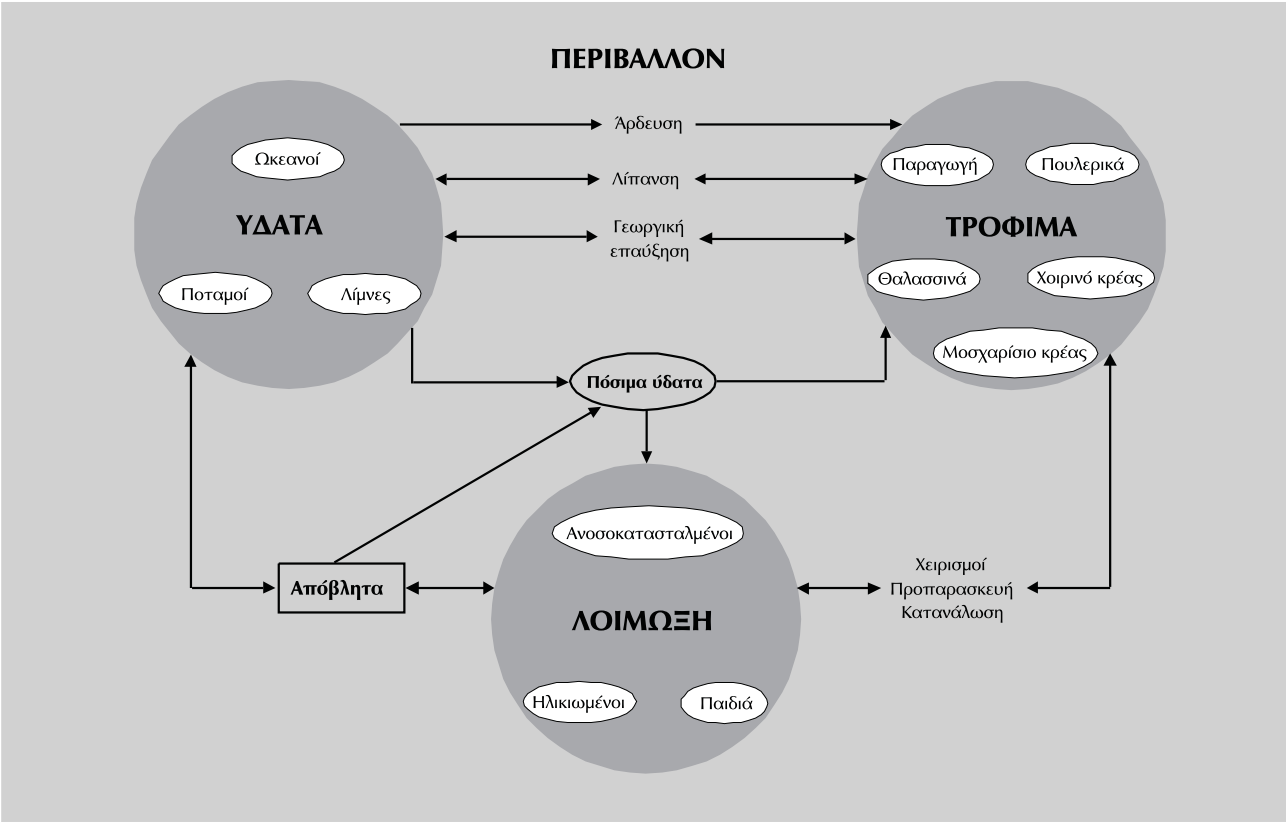
Η σύνδεση του νερού και των τροφίμων με τις παρασιτικές ζωονόσους είναι περίπλοκη (εικ. 1). Αν και τα

Πίνακας 1. Παρασιτκές ζωονόσοι που μεταδίδονται με το νερό και τα τρόφιμα.

Παράσιτο	Τρόπος μετάδοσης	Μολυσμένο υπόστρωμα	Τελικοί ξενιστές
ΠΡΩΤΟΖΩΑ			
Μικρόσπορα			
Enterocytozooan bieneusi	Νερό (;), τρόφιμα	Σπόρια στο νερό και σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα (;)	*Άνθρωπος*, πίθηκος rhesus
Encephalitozoon cuniculi	Νερό (;), τρόφιμα	Σπόρια στο νερό και σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα (;)	*Άνθρωπος*, οικόσιτα ζώα/ζώα μέσα ή γύρω από ανθρώπινα καταλύματα (π.χ. κουνέλια, ποντίκια, χοίροι, γιδοπρόβατα, αγελάδες)
Encephalitozoon intestinalis			
Encephalitozoon hellem			
"*Pleistophora*-like organisms"	Τρόφιμα	Ωμά ή μισοψημένα θαλασσινά ή οστρακόδερμα	Παπαγάλοι, *άνθρωπος*, ψάρια, οστρακόδερμα
Άλλα πρωτόζωα			
Cryptosporiditan parvum (γονότυπος 2)	Νερό, τρόφιμα	Ωοκύστεις σε νερό και σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα	*Άνθρωπος*, άλλα θηλαστικά
Giardia duodenalis	Νερό, τρόφιμα	Κύστεις σε νερό και σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα	*Άνθρωπος*, άλλα θηλαστικά και πουλιά
Toxoplasma gondii	Νερό, τρόφιμα	Ωοκύστεις σε νερό και σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα	Αιλουροειδή
		Ιστικές κύστεις σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα	
Balantidium coli	Νερό, τρόφιμα	Κύστεις σε νερό και σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα	*Άνθρωπος*, χοίροι, άλλα πρώτιστα θηλαστικά, γάτες, τρωκτικά
Blastocystis hominis, Blastocystis sp	Νερό, τρόφιμα	Κύστεις σε νερό και σε ωμά ή μισοψημένα τρόφιμα	*Άνθρωπος*, άλλα θηλαστικά
ΜΕΤΑΖΩΑ			
Τρηματώδεις σκώληκες			
Clonorchis spp *Opisthorchis* spp	Κρέας, ψάρια του γλυκού νερού	Μετακερκάρια στους μυς των ψαριών	*Άνθρωπος*, γάτες, σκύλοι
Metagonimus yokogawai	Κρέας, ψάρια του γλυκού νερού (sweetfish)	Μετακερκάρια στους μυς των ψαριών	*Άνθρωπος*, γάτες, σκύλοι
Heterophyes spp	Ψάρια υφάλμυρων νερών		
Echinostoma spp	Κρέας, βατράχια, σαλιγκάρια	Νεφροί βατράχων, κεφαλή, χιτώνας και ήπαρ σαλιγκαριών	*Άνθρωπος*, σκύλοι, ποντίκια, πουλιά κ.ά.
Fasciola hepatica	Υδρόβια φυτά (είδη *Nasturtium* και *Mentha*)	Μετακερκάρια εγκυστωμένα στα φύλλα (περίπου 10% των μετα-κερκαρίων επιπλέουν στο νερό)	Μηρυκαστικά ζώα
Fasciolopsis buski	Υδρόβια φυτά	Μετακερκάρια εγκυστωμένα στα φύλλα	*Άνθρωπος*, χοίροι
Paragonimus spp	Καβούρια υφάλμυρων νερών, γαρίδες	Μετακερκάρια στους πνεύμονες και στους μυς των καβουριών	*Άνθρωπος*, ήμερα και άγρια ζώα
Schistosoma spp	Νερό, ενεργητική διείσδυση διαμέσου του δέρματος	Κερκάρια στο νερό	*Άνθρωπος*, ήμερα και άγρια ζώα
Schistosome dermatitis	Νερό, ενεργητική διείσδυση διαμέσου του δέρματος	Κερκάρια στο νερό (γλυκά νερά, νερά σε μαρίνες)	Πουλιά, θηλαστικά (όχι άνθρωπος)

Παράσιτο	Τρόπος μετάδοσης	Μολυσμένο υπόστρωμα	Τελικοί ξενιστές
Κεστώδεις σκώληκες			
Diphyllobothrium latum	Σολωμός και άλλα ψάρια	Κερκοειδείς νύμφες στους μυς ψαριών-μεταφορέων ξενιστών	*Άνθρωπος*, γάτες, σκύλοι, χοίροι, αλεπούδες και άλλα ιχθυοφάγα ζώα
Marine diphyllobothriasis	Ψάρια που ζουν σε μαρίνες. Ceviche (παρασκευάζεται από ωμό ψάρι στο Περού και τη Χιλή)	Κερκοειδείς νύμφες στους μυς ψαριών-μεταφορέων ξενιστών	Θηλαστικά
Taenia saginata	Βόειο κρέας	Κυστίκερκοι στους μυς	*Άνθρωπος*
Taenia solium	Χοιρινό κρέας, κρέας κουνελιού, καμήλας, αρκούδας	Κυστίκερκοι στους μυς	*Άνθρωπος*
Echinococcus spp	Νερό	Αβγά στο νερό	Κυνοειδή
Νηματέλμινθες			
Ascaris suum	Μολυσμένα λαχανικά	Λοιμογόνα αβγά	Χοίροι
Toxocara canis	Μολυσμένα λαχανικά, ήπαρ. Αποθηκευτικοί ξενιστές (σαλιγκάρια)	Λοιμογόνα αβγά σε μολυσμένα λαχανικά, λοιμογόνες νύμφες στους ιστούς	Κυνοειδή
Toxascaris leonina	Μολυσμένα λαχανικά	Λοιμογόνα αβγά σε μολυσμένα λαχανικά	Κυνοειδή
Toxocara cati	Μολυσμένα λαχανικά	Λοιμογόνα αβγά σε μολυσμένα λαχανικά	Αιλουροειδή
Lagochilascaris minor[1]	Μολυσμένα λαχανικά	Λοιμογόνα αβγά σε μολυσμένα λαχανικά	Αιλουροειδή, racoons
Anisakis simplex *Pseudoterranova decipiens*[2]	Έντερο και μυς ψαριών υφάλμυρων νερών, καλαμαράκια	Λοιμογόνος νύμφη 3ου σταδίου στους ιστούς των ψαριών	Δελφίνια, φάλαινες
Angiostrongylus spp	Μολυσμένα λαχανικά, βατράχια, καραβίδες, καβούρια	Λοιμογόνος νύμφη 3ου σταδίου στα λαχανικά, λοιμογόνος νύμφη 3ου σταδίου στα οστρακοειδή	Τρωκτικά (ποντίκια)
Gnathostoma spinigerum (και άλλα είδη)[3]	Κρέας, ψάρια γλυκών νερών	Λοιμογόνος νύμφη 3ου σταδίου στους ιστούς	Κυνοειδή και αιλουροειδή
Trichinella spp	Κρέας	Λοιμογόνος νύμφη στους μυς	*Άνθρωπος*, χοίροι, αρκούδες κ.ά.
Άλλα			
Marcoacanthorhynchus hirudinaceus[4]	Σκαθάρια	Κυστάκανθος στη σωματική κοιλότητα	Χοίροι
Armillifier armillatus[5]	Νερό, τρόφιμα	Αβγά στο νερό ή στα λαχανικά	Πύθωνας και άλλα ερπετά
Armillifer moniliformis[6]	Κρέας ερπετού μολυσμένο με αβγά	Νύμφες στο κρέας του ερπετού	
Linguatula serrata[7]	Εσωτερικά όργανα (ειδικά ήπαρ) φυτοφάγων ζώων	Νύμφες στους ιστούς φυτοφάγων ζώων	Κυνοειδή

1. Veloso MG, Faria MC, de Freitas JD, Moraes MA, Gorini DF, de Mendonca JL. Human lagochilascariasis. 3 cases encountered in the Federal District, Brazil (review). *Rev Inst Med Trop Sao Paulo* 1992, 34:587–591
2. Mercado R, Torres P, Munoz V, Apt W. Human infection by *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda, Anisakidae) in Chile: report of seven cases. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2001, 96:653–655
3. Akahane H, Sano M, Kobayashi M. Three cases of human gnathostomiasis caused by *Gnathostoma hispidum*, with particular reference to the identification of parasitic larvae. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1998:611–614
4. Radomyos P, Chobchuanchom A, Tungtrongchitr A. Intestinal perforation due to *Macracanthorhynchus hirudinaceus* infection in Thailand. *Trop Med Parasitol* 1989, 40:476–477
5. Drabick JJ. Pentastomiasis (review). *Rev Infect Dis* 1987, 9:1087–1094
6. Silva TM, Barbosa Junior AA. Pentastomiasis in rodents in the State of Bahia. Report of the findings on *Armillifer moniliformis* (Diesing, 1835) Sambon, 1922. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1984, 79:139–142
7. Lazo RF, Hidalgo E, Lazo JE, Bermeo A, Llaguno M, Murillo J, Teixeira VP. Ocular linguatuliasis in Ecuador: case report and morphometric study of the larva of *Linguatula serrata*. *Am J Trop Med Hyg* 1999, 60:405–409



Εικόνα 1. Η συσχέτιση μεταξύ της ανθρώπινης υγείας και των τροφών-ύδατος του περιβάλλοντος.

κόπρανα θεωρούνται ως ο κύριος τρόπος περιβαλλοντικής διασποράς πολλών λοιμογόνων μορφών, τα σπόρια μερικών μικροσπορίδιων (π.χ. *Encephalitozoon cuniculi*) και τα αβγά του *Schistosoma haematobium* διασπείρονται στο περιβάλλον με τα ούρα. Η μόλυνση του νερού και τα τροφίμων είναι δυνατό να γίνει είτε άμεσα (λοιμογόνες μορφές που αποβάλλονται με τα κόπρανα), είτε έμμεσα (έτσι, π.χ., η ορθή αποκομιδή των ζωικών και ανθρώπινων αποβλήτων παραμένει ένα σημαντικό πρόβλημα δημόσιας υγείας, που επιβάλλεται να αντιμετωπιστεί σε πολλές αναπτυσσόμενες και υπανάπτυκτες χώρες).

Το νερό είναι ένα κύριο υπόδοχο πολλών παρασιτικών μορφών και το μολυσμένο με λοιμογόνες μορφές νερό αποτελεί σοβαρότατη πηγή ανθρώπινης μόλυνσης, είτε μετά από άμεση κατανάλωση (πόση), είτε μετά από χρήση για καθαρισμό ή και μαγείρεμα τροφίμων. Με το νερό μεταφέρονται παθητικά λοιμογόνες παρασιτικές μορφές σε δεξαμενές πόσιμου ύδατος, νερά περιοχών αναψυχής (π.χ. μικρές λίμνες, μαρίνες ελλιμενισμού σκαφών, συντριβάνια κ.ά.) και αρδευτικά νερά, τα οποία, με τη σειρά τους, μολύνουν τα τρόφιμα διαμέσου αγροτικών και βιομηχανικών μεθόδων παραγωγής. Εκτός από τη χρήση του νερού για αρδευτικούς σκοπούς, οι βιομηχανίες τροφίμων χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες για παρασκευαστικές και άλλες βοηθητικές διαδικασίες. Μερικά τροφοδοτικά φίλτρα νερού όχι μόνο επιτρέπουν τη διέλευση λοιμογόνων παρασιτικών μορφών, αλλά δρουν και ως συγκεντρωτικοί μηχανικοί φορείς (π.χ. οι δίθυρες βαλβίδες, που χρησιμοποιούνται σε νερά εκβολών ποταμών και σε μαρίνες ελλιμενισμού σκαφών, δρουν ως μηχανικοί φορείς συγκεντρώνοντας λοιμογόνες ωκύστεις κρυπτοσπορίδιων και κύστεις λάμβλιας).[1–5] Μόλυνση, τέλος, μπορεί να συμβεί και μέσα στο σπίτι, όταν τρόφιμα –ιδιαίτερα σαλατικά και φρούτα– πλένονται με μολυσμένο νερό.

Η επιφανειακή μόλυνση των τροφών (συχνά φρούτα και λαχανικά), είτε στην πηγή της παραγωγής τους είτε κατά τη διάρκεια της συσκευασίας τους, είναι ένας ιδιαίτερος τρόπος μετάδοσης των παρασιτικών ζωονόσων. Η επιφανειακή μόλυνση μπορεί να είναι είτε άμεση, δηλαδή να αφορά σε μόλυνση από το μολυσμένο ξενιστή, είτε έμμεση, δηλαδή να αφορά σε μόλυνση από μηχανικούς φορείς (πουλιά, μύγες κ.ά.), χρήση λιπασμάτων ή και μολυσμένου νερού για άρδευση, απολύμανση κ.ά.

Συνήθως παρατηρείται εποχιακή διακύμανση στην επιφανειακή μόλυνση των τροφίμων, αλλά το στοιχείο αυτό πρέπει να κατοχυρωθεί περαιτέρω ερευνητικά. Η μόλυνση του προϊόντος στην πηγή και η μόλυνση με νερό που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία και συσκευασία αποτελούν δύο πολύ σημαντικούς παράγοντες μετάδοσης των παρασιτικών ζωονόσων που αφορούν στις βιομηχανίες τροφίμων. Άλλοι παράγοντες που επάγουν την επιβίωση των λοιμογόνων μορφών των παρασίτων στα τρόφιμα είναι η ταχεία διακίνηση μεγάλων ποσοτήτων σε διεθνείς αγορές, σε συνδυασμό με τις χαμηλές θερμοκρασίες και ψηλές συνθήκες υγρασίας που χρησιμοποιούνται για τη συντήρησή τους.

Συμπερασματικά, οι λοιμογόνες παρασιτικές μορφές που διασπείρονται στο περιβάλλον καταφέρνουν να επιβιώσουν στο νερό και στα τρόφιμα, τα οποία παρεμποδίζουν την καταστροφή τους.

Μια μεγάλη ποικιλία λοιμογόνων ιστικών παρασιτικών μορφών είναι υπεύθυνες για τη μετάδοση παρασιτικών ζωονόσων με το ζωικό κρέας και τα ψάρια (πίν. 1). Στην περίπτωση αυτή, η προετοιμασία του φαγητού αποτελεί το βασικό παράγοντα που καθορίζει το βαθμό της επικινδυνότητας της μετάδοσης. Η κατανάλωση ωμού, μισοψημένου, καπνιστού ή και αλατισμένου κρέατος και κρέατος που έχει ξεραθεί στον αέρα (π.χ. εντόσθια) αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο της μετάδοσης με τα τρόφιμα, ιδιαίτερα αν οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι συντήρησης είναι ανεπαρκείς. Επίσης, διαιτητικές συνήθειες, όπως η κατανάλωση ωμών λαχανικών και το «μέτριο ψήσιμο», για να παραμείνει η φυσική γεύση και να διατηρηθούν τα θερμοευαίσθητα θρεπτικά συστατικά, αυξάνουν τον κίνδυνο της μετάδοσης με τα τρόφιμα. Παλαιότερα, η κατανάλωση ωμού ή μισοψημένου ζωικού κρέατος και ψαριού συνδυαζόταν με συγκεκριμένες πολιτισμικές κουλτούρες και πρακτικές. Σήμερα, η συνεχώς μεταβαλλόμενη ποικιλότητα των διατροφικών συνηθειών του καταναλωτή, η ευκολία της διεθνούς μετακίνησης με τα υπερατλαντικά αεροπορικά ταξίδια (που έχει ως συνέπεια τη μίξη των πολιτισμικών ηθών και εθίμων), η παγκοσμιοποίηση της προσφοράς της τροφής και οι κοσμοπολίτικες συνήθειες διατροφής αποτελούν παράγοντες εξάπλωσης και έξαρσης σπάνιων νοσημάτων, που, κάποτε, περιορίζονταν σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. Αν και δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τον προσδιορισμό του διεθνούς επιπολασμού των νοσημάτων που μεταδίδονται με τα μολυσμένα τρόφιμα και το νερό, εντούτοις κρατικοί οργανισμοί όπως το CDC (United States Centers for Disease Control and Prevention) συλλέγουν και αναφέρουν την επίπτωση ορισμένων παρασιτικών νοσημάτων, όπως είναι η λαμβλίαση και η κρυπτοσπορίδιωση. Μια πρόσφατη αναφορά στις ΗΠΑ σχετικά με τα νοσήματα και τους θανάτους που σχετίζονται με τα τρόφιμα,[6] ανέφερε ότι περίπου 2.500.000 παθήσεις που σχετίζονται με τα τρόφιμα (7%) οφείλονταν σε παρασιτικά νοσήματα (300.000 στο *Cryptosporidium parvum*, 2.000.000 στην *Giardia lamblia*, 225.000 στο *Toxoplasma gondii* και 52.000 στην *Trichinella spiralis*) και όλες τους σχετίζονταν με ζωονοτικό κύκλο. Στις ΗΠΑ, επίσης, μεταξύ του 1993 και του 1997 παρατηρήθηκαν 19 παρασιτικές μικροεπιδημίες που σχετίζονταν με μολυσμένα τρόφιμα και αναφέρθηκε ένα σύνολο 2.325 περιπτώσεων. Για την Ελληνική επικράτεια δεν υπάρχουν ανάλογα αξιόπιστα συγκεντρωτικά επιδημιολογικά στοιχεία ή, τουλάχιστον, αυτά δεν είναι δημοσιευμένα σε έγκυρα περιοδικά κι έτσι ο συγγραφέας δεν τα γνωρίζει και δεν μπορεί να τα αναφέρει. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι κύριες παρασιτικές ζωονόσοι και η συσχέτισή τους με τα τρόφιμα.

Για πολλά από τα παράσιτα που αναφέρονται στον πίνακα 1, μόνο ένα στάδιο του κύκλου της ζωής τους είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση. Εντούτοις, για άλλα

Πίνακας 2. Παρασιτικές ζωονόσοι, η μετάδοση των οποίων σχετίζεται με τη διατροφική αλυσίδα.

Παράσιτο	Νόσος	Μετάδοση με την τροφική αλυσίδα (%)
Microsporidia (*Encephalitozoon, Enterocytozoon*)	Μικροσπορίδιωση	Άγνωστο
Giardia lamblia	Λαμβλίαση	10
Cryptosporidium parvum (γονότυπος 2)	Κρυπτοσπορίδιωση	10
Toxoplasma gondii	Τοξοπλάσμωση	50
Taenia spp (*T. solium, T. saginata*)	Κυστικέρκωση, ταινίαση	100
Fasciola hepatica	Διστομίαση	Άγνωστο
Trichinella spiralis	Τριχίνωση	100
Toxocara cati ή *Toxocara canis*	Τοξοκαρίαση	Άγνωστο
Anisakis simplex	Ανισακίαση	100

παράσιτα, η μετάδοσή τους σχετίζεται με περισσότερα από ένα στάδια του κύκλου της ζωής τους (π.χ. η ωοκύστη και οι ιστικές κύστεις για το *T. gondii*, αβγά και νύμφες δευτέρου σταδίου για την *Toxocara canis*). Μερικές λοιμογόνες μορφές απαιτούν μια περίοδο εξωτερικής ωρίμανσης στο περιβάλλον πριν καταστούν λοιμογόνες και, στις περιπτώσεις αυτές, η επαφή με πρόσφατα κόπρανα δεν αποτελεί κίνδυνο μετάδοσης της νόσου.

2.1. Περιορισμοί

Μερικά παράσιτα υπεύθυνα για αντίστοιχες ζωονόσους ολοκληρώνουν τον κύκλο της ζωής τους μόνο στον άνθρωπο-ξενιστή (π.χ. κρυπτοσποριδίωση, λαμβλίαση, μικροσποριδίωση, τριχίνωση κ.ά.), ενώ άλλα χρειάζονται και κάποιον ενδιάμεσο (π.χ. τοξοπλάσμωση, τοξοκαρίαση, ανισακίαση). Για τα παρασιτικά νοσήματα στα οποία ο άνθρωπος χρησιμεύει ως ενδιάμεσος, αποθηκευτικός ή τυχαίος ξενιστής, η συσχέτισή τους με τη ζωονοτική κατάσταση είναι προφανής, όπως προφανής είναι και η συσχέτιση στις περιπτώσεις εκείνες όπου ο άνθρωπος είναι ένας από τους πολλούς δυνητικούς τελικούς ξενιστές ασυνήθων παρασίτων. Εντούτοις, για τις ζωονόσους εκείνες στις οποίες η μετάδοση από άνθρωπο σε άνθρωπο αποτελεί την κύρια οδό, η έλλειψη αποτελεσματικών μεθόδων παρασιτικής τυποποίησης σε επίπεδο στελέχους περιορίζει τη γνώση μας σχετικά με τη μετάδοση διαμέσου του νερού και των τροφών, παρόλο που η Περιγραφική Επιδημιολογία ασφαλώς και ενοχοποιεί τους δύο αυτούς τρόπους. Το πρόβλημα προσφάτως εστιάστηκε στο *C. parvum* και στην *G. lamblia*. Αν και έχει αποδειχθεί η ζωονοτική μετάδοση τόσο του κρυπτοσποριδίου όσο και της λάμβλια, παραμένει ακόμα αμφίβολο κατά πόσο η λάμβλια μπορεί να μεταδοθεί με τρόφιμα και νερό που έχουν μολυνθεί με ζώα. Απλά ενδεικτική αυτού του τρόπου της μετάδοσης είναι η μεγάλη εξάπλωση του παρασίτου και της λοίμωξης σε μια μεγάλη ποικιλία άγριων και ήμερων ζώων. Ενδεικτικό, επίσης, είναι το γεγονός ότι λαμβλίαση που οφείλεται σε μολυσμένο νερό εμφανίζεται αρκετά συχνά από πηγές που δεν έχουν μολυνθεί από ανθρώπινα κόπρανα.

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΟΛΥΝΣΗ

Η δυναμική της περιβαλλοντικής μόλυνσης εξαρτάται από μια ποικιλία παραγόντων, στους οποίους περιλαμβάνονται ο αριθμός των μολυσμένων μη ανθρώπινων ξενιστών, ο αριθμός των λοιμογόνων παρασιτικών σταδίων που απεκκρίνονται, οι αγροτικές πρακτικές, η συμπεριφορά και οι δραστηριότητες του ξενιστή, οι κοινωνικοοικονομικές και εθνικές διαφορές στην ανθρώπινη συμπεριφορά, η γεωγραφική κατανομή, οι συνθήκες υγιεινής, η ασφάλεια του πόσιμου νερού, των πηγών και των αποθεμάτων της διατροφής, το κλίμα και οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής.

3.1. Πηγές, συμβολή και επιβίωση

Μερικά στοιχεία της βιολογίας των εντερικών παρασίτων *C. parvum*, *G. lamblia* και *T. canis* μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταδειχθεί η δυναμική της περιβαλλοντικής μόλυνσης. Όσον αφορά στο κρυπτοσπορίδιο,[7-9] η συμβολή των ζώων της κτηνοτροφίας και των αγροτικών πρακτικών είναι δύσκολο να συνεκτιμηθεί. Η λοίμωξη μπορεί να είναι κλινική στα μικρά μοσχάρια, αλλά υποκλινική στις ενήλικες αγελάδες. Ένα κλινικά άρρωστο νεογνό μπορεί να αποβάλλει $\geq 10^9$ ωοκύστεις καθημερινά κατά τη διάρκεια της λοίμωξης, ενώ μια μολυσμένη, αλλά υγιής, αγελάδα μπορεί να αποβάλλει μεταξύ $7{,}6\times10^5$ και $7{,}2\times10^8$ ωοκύστεις καθημερινά.[7] Το σύνολο των ωοκύστεων που αποβάλλονται στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια ενός έτους είναι το ίδιο τόσο για τα άρρωστα όσο και για τα υγιή ζώα, με δεδομένο ότι η ανάπτυξη ανοσίας παρεμποδίζει την περαιτέρω λοίμωξη του νεαρού ξενιστή.

Αγροτικές πρακτικές που συμβάλλουν στη δυναμική της περιβαλλοντικής μόλυνσης περιλαμβάνουν την αποθήκευση και διασπορά ζωικών λιπασμάτων, την αποχέτευση του μολυσμένου με ωοκύστεις νερού σε εδάφη ή σε άλλες υδάτινες πηγές, τη βόσκηση των κτηνοτροφικών ζώων σε εδάφη γειτνιάζοντα με υδάτινες πηγές και την αποχέτευση μολυσμένων με κόπρανα αποβλήτων από τα σφαγεία. Στη Μεγάλη Βρετανία και σε μια παραγωγική μονάδα, της οποίας τα ζώα είχαν ιστορικό κρυπτοσποριδίωσης, περισσότερες από 550 ωοκύστεις/L νερού αποβάλλονταν σε υδάτινες πηγές.[7] Ωοκύστεις που αποβάλλονται απευθείας σε υδάτινες πηγές έχουν μεγαλύτερο ποσοστό βιωσιμότητας από αυτές που αποβάλλονται σε βοσκοτόπια και για τις οποίες χρειάζεται περισσότερος χρόνος διείσδυσης διαμέσου υπογείων υδάτων σε επιφανειακά πόσιμα ύδατα.

Η λοίμωξη με την *T. canis* είναι πολύ συχνή στα ενήλικα σκυλιά και στις αλεπούδες, αφού επιβεβαιωμένη εντερική λοίμωξη εμφανίζουν περίπου το 20% των ενηλίκων σκύλων[10] και περισσότερα από το 90% των κουταβιών.[11] Οι ώριμοι θηλυκοί σκώληκες παράγουν περισσότερα από 200.000 εμβρυοφόρα αβγά τη μέρα,[12] που αποβάλλονται με τα κόπρανα και ωριμάζουν σε λοιμογόνες μορφές στο περιβάλλον. Υπολογίζεται ότι τα σκυλιά αποβάλλουν περίπου 100–2.000 αβγά/g κοπράνων,[13] ενώ οι ενήλικες αλεπούδες περισσότερα από 2.145

αβγά/g κοπράνων.[14] Η περιβαλλοντική μόλυνση με τα αβγά της *T. canis* φαίνεται ότι είναι πολύ μεγάλη: 66% των πάρκων,[15] 38% των κήπων[16] και 56% των σκαμμάτων με άμμο περιέχουν λοιμογόνα αβγά.[17,18] Τα αβγά της *T. canis* μπορούν να επιβιώσουν στο περιβάλλον για χρονικό διάστημα μέχρι 4 χρόνια,[19,20] παραμένουν ζωντανά μέσα στα κόπρανα ακόμα κι αν καλυφθούν με χιόνι σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται μέχρι -12 °C,[21] ενώ καταστρέφονται αν μείνουν απροστάτευτα στους –15 °C.[22]

Οι λοιμογόνες μορφές των παρασίτων είναι δυνατό να διασπαρούν και σε άλλες «καθαρές» περιοχές με τη βοήθεια κοπροφάγων μηχανικών ξενιστών, όπως είναι οι χοίροι, οι σκύλοι, οι κότες και οι μύγες.[23–29] Οι μύγες πέπτουν 1–3 mg κοπράνων σε διάστημα 2–3 ωρών[27] και μπορούν να μεταφέρουν κύστεις *Giardia*,[30] ωοκύστεις *Cryptosporidium*[23,24] και αβγά *Toxocara*.[28] Μια μύγα μπορεί να μεταφέρει κατά μέσο όρο 73 ωοκύστεις *C. parvum*.[23] Στη Νιγηρία, αβγά *Toxocara* εντοπίστηκαν σε ποσοστό 2,1–2,4% των μυγών.[29] Αν και τα αβγά της *Toxocara* χρειάζονται μια χρονική περίοδο εμβρυοφορίας για να καταστούν λοιμογόνα, οι μύγες συνήθως εναποθέτουν τα αβγά πάνω ή μέσα σε τρόφιμα που καταναλώνονται πολύ αργότερα, σε χρόνο δηλαδή που τα αβγά έχουν ήδη καταστεί λοιμογόνα.

4. ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΖΩΟΝΟΣΟΙ ΠΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΝΕΡΟ

Επειδή το μέγεθος των λοιμογόνων μορφών των πρωτοζώων είναι πολύ μικρότερο, οι επιδημίες των πρωτοζωικών ζωονόσων που μεταδίδονται με το νερό είναι πολύ συχνότερες από τις αντίστοιχες επιδημίες των ελμινθικών ζωονόσων. Έτσι, στις αναπτυγμένες χώρες, η *Giardia* και το *Cryptosporidium* είναι πολύ σημαντικά παρασιτικά παθογόνα για 4 κύριους λόγους:[31,32]

α. Γιατί η λαμβλίαση και η κρυπτοσποριδίωση είναι αυτόχθονες λοιμώξεις πολλών ζώων

β. Διότι η πυκνότητα της περιβαλλοντικής μόλυνσης με λοιμογόνες κύστεις και ωοκύστεις είναι αρκετή για να μολύνει το υδάτινο περιβάλλον

γ. Γιατί οι κύστεις και οι ωοκύστεις είναι ανθεκτικές στα συνήθη απολυμαντικά που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του πόσιμου νερού

δ. Επειδή κύστεις της *Giardia* και οι ωοκύστεις του *Cryptosporidium* είναι αρκετά μικρές, ώστε να μολύνουν τα υπόγεια ύδατα.

Σε σπάνιες, ειδικές περιπτώσεις, το *Toxoplasma* και τα μικροσπορίδια έχουν συσχετιστεί με νοσήματα που μεταδίδονται με το νερό. Οι ωοκύστεις του *T. gondii* είναι ανθεκτικές στα συνήθη απολυμαντικά. Αντίθετα, οι μικροί (1–5 μm) σπόροι των μικροσποριδίων δεν είναι γνωστό κατά πόσο αντέχουν στις χρησιμοποιούμενες μεθόδους καθαρισμού του πόσιμου νερού.

Οι ελμινθικές ζωονόσοι δεν φαίνεται να μεταδίδονται –τουλάχιστον πρωτίστως– με το πόσιμο νερό. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό του πόσιμου νερού κατακρατούν τόσο τα αβγά των ελμίνθων (έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 20 μm), όσο και τις μεγαλύτερες πρωτοζωικές κύστεις. Πάντως, σε ενδημικές περιοχές, αβγά ελμίνθων βρίσκονται στον αέρα, στη σκόνη και στο χώμα κι έτσι μπορούν να μεταφερθούν παθητικά σε ακάλυπτες πόσιμες υδάτινες πηγές.

4.1. *Giardia* και *Cryptosporidium*

Η μετάδοση με το πόσιμο νερό των εντερικών πρωτοζώων *G. lamblia* και *C. parvum* έχει ήδη αξιόπιστα αποδειχθεί.[33–37] Έχουν αναφερθεί περισσότερες από 160 επιδημίες λαμβλίασης και κρυπτοσποριδίωσης, με τις περισσότερες από αυτές να έχουν καταγραφεί στις ΗΠΑ και στη Μεγάλη Βρετανία. Ειδικότερα, τα τελευταία 12 χρόνια έχουν αναφερθεί στις ΗΠΑ, στον Καναδά και στην Ιαπωνία[39] επιδημίες κρυπτοσποριδίωσης από πόσιμο νερό.[38] Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, το αίτιο ήταν πρακτικές που χρησιμοποιούνται στην εκτροφή αγελάδων. Εντούτοις, υπήρχαν και περιπτώσεις όπου ο ζωονοτικός κύκλος μετάδοσης παρέμεινε μόνο υποθετικός.

Η ανάγκη προσδιορισμού τόσο των παραγόντων που συμβάλλουν στην εμφάνιση των επιδημιών, όσο και των αντίστοιχων αιτίων, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη συγκεκριμένων εργαστηριακών μεθόδων (πίν. 3).[26,39–41] Η πρόσφατη ανάπτυξη μοριακών και γενετικών μεθόδων ανάλυσης των πρωτοζωικών παρασίτων που μολύνουν το νερό σε επίπεδο είδους ή και στελέχους βοηθά παράλληλα και στον προσδιορισμό των ειδών που μολύνουν γενικότερα το περιβάλλον.

Σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες τα τελευταία χρόνια έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη συγκεκριμένων γονοτυπικών τεχνικών για το *Cryptosporidium*, την *Giardia*, τα είδη των μικροσποριδίων και το *Toxoplasma*.[42–46] Έτσι, στη Βρετανική Κολούμπια (British Columbia), μια επιδημία λαμβλίασης από πόσιμο νερό θεωρήθηκε ότι ξεκίνησε από μολυσμένους κάστορες, διότι (α) οι μολυσμένοι κάστορες βρέθηκε ότι ζούσαν σε στοές κοντά στις δεξαμενές του πόσιμου ύδατος και (β) η ανάλυση 160 ισοενζύμων και η pulsefield gel ηλεκτροφόρηση έδειξε ότι τα στελέχη της *Giardia* που απομονώθηκαν από τους

ανθρώπους ανήκαν στον ίδιο καρυότυπο με τα στελέχη της *Giardia* που απομονώθηκαν στους επιδημιολογικά συσχετιζόμενους κάστορες.[47,48]

Όσον αφορά στις μοριακές μεθόδους, φαίνεται ότι έχουν μεγάλες δυνατότητες προσδιορισμού των πηγών της μόλυνσης,[49] αλλά είναι αναγκαίες εκτενείς συγκρι-

Πίνακας 3. Μέθοδοι εργαστηριακού ελέγχου ορισμένων παρασιτικών ζωονόσων που μεταδίδονται με το νερό και τα τρόφιμα.

Ανίχνευση σε ύδατα			
Μέθοδος	**Λαμβλίαση**	**Κρυπτοσπορίδιωση**	**Τοξοπλάσμωση/Μικροσπορίδιωση**
Ρυθμιστικές μέθοδοι πόσιμων υδάτων Μέθοδοι ελέγχου φυσικών και διυλισμένων υδάτων	Μέθοδος USEPA 1623[106] Διήθηση (μικρού και μεγάλου όγκου), κροκύδωση, κυτταρομετρία, ανοσομαγνητικός διαχωρισμός, ανοσοφθορισμός με μονοκλωνικά αντισώματα, μορφολογία, μορφομετρία, PCR, φθορίζων *in situ* υβριδισμός, ηλεκτροπεριστροφή[26,39–41]	Μέθοδος USEPA 1623[106] Διήθηση (μικρού και μεγάλου όγκου), κροκύδωση, κυτταρομετρία, ανοσομαγνητικός διαχωρισμός, ανοσοφθορισμός με μονοκλωνικά αντισώματα, μορφολογία, μορφομετρία, PCR, φθορίζων *in situ* υβριδισμός, ηλεκτροπεριστροφή[26,39–41]	Καμία Διήθηση (μικρού και μεγάλου όγκου), κροκύδωση(;), ανοσομαγνητικός διαχωρισμός (για ορισμένα μικροσπορίδια), μορφομετρία, PCR[112]
Καθορισμός βιωσιμότητας	*In vitro* αποκύστωση, ζωική μολυσματικότητα, φθορίζουσες έμβιες χρώσεις, PCR της επαγώγιμης θερμο-καταπληξιακής πρωτεΐνης P70, ανάστροφη PCR, φθορίζων *in situ* υβριδισμός[26,39–41]	*In vitro* αποκύστωση, ζωική μολυσματικότητα, *in vitro* μολυσματικότητα κυτταροκαλλιεργειών, φθορίζουσες έμβιες χρώσεις, PCR της επαγώγιμης θερμο-καταπληξιακής πρωτεΐνης P70, ανάστροφη PCR, φθορίζων *in situ* υβριδισμός[26,39–41]	Ζωική μολυσματικότητα, *in vitro* μολυσματικότητα κυτταροκαλλιεργειών[112]
Ανίχνευση σε κρέατα			
Μέθοδος	**Τοξοπλάσμωση**	**Κυστικέρκωση**	**Τριχίνωση**
Άμεση απομόνωση	Μη πρακτική	Μακροσκοπικές και διαχωριστικές: Τεμαχισμός των μυών και ψηλάφηση των υπολοίπων οργάνων και ιστών. Μικρή ευαισθησία[113–115]	Τριχινοσκοπία: Συμπίεση και πέψη μυϊκών ιστών Συμπίεση: Χρονοβόρα και σχετικά μη ευαίσθητη Δεν συνιστάται ως μέθοδος ρουτίνας Ευαισθησία: 1 g δείγματος, επίπεδο μολυσματικότητας >3 νύμφες/g ιστού.[116–118] 5 g δείγματος, επίπεδο μολυσματικότητας -1 νύμφη/g ιστού Πέψη: 1 g δείγματος, επίπεδο μολυσματικότητας >3 νύμφες/g ιστού.[116–118] 5 g δείγματος, επίπεδο μολυσματικότητας >3 νύμφες/g ιστού
Ανίχνευση αντισωμάτων, δοκιμασία dye test (Sabin-Feldman), έμμεση αιμοσυγκόλληση (IHA), συγκολλητινοαντίδραση (LA), τροποποιημένη συγκόλληση (MAT)	Το dye test δεν είναι μέθοδος εργαστηριακής ρουτίνας. Η μέθοδος MAT (χρησιμοποιούνται ταχυζωίτες σε φορμόλη) υπερέχει των άλλων μεθόδων συγκόλλησης:[119] Σε φυσικώς μολυνθέντα χοίρους, ευαισθησία 83%, ειδικότητα 90%.[120] Δεν εμφανίζονται διασταυρούμενες αντιδράσεις με *Sarcocystis miescheriana, Ascaris suum, Trichuris suis, Trichinella spiralis* και έναν αριθμό χοίρειων ιών.[121] Η μέθοδος MAT δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χώρους σφαγείων, διότι απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ακέραιων ταχυζωιτών	Δεν υπάρχουν	Δεν υπάρχουν
Ανίχνευση αντισωμάτων, ELISA/Western blotting	Η ELISA στους χοίρους έχει ευαισθησία 73% και ειδικότητα 86%.[120] Η anti-*Toxoplasma* IgG ELISA είναι αξιόπιστη για τη διάγνωση μολυσμένων ζώων και τα αποτελέσματά της συμβαδίζουν με το dye test. Είναι χρήσιμη και για τη διάγνωση πρόσφατων και χρονίων ανθρώπινων λοιμώξεων.[123] Μειονέκτημα: Εμφανίζει διασταυρούμενες αντιδράσεις με τη *Sarcocystis* (στους χοίρους).[122] ELISA με ανασυνδυασμένα αντιγόνα H4 και H11: Στα φυσικώς μολυνθέντα πρόβατα, ευαισθησία 79%, ειδικότητα 100%. Μειονέκτημα: Δεν ανιχνεύει αντισώματα σε περιπτώσεις χρονίων χοίρειων λοιμώξεων[124]	Η μέθοδος Western blotting (WB) είναι πιο αξιόπιστη από την ELISA, η χρήση δε κεκαθαρμένων γλυκοπρωτεϊνικών αντιγόνων την καθιστά μέθοδο εκλογής για την ορολογική διάγνωση. Στο εμπόριο κυκλοφορούν έτοιμα αντιγόνα. Ευαισθησία της WB στους χοίρους με μία διακριτή κύστη=60–80%.[125] Ετερόλογα αντιγόνα: Αντισώματα από *Taenia saginata*-μολυσμένων αγελάδων αντιδρούν με λιποπρωτεϊνικά αντιγόνα υγρού κύστης (ThFAS) *Taenia hydatigena.*[126] Τα ThFAS έχουν χαμηλή συγγένεια για τα αντι-*Fasciola hepatica* αντισώματα. Τα ThFAS ανιχνεύουν τις χοίρειες λοιμώξεις «*Taiwan Taenia*».[127] Σε φυσικώς μολυνθέντες χοίρους με *Taenia solium* και *Taenia crassiceps*, η χρήση των ThFAS είχε ευαισθησία 97% και ειδικότητα 100%.[128] Ανασυνδυασμένα αντιγόνα: Το Tc A2-MPB (από την *T. crassiceps*) μπορεί να ανιχνεύσει λοιμώξεις από *T. saginata* σε αγελάδες[129]	Η ELISA θεωρείται μέθοδος εκλογής για την προ-θάνατο διάγνωση. Η ευαισθησία της (1 νύμφη/100 g ιστού) είναι συγκρίσιμη με τις καταλληλότερες άμεσες μεθόδους.[117,130] Προς το παρόν χρησιμοποιούνται μόνο φυσικά, βραχύβιας ζωής (ES) ή βιοχημικά κεκαθαρμένα αντιγόνα.[131–133] Η καθολική ευαισθησία της κυμαίνεται μεταξύ 93–99% και η ειδικότητά της μεταξύ 91–99%.[134–138] Ανασυνδυασμένα αντιγόνα: Το κυρίαρχο πρόβλημα είναι η αδυναμία αναπαραγωγής της γλυκοπρωτεϊνικής δομής των ανοσοεπικρατούντων αντιγόνων. Μια *in vitro* συντεθείσα νεογλυκάνη,[139] με αντιγονική δομή όμοια των γλυκοπρωτεϊνών της *Trichinella*, χρησιμοποιήθηκε σε ELISA.[138] Η δοκιμασία χρησιμοποιήθηκε σε φυσικά και τεχνητά μολυνθέντες χοίρους και εμφάνισε αξιοπιστία αποτελεσμάτων συγκρίσιμη με αυτή της χρήσης φυσικών, βραχύβιας ζωής αντιγόνων (ES)[138]
Ανίχνευση κυκλοφορούντων αντιγόνων, ELISA	Κατά τη διάρκεια της πρόσφατης λοίμωξης (ανθρώπου και ποντικού), ικανές ποσότητες αντιγόνων κυκλοφορούν στον ορό ή υπάρχουν στους ιστούς μόνο για μικρό χρονικό διάστημα	Μονοκλωνικά αντισώματα έναντι μετακεστωδών εκχυλισμάτων μπορούν να ανιχνεύσουν κυκλοφορούντα αντιγόνα στον ορό σε ποσοστό 79% (μολυσμένοι χοίροι). Η αντίστοιχη ειδικότητα είναι 97%.[144]	Επειδή αντιγοναιμία παρατηρείται σε ποσοστό <56% των μολυσμένων ζώων, η ανίχνευση αντιγόνων στον ορό δεν θεωρείται αξιόπιστη μέθοδος[141]
Μοριακές μέθοδοι (PCR και DNA ανιχνευτές)	Η PCR έναντι του επαναληπτικού γονιδίου B1 έχει ευαισθησία της τάξης των 10 ταχυζωιτών/10^5 λευκοκύτταρα.[142] Η σύνθετη PCR έναντι του ριβοσωματικού DNA και του γονιδίου P30 φαίνεται ότι έχει μεγάλη ευαισθησία και ειδικότητα[143]	Η συνδυασμένη χρήση DNA ανιχνευτών έναντι της *T. saginata* και της *T. solium* εξασφαλίζει θετική διάγνωση των πρωγλωττίδων της *T. saginata* σε δείγματα κοπράνων[144]	Χρησιμοποιείται η δοκιμασία «PCR τυχαίων, πολλαπλών εκκινητών» (randomly primed PCR), για το διαχωρισμό των οκτώ παθογόνων ειδών της *Trichinella.*[145,146] Ο διαχωρισμός αυτός έχει πρακτική σημασία, διότι βοηθά στον προσδιορισμό της πηγής της μόλυνσης. Διαφορετικά είδη προκαλούν διαφορετική κλινική συμπτωματολογία στον άνθρωπο

τικές μελέτες για να εξακριβωθεί με ασφάλεια η αποτελεσματικότητα των πρωτοκόλλων εκείνων που χρησιμοποιούνται ειδικά για την περιβαλλοντική μόλυνση.[26]

4.2. Μικροσπορίδια

Τα μικροσπορίδια είναι υποχρεωτικά ενδοκυττάρια σπορογόνα πρωτόζωα, που ταξινομούνται στο Φύλο Microspora. Τα περίπου 1.000 είδη μικροσπορίδιων που έχουν αναγνωριστεί, θεωρούνται κατεξοχήν υποχρεωτικά παράσιτα των ασπόνδυλων ζώων και των ψαριών.[50,51] Αν και δεν περιλαμβάνονταν στα αίτια ανθρώπινης νόσησης πριν από την πανδημία με τον ιό HIV,[51,52] σήμερα οι περισσότερες ανθρώπινες μικροσπορίδιακές λοιμώξεις σχετίζονται κυρίως με ανοσοκατασταλμένους ασθενείς με HIV-λοίμωξη.[53] Έτσι, τα μικροσπορίδια κατατάσσονται πλέον στα πολύ σημαντικά νεοφανή παρασιτικά παθογόνα. Συγκεκριμένα, η παγκόσμια συχνότητα της μικροσπορίδίωσης σε ασθενείς με χρονία διάρροια κυμαίνεται από 7–50%,[54] αν και δεν είναι γνωστό αν αυτή η μεγάλη διακύμανση αντανακλά μια γεωγραφική ποικιλότητα, διαφορές σε διαγνωστικές δυνατότητες ή και διαφορές σε παράγοντες κινδύνου έκθεσης στα μικροσπορίδια.

Το καλοκαίρι του 1995, μια επιδημία μικροσπορίδίωσης από νερό εμφανίστηκε στη Γαλλία. Αναφέρθηκαν περίπου 200 περιπτώσεις, κυρίως σε ανοσοκατασταλμένους ασθενείς (χρονία διάρροια, αφυδάτωση και σημαντική απώλεια βάρους >10% του σωματικού βάρους, χαμηλός αριθμός CD4+ κυττάρων).[55] Παρόλο που η μόλυνση του πόσιμου νερού με κόπρανα δεν αποδείχθηκε, ως πηγή μόλυνσης ανθρώπων και ζώων ενοχοποιήθηκε η μόλυνση μιας λίμνης που βρισκόταν κοντά.

Οι σπόροι των μικροσπορίδίων είναι σταθεροί στο περιβάλλον και παραμένουν λοιμογόνοι για μέρες ή εβδομάδες.[56–58] Το μικρό μέγεθός τους (1–5 μm) καθιστά δύσκολη την απομάκρυνσή τους με τις συνηθισμένες τεχνικές καθαρισμού του πόσιμου νερού και υπάρχει η υποψία ότι εμφανίζουν αυξημένη αντοχή στην απολύμανση με χλωρίνη.[59]

4.3. *Toxoplasma*

Δύο επιδημίες τοξοπλάσμωσης, που συνδυάζονταν με την πόση μολυσμένου με ωοκύστεις νερού, έχουν εμπεριστατωμένα δημοσιευθεί.[60,61] Η πρώτη επιδημία εμφανίστηκε σε Βρετανικά στρατεύματα στον Παναμά. Τα επιδημιολογικά στοιχεία έδειξαν ότι ο πιθανότερος τρόπος μόλυνσης ήταν η πόση νερού λίμνης, το οποίο είχε μολυνθεί με ωοκύστεις που απέβαλαν γάτες της ζούγκλας. Η δεύτερη επιδημία εμφανίστηκε στη Βρετανική Κολούμπια (British Columbia) στον Καναδά το 1995. Στην επιδημία αυτή διαγνώστηκαν 110 περιπτώσεις πρόσφατων οξειών λοιμώξεων από *T. gondii*, από τις οποίες 55 αφορούσαν σε μη έγκυες και 42 σε έγκυες γυναίκες. Μολύνθηκαν, επίσης, 11 νεογνά. Τα επιδημιολογικά στοιχεία έδειξαν ότι πιθανότερη πηγή μόλυνσης ήταν οι δεξαμενές του πόσιμου νερού, που είχαν μολυνθεί στις πηγές τους με ωοκύστεις από οικιακές και άγριες γάτες, καθώς και από πάνθηρες.

5. ΥΔΑΤΑ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΑΝΑΨΥΧΗΣ

Η *G. lamblia* και το *Cryptosporidium* είναι τα συχνότερα παρασιτικά αίτια που σχετίζονται με μολύνσεις από ύδατα χώρων αναψυχής. Οι περισσότερες επιδημίες αυτού του τύπου είναι το αποτέλεσμα τυχαίας μόλυνσης κολυμβητικών δεξαμενών με κόπρανα και μόλυνσης υδάτων ψυχαγωγικών χώρων (π.χ. συντριβάνια, μικρές τεχνητές λίμνες κ.ά.) με ζωικά απόβλητα.[62] Ενέχεται, επίσης, και η μόλυνση λιμνών με κόπρανα μολυσμένων κτηνοτροφικών και άγριων ζώων. Μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ τυχαίας πόσης μολυσμένου, επιφανειακού, μη πόσιμου ύδατος και λοίμωξης μελετήθηκε στο Νέο Μεξικό.[63] Ο αυξημένος κίνδυνος μόλυνσης σχετίζεται, επίσης, με την κολύμβηση σε επιφανειακά ύδατα, το camping και την κατοχή οικιακού ζώου που είναι νεαρό ή άρρωστο. Τα έτη 1997 και 1998 αναφέρθηκαν στις ΗΠΑ 18 περιπτώσεις παρασιτικών λοιμώξεων, που αποδόθηκαν σε μολυσμένα ύδατα ψυχαγωγικών χώρων. Το *Cryptosporidium* ήταν το αίτιο 9 περιπτώσεων και οι 8 οφείλονταν σε κολύμβηση σε μολυσμένα ύδατα κολυμβητικών δεξαμενών.[64] *G. lamblia* δεν εντοπίστηκε. Το 1999 εμφανίστηκε επιδημία γαστρεντερίτιδας σε περιοχή κολύμβησης μέσα σε δημόσιο πάρκο,[65] αλλά η πηγή της μόλυνσης δεν προσδιορίστηκε.

Αν και οι επιδημίες αυτού του τύπου γενικά θεωρούνται ως ακραίες περιπτώσεις ζωονοτικής μετάδοσης, είναι πολύ πιθανό ότι αρκετές περιπτώσεις λοιμώξεων που σχετίζονται με ύδατα ψυχαγωγικών χώρων δεν αναγνωρίζονται και δεν αναφέρονται. Η κολύμβηση ή και οι αθλητικές καταδύσεις σε ύδατα που πιθανόν να μολύνονται με απόβλητα ζώων ενέχουν προφανώς αυξημένο κίνδυνο μόλυνσης με παρασιτικές ζωονόσους που μεταδίδονται με το νερό, ακόμη όμως δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί ποσοτικά ο κίνδυνος αυτός. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει το «εξάνθημα των κολυμβητών», μια νόσος που εμφανίζεται με τη μορφή παροδικών κρουσμάτων. Η λοίμωξη αυτή είναι μια δερματίτιδα σχετιζό-

μενη με τα κερκάρια των σχιστοσωμάτων των πτηνών, που διεισδύουν στο ανθρώπινο δέρμα και δεν καταφέρνουν να ολοκληρώσουν τον κύκλο της ζωής τους στον ανθρώπινο ξενιστή.

6. ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΖΩΟΝΟΣΟΙ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

6.1. Επιφανειακή μόλυνση

Οι παγκόσμιες μη ελεγχόμενες πηγές παραγωγής πολλών τροφίμων, η αυξανόμενη ζήτηση και η ταχεία μεταφορά των τροφίμων (ιδιαίτερα των μαλακών φρούτων και των λαχανικών που χρησιμοποιούνται σε σαλάτες) προάγουν την πιθανότητα της επιφανειακής μόλυνσης και της επιβίωσης των λοιμογόνων μορφών των παρασίτων. Τα τρόφιμα μολύνονται (και έτσι καθίστανται πιθανή πηγή μόλυνσης για τον άνθρωπο) τόσο κατά τη διάρκεια της παραγωγής, συλλογής, μεταφοράς και προετοιμασίας (π.χ. γάλα, φρούτα, λαχανικά, χυμοί φρούτων κ.ά.), όσο και κατά τη διαδικασία της συσκευασίας τους. Πιθανότερες πηγές ζωονοτικής μόλυνσης είναι συνήθως τα κόπρανα και το μολυσμένο με κόπρανα χώμα ή νερό. Όσον αφορά στην εργαστηριακή μελέτη των υπεύθυνων μικροβίων, επειδή ο αριθμός των μικροοργανισμών (μικροβιακό φορτίο) που μολύνουν τα τρόφιμα κυμαίνεται ανάλογα με τον τρόπο (οδό) της μόλυνσης, οι εργαστηριακές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό του αριθμού αυτού πρέπει να είναι αρκετά ευαίσθητες, ώστε να προσδιορίζουν όσο το δυνατόν μικρότερο αριθμό παθογόνων μικροοργανισμών. Με δεδομένο ότι για πολλά παράσιτα αρκεί ένας μικρός αριθμός λοιμογόνων μορφών για να προκληθεί λοίμωξη, η επιφανειακή μόλυνση τροφών που δεν ξεπλένονται επαρκώς πριν από την κατανάλωσή τους αποτελεί έναν υπαρκτό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Συχνά είναι δύσκολο να συσχετιστεί μια επιδημία με ένα συγκεκριμένο τρόφιμο και, επιπλέον, αν υπάρχει υποψία μόλυνσης από την τροφική αλυσίδα, είναι δύσκολο να βρεθεί ο τρόπος που μολύνθηκε το συγκεκριμένο τρόφιμο. Με δεδομένες τις παραπάνω δυσκολίες, οι πραγματικές συνθήκες του τρόπου της παρασιτικής μόλυνσης διαμέσου των τροφών συχνά παραμένουν αδιευκρίνιστες (ο Casemore[66] αναφέρει ότι το ποσοστό των πρωτοζωικών λοιμώξεων που μεταδίδονται με τα τρόφιμα και στο οποίο ο τρόπος μετάδοσης παραμένει αδιευκρίνιστος, πιθανότατα είναι >10%).

Με όλους τους παραπάνω προαναφερθέντες περιορισμούς, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι είναι σπάνιες οι επιβεβαιωμένες παρασιτικές ζωονοτικές επιδημίες που οφείλονται σε κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων, αν και θεωρητικά τα τρόφιμα θεωρούνται ως σημαντικοί τρόποι μετάδοσης (ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κακής υγιεινής και ενδημικότητας των λοιμώξεων).[28,67] Πρόσφατα, η ερευνητική προσπάθεια έχει επικεντρωθεί στη σημασία της τροφικής μετάδοσης της λαμβλίασης και της κρυπτοσποριδίωσης, τόσο επειδή για την πρόκληση της αντίστοιχης λοίμωξης απαιτούνται σχετικά μικρές δόσεις λοιμογόνων μορφών, όσο και διότι οι μορφές αυτές είναι ανθεκτικές στα συνήθη απολυμαντικά μέσα.[68–72]

6.1.1. Giardia και Cryptosporidium. Η τροφική μετάδοση της λαμβλίασης προτάθηκε για πρώτη φορά το 1920.[73,74] Από τότε υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για μόλυνση από μολυσμένα φρούτα και λαχανικά σε αρκετές περιπτώσεις επιδημιών.[75] Στις ΗΠΑ, η πρώτη επιδημία τροφικής λαμβλίασης περιγράφηκε το 1979.[75,76] Από τις 8 επιδημίες τροφικής λαμβλίασης που έχουν επιβεβαιωθεί, μόνο μία σχετίστηκε άμεσα με την κατανάλωση τροφίμου (πατσάς), που είχε μολυνθεί ενδογενώς. Οι άλλες επιδημίες, στις οποίες μολύνθηκαν 217 άτομα μεταξύ των ετών 1979 και 1990, συσχετίστηκαν με τη μόλυνση τροφίμων από άτομα-χειριστές και περιελάμβαναν τρόφιμα όπως ο σολωμός, οι φρουτοσαλάτες, τα ωμά λαχανικά, το μαρούλι, τα κρεμμύδια και οι ντομάτες. Σε δύο περιπτώσεις επιδημιών, η αρχική πηγή της μόλυνσης εντοπίσθηκε στο μολυσμένο βρέφος του ατόμου-χειριστή των τροφίμων.[72]

Πιθανολογούμενες περιπτώσεις τροφικής κρυπτοσποριδιακής επιδημίας έχουν αναφερθεί στη Μεγάλη Βρετανία, στην Αυστραλία και σε ταξιδιώτες που επισκέφθηκαν το Μεξικό. Τα ύποπτα τρόφιμα περιελάμβαναν σαλάτες, γάλα, λουκάνικα και πατσά.[76] Μια επιδημία που ακολούθησε την κατανάλωση χυμού μήλου ήταν η πρώτη που σχετίστηκε επιδημιολογικά με τη ζωονοτική μεταδοτική οδό.[77] Ο φρέσκος χυμός των μήλων παρήχθη από φρούτα που είχαν συλλεγεί σε κήπο μολυσμένο από κόπρανα αγελάδων. Μερικά μήλα είχαν πέσει στο έδαφος κι έτσι πιθανότατα είχαν μολυνθεί με λοιμογόνες ωοκύστεις.[77] Αν και έχουν αναφερθεί 3 ακόμη επιδημίες από το 1993, για καμία από αυτές δεν έχει ενοχοποιηθεί η ζωονοτική μετάδοση.[78,79] Και στις 3 αυτές περιπτώσεις, η ανυπαρξία ευαίσθητων εργαστηριακών μεθόδων ανίχνευσης και τυποποίησης των παθογόνων αιτίων περιορίζει την κατανόηση της εμπλοκής του ζωονοτικού τρόπου μετάδοσης της λοίμωξης.

6.1.2. Fasciola (Δίστομο). Αποτελεί κοινή πεποίθηση ότι η ανθρώπινη διστομίαση, που οφείλεται στη *Fasciola hepatica* (Δίστομο το ηπατικό) και στην *Fasciola gigantica* (Δίστομο το γιγαντιαίο), είναι μια σποραδική λοίμωξη, η

οποία εμφανίζεται σε περιοχές με χαμηλές κοινωνικοϋγειονομικές συνθήκες. Όμως, οι Ken και Mot[80] έδειξαν την επιδημιολογική σημασία αυτής της ζωονόσου, αναγνωρίζοντας 2.594 περιπτώσεις σε 42 διαφορετικές χώρες μεταξύ των ετών 1970 και 1990. Πρόσφατες εκτιμήσεις υπολογίζουν την παγκόσμια συχνότητα της λοίμωξης σε 2,4–17 εκατομμύρια κρούσματα[81,82] και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναγνωρίζει πλέον τη διστομίαση ως μια σοβαρή νεοφανή λοίμωξη του ανθρώπου.[83] Υπολογισμοί της συχνότητας της νόσου, που βασίζονται στον αριθμό των αβγών που αποβάλλονται με τα κόπρανα, δεν είναι αξιόπιστες, διότι δεν περιλαμβάνουν τις λανθάνουσες ή έκτοπες περιπτώσεις των λοιμώξεων, κατά τις οποίες αποβάλλονται αβγά περιοδικά και σε πολύ μικρούς αριθμούς.

Η διασπορά της νόσου είναι αγροτική και συνδυάζεται με την εκτροφή αγελάδων και προβάτων.[84–86] Πάντως, η μεγάλη επιδήμηση στους ανθρώπους δεν σχετίζεται απαραίτητα με περιοχές όπου η διστομίαση αποτελεί σημαντικό κτηνιατρικό πρόβλημα.[86] Αντίθετα, η επιδήμηση φαίνεται ότι περιορίζεται μέσα σε οικογένειες, καθώς, πιθανότατα, τα μέλη μιας οικογένειας καταναλώνουν τα ίδια μολυσμένα τρόφιμα.[87] Ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρατήρηση των MasComa et al,[86] οι οποίοι αναφέρουν ότι στις υπερενδημικές περιοχές το παράσιτο έχει προσαρμοστεί καλύτερα στον ανθρώπινο ξενιστή, οδηγώντας σε ελαττωμένη προσβολή του ήπατος και αυξημένο αριθμό ενήλικων σκωλήκων και παραγωγής αβγών.

Ο συνηθέστερος τρόπος μετάδοσης του Διστόμου είναι με τη βρώση υδρόβιων φυτών του γλυκού νερού (*Nasturtium* και είδη *Roripa*, πίν. 2), που έχουν μολυνθεί με εγκυστωμένα μετακερκάρια.[88] Ανάλογα με τη γεωγραφική θέση είναι δυνατό να υπάρχουν και άλλα υδρόβια φυτά, που μπορεί να χρησιμεύσουν ως ενδιάμεσοι ξενιστές του παρασίτου. Στη μετάδοση έχουν ενοχοποιηθεί, επίσης, νερό μολυσμένο με επιπλέοντα μετακερκάρια και σαλατικά που έχουν μολυνθεί με μολυσμένο αρδευτικό νερό.[89] Ειδικά στο Ιράν, στους παράγοντες κινδύνου περιλαμβάνονται τόσο η χρήση ζωικών αποβλήτων ως λιπασμάτων, όσο και η χρήση μολυσμένων νερών αποβλήτων για την άρδευση λαχανικών.[83] Πρόσφατα, προτάθηκε και η μόλυνση μετά από κατανάλωση φρέσκου ωμού συκωτιού, που περιείχε ανώριμες νύμφες του παρασίτου.[91]

6.2. Λοιμώξεις που οφείλονται σε κατανάλωση μολυσμένου κρέατος

Οι παρασιτικές ζωονόσοι που οφείλονται σε κατανάλωση μολυσμένου ζωικού κρέατος εξακολουθούν να αποτελούν παγκοσμίως μια πολύ σημαντική αιτία νόσησης και οικονομικής επιβάρυνσης.[92–95] Σε αυτές περιλαμβάνονται η τοξοπλάσμωση, η κυστικέρκωση και η τριχίνωση. Σε ορισμένες περιοχές του κόσμου, επιπλέον πρόβλημα είναι τα παράσιτα που μεταδίδονται με το κρέας των ψαριών. Τέλος, οι λοιμώξεις που οφείλονται σε τρηματώδεις σκώληκες αποτελούν, επίσης, πολύ σημαντικό υγειονομικό πρόβλημα, καθώς περισσότερα από 40×10^6 άτομα παγκοσμίως μολύνονται με ένα ή περισσότερα διαφορετικά είδη.[82,83] Οι προσπάθειες για τον έλεγχο αυτών των ζωονόσων συνεχίζονται, αλλά η συνολική διαδικασία είναι ακόμη αναποτελεσματική.[96] Εκτός από τη μόλυνση μετά από κατανάλωση κρέατος που αγοράζεται σε κρεοπωλεία, συμβολή στη ζωονοτική λοίμωξη έχει και η κατανάλωση κακοψημένου κρέατος θηραμάτων (αρκούδες) και ψαριών μετά από διαδικασίες όπως το κυνήγι, το ψάρεμα κ.ά.

6.2.1. Toxoplasma, Taenia spp, Trichinella και Anisakis spp. Όσον αφορά στη νόσηση και στη θανατηφόρα εξέλιξη, το *Toxoplasma*, η *Listeria* και η *Salmonella* είναι οι τρεις σπουδαιότεροι παθογόνοι παράγοντες που μεταδίδονται με τα τρόφιμα, τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρώπη.[97] Το χοιρινό και το αρνίσιο κρέας είναι οι σπουδαιότερες πηγές λοίμωξης με το τοξόπλασμα, αν και ενέχεται και το κρέας των θηραμάτων (αγριογούρουνο, αρκούδα).[6] Οι Cook et al[98] αναφέρουν ότι οι σπουδαιότεροι κίνδυνοι μόλυνσης μιας έγκυας γυναίκας με *Toxoplasma* είναι (α) η κατανάλωση μισοψημένου αρνίσιου, μοσχαρίσιου ή θηρεύσιμου κρέατος, (β) η επαφή με το χώμα και (γ) ένα ταξίδι εκτός Ευρώπης, ΗΠΑ και Καναδά. Η λοίμωξη των κτηνοτροφικών ζώων με τις νυμφικές μορφές (κυστικέρκωση) της *Taenia saginata* και της *Taenia solium*, που αναπτύσσονται σε ενήλικες μορφές μέσα στο ανθρώπινο έντερο, είναι επίσης σπουδαίας σημασίας για τη δημόσια υγεία.[93,99,100] Κλινικά, η *T. solium* ενδιαφέρει περισσότερο από την *T. saginata*, επειδή ο άνθρωπος χρησιμεύει τόσο ως κύριος όσο και ως ενδιάμεσος ξενιστής του παρασίτου. Ως κύριος ξενιστής, ο άνθρωπος μολύνεται καταναλώνοντας ωμό ή μισοψημένο χοιρινό κρέας που περιέχει κυστίκερκους. Ως ενδιάμεσος ξενιστής, ο άνθρωπος μολύνεται είτε εξωγενώς (τρώγοντας τυχαία αβγά του σκώληκα), είτε ενδογενώς (με αβγά του σκώληκα που ανέρχονται από τις κατώτερες μοίρες του τυφλού στις ανώτερες μοίρες του δωδεκαδακτύλου με αντιπεριστολτικές κινήσεις του εντέρου). Η ανθρώπινη λοίμωξη με την *T. spiralis* (τριχίνωση) γίνεται μετά από κατανάλωση ωμού ή μισοψημένου κρέατος που περιέχει λοιμογόνες νύμφες του νηματοειδούς έλμινθα και, συνήθως, σχετίζεται με την κατανάλωση χοιρινού κρέατος, κρέατος αλόγου και κρέατος

αρκούδας.[95] Η *T. spiralis* ενδιαφέρει, γιατί είναι το είδος που υπάρχει συχνότερα στους χοίρους. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ξοδεύει ετήσια περίπου 570 εκατομμύρια δολάρια για τη μέθοδο της τριχινοσκοπίας.[101] Από τα είδη *Anisakis*, τα *A. simplex* και *Pseudoterranova decipiens*,[83] που επιπολάζουν στην Ιαπωνία και στα Νησιά του Ειρηνικού και που μεταδίδονται με τη βρώση ωμού ή μισοψημένου κρέατος ψαριού, εμφανίζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, καθώς έχει βρεθεί ότι ποσοστό μεγαλύτερο του 80% των σολωμών και των κοκκινόψαρων (red snapper) του Ειρηνικού είναι μολυσμένα με τα παράσιτα.[102]

6.2.2. Μικροσπορίδια. Εκτός από τον υδάτινο τρόπο μόλυνσης, η μικροσπορίδιωση θεωρείται επίσης μια νεοφανής ζωονόσος που μεταδίδεται με το κρέας, δεδομένου ότι οι φυσικοί ξενιστές των λοιμογόνων για τον άνθρωπο μικροσπορίδιων ανήκουν στην ανθρώπινη διατροφική αλυσίδα. Τα *Pleistophora*-ομοιάζοντα μικροσπορίδια, που αρχικά ανευρέθηκαν σε μυς, μπορούν να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό μετά από κατανάλωση ωμού ή μισοψημένου κρέατος ψαριού ή οστρακόδερμων. Οι ενδείξεις γι' αυτόν τον τροφικό τρόπο μετάδοσης επισημάνθηκαν μετά την τυχαία ανεύρεση μικροσπορίδιακών σπόρων και ζωικών ινών (κρέατος που ήταν μολυσμένο με μικροσπορίδια) σε κόπρανα αρρώστου με AIDS και διάρροια.[103] Η προτεινόμενη οδός μόλυνσης είναι η εξής: μετά τη βρώση μολυσμένου ψαριού, τα σπόρια που υπάρχουν στους μυς του ψαριού διέρχονται ανέπαφα προς το έντερο του ασθενούς και μερικά από αυτά εκκινούν τη λοίμωξη. Πάντως, χρειάζεται περισσότερη ερευνητική προσπάθεια για να αποδειχθεί η συσχέτιση μεταξύ των μικροσπορίδιακών παρασίτων των ψαριών και των οστρακόδερμων και αυτών που ανευρίσκονται στις ανθρώπινες λοιμώξεις.

6.2.3. Τρηματώδεις σκώληκες που μεταδίδονται με τα τρόφιμα. Οι κυριότερες εντερικές ελμινθιάσεις που οφείλονται σε τρηματώδεις σκώληκες είναι η κλωνορχίαση (η τροφική μετάδοση γίνεται κυρίως με κατανάλωση ωμού ή μισοψημένου κρέατος ψαριού των γλυκών νερών), η παραγονιμίαση (η τροφική μετάδοση γίνεται κυρίως με κατανάλωση καβουριών των υφάλμυρων νερών και γαρίδων) και η διστομίαση (η τροφική μετάδοση γίνεται κυρίως με κατανάλωση λαχανικών) (πίν. 1). Ήδη από το 1995[83] υπάρχουν στρατηγικές ελέγχου των τροφικών λοιμώξεων που προκαλούν τα αντίστοιχα παράσιτα. Σε περιοχές όπου ενδημούν τα παράσιτα, η κυριότερη μέθοδος προληπτικού ελέγχου των λοιμώξεων αυτών είναι η διαπαιδαγώγηση του πληθυσμού σχετικά με τους κινδύνους και τις πηγές της μόλυνσης. Αντίθετα, για πολλές αναπτυγμένες χώρες, οι ζωονόσοι από τρηματώδεις σκώληκες θεωρούνται νεοφανείς ζωονόσοι. Έτσι, εκτός από τις στρατηγικές ενημέρωσης του πληθυσμού σχετικά με τους κινδύνους της μόλυνσης, έχουν παράλληλα αναπτυχθεί καινούργιες ανοσολογικές και μοριακές τεχνικές για την ανίχνευση των λοιμογόνων παρασιτικών μορφών στο νερό και στα τρόφιμα.[104,105]

7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Οι πρόσφατες εξελίξεις στους τομείς της ανοσολογίας και της μοριακής βιολογίας επιτρέπουν την εφαρμογή πιο ευαίσθητων, ειδικών και γρήγορων εργαστηριακών μεθόδων διάγνωσης της παρασιτικής διασποράς, που μπορούν να υπερκεράσουν τις κλασικά χρησιμοποιούμενες μεθόδους. Για ζωονόσους που σχετίζονται με μολυσμένα νερά (ειδικά, την *G. lamblia* και το *Cryptosporidium*), υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη όχι μόνο αποτελεσματικών μεθόδων ανίχνευσης (πίν. 3), αλλά και μεθόδων τυποποίησης των ειδών εκείνων που ενδιαφέρουν τη δημόσια υγεία. Η πλέον αποτελεσματική δοκιμασία φαίνεται ότι είναι ο ανοσομαγνητικός διαχωρισμός, που ακολουθείται από ανίχνευση αντισωμάτων ή PCR (για άθικτες κύστεις και ωοκύστεις). Όσον αφορά στις ζωονόσους που μεταδίδονται με το κρέας, η ανίχνευση αντισωμάτων στον ορό ή σε εκχυλίσματα κρέατος, η PCR και ο υβριδισμός με τη χρήση DNA «ιχνηλατών» φαίνεται ότι είναι οι περισσότερο αποτελεσματικές για την ανίχνευση παρασίτων όπως το *T. gondii*, η *T. spiralis* και η *Taenia* (ταινίαση και κυστικέρκωση) (πίν. 3).

Η ανάπτυξη νέων χημειοθεραπευτικών παραγόντων, που οδηγούν σε στρατηγικές μαζικού εμβολιασμού των κτηνοτροφικών ζώων, προσφέρουν πρόσθετες ευκαιρίες για τη βελτίωση της πρόληψης και του ελέγχου ορισμένων ζωονόσων που μεταδίδονται με το νερό και το κρέας. Πάντως, για τις περισσότερες ζωονόσους που μεταδίδονται με το κρέας ζώων της κτηνοτροφίας, οι δοκιμασίες άμεσης ανίχνευσης παρασιτικών μορφών στο υπό κατανάλωση κρέας παραμένει ο σπουδαιότερος τρόπος ελέγχου και προστασίας της δημόσιας υγείας.

Σπουδαίο ρόλο για την ανάπτυξη και κατοχύρωση μιας δοκιμασίας έχει η δειγματοληπτική φόρμα που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι, όταν μια δειγματοληπτική φόρμα αποδειχθεί αξιόπιστη και επαναλήψιμη για γνωστά παθογόνα παράσιτα, τότε παρόμοιες φόρμες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για παράσιτα που προκαλούν νεοφανείς λοιμώξεις. Συνεπώς, π.χ. με δεδομένα (α) την ευρεία περιβαλλοντική μόλυνση με τα αβγά της *T. canis*, (β) το στενό συγχρωτισμό με τους σκύλους, (γ) το μεγάλο αριθμό των ενδιάμεσων και αποθηκευτικών ξενι-

στών που συμμετέχουν στην ανθρώπινη διατροφική αλυσίδα και (δ) τις ήδη αναγνωρισμένες επιδημίες που οφείλονται σε κατανάλωση τροφίμων (επιφανειακή μόλυνση λαχανικών με αβγά, λοιμογόνες νύμφες σε ωμό συκώτι και κακοψημένο κρέας), μήπως η μετάδοση της τοξοκαρίασης με τη διατροφική αλυσίδα είναι πιο συχνή απ' ό,τι πιστεύεται;

Τελικά, δύο παράμετροι καθορίζουν την καθιέρωση της χρήσης νέων μεθόδων: (α) να μπορούν να προσαρμοστούν και να είναι κατάλληλες ως δοκιμασίες ρουτίνας και (β) να γίνει ευρεία χρήση τους, τέτοια ώστε να αποκτηθεί γενική εμπιστοσύνη ως προς την αξιοπιστία τους.

8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ελλιπής διάγνωση και αναφορά σε αντίστοιχα δημόσια κέντρα σημαντικών παρασιτικών ζωονόσων παρεμποδίζουν τη δυνατότητα της προβολής των λοιμώξεων αυτών σε βιομηχανίες, κυβερνήσεις και κοινότητες. Το αποτέλεσμα είναι η μη εφαρμογή αποτελεσματικών μεθόδων πρόληψης και ελέγχου. Για πολλά από αυτά τα παθογόνα, οι πολλαπλοί τρόποι μετάδοσης περιπλέκουν όχι μόνο τη σε βάθος κατανόηση του βιολογικού κύκλου της ζωής τους, αλλά και την ορθολογική εκτίμηση της συμβολής του μολυσμένου νερού και των τροφίμων στη μετάδοσή τους. Ελπίζεται ότι ο περιβαλλοντικός έλεγχος του νερού και των τροφίμων, τόσο με τη χρήση καινούργιων τεχνολογικών μεθόδων (ήδη δοκιμάζονται αρκετές νέες τεχνικές για την ανίχνευση παρασίτων στο νερό και στα τρόφιμα), όσο και με τη βοήθεια της μοριακής επιδημιολογίας, να βοηθήσει στον εντοπισμό και την εκτίμηση του πραγματικού κινδύνου.

Σήμερα, πολλές χώρες έχουν ήδη εφαρμόσει κανονισμούς ελέγχου της διασποράς των νοσημάτων που μεταδίδονται με το νερό και τα τρόφιμα. Εντούτοις, το εύρος και το είδος του πληθυσμού που εμπλέκεται, περιορίζει τη μείωση των αντίστοιχων κρουσμάτων για την αποφυγή εκτεταμένων επιδημιών. Ειδικά όσον αφορά στον έλεγχο των επιδημιών που σχετίζονται με παρασιτικές ζωονόσους, υπάρχουν ακόμη πολλά προβλήματα. Το σπουδαιότερο πρόβλημα είναι συνήθως ο εντοπισμός και η επίσημη αναφορά του μολυσμένου νερού ή της τροφής. Μερικές μόνο χώρες έχουν εφαρμόσει αυστηρούς κανονισμούς για να ελαχιστοποιήσουν τη μόλυνση του πόσιμου νερού από ορισμένα πρωτόζωα,[106,107] καθώς και τη μόλυνση των ζωικών κρεάτων κυρίως από έλμινθες,[83,108–111] ενώ ορισμένες είναι οι βιομηχανίες τροφίμων και εκτροφής ζώων που έχουν εφαρμόσει αποτελεσματικά προγράμματα HACCP (Hazard Assessment at Critical Control Points). Το γενικότερο ενδιαφέρον για την ασφάλεια των τροφίμων έχει βοηθήσει σημαντικά στην εστίαση στις παρασιτικές ζωονόσους. Για πολλές παρασιτικές ζωονόσους οι μέθοδοι ρουτίνας παρακολούθησης και αναφοράς είναι ανεπαρκείς κι έτσι η συχνότητα της ανθρώπινης νόσησης, αλλά και της εμφάνισης παρασιτικών μορφών στο πόσιμο νερό και στα τρόφιμα, αναμφισβήτητα υποτιμάται. Όσον αφορά στις παρασιτικές ζωονόσους που μεταδίδονται με τα τρόφιμα, το γεγονός ότι οι αντίστοιχες βακτηριακές λοιμώξεις συγκεντρώνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον, οδηγεί σε μια επιπλέον υποτίμηση του αριθμού των εμφανιζόμενων επιδημιών.

Μετά την εφαρμογή των νέων διεθνών κανόνων ελέγχου της ασφάλειας των τροφίμων, οι επιδημιολογικές επιστημονικές διαδικασίες προστασίας της δημόσιας υγείας επικεντρώνονται κυρίως σε μεθόδους ποσοτικής εκτίμησης της επικινδυνότητας (risk assessment). Όσον αφορά στις λοιμογόνες μορφές των παρασίτων, οι παραπάνω μέθοδοι εξαρτώνται απόλυτα από τον υπολογισμό της εμφάνισης και επιβίωσής τους σε συγκεκριμένους «περιβάλλοντες χώρους». Για πολλές παρασιτικές λοιμώξεις που μεταδίδονται διαμέσου του περιβάλλοντος (νερό, τρόφιμα κ.ά.), ο βαθμός της επικινδυνότητας είναι η δυσκολότερη παράμετρος που μπορεί να μετρηθεί. Η πλήρης περιγραφή αυτής της μεταβλητής εξαρτάται όχι μόνο από την απομόνωση των υπεύθυνων παρασιτικών μορφών στους μελετώμενους «περιβάλλοντες χώρους», αλλά και από την κατανόηση της πρωτογενούς εμφάνισης, βιωσιμότητας, μεταφοράς και τελικής τύχης τους στους χώρους αυτούς (που συχνά μεταβάλλονται).[28] Για το λόγο αυτόν, είναι απαραίτητη η εφαρμογή εργαστηριακών μεθόδων ανίχνευσης, τυποποίησης σε επίπεδο στελέχους και μελέτης της βιωσιμότητας των παρασιτικών μορφών, οι οποίες μέθοδοι αφενός να είναι ευαίσθητες, φθηνές και αναπαραγώγιμες και αφετέρου να μπορούν να εφαρμοστούν με αξιοπιστία στους εκάστοτε μελετώμενους «περιβάλλοντες χώρους». Μόνο αν αναπτυχθούν τέτοιες σύγχρονες εργαστηριακές μέθοδοι θα επιτευχθεί η σφαιρική επιδημιολογική εκτίμηση της υγειονομικής σημασίας των παρασιτικών ζωονόσων που μεταδίδονται με το νερό και τα τρόφιμα.

ABSTRACT

Are emerging waterborne and foodborne parasitic zoonoses a significant public health issue?

N.M. KAPOTAS

Laboratoty of Microbiology, University of Athens, Medical School, Athens, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2003, 20(4):407-424

Water, soil and food constitute significant environmental routes of transmission for many protozoan and helminth parasites. Parasites possess the potential for producing large numbers of transmissive stages with profound environmental sturdiness, able to survive in moist microclimates for prolonged periods of time; thus they pose an unrelenting public and veterinary health threat. The likelihood of encountering environments and produce contaminated with parasites correlates with the increased demands on natural resources. The protozoa *Cryptosporidium*, *Giardia* and *Toxoplasma* are the most significant causes of waterborne diseases. In the case of cryptosporidiasis and giardiasis, due to the absence of "standardised" methods, the contribution of zoonotic transmission remains blurred. The role of animals as the cause of microsporidian contamination in one waterborne outbreak has not been elucidated. In foodborne parasite zoonoses, the fecal-oral pathogens are involved with surface contamination, and data available indicate that animal wastes (e.g. cattle feces) remain an important source of contamination. However, further work should focus on examining the contamination of fruit and vegetables. Human fascioliasis is now recognised as an emerging zoonosis by the WHO. The most important meatborne parasites are *Toxoplasma*, *Trichinella* and *Taenia* spp and others, including *Pleistophora*-like microsporidians, may be acquired from raw or lightly cooked fish or crustaceans. The public health importance of the foodborne trematodiases correlates well with increased international travel. Shifting consumer vogues, including the consumption of raw vegetables and undercooking to retain the natural taste and preserve heatlabile nutrients, in combination with the global sourcing of food, increase the risk of foodborne transmission. A greater awareness of the parasite contamination of the environment and its impact on health has precipitated the development of better detection methods. Efficient detection, viability and subtyping methods are required to assess the risks and to further epidemiological understanding.

Key words: Environmental routes of transmission, Parasitic zoonoses, Public health

Βιβλιογραφία

1. FAYER R, LEWIS EJ, TROUT JM, GRACZYK TK, JENKINS MC, HIGGINS J ET AL. *Cryptosporidium parvum* in oysters from commercial harvesting sites in the Chesapeake Bay. *Emerg Infect Dis* 1999, 5:706–710
2. GRACZYK TK, FAYER R, CRANFIELD MR, CONN DB. *In vitro* interactions of Asian freshwater clam (*Corbicula fluminea*) hemocytes and *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Appl Environ Microbiol* 1997, 63:2910–2912
3. GRACZYK TK, FAYER R, LEWIS EJ, FARLEY CA, TROUT JM. *In vitro* interactions between hemocytes of the eastern oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin, 1791 and *Cryptosporidium parvum* oocysts. *J Parasitol* 1997, 83:949–952
4. GRACZYK TK, FAYER R, LEWIS EJ, FARLEY CA, TROUT JM. Detection of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the tissues of eastern oysters (*Crassostrea virginica*) carrying principal oyster infectious diseases. *J Parasitol* 1998, 84:1039–1042
5. TAMBURRINI A, POZIO E. Long-term survival of *Cryptosporidium* parvum oocysts in seawater and in experimentally infected mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Int J Parasitol* 1999, 29:711–715
6. MEAD PS, SLUTSKER L, DIETZ V, McCAIG LF, BRESEE JS, SHAPIRO C ET AL. Food-related illness and death in the United States. *Emerg Infect Dis* 1999, 5:607–625
7. SMITH HV, NICHOLS RN. Case study of health effects of *Cryptosporidium* in drinking water. Article 4.12.4.8. UNESCO-EOLSS Encyclopaedia of Life Support Systems Theme Environmental Toxicology and Human Health, 2000 (in press)
8. ONGERTH JE. Workshop on *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis. Session IV. Control of *Cryptosporidium* (Logsdon GS, moderator). In: Craun GF, Sykora JL (eds) *The taxonomy, detection, epidemiology and waterborne control of Cryptosporidium*, 1989
9. HANSEN JS, ONGERTH JE. Effects of time and watershed characteristics on the concentration of *Cryptosporidium* oocysts in river water. *Appl Environ Microbiol* 1991, 57:2790–2795
10. GLICKMAN LT, SCHANTZ PM. Epidemiology and pathogenesis of zoonotic toxocariasis. *Epidemiol Rev* 1981, 3:230–250
11. MISRA SC. Experimental prenatal infection of *Toxocara canis* in dogs and effective chemotherapeutic measures. *Ind J Anim Sci* 1972, 42:608–612

12. GLICKMAN LT, SCHANTZ PM, CYPESS RH. Canine and human toxocariasis: review of transmission, pathogenesis and clinical disease. *J Am Vet Med Assoc* 1979, 175:1265–1269
13. VANPARIJS O, HERMANS L, VAN DER FLAES L. Helminth and protozoan parasites in dogs and cats in Belgium. *Vet Parasitol* 1991, 38:67–73
14. RICHARDS DT, LEWIS JW. Epidemiology of *Toxocara canis* in the fox. In: Lewis JW, Maizels RM (eds) *Toxocara and toxocariasis: clinical, epidemiological and molecular perspectives*. British Society for Parasitology/Institute of Biology, 1993:25–37
15. SNOW KR, BALL SJ, BERWICK JA. Prevalence of *Toxocara* species eggs in the soil of five east London parks. *Vet Rec* 1987, 121:66–67
16. HOLLAND C, O'CONNOR P, TAYLOR MR, HUGHES G, GIRDWOOD RW, SMITH H. Families, parks, gardens and toxocariasis. *Scand J Infect Dis* 1991, 23:225–231
17. HORN K, SCHNEIDER T, STOYE M. Contamination of public childrens' playgrounds with helminth eggs in Hanover. *DTW Dtsch Tierarztl Wochenschr* 1990, 97:124–125
18. QUINN R, SMITH HV, GIRDWOOD RWA, BRUCE RG. Studies on the incidence of *Toxocara* and *Toxascaris* spp ova in the environment. 1. A comparison of flotation procedures for recovering *Toxocara* spp ova from soil. *J Hyg* 1980, 84:83–89
19. PEGG EJ, DONALD CR. The effects of composting on the eggs of *Toxocara canis* and *Toxascaris leonina*. *J Inst Anim Technol* 1978, 29:29–30
20. LLOYD S. *Toxocara canis* in the dog. In: Lewis J, Maizels RM (eds) *Toxocara and toxocariasis: clinical, epidemiological and molecular perspectives*. British Society for Parasitology/Institute of Biology, 1993:11–24
21. VELICHKIN PA, RADUN FL. The epizootiology and prophylaxis of *Toxocara* infections in dogs and fur bearing animals. In: Other AN (ed) *Antropozoogel' mintosy i perspektivy ikh likvidatsii*. 1975:12–15 (Cited in Ref. 201).
22. OKOSHI S, USUI M. Experimental studies on *Toxascaris leonina*: IV. Development of eggs of three ascarids, *T. leonina, Toxocara canis* and *Toxocara cati* in dogs and cats. *Jpn J Vet Sci* 1968, 30:29–38
23. GRACZYK TK, FAYER R, CRANFIELD MR, MHANGAMI-RUWENDE B, KNIGHT R, TROUT JM ET AL. Filth flies are transport hosts of *Cryptosporidium parvum*. *Emerg Infect Dis* 1999, 5:726–727
24. GRACZYK TK, CRANFIELD MR, FAYER R, BIXLER H. House flies (*Musca domestica*) as transport hosts of *Cryptosporidium parvum*. *Am J Trop Med Hyg* 1999, 61:500–504
25. SMITH HV, BROWN J, COULSON JC, MORRIS GP, GIRDWOOD RWA. Occurrence of *Cryptosporidium* sp oocysts in *Larus* spp gulls. *Epidemiol Infect* 1993, 110:135–143
26. SMITH HV. Detection of parasites in the environment. In: Smith HV, Stimson WH (eds), Chappel LH (co-ord ed) Infectious diseases diagnosis: current status and future trends. *Parasitology* 1998, 117:S113–S141
27. GREENBERG B. Biology and disease. In: *Flies and disease*. Vol. II. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1973
28. PEGG EL. Infection of dogs with *Toxocara canis* carried by flies. *Parasitology* 1971, 62:409–414
29. UMECHE N, MANDAH LE. *Musca domestica* as carrier of intestinal helminths in Calabor, Nigeria. *East Afr Med J* 1989, 66:349–352
30. STERLING CR, MIRANDA E, GILMAN RH. The potential role of flies (*Musca domestica*) in the mechanical transmission of *Giardia* and *Cryptosporidium* in a Pueblo Joven community of Lima, Peru. *Am Soc Trop Med Hyg* 1987, 233:349
31. THE NATIONAL CRYPTOSPORIDIUM SURVEY GROUP. A survey of *Cryptosporidium* oocysts in surface and groundwaters in the UK. *J Inst Water Environ Manag* 1992, 6:697–703
32. HANCOCK CM, ROSE JB, CALLAHAN MC. *Cryptosporidium* and *Giardia* in US groundwater. *J Am Water Works Assoc* 1998, 90:58–61
33. CRAUN GF. Waterborne giardiasis. In: Meyer EA, Ruitenberg EJ, MacInnes AJ (eds) *Giardiasis. Series in human parasitic diseases*. Vol 3. New York, Elsevier, 1990:267–293
34. SMITH HV, ROSE JB. Waterborne cryptosporidiosis. *Parasitol Today* 1990, 6:8–12
35. ANONYMOUS. *Cryptosporidium* in water supplies. Report of the Group of Experts; Chairman, Sir John Badenoch. Dept of the Environment/Dept of Health, London, HMSO, 1990:230
36. ANONYMOUS. *Cryptosporidium* in water supplies. Third Report of the Group of Experts; Chairman, Professor Ian Bouchier. Dept of the Environment, Transport and the Regions/Dept of Health, London, HMSO, 1998:171
37. SOLOGABRIELLE H, NEUMEISTER S. US outbreaks of cryptosporidiosis. *J Am Water Works Assoc* 1996, 88:76–86
38. ROSE JB. Environmental ecology of *Cryptosporidium* and public health implications. *Annu Rev Public Health* 1997, 18:135–161
39. SMITH HV, ROBERTSON W, CAMPBELL AT. *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis. Part 2. Future technologies and state of the art research. *Eur Microbiol* 1993, 2:22–29
40. JAKUBOWSKI W, BOUTROS S, FABER W ET AL. Environmental methods for *Cryptosporidium*. *J Am Water Works Assoc* 1996, 88:107–121
41. SMITH HV, ROSE JB. Waterborne cryptosporidiosis: current status. *Parasitol Today* 1998, 14:14–22
42. SULIAMAN IM, XIAO L, LAL A. Evaluation of *Cryptosporidium parvum* genotyping techniques. *Appl Environ Microbiol* 1999, 65:4431–4435
43. ADAM RD. The *Giardia lamblia* genome. *Int J Parasitol* 2000, 30:475–484
44. MATHIS A. Microsporidia: emerging advances in understanding the basic biology of these unique organisms. *Int J Parasitol* 2000, 30:795–804
45. ORLANDI PA, LAMPEL KA. Extraction free, filter based template preparation for rapid and sensitive PCR detection of pathogenic protozoa. *J Clin Microbiol* 2000, 38:2271–2277
46. HOWE DK, HONORE S, DEROUIN F, SIBLEY LD. Determination of genotypes of *Toxoplasma gondii* strains isolated from patients with toxoplasmosis. *J Clin Microbiol* 1997, 35:1411–1414
47. ISAACRENTON JL, CORDEIRO C, SARAFIS K, SHAHRIARI H. Characterisation of *Giardia duodenalis* isolates from a waterborne outbreak. *J Infect Dis* 1993, 167:431–440
48. SARATIS K, ISAACRENTON J. Pulsed-field gel electrophoresis as a method of biotyping of *Giardia duodenalis*. *Am J Trop Med Hyg* 1993, 48:134–144
49. McINTYRE L, HOANG L, ONG CSL, LEE P, ISSACRENTON JL. Evaluation of molecular techniques to biotype *Giardia duodenalis* collected during an outbreak. *J Parasitol* 2000, 86:172–177

50. CANNING EU. Microsporidia. In: Kreier JP (ed) *Parasitic protozoa*. Vol 6. London, Academic Press, 1993
51. CANNING EU, LOM J. *The Microsporidia of vertebrates*. London, Academic Press, 1986
52. CANNING EU, HOLLISTER WS, COLBOURN NI, CURRY A, GOBEL LTB. Human microsporidioses: site specificity, prevalence and species identification. *AIDS* 1983, 7(Suppl 3):S3–S7
53. CURRY A, SMITH HV. Emerging pathogens, *Isospora, Cyclospora*, and microsporidia. *Parasitology* 1998, 117:S143–S159
54. BRYAN RT. Microsporidiosis as an AIDS-related opportunistic infection. *Clin Infect Dis* 1995, 21:62–65
55. COTTE L, RABODONIRINA M, CHAPUIS F, BAILLY F, BISSUEL F, RAYNAL C ET AL. Waterborne outbreak of intestinal microsporidiosis in persons with and without human immunodeficiency virus infection. *J Infect Dis* 1999, 180:2003–2008
56. SHADDUCK JA. Human microsporidiosis and AIDS. *Rev Infect Dis* 1989, 11:203–207
57. WALLER T. Sensitivity of *Encephalitozoon cuniculi* to various temperatures, disinfectants and drugs. *Lab Anim* 1979, 13:227–230
58. SHADDUCK JA, POLLEY MB. Some factors influencing the *in vitro* infectivity and replication of *Encephalitozoon cuniculi*. *J Protozool* 1978, 25:491–496
59. WOLK DM, JOHNSON CH, RICE EW, MARSHALL MM, GRAHN KF, PLUMMER CB ET AL. A spore counting method and cell culture model for chlorine disinfection studies of *Encephalitozoon* syn *Septata intestinalis*. *Appl Environ Microbiol* 2000, 66:1266–1273
60. BENENSON MW, TAKAFUJI ET, LEMON SM, GREENUP RL, SULZER AJ. Oocyst-transmitted toxoplasmosis associated with the ingestion of contaminated water. *N Engl J Med* 1982, 307:666–669
61. BOWIE WR, KING AE, WERKER DH, ISSAC-RENTON JL, BELL A, ENG SB ET AL. Outbreak of toxoplasmosis associated with municipal drinking water. *Lancet* 1997, 350:173–177
62. GERBA CP, GERBA P. Outbreaks caused by *Giardia* and *Cryptosporidium* associated with swimming pools. *J Swim Pool Spa Ind* 1995:L9–L18
63. GALLAHER MM, HERNDON JL, NIMS W, STERLING CR, GRABOWSKI DJ, HULL HH. Cryptosporidiosis and surface water. *Am J Public Health* 1989, 79:39–42
64. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2000, 49:SS–4
65. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2000, 49:SS–1
66. CASEMORE DP. Foodborne protozoal infection. *Lancet* 1990, 336:1427–1432
67. FEACHAM RG, BRADLEY DJ, GARELICK H, MARA DD. Chapter 23. Sanitation and disease. In: Health aspects of excreta and wastewater management. Chichester, Wiley, 1982:375–399
68. SMITH JL. *Cryptosporidium* and *Giardia* as agents of foodborne disease. *J Food Prot* 1993, 56:451–461
69. SMITH HV, ROBERTSON U, CAMPBELL AT, GIRDWOOD RWA. *Giardia* and giardiasis, what's in a name? *Microbiol Eur* 1995, 3:22–29
70. LABERGE I, GRIFFITHS MW, GRIFFITHS MW. Prevalence, detection and control of *Cryptosporidium parvum* in food. *Int J Food Microbiol* 1996, 31:1–26
71. GIRDWOOD RWA, SMITH HV. *Cryptosporidium*. In: Robinson R, Batt C, Patel P (eds) *Encyclopaedia of food microbiology*. London, Academic Press, 1999:487–497
72. GIRDWOOD RWA, SMITH HV. *Giardia*. In: Robinson R, Batt C, Patel P (eds) *Encyclopaedia of food microbiology*. London, Academic Press, 1999:946–954
73. MUSGRAVE WE. Flagellate infestations and infections. *J Am Med Assoc* 1922, 79:2219–2220
74. LYON BBV, SWALM WA. Giardiasis, its frequency, recognition and certain clinical factors. *Am J Med Sci* 1925, 170:348–364
75. BARNARD RJ, JACKSON GJ. *Giardia lamblia*. The transfer of human infections by foods. In: Erlandsen SL, Meyer EA (eds) *Giardia and giardiasis*. New York, Plenum Press, 1984:365–377
76. ROSE JB, SLIFKO TR. *Giardia, Cyclospora*, and *Cryptosporidium* and their impact on foods–a review. *J Food Prot* 1999, 62:1059–1070
77. MILLARD PS, GENSHEIMER KF, ADDISS DG, SOSIN DM, BECKETT GA, HOUCK-JANKOSKI A ET AL. An outbreak of cryptosporidiosis from fresh-pressed apple cider. *J Am Med Assoc* 1994, 272:592–596
78. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Foodborne outbreak of diarrhoeal illness associated with *Cryptosporidium parvum*, Minnesota, 1995. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1996, 45:783
79. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Foodborne outbreak of cryptosporidiosis–Spokane, Washington, 1997. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1998, 47:27
80. CHEN MG, MOTT KE. Progress in assessment of morbidity due to *Fasciola hepatica* infection: a review of recent literature. *Trop Dis Bull* 1990, 87:R1–R38
81. HOPKINS DR. Homing in on helminths. *Am J Trop Med Hyg* 1992, 46:624–634
82. RIM HJ, FARAG HF, SOMMANI S, CROSS JH. Foodborne trematodes: ignored or emerging? *Parasitol Today* 1994, 10:207–209
83. WORLD HEALTH ORGANISATION. Control of foodborne trematode infections. WHO Technical Report 849. WHO Technical Report Series. Geneva, Switzerland, 1995:1–157
84. STORK MG, VENABLES GS, JENNINGS SMF, BEESLEY JR, BENDEZU P, CAPRON A. An investigation of fascioliasis in Peruvian village children. *J Trop Med Hyg* 1973, 76:231–235
85. BOUREE P, THIEBAULT M. Fasciolose a *Fasciola hepatica* en Basse Normandie de 1980 a 1990. *Bull Soc Frangaise Parasitol* 1993, 11:79–84
86. MASCOMA S, BARGUES MD, ESTEBAN JG. Human fascioliasis. In: Dalton J (ed) *Fascioliasis*. Wallingford, Oxon, CABI Publ, CAB International, 1999:411–434
87. BECHTEL U, FEUCHT HE, HELD E, VOGL T, NOTHDURFT HD. *Fasciola hepatica*. Infektion einer familie. Diagnostik und therapie. *Dtsch Med Wochenschr* 1992, 117:978–982
88. ESTEBAN JG, BARGUES MD, MASCOMA S. Geographical distribution, diagnosis and treatment of human fascioliasis: a review. *Res Rev Parasitol* 1998, 58:13–42
89. VAREILLEMOREL V, DREYFUSS G, RONDELAUD D. Premie'res donnees sur la dispersion et le devenir des metacercaires flottantes de *Fasciola hepatica* L. *Bull Soc Frangaise Parasitol* 1993, 11:63–69

90. CADEL S, BARBIER D, DUHAMEL C, GEORGES P. A propos de 18 cas de fasciole humaine recens es en BasseNormandie. Annees 1994–1995. *Bull Soc Frangaise Parasitol* 1996, 14:39–43
91. TAIRA N, YOSHIFUJI H, BORAY JC. Zoonotic potential of infection with *Fasciola* spp by consumption of freshly prepared raw liver containing immature flukes. *Int J Parasitol* 1997, 27:775–779
92. WORLD HEALTH ORGANISATION. The role of food safety in health and development. WHO Technical Report No 705. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, 1984
93. ROBERTS T, MURRELL KD, MARKS S. Economic losses caused by foodborne parasitic disease. *Parasitol Today* 1994, 10:419–423
94. MURRELL KD. Foodborne parasites. *Int J Environ Health Res* 1995, 5:63–85
95. GAMBLE HR, MURRELL KD. Diagnosis of parasites in food. In: Smith HV, Stimson WH (eds), Chappel LH (co-ord ed) Infectious diseases diagnosis: current status and future trends. *Parasitology* 1998, 117:S97–S112
96. WORLD HEALTH ORGANISATION. Global health situation and projection estimates. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, 1992
97. DUBEY JB. Sources of *Toxoplasma gondii* infection in pregnancy (editorial). *Br Med J* 2000, 321:127–128
98. COOK AX, GILBERT RE, BUFFOLANO W, ZUFFEREY J, PETERSEN E, JENUM PA ET AL. Sources of *Toxoplasma* infection in pregnant women: European multicentre case-controlled study. On behalf of the European Research Network on Congenital Toxoplasmosis. *Br Med J* 2000, 321:142–147
99. PAWLOWSKI ZS. Taeniasis and cysticercosis. In: Hui YH, Gorham JR, Murrell KD, Diver DO (eds) *Foodborne diseases handbook*. New York, Marcel Dekker, 1994:177–199
100. TSANG VCW, WILSON M. *Taenia solium* cysticercosis: an unrecognised but serious public health problem. *Parasitol Today* 1995, 11:124–126
101. POZIO E. Trichinellosis in the European Union: epidemiology, ecology and economic impact. *Parasitol Today* 1998, 14:25–38
102. MAKERROW JH, SAKANARI JA, DEARDORFF TL. Revenge of the sushi parasite. *N Engl J Med* 1988, 319:1228–1229
103. McDOUGALL RJ, TANDY MW, BOREHAM RE, STENZEL DJ, O'DONOGHUE PJ. Incidental finding of a microsporidian parasite from an AIDS patient. *J Clin Microbiol* 1993, 31:436–439
104. WORLD HEALTH ORGANISATION. WHO/PAHO informal consultation on intestinal protozoal infections. WHO/CDS/IPI/92.2. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, 1992
105. WARHURST DC, SMITH HV. Getting to the guts of the problem. *Parasitol Today* 1992, 8:292–293
106. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Consumer confidence reports final rule. *Federal Register* 1998, 63:160
107. UK STATUTORY INSTRUMENTS 1999 NO 1524. The water supply (water quality) (amendment) regulations, The Stationery Office, Ltd, 1999:5
108. EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY. Commission directive 77/96/EEC. *Off J Eur Commun* 1977, 26:67–77
109. EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY. Commission directive 84/319/EEC. *Off J Eur Commun* 1984, 167:34–43
110. CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Title 9, Ch 3, Part 318.10(D). Animals and animal products. Office of the Federal Register, US Government Printing Office, Washington, DC, USA, 1994: 212–220
111. DEARDORTFF TL. Epidemiology of marine fishborne parasitic zoonoses. *Southeast Asian J Trop Med Pub Health* 1991, 22:146–149
112. ISSACRENTON J, BOWIE WR, KING A, IRWIN GS, ONG CS, FUNG CP ET AL. Detection of *Toxoplasma gondii* oocysts in drinking water. *Appl Environ Microbiol* 1998, 64:2270–2280
113. DEWHURST LW, CRAMER JD, SHELDON JJ. An analysis of current inspection procedures for detecting bovine cysticercosis. *J Am Vet Med Assoc* 1967, 150:412–417
114. KYVSGAARD NC, ILSOE SA, HENRIKSON SA, NANSEN P. Distribution of *Taenia saginata* cysts in carcasses of experimentally infected calves and its significance for routine meat inspection. *Res Vet Sci* 1990, 49:29–33
115. VILJOEN NK. Cysticercosis in swines and bovines, with special reference to South African conditions. *Onderstepoort J Vet Res* 1937, 9:337–970
116. RUITERIBERG EJ, VAN KNAPEN F, VERMEULEN CL. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) in *Trichinella spiralis* infections in pigs. In: Kim CW, Pawlowski ZS (eds) *Trichinellosis*. Hanover, NH, University Press of New England, 1998:487–499
117. GAMBLE HR. Detection of trichinellosis in pigs by artificial digestion and enzyme immunoassay. *J Food Prot* 1996, 59:295–298
118. GAMBLE HR. Trichinellosis. In: *OIE Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines*. Office Intemationale des Epizooties. Chapter 3.53, Paris, France, 1996:477–480
119. DUBEY JP, DESMONTS G, McDONALD C, WALLS KW. Serologic evaluation of cattle inoculated with *Toxoplasma gondii*: comparison of Sabin-Feldman dye test and other agglutination tests. *Am J Vet Res* 1985, 46:1085–1088
120. DUBEY JP, THULLIEZ P, WEIGEL RM, ANDREWS CD, LIND P, POWELL EC. Sensitivity and specificity of various serologic tests for detection of *Toxoplasma gondii* infection in naturally infected sows. *Am J Vet Res* 1995, 56:1030–1036
121. DUBEY JP. Validation of the specificity of the modified agglutination test for toxoplasmosis in pigs. *Vet Parasitol* 1997, 71:307–310
122. LIND P, HAUGEGAARD J, WINGSTRAND A, HENRIKSEN SA. The time course of the specific antibody response by various ELISAs in pigs experimentally infected with *Toxoplasma gondii*. *Vet Parasitol* 1997, 71:1–15
123. SANTORO F, AFCHAIN D, PIERCE R, CESBRON JY, OVIAQUE G, CAPRON A. Serodiagnosis of *Toxoplasma* infection using a purified parasite protein (P30). *Clin Exp Immunol* 1985, 62:262–269
124. ANDREWS CD, DUBEY JP, TENTER AM, WEBERT DW. *Toxoplasma gondii* recombinant antigens H4 and Hil. Use in ELISAs for detection of toxoplasmosis in swine. *Vet Parasitol* 1997, 70:1–11
125. TSANG VCW, BRAND JA, BOYER AE. An enzyme-linked immunoelectrotransfer blot assay and glycoprotein antigens for diagnosing human cysticercosis (*Taenia solium*). *J Infect Dis* 1989, 159:50–58
126. RHOADS ML, MURRELL KI, DILLING GW, WONG MM, BAKER NF. A potential diagnostic reagent for bovine cysticercosis. *J Parasitol* 1985, 71:779–787

127. RHOADS ML, MURRELL KD, CROSS JR, FAN PL. The serological response of pigs experimentally infected with a species of *Taenia* from Taiwan. *Vet Parasitol* 1989, 20:279–285
128. BIONDI GF, MUCCIOLO RG, NUNES CM, RICHTZENHAIN LJ. Immunodiagnosis of swine cysticercosis by indirect ELISA employing a heterologous antigen from *Taenia crassiceps* metacestode. *Vet Parasitol* 1996, 64:261–266
129. ZARLENGA US, RHOADS ML, ALYARNAN FM. A *Taenia crassiceps* cDNA sequence encoding a putative immunodiagnostic antigen for bovine cysticercosis. *Mol Biochem Parasitol* 1994, 67:215–223
130. SMITH HJ, SNOWDON KE. Comparative assessment of a double antibody enzyme immunoassay test kit and a triple antibody enzyme immunoassay for the diagnosis of *Trichinella spiralis* spiralis and *Trichinella spiralis nativa* infections in swine. *Can J Vet Res* 1989, 53:497–499
131. GAMBLE HR, ANDERSON WR, GRAHAM CE, MURRELL KD. Serodiagnosis of swine trichinosis using an excretory-secretory antigen. *Vet Parasitol* 1983, 13:349–361
132. SEAWRIGHT GL, DESPOMMIER DD, ZIMMERMAN W, ISENSTEIN RS. Enzyme immunoassay for swine trichinellosis using antigens purified by immunoaffinity chromatography. *Am J Trop Med Hyg* 1983, 32:1275–1284
133. ARRIAGA C, YEPEZMULIA L, MORILLA A, ORTEGAPIERRES MG. Detection of circulating *Trichinella spiralis* muscle larva antigen in serum samples of experimentally and naturally infected swine. In: Campbell WC, Pozio E, Bruschi F (eds) *Trichinellosis*. Rome, Istituto Superiore di Sanita Press, 1993:301–316
134. MURRELL KD, ANDERSON WR, SCHAD GA, HANBURY RD, KAZACOS KR, GAMBLE HR ET AL. Field evaluation of the enzyme-linked immunosorbent assay for swine trichinosis: efficacy of the excretory-secretory antigen. *Am J Vet Res* 1986, 47:1046–1049
135. OLIVER DC, SINGH P, ALLISON DE. *Trichina* detection techniques as applied to a high-speed slaughterhouse environment. *Agri-Practice* 1988, 9:45–48
136. OLIVER DG, SINGH P, ALLISON DE, MURRELL KD, GAMBLE HR. Field evaluation of an enzyme immunoassay for detection of hogs in a high volume North Carolina abattoir. In: Tanner CE (ed) *Trichinellosis*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Press, 1989:439–444
137. VAN DER LEEK NL, DAME JB, ADAMS CL, GILLIS KD, LITTELL RC. Evaluation of an enzyme-linked immunosorbent assay for diagnosis of trichinellosis in swine. *Am J Vet Res* 1992, 53:877–882
138. GAMBLE HR, WISNEWSKI N, WASSOM D. Detection of trichinellosis in swine by enzyme immunoassay using a synthetic glycan antigen. *Am J Vet Res* 1997, 58:417–421
139. WISNEWSKI N, MENEIL M, GRIEVE RB, WASSOM DL. Characterisation of novel fucosy and tyvelosyl-containing glycoconjugates from *Trichinella spiralis* muscle stage larvae. *Mol Biochem Parasitol* 1993, 61:25–36
140. RODRIGUEZ-DEL-ROSAL E, CORREA D, FLISSER A. Swine cysticercosis: detection of parasite products in serum. *Vet Rec* 1989, 124:488
141. ARRIAGA C, YEPEZMULIA A, MORILLA A, ORTEGAPIERRES G. Detection of circulating *Trichinella spiralis* muscle larva antigens in serum samples of experimentally and naturally infected swine. *Vet Parasitol* 1995, 58:319–326
142. BURG JL, GROVER CM, POULETTY P, BOOTHROYD JC. Direct and sensitive detection of a pathogenic protozoan, *Toxoplasma gondii* by polymerase chain reaction. *J Clin Microbiol* 1989, 27:1787
143. CAZENAVE J, CHEYROU A, BLOUM P, JOHNSON AM, BEGUERET J. Use of polymerase chain reaction to detect *Toxoplasma*. *J Clin Pathol* 1991, 44:1137
144. HARRISON LJS, DELGADO J, PARKHOUSE RME. Differential diagnosis of *Taenia saginata* and *Taenia solium* with DNA probes. *Parasitology* 1990, 100:459–461
145. DUPOUYCARNET J, GUILLOU RF, VALLET JP, PERRET C, SOULE C. Genetic analysis of *Trichinella* isolates with random amplified polymorphic DNA markers. In: Campbell WC, Pozio E, Bruschi F (eds) *Trichinellosis*. Rome, Instituto Superiore di Sanita Press, 1993:83–88
146. BANDI C, LA ROSA G, BARDIN MG, DAMIANI G, DE CARNERI I, POZIO E. Arbitrarily primed polymerase chain reaction of individual *Trichinella* specimens. *J Parasitol* 1993, 79:437–440

Corresponding author:

N.M. Kapotas
e-mail: nkapotas@med.uoa.gr