

PARTE GENERALE

INTRODUZIONE ALLA PARASSITOLOGIA

Lo studio della Parassitologia e delle Malattie Parassitarie presuppone la conoscenza di quel grande capitolo della biologia generale che è l'ecologia, cioè la scienza che studia le interrelazioni tra tutti gli esseri viventi (organismi, popolazioni, comunità) ed il loro ambiente; sono altresì basilari quelle conoscenze di base di ordine biologico e zoologico al fine di meglio comprendere i complessi cicli evolutivi parassitari. I componenti di un ecosistema, essenziali in termini di equilibrio in quanto funzionano da regolatori ecologici, sono da riassumere in:

- 1) fattori abiotici, cioè i fattori chimici e fisici dell'ambiente, sia di ordine naturale che artificiale (ad es. l'inquinamento organico delle acque porta all'aumento di determinate specie di zanzare le cui larve trovano nutrimento nelle acque putride);
- 2) organismi produttori (cioè vegetali autotrofi che trasformano la materia inorganica in organica);
- 3) organismi consumatori (cioè organismi eterotrofi che utilizzano la materia organica già formata);
- 4) organismi decompositori (in gran parte batteri e funghi che demoliscono le sostanze organiche rimettendo in circolo le sostanze abiotiche).

I parassiti rientrano nella categoria degli organismi consumatori.

Parassitologia, da un punto di vista etimologico, deriva dal greco *παρά* (vicino) e *σῖτωμαι* (mi nutro), facendo riferimento alla necessità da parte di un parassita di nutrirsi a spese di un organismo vicino. La Parassitologia può quindi essere considerata come un capitolo dell'ecologia ed, in particolare, può essere definita come la scienza che studia i rapporti biotici che intercorrono tra due specie diverse (animali o vegetali), viventi in stretta relazione tra loro.

Tali rapporti di dipendenza si dividono in 3 tipi: simbiosi mutualistica, commensalismo e parassitismo.

- **Simbiosi** (vita in comune) **mutualistica** = relazione in cui entrambe le specie traggono beneficio dall'associazione (es. varie specie di ciliati vivono negli stomaci dei ruminanti favorendo la digestione della cellulosa dei vegetali ingeriti).

- **Commensalismo** = una specie trae beneficio dall'associazione e l'altra non ne è danneggiata (ne è un esempio la presenza a livello intestinale di molti flagellati innocui per l'organismo).

- **Parassitismo** = simbiosi antagonista, in cui una specie (parassita) trae i suoi mezzi di sussistenza dall'altra (ospite), con beneficio per il parassita e danno per l'ospite.

I parassiti sono per definizione patogeni, anche se non sempre danneggiano l'ospite in maniera ingente né ne provocano necessariamente la morte, in quanto questo porterebbe danno (e morte) agli stessi parassiti.

Il parassitismo non va confuso con il **predatorismo**, in quanto i predatori sono animali che per procurarsi il nutrimento provocano preliminarmente la morte delle loro vittime.

Una forma di parassitismo è il **saprozoismo**, in cui una specie vive e si nutre non su un organismo vivente ma su materiali organici in decomposizione (ad esempio larve di ditteri su carcasse animali o su tessuti necrotici).

La Parassitologia si suddivide in "Parassitologia generale", la quale si occupa degli aspetti comuni a tutte le forme di parassitismo, ed in "Parassitologia speciale" o "di settore", riguardante aspetti specifici (Parassitologia agraria, Parassitologia medica, Parassitologia veterinaria). La Parassitologia veterinaria in *sensu stricto* si occupa dei parassiti degli animali compresi nei gruppi zoologici dei protozoi, elminti, artropodi. I funghi o miceti sono organismi eucarioti, eterotrofi e come tali necessitano di vivere su substrati organici dai quali ottenere alimenti carbonati ed energia: il raggiungimento di tale

scopo avviene attraverso forme di vita associativa differenti come il saprofitismo, il parassitismo, la simbiosi. Molte specie fungine esercitano un'azione parassitaria nell'uomo e negli animali, dando quadri clinici di severità variabile.

Gli Autori ritengono perciò opportuno inserire in tale contesto un capitolo dedicato alla Micologia medica, con aspetti di carattere generale e particolare riguardanti le specie fungine maggiormente implicate in stati patologici in alcune specie animali, al fine di fornire allo studente un quadro più esaustivo della disciplina "Parassitologia".

Forme di parassitismo

Il tipo di rapporto che lega un parassita al suo ospite può essere definito:

1) **Facoltativo:** è proprio degli animali che conducono normalmente vita libera ma, penetrati occasionalmente all'interno di un organismo, sono capaci di adattarsi alla vita parassitaria (es. amebe libere del genere *Naegleria* sono presenti in acque dolci tiepide e, inalate dai nuotatori, possono penetrare nel cervello provocando meningoencefaliti letali).

2) **Obbligato:** è proprio degli animali che devono

dipendere, almeno per un certo periodo della propria vita, da un ospite, senza il quale non sono in grado di completare il loro ciclo biologico.

Il parassitismo obbligato può essere:

- temporaneo, proprio ad es. degli insetti ematofagi che restano in contatto con l'ospite solo in relazione al pasto di sangue;

- periodico, quando il parassita svolge una intera fase del suo ciclo biologico associato all'ospite, come avviene in alcuni elminti (es. nematodi del genere *Ancylostoma*) che solo nella fase adulta vivono a livello intestinale nell'ospite;

- permanente, quando il parassita compie tutto il suo ciclo associato all'ospite, sia all'esterno (es. acari della rogna) che all'interno dell'organismo (es. *Trichinella* spp.).

3) **Accidentale:** è proprio di parassiti che, penetrati accidentalmente in ospiti non propri, non sono in grado di proseguire il ciclo biologico, ma possono sopravvivere per qualche tempo provocando danni all'ospite (es. larve di *Toxocara canis* nell'uomo).

I parassiti, in base alla loro localizzazione nell'organismo ospite vengono definiti

Tab. 1. 1: Termini specifici utilizzati in Parassitologia.

MONOXENO	Un parassita è definito monoxeno quando il suo ciclo biologico avviene in un solo ospite.
DIXENO-POLIXENO	Un parassita è detto dixeno o polixeno quando compie il suo ciclo di sviluppo in due o più ospiti appartenenti a specie diverse.
OSPITE INTERMEDIO	Organismo necessario al completamento del ciclo biologico del parassita, in cui si esplicano solo replicazioni asessuate.
OSPITE DEFINITIVO	Organismo necessario al completamento del ciclo biologico del parassita, in cui si ha la formazione delle fasi adulte, con replicazioni di tipo sessuato.
OSPITE COMPLETO	Organismo in cui si può realizzare tutto il ciclo del parassita, sia quello che svolge negli ospiti intermedi sia quello che svolge negli ospiti definitivi.
OSPITE INTERCALARE O PARATENICO	Organismo in cui il parassita subisce un arresto del suo sviluppo e non svolge alcuna fase del ciclo biologico. Funge da ospite di attesa.
SERBATOIO O RESERVOIR	Animali vertebrati, selvatici e domestici, in grado di mantenere nel proprio organismo agenti parassitari senza subire danni apparenti (portatori asintomatici), ma capaci di creare nuovi casi di malattia in ospiti recettivi.
VETTORE	Organismo invertebrato capace di veicolare e trasmettere un parassita.
VETTORE BIOLOGICO	Vettore in cui il parassita compie una parte del suo ciclo biologico ed è in grado di riprodursi. I vettori che ospitano la fase sessuata del parassita vengono considerati reservoir di infezione.
VETTORE MECCANICO	Vettore in cui il parassita non evolve e non si riproduce e viene trasmesso solo passivamente.

endoparassiti (presenti all'interno delle cavità naturali o nei tessuti in posizione extra o intracellulare) o ectoparassiti (presenti sulla superficie cutanea o in cavità comunicanti con l'esterno).

Un ospite può essere parassitato da una singola specie (monospecificità) o da più specie di parassiti, spesso tassonomicamente vicini (polispecificità).

La Tabella 1.1 riporta i termini di uso specifico utilizzati in Parassitologia.

Adattamento parassitario

Le attuali specie parassite derivano da forme ancestrali a vita libera che, tramite adattamenti trofici, fisiologici e morfologici, hanno mutato le proprie condizioni di vita.

La scomparsa, durante la filogenesi, di funzioni trofiche (es. ciclo di Krebs, sintesi degli acidi grassi) in seguito a mutazioni casuali, è stata fondamentale ai fini dell'adattamento parassitario; nell'ospite il parassita soddisfa le proprie esigenze metaboliche.

L'adattamento trofico è spesso accompagnato da modificazioni morfologiche:

- apparati buccali trasformati in lunghi stilette per pungere e succhiare sangue (es. artropodi ematofagi) o in capsule buccali armate di dentelli e lamine chitinee taglienti per fissarsi alla mucosa intestinale ed incidere in modo più incisivo (es. *Ancylostoma* spp.);

- intestino pieghettato ed estensibile per permettere lunghi pasti periodici di sangue (es. zecche);

- acquisizione di strutture come ventose, uncini, rostellati armati sia per restare adesi alle pareti intestinali, nonostante i meccanismi peristaltici, sia per facilitare l'assorbimento di sostanze nutritive dall'ospite (es. *Giardia*, Cestodi).

L'adattamento parassitario ha anche comportato una grande varietà di fenomeni riproduttivi, in quanto un parassita può sopravvivere come specie solo se la sua progenie è in grado di colonizzare nuovi ospiti.

Tali fenomeni, asessuati e sessuati, si manifestano con modalità diverse.

I tipi di riproduzione asessuata sono vari e principalmente comprendono: la scissione binaria

(dalla cellula madre si generano due cellule figlie), la schizogonia o scissione multipla, la sporogonia (scissione multipla che ha luogo nella cellula uovo fecondata), l'endoduogenia (all'interno della cellula madre si generano fino a 8-16 cellule figlie), la poliembrionia, la gemmazione.

Nella riproduzione sessuata, oltre la copula, è presente l'ermafroditismo (es. nella maggior parte dei plattelminti) che permette anche ad un solo individuo di autofecondarsi e di diffondere la specie, e la neotenia che permette di raggiungere la maturità sessuale già allo stadio larvale.

Nel corso dell'evoluzione i parassiti hanno sviluppato schemi etologici sempre più specifici per facilitare l'incontro con ospiti idonei; ne è un esempio l'acquisizione di determinate tassi (chemiotassi, fototassi, geotassi) o filie (antropofilia, zoofilia) o lo sviluppo in habitat diversi, anche all'interno dello stesso organismo, delle varie fasi biologiche (come per es. nei cicli degli ascaridi e degli ancylostomidi in cui i parassiti passano dal sistema circolatorio al respiratorio e poi al digerente, per poi trascorrere un periodo nell'ambiente esterno). Ne deriva una straordinaria complessità dei cicli biologici che porta alla necessità di attuare sia migrazioni interne all'ospite che il passaggio in più ospiti e nell'ambiente esterno (es. *Dicrocoelium dendriticum*).

Molti parassiti hanno, però, acquisito una stretta ospite-specificità per cui il loro ciclo biologico può avvenire solo su determinate specie ospiti e non su altre, anche se vicine tassonomicamente (es. *Echinococcus granulosus* nel cane raggiunge la maturità sessuale, mentre nel gatto, pur sviluppandosi fino a diventare adulto, resta tuttavia immaturo; *Diphyllobothrium latum* nell'uomo si sviluppa fino a raggiungere una lunghezza di 10-12 metri, mentre nel gatto arriva solo a poche decine di centimetri e la sua vita biologica è di minore durata).

I parassiti, in base alla loro più o meno stretta specificità parassitaria, possono essere raggruppati in:

- **zooparassiti**: parassiti degli animali non trasmissibili all'uomo;

- **antropozooparassiti**: parassiti trasmissibili tra l'uomo ed altri vertebrati,

- **antropoparassiti**: parassiti dell'uomo non

trasmissibili agli animali in quanto ad alta specificità parassitaria.

Gli antropozooparassiti rivestono particolare importanza nell'ambito della Sanità Pubblica in quanto causa di zoonosi, malattie od infezioni che si trasmettono in natura tra gli animali vertebrati e l'uomo.

Superamento dei sistemi di difesa dell'ospite

L'adattamento alla vita parassitaria ha comportato lo sviluppo, da parte del parassita, di varie strategie per superare i sistemi di difesa attivati dall'ospite al fine di limitare il loro insediamento e la loro proliferazione.

La suscettibilità o la resistenza dell'ospite all'invasione parassitaria è condizionata sia dall'immunità naturale o refrattarietà (legata a fattori genetici, sesso, età) che dall'immunità acquisita (umorale e cellulo-mediata).

Le modalità di evasione del parassita dalle difese immunitarie dell'ospite possono essere così schematizzate:

- 1) sviluppo del parassita in ospiti giovani (in questi ospiti il sistema immunitario non è ancora completamente formato);
- 2) sviluppo del parassita, nelle sue fasi di

proliferazione ed invasione sistemica dell'organismo ospite, più veloce dell'attivazione del sistema immune;

3) sviluppo delle fasi biologiche in ospiti diversi (ciclo eteroxeno), affinché ci sia un minore contatto immunogenico;

4) creazione di formazioni cistiche che impediscono l'azione delle diverse componenti del sistema immune;

5) insediamento in tessuti ed organi a minore reattività immunologica, come il tessuto nervoso od oculare;

6) sviluppo di piccole popolazioni di parassiti che stimolano solo uno stato di premunizione (equilibrio biologico tra parassita ed ospite);

7) differenziazione degli antigeni di superficie relativa ai singoli stadi o morfotipi assunti dal parassita (es. trypomastigoti metaciclici di *Trypanosoma brucei*);

8) mimesi con antigeni dell'ospite per assorbimento a livello cuticolare di tali antigeni (la risposta immunitaria è diretta contro il *non self*);

9) capacità di sopravvivenza nelle cellule stesse del sistema immunitario, come i macrofagi, secernendo sostanze che inibiscono i sistemi microbicidi degli stessi macrofagi (es. *Leishmania*

Tab. 1. 2: Termini specifici utilizzati in Parassitologia.

AGENTE EZIOLOGICO	Parassita responsabile dell'infezione e/o della malattia
INFEZIONE PARASSITARIA*	Parassitismo indotto da protozoi
INFESTAZIONE PARASSITARIA	Parassitismo indotto da elminti o artropodi
INFEZIONE SINTOMATICA	Infezione parassitaria con manifestazioni di malattia
INFEZIONE ASINTOMATICA	Infezione parassitaria senza manifestazioni di malattia
INFEZIONE OLIGOSINTOMATICA	Infezione parassitaria con pochi segni clinici
INFEZIONE DI SORTITA	Infezione causata da parassiti già presenti nell'organismo ospite allo stato latente e che si virulentano per influenza di cause diverse
SUPERINFEZIONE	Accesso ripetuto di parassiti della stessa specie all'interno di un organismo già parassitato
INCUBAZIONE	Periodo compreso tra l'entrata del parassita ed il manifestarsi dei primi sintomi
PREPATENZA	Periodo compreso tra l'entrata del parassita e la iniziale evidenziazione della sua presenza biologica tramite metodi diagnostici
PATENZA	Periodo successivo alla prepatenza durante il quale il parassita o le sue forme biologiche sono evidenziabili con metodi diagnostici
ANTROPOFILIA	Tendenza ad utilizzare l'uomo come fonte di principi nutritivi
ZOOFILIA	Tendenza ad utilizzare gli animali come fonte di principi nutritivi

* termine oggi usato spesso anche nel parassitismo da Elminti

infantum) o impedendo la fusione del vacuolo fagocitario con i lisosomi (es. *Toxoplasma gondii*); 10) azione immunodepressiva, grazie alla secrezione di fattori che inibiscono l'attivazione del complemento (es. cestodi) o deprimono il rapporto tra la popolazione dei T-linfociti helper e suppressor, con il risultato di uno sviluppo incontrollato di B-linfociti non protettivi (es. *Trypanosoma brucei*).

La Tabella 1.2 riassume la terminologia specifica utilizzata in parassitologia.

Azione patogena dei parassiti

Un parassita è per definizione patogeno, anche se con diversi gradi di virulenza. L'azione patogena, che in genere si esplica prima della visualizzazione del parassita e/o delle sue forme biologiche tramite esami parassitologici di tipo diretto, può esplicarsi attraverso azioni diverse; lo stesso parassita, nelle diverse fasi del suo ciclo biologico, può agire sullo stesso ospite con meccanismi patogeni diversi.

Riportiamo di seguito le principali azioni patologiche che un parassita può compiere (e in genere più azioni associate su uno stesso ospite):

1) **traumatica**: propria degli ectoparassiti che, per eseguire il pasto di sangue o per compiere l'intero ciclo biologico, provocano con l'apparato buccale microtraumi o ferite sulla cute e sottocute (es. artropodi ematofagi, acari agenti di rogna). Anche gli endoparassiti possono esercitare azioni traumatiche, come le forme larvali di alcuni elminti nella loro fase migratoria tissutale (adolescarie di *Fasciola*), o le forme adulte del genere *Parascaris*, con possibili perforazioni della parete intestinale, o del genere *Ancylostoma* con la particolare capsula buccale atta ad incidere la mucosa intestinale per esercitare l'ematofagia;

2) **meccanica**: tale azione è determinata, in genere, dalla grandezza e dal numero dei parassiti e si esplica con fenomeni di occlusione (es. decine o centinaia di ascaridi possono formare delle vere e proprie matasse che ostruiscono l'intestino tenue) o di compressione (es. le idatidi di *Echinococcus granulosus* possono, accrescendosi, comprimere vari organi tra cui il cervello, il polmone);

3) **spoliatrice**: tale azione è propria di tutti i

parassiti in quanto vivono a spese dell'ospite (es. i cestodi sottraggono chimo, gli ascaridi sottraggono calcio e zuccheri, i parassiti ematofagi sottraggono sangue e sono responsabili di gravi forme anemiche, *Diphyllobothrium latum* sottrae vit. B12, ecc.);

4) **necrotizzante**: fenomeni di lisi dei tessuti e di necrosi sono il risultato sia di azioni traumatiche, sia dell'azione proteolitica di enzimi che, depolimerizzando il cemento intercellulare, permettono la penetrazione, la diffusione ed il nutrimento del parassita (es. *Entamoeba histolytica*);

5) **tossica**: le attività metaboliche dei parassiti portano all'escrezione di cataboliti che esercitano una azione tossica sull'ospite (es. sarcotossina escreta da *Sarcocystis* spp.); tossine possono anche essere inoculate direttamente dal parassita (es. le zecche dure possono inoculare con la saliva tossine neurotrope e provocare forme di paresi nell'ospite);

6) **irritativa**: il permanere dei parassiti all'interno dell'organismo porta, nelle sedi definitive, a fenomeni irritativo-flogistici (es. i distomi nei canali biliari) o a fenomeni irritativi a livello delle terminazioni nervose (es. gli ascaridi, vivendo liberi nel lume intestinale, si muovono andando a battere sulle terminazioni nervose delle pareti intestinali);

7) **dismetabolica**: tale azione è legata alla naturale interferenza del parassita sulle attività metaboliche dell'ospite (es. *Giardia intestinalis* inibisce l'assorbimento dei grassi non permettendo l'idrolisi dei trigliceridi da parte della lipasi pancreatici);

8) **immunologica**: la risposta immunitaria dell'ospite verso il parassita può essere dannosa per l'ospite stesso (es. la formazione di granulomi eosinofili mediata da T-linfociti per bloccare o distruggere il parassita o la formazione di immunocomplessi, mediata da B-linfociti, che precipitano a livello tissutale);

9) **allergica**: la secrezione di allergeni porta nell'ospite all'insorgenza di fenomeni di sensibilizzazione come orticaria ed altre manifestazioni cutanee, crisi asmatiche, diarrea;

10) **anafilattica**: la lunga permanenza dei parassiti nell'organismo ospite (ipersensibilizzato) può provocare, in caso di immissione in circolo di

notevoli quantità antigeniche, reazioni di shock anafilattico (es. la rottura delle idatidi di *Echinococcus granulosus*);

11) **iperplastica**: molti parassiti in stretto contatto con i tessuti dell'ospite provocano reazioni iperplastiche, con crescita del volume dell'organo o del tessuto per proliferazione del numero di cellule che lo costituiscono, con corredo genetico fisiologico (es. *Fasciola hepatica* nei dotti biliari);

12) **metaplastica**: i processi infiammatori cronici causati dai parassiti portano a modificazioni reversibili delle cellule, con caratteristiche chimiche e fisiche diverse (non c'è variazione genotipica ma solo differente espressione genica);

13) **neoplastica**: lo stimolo proliferativo esercitato dai parassiti può provocare la formazione di cellule con corredo genetico patologico, in grado di accrescersi in modo incontrollato a scapito dell'omeostasi tissutale (es. tricomoniasi vaginale favorente stadi precancerosi e cancerosi dell'utero).

Vie di ingresso e di uscita dei parassiti

I parassiti esplicano la loro vita biologica in una gamma vastissima di habitat con caratteristiche fisiche, chimiche e biochimiche diverse. Nell'ambiente entozoico troviamo per esempio specie che vivono nel torrente circolatorio, nei tessuti, in cellule specifiche come quelle del sistema nervoso e del SRE, nel lume del digerente, nelle vie genitali, nella cute e sottocute, nel sistema linfatico, ecc.

L'habitat elettivo viene raggiunto dopo percorsi migratori che prendono avvio dalla sede di entrata dei parassiti: ad esempio *Hypoderma bovis*, dopo penetrazione cutanea, compie un percorso attraverso l'apparato digerente, i tessuti perinervosi, la colonna vertebrale per poi tornare nella sede elettiva, cioè la cute. In tali migrazioni i parassiti possono trasportare batteri, virus, funghi, che provocano all'organismo danni ulteriori.

L'uscita dei parassiti dall'ospite è importante in quanto permette la propagazione delle loro forme biologiche e le vie adottate facilitano la possibilità sia di completare i cicli biologici che di infettare più individui possibili.

Nella Tabella 1.3 sono illustrate le principali vie di ingresso e di uscita dei parassiti dall'organismo ospite.

EPIDEMIOLOGIA DELLE MALATTIE PARASSITARIE

Il termine Epidemiologia è una parola composta (epi-demo-logia) di origine greca

ἐπί (epi) : attorno, riguardo...

δῆμος (démós) : popolazione

λόγος (logos) : studio, discussione, discorso...

che letteralmente significa: "studio inerente la popolazione".

Nello specifico, per popolazione si intende sia quella animale che umana, in quanto le malattie parassitarie sono oggi inquadrare in quella visione unica della medicina definita "one health", con unitari ed associati aspetti epidemiologici.

Questa visione trova, infatti, giustificazione in una serie di considerazioni: a) l'unicità dell'ambiente di vita e dei fattori che condizionano la salute e la malattia dell'uomo e degli animali; b) la comune origine e/o manifestazione delle malattie umane ed animali; c) il contributo che la medicina veterinaria può apportare ai problemi della medicina umana e viceversa.

Le informazioni necessarie per delineare e far emergere gli aspetti epidemiologici di una malattia sono:

- diffusione geografica ed habitat;
- specie e categorie di animali coinvolte e/o a rischio (recettivi, portatori, serbatoi);
- modalità di trasmissione e fonti di contagio;
- fattori condizionanti l'insorgenza, la diffusibilità ed il mantenimento in natura;
- frequenza di comparsa, mortalità, morbilità, letalità.

La formulazione di queste informazioni, relativamente alle malattie parassitarie, ha subito nel tempo un processo evolutivo grazie al contributo di studi diversi, a partire dallo studio dell'ecologia di tali patogeni.

Tab. 1. 3: Principali vie di ingresso e di uscita dei parassiti.

VIE DI INGRESSO	
PERCUTANEA	L'ingresso attraverso la cute può avvenire tramite la puntura di un vettore biologico (es. <i>Leishmania</i> spp. e <i>Dirofilaria</i> spp. trasmesse da ditteri ematofagi) oppure direttamente tramite la secrezione da parte del parassita di enzimi cheratolitici (es. larve di <i>Ancylostoma</i> spp.).
DIGERENTE	La via orale, per ingestione delle forme infettanti (cisti, oocisti, uova, larve), è tra le più comuni (es. oocisti del genere <i>Eimeria</i> ; larve L1 di <i>Trichinella</i> spp.).
INALATORIA	L'ingresso tramite la via nasale è tipico, ad esempio, delle larve di <i>Oestrus ovis</i> , che vengono ad essere depositate sulle narici degli ovini dalla femmina adulta durante il volo.
CONGIUNTIVALE	Tale via si attua tramite forme biologiche mobili depositate in vicinanza dell'occhio (es. trypomastigoti di <i>Trypanosoma cruzi</i> , larve del gen. <i>Thelazia</i>).
GENITALE	Via tipica dei parassiti che si trasmettono direttamente per via sessuale (es. <i>Trypanosoma equiperdum</i>).
ANALE	Parassiti emessi con le feci possono reinfectare l'ospite risalendo attraverso la stessa via (es. larve di <i>Strongyloides</i> spp.).
TRANSPLACENTARE	Tale via permette la trasmissione verticale del parassita in quanto, passando attraverso la barriera placentare, raggiunge direttamente il feto (es. <i>Toxoplasma gondii</i> , larve migranti di <i>Toxocara canis</i>).
VIE DI USCITA	
ORALE	Tale via è propria dei parassiti a sede broncopolmonare in quanto con l'espettorato possono emettere all'esterno uova o larve (es. strongili broncopolmonari).
NASALE	Le larve di <i>Oestrus ovis</i> , dopo maturazione, fuoriescono attraverso la stessa via d'ingresso.
FECAL	L'emissione attraverso le feci dei diversi stadi biologici parassitari è comune non solo ai parassiti a localizzazione intestinale ma anche a parassiti a sede polmonare, epatica (es. uova di <i>Fasciola hepatica</i>).
GENITALE	La trasmissione sessuale rappresenta sia la via di entrata che di uscita dei parassiti.
URINARIA	Tale via è tipica dei parassiti che colonizzano le vie urinarie (es. uova di schistosomi).
PERCUTANEA	Il pasto di sangue da parte di un vettore ematofago costituisce sia la via di entrata che di uscita dei parassiti. I parassiti possono, attraverso lesioni cutanee, raggiungere direttamente l'ambiente esterno come nel caso delle larve di <i>Hypoderma bovis</i> .
TESSUTI ED ORGANI	Tale via è tipica di parassiti che presentano forme di resistenza cistica a livello muscolare e che si liberano per ingestione delle carni da parte di ospiti carnivori ed onnivori (es. <i>Trichinella</i> spp., <i>Toxoplasma gondii</i>).
TRANSPLACENTARE	Il parassita lascia l'ospite (la femmina gravida) infettando il feto (es. <i>Toxocara canis</i>).
TRANSMAMMARI	Forme biologiche in migrazione possono essere trasmesse attraverso il latte (es. tachizoiti di <i>Toxoplasma gondii</i> , larve migranti di <i>Toxocara canis</i>).

Studio dell'ecologia dei parassiti

Questo studio risponde perfettamente alla natura delle malattie da parassiti compendiando l'interazione ospite/parassita/ambiente in termini ecologici e quindi di equilibrio dinamico fra le tre componenti che si influenzano vicendevolmente. Se le interazioni con l'organismo ospite, in termini di recettività (non tutti gli animali hanno i medesimi parassiti) ma anche di risposta alla presenza del parassita sono, almeno concettualmente, intuitive, il fatto che la maggior

parte dei parassiti necessiti di una fase subaerea (con ciò si intende l'ambiente esterno) del proprio ciclo biologico ci impone di valutare l'influenza dell'ambiente sulla loro diffusione.

I coccidi, ad esempio, necessitano di un periodo di maturazione delle oocisti nell'ambiente affinché dallo sporonte, indiviso, si formino le sporocisti contenenti gli sporozoit infettanti; la possibilità di modulare l'ambiente, rendendolo inidoneo al processo di sporulazione, porterebbe a risultati di gran lunga migliori rispetto ad un intervento farmacologico, per sua natura limitato nel tempo. Anche le strongilosi gastrointestinali necessitano

di una fase nell'ambiente per lo sviluppo delle larve infestanti (L3) e la gestione del pascolo ne favorisce il controllo.

Alcuni parassiti hanno cicli biologici complessi che prevedono l'intervento di ospiti intermedi che, ovviamente, risentono delle diverse situazioni ambientali per svolgere questo ruolo. La leishmaniosi canina, così come la filariosi devono tener conto, rispettivamente, delle esigenze ambientali dei flebotomi e delle zanzare che le trasmettono. Nell'ambito dei trematodi, *Dicrocoelium dendriticum* ha bisogno di due ospiti intermedi in sequenza e sui quali l'ambiente ha effetti di modulazione importantissimi.

L'uso del computer ha permesso di focalizzare sotto il profilo matematico/statistico alcuni aspetti peculiari della **distribuzione dei parassiti** nelle popolazioni animali, a partire dalle popolazioni selvatiche, quindi in una situazione di naturalità del rapporto, non influenzato da attività antropiche.

Precedentemente a questi approfondimenti si riteneva che in una popolazione i parassiti si distribuissero in forma normale (curva gaussiana), successivamente si è consolidato il concetto della distribuzione di tipo aggregato. I parassiti tendono infatti ad aggregarsi numerosi in un numero limitato di soggetti, mentre gli altri membri della popolazione ne ospitano pochi, pochissimi o nessuno.

Una siffatta distribuzione, sotto il profilo ecologico, è oltremodo funzionale al mantenimento dell'equilibrio ospite / parassita / ambiente. I soggetti iper-parassitati, che potranno anche morire o essere predati, sono pochi e non andranno ad influenzare la dinamica della popolazione ospite, mentre quella dei parassiti non risentirà della morte di quelli ospitati negli animali deceduti, ma verrà mantenuta da quella quota di soggetti che ne albergavano pochi.

Lo studio del fenomeno dell'aggregazione ha portato alla dimostrazione di una diversa **recettività** degli animali al parassitismo (eterogeneità genetica degli ospiti), di una diversa **resistenza** (diversa immunità innata ed acquisita) e di una diversa **resilienza**, intendendo con questo termine animali che riescono a sopportare una carica parassitaria, anche importante, senza

risentirne in termini zootecnici.

L'approccio olistico alle popolazioni ha introdotto anche nel campo della parassitologia parametri di valutazione di derivazione ecologica, più precisamente **ecopatologica**. Si parla quindi di descrittori come l'**Abbondanza** (numero medio di parassiti isolati nella popolazione studiata), **Intensità media** (numero medio di parassiti isolati nei soggetti positivi), **Richness** (numero di specie presenti a loro volta distinte in **Specie core**, se meglio disperse nella popolazione, e **Specie satellite**).

In tempi recenti lo studio dell'ambiente e dei suoi effetti sulla presenza delle malattie parassitarie ha avuto un notevole impulso dall'uso di tecnologie fondate sull'interazione satellitare dei computer. Il GIS (**Geographic Information System**) è in grado di creare una serie di mappe geografiche interattive, sovrapponibili, con tutte le informazioni relative alla presenza degli animali recettivi, degli eventuali ospiti intermedi e delle condizioni ambientali, arrivando a descrivere gli eventi patologici attraverso l'elaborazione statistica dei dati. Il satellite fornisce al sistema le informazioni meteo (temperatura, umidità, evaporazione) relative ad una distanza di 20 cm dal suolo, proprio dove il ciclo subaereo ha luogo.

Studio delle malattie nelle popolazioni

Tale studio è più rispondente a finalità mediche in quanto permette di valutare la presenza di determinate malattie sia all'interno delle diverse popolazioni e categorie animali, sia sotto il profilo della sua collocazione territoriale e della sua evoluzione nel tempo, in relazione ad eventi che potrebbero modificarne l'andamento.

Questo studio ha portato alla definizione di **serbatoio** epidemiologico, cioè una popolazione animale che, inserita in un determinato ambiente, permette al patogeno di perpetuarsi e mantenersi nel tempo. Da questa popolazione, l'agente di malattia può trasmettersi ad altri ospiti al di fuori del serbatoio.

Il lupo, benché recettivo, a causa della sua limitata distribuzione, non può essere considerato nel nostro Paese un serbatoio di leishmaniosi, che è invece rappresentato dalla ingente popolazione di

cani malati che vivono in territori con presenza di vettori biologici (flebotomi).

Studio dello stato sanitario delle popolazioni

Le conoscenze epidemiologiche vengono messe al servizio di un sistema sanitario per conoscere lo stato di salute delle popolazioni animali viventi in determinate aree.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), riferendosi alla specie umana, ha definito il **concetto di salute** come uno "stato di completo benessere fisico, psichico e sociale". Si tratta di un'accezione positiva, rispetto all'assenza di malattia, che prende in considerazione anche altri parametri di natura sociale, spostando il concetto di una interazione psiche/salute.

Anche gli animali da reddito, molto più tardi, sono stati beneficiati di un concetto di salute loro dedicato che recita: "*Stato di benessere che consente all'animale di fornire produzioni o prestazioni ottimali in base alle sue caratteristiche intrinseche e agli investimenti effettuati (in selezione, allevamento e difesa sanitaria), nel rispetto dell'ambiente, degli altri animali e dell'uomo*" (aggiornato da Mantovani e Bellani 1972). Laddove per "rispetto" si intende la non trasmissibilità di eventuali malattie all'uomo, agli altri animali e l'assenza di contaminazione dell'ambiente con reflui zootecnici contenenti contaminanti organici o inorganici.

L'attuale zootecnia intensiva trova proprio nell'ambito delle malattie parassitarie una serie di interessanti coincidenze che possono rientrare nella definizione: le pauciparassitosi (malattie sostenute da un limitato numero di parassiti) si diffondono da animali clinicamente sani; i prodotti antiparassitari possono contaminare gli alimenti di origine animale se i tempi di sospensione non vengono rispettati; i reflui possono contenere le forme di propagazione dei parassiti, alcuni con riflessi zoonosici cioè trasmissibili all'uomo.

Ne è un esempio *Cryptosporidium*, un protozoo estremamente importante nell'ambito dell'allevamento della vacca da latte e con trasmissibilità in campo umano dove è causa di malattia (anche mortale) nei malati di AIDS.

In un mondo globalizzato l'interesse per la fauna

selvatica ha reso non più procrastinabile una definizione di salute anche per gli animali a vita libera: "stato in cui la dinamica della popolazione si realizza in armonia con l'ambiente, gli animali domestici e l'uomo". Anche in questo caso il termine "armonia" comprende la non trasmissibilità di patogeni agli animali domestici ed all'uomo.

A differenza di quanto comunemente ritenuto, generalmente sono gli animali selvatici a cadere vittime di parassiti degli animali domestici con cui vengono in contatto, soprattutto nei casi di una eccessiva concentrazione di animali selvatici in ambienti ristretti (es. lepri da cattura prima della reimmissione nell'ambiente); le infezioni parassitarie possono assumere anche il carattere di vere e proprie epidemie come dimostrato dagli episodi epidemici di rogna negli stambecchi, con esito fatale, dovuti al contatto con capre all'alpeggio.

Studio dei fattori e delle condizioni che influiscono sulla frequenza e distribuzione di salute, malattia e morte nelle popolazioni.

In questo studio entrano alcuni concetti epidemiologici fondamentali; si parla di frequenza i cui principali indici di valutazione fanno riferimento alla prevalenza ed all'incidenza.

La **prevalenza** quantifica la presenza di un evento morboso in una popolazione in un determinato periodo di tempo: $P = \text{numero di animali parassitati} / \text{numero di animali esaminati}$.

L'**incidenza** invece, misura, nella stessa popolazione, i nuovi casi insorgenti nel periodo considerato: $I = \text{numero di nuovi animali parassitati} / \text{numero di animali esaminati}$. Si tratta di un indice di non facile ottenimento in campo parassitologico perché, fra i due campionamenti, è necessario che gli animali esaminati siano i medesimi per valutare la velocità con cui la parassitosi si diffonde nella nostra popolazione.

Questi due indici permettono di distinguere le malattie, in base alla frequenza di comparsa, come:

sporadiche quando insorgono in una popolazione raramente, senza regolarità nel tempo ed in genere con una incidenza bassa;

endemiche quando si riscontrano in una popolazione con una frequenza nel tempo regolarmente prevedibile e con fluttuazioni di modesta entità. La maggior parte delle malattie parassitarie ha questa caratteristica;

epidemiche quando insorgono con un numero eccessivo di casi rispetto alla frequenza prevedibile. Nel campo delle malattie parassitarie, eventi climatici sfavorevoli o condizioni igieniche scadenti possono trasformare un andamento endemico in epidemico (coccidiosi dei mammiferi). Nel caso di morbi esotici, anche un solo caso rientra in questa definizione come accade per il morbo coitale maligno, una tripanosomosi equina.

Relativamente alla frequenza di un evento patologico, si parla di **morbilità** (capacità di un agente eziologico di indurre malattia in un ospite) = rapporto tra il numero dei malati e la popolazione; **mortalità** = rapporto fra il numero dei soggetti morti e la popolazione esposta; **letalità** = rapporto tra il numero dei morti ed i soggetti malati. *Cryptosporidium* ha una grande morbilità ed una limitata mortalità (infetta rapidamente molti animali) nei bovini adulti, mentre nei vitelli il tasso di letalità diviene molto alto.

Studio della distribuzione delle malattie sul territorio e suo utilizzo per il controllo dei problemi sanitari.

Tale studio è finalizzato a chiarire come le malattie si distribuiscono sul territorio, divenendo strumento per interventi di lotta e di controllo al fine di minimizzare i costi, anche sociali, delle malattie degli animali. È un aspetto questo che, anche se può essere utilizzato a livello gestionale dalle aziende che possono così individuare parametri oggettivi per scegliere fra le diverse opzioni di intervento, trova la sua massima applicazione nella gestione della veterinaria

pubblica. Solo attraverso questo tipo di valutazioni è possibile giustificare una richiesta di intervento da parte dei pubblici amministratori e soprattutto monitorarne i processi evolutivi.

Fattori favorevoli l'insorgenza delle malattie parassitarie.

Stabilite le funzioni e l'importanza di un approccio epidemiologico alle malattie, prendiamo in considerazione quali fattori concorrono specificatamente all'insorgenza di quelle parassitarie, avendo ben presente quale significato attribuire al termine "malattia".

Essi sono molteplici ed interagenti fra loro:

- aumento del numero degli stadi infettanti;
- modificazioni della recettività degli ospiti;
- introduzione di soggetti recettivi in un ambiente infetto;
- introduzione del parassita in un ambiente indenne.

a) Aumento del numero degli stadi infettanti:

questo fattore è strettamente correlato con il potenziale biotico, ovvero la capacità di un organismo di stabilirsi in un determinato ambiente e di aumentare numericamente.

La fertilità ne è un aspetto misurabile; alcune specie di nematodi, come *Haemonchus contortus*, sono in grado di produrre molte migliaia di uova al giorno a differenza di specie del genere *Trichostrongylus* che si limitano a poche centinaia. È importante ricordare come il risultato di un esame coprologico quantitativo sia più efficace nel definire il potenziale biotico, e quindi la capacità di contaminare l'ambiente, rispetto alla quantificazione della reale consistenza del numero dei parassiti dell'individuo. Quest'ultimo dato esprime piuttosto una tendenza reale (+ uova = + parassiti) mentre con il dato numerico di quante uova/oocisti l'animale elimina con le feci si può valutare con maggior precisione la capacità di contaminazione.

Indipendentemente dalle caratteristiche dell'ambiente, la fertilità si coniuga con un'altra caratteristica intrinseca del parassita, **la resistenza** degli stadi di disseminazione.

Elminti che sviluppano la fase infestante

all'interno di un uovo protetto da una robusta parete hanno la capacità di resistere anche molti anni nell'ambiente (ad es. ascaridi e tricocefali); questa caratteristica ha limitato l'uso di composti chimici per il loro controllo nell'ambiente.

Altri hanno fatto una scelta evolutiva differente, optando per un ospite intermedio con un potenziale biotico proprio; *Fasciola hepatica* ha scelto un mollusco dulciacquicolo, *Lymnaea truncatula*, come ospite degli stadi larvali in quanto il mollusco, grazie a meccanismi di ibernazione ed estivazione, resiste alle avversità ambientali (gli interventi di lotta si basano sul prosciugamento definitivo del suo habitat).

Meccanismi analoghi, anche se biologicamente semplificati, sono utilizzati da altri parassiti come i metastrongili (nematodi parassiti dell'apparato respiratorio dei suidi) che riconoscono come ospiti intermedi i lombrichi; in questo caso la trasmissione è facilitata dal fatto che l'ospite definitivo si alimenta di buon grado proprio di lombrichi che ricerca attivamente.

La resistenza degli stadi di disseminazione può essere abbattuta tramite fattori come il calore e la disidratazione.

Si può ricorrere all'uso della concimaia, metodo antico ma efficace, poiché al suo interno sviluppa temperature superiori ai 70° C, letali per qualsivoglia forma di dispersione parassitaria. Al contrario è da proscrivere la fertirrigazione dei pascoli con materiale fresco in quanto favorisce la fase subaerea del ciclo. In ambiente stallino, l'idropulitrice a caldo (anche 120-140° C) non solo rimuove il materiale fecale ma devitalizza tutte le forme di resistenza rispettando l'integrità delle attrezzature.

Anche alcune pratiche agricole tendono a limitare la vitalità degli stadi ambientali: l'epicatura incide sulla presenza degli acari oribatidi, ospiti intermedi dei cestodi degli erbivori, mentre la semina di erba medica appare contrastare il complesso ciclo del trematode *Dicrocoelium dendriticum*. Anche la semplice alternanza fra pascolo e coltivo tende a ridurre il potenziale pericolo relativo alle forme di dispersione (la conoscenza della capacità di sopravvivenza delle larve degli strongili gastro-intestinali dei ruminanti ha permesso di mettere a punto strategie di

controllo basate sulla rotazione dei pascoli).

b) Modificazioni della recettività degli ospiti:

lo *status* immunitario del soggetto esplica un ruolo importante nel modulare la sua recettività nei confronti di un parassita. I ruminanti positivi per larve di strongili gastro-intestinali in ipobiosi sono, durante i periodi della lattazione e del periparto, esposti, a seguito della minore sorveglianza immunologica, ad una riattivazione larvale con il completamente del ciclo biologico. Il risultato è un aumento di contaminazione ambientale in corrispondenza della stagione più favorevole allo sviluppo degli stadi infestanti (primavera), che talaltro corrisponde a quello in cui si ha la nascita di giovani soggetti, ospiti particolarmente recettivi.

Trattandosi di fenomeni immuno-mediati, qualsivoglia disturbo che interferisca con l'immunità, provocandone un abbassamento, favorisce l'emissione di forme di disseminazione ed incrementa la **recettività degli ospiti**.

Ci riferiamo a fattori iatrogeni (trattamenti cortisonici, vaccinazioni) oppure naturali come altre infezioni intercorrenti o episodi stressanti. Anche una alimentazione non equilibrata (proteine, ferro, calcio, fosforo, cobalto) sommandosi all'attività sottrattiva dei parassiti può concorrere allo sviluppo della malattia.

Altri fattori legati alla **gestione dell'allevamento** concorrono ad aumentare la disseminazione di forme infettanti; una concentrazione eccessiva di animali (altro fattore stressante), frequenti spostamenti, la rigorosa suddivisione per classi di età e quindi di recettività unita all'omogeneità genetica concorrono tutti a rompere quell'equilibrio ospite/parassita/ambiente che permetteva una pacifica convivenza.

Quest'ultima può esser compromessa anche da fenomeni di **ipersensibilità**, legati ad una marcata risposta IgE, responsabile di fenomeni di **“self cure”** (autoterapia); il *self cure*, caratteristico delle strongilosi ovine, porta ad una improvvisa eliminazione degli adulti per lasciare spazio alle larve appena introdotte con l'effetto di “svecchiare” la popolazione.

L'ipersensibilizzazione al morso delle pulci, che rappresenta uno degli aspetti più gravi della

pulicosi del cane e del gatto, riconosce meccanismi immunitari simili, con l'effetto di indurre gravi dermatosi anche in presenza di un solo insetto.

c) Introduzione di soggetti recettivi in un ambiente infetto: questa condizione porta allo sviluppo della malattia in quanto i soggetti non presentano un'immunità acquisita e/o non riescono a svilupparla in modo efficace, sia per fattori legati all'età che per fattori genetici come la specie, la razza ed il sesso. L'introduzione, ad esempio, di qualche migliaio di pulcini di un giorno in un capannone non sufficientemente pulito e disinfettato, dopo la conclusione del ciclo precedente (nella pratica zootecnica si definisce tutto pieno/tutto vuoto), può essere rischiosa per lo sviluppo in forma acuta di una grave malattia protozoaria, come la coccidiosi.

L'immissione di fagiani in un terreno che ospitava in precedenza un allevamento di tacchini, può portare ad infezioni mortali da *Histomonas meleagridis*. Gli esempi possono essere molteplici, ma i rischi potrebbero essere prevenuti dall'esercizio delle buone pratiche di biosicurezza.

d) Introduzione del parassita in un ambiente indenne: questo fattore può avere importanti ripercussioni andando a vanificare gli effetti della co-evoluzione.

Diverse sono le modalità tramite le quali un parassita può essere introdotto in un ambiente indenne, tra cui assumono importanza primaria l'introduzione di una nuova popolazione animale o l'utilizzo di liquami non rispettando le normative vigenti. Un esempio riguarda, nell'ambito delle metacestodosi, la cisticercosi bovina per contaminazione dei foraggi con acque provenienti dai pozzi neri così come, nell'ambito dei trematodi, la diffusione della distomatosi per contaminazione delle acque di superficie tramite la fertirrigazione con liquami.

La movimentazione degli animali da un continente ad un altro rappresenta un fattore importante anche in conseguenza del fatto che leggi sopranazionali, che regolano il commercio di animali fra Stati per evitare malattie definite "transboundaries diseases", sono previste solo per

le malattie infettive. Fra le malattie parassitarie ricordiamo il morbo coitale maligno, una tripanosomosi dei solipedi a trasmissione diretta, presente in molti Paesi dell'Est Europa ed ancora sotto sorveglianza sanitaria in Italia.

Per le malattie a trasmissione vettoriale, allo spostamento di animali infetti si unisce l'enorme diffusione dei vettori dovuta ai cambiamenti climatici. Ne è un esempio l'introduzione della babesiosi da parte di animali infestati da zecche infette: l'adattamento del protozoo alle specie di zecche autoctone ha causato l'endemicità della parassitosi. Anche la diffusione della farmacoresistenza nei confronti di determinati parassiti può essere conseguenza dell'importazione di animali da Paesi dove il fenomeno è rilevante.

Letture consigliate

AA.VV. 2013. Gli animali, l'uomo e l'ambiente. Ruolo sociale della Sanità pubblica veterinaria (a cura di Battelli G., Baldelli R., Ostanello F., Prosperi S.). Bononia University Press, Bologna.

Battelli G., Martini M. 1991. Misure di frequenza degli eventi morbosi. *Veterinaria Italiana*, 27: 35-41.

Bottarelli E., Ostanello F. 2011. *Epidemiologia – Teoria ed esempi di Medicina Veterinaria*. Edagricole, Bologna.

Tassi P. 2009.

www.veterinaria.uniba.it/parassitologia/Glossario

Thrusfield M. 2005. *Veterinary Epidemiology* Blackwell Publishing, Cornwall.

Toma B., Vailancourt J.P., Dufour B., Eloit M., Montou F., Marsh W., Benet J.J., Sanaa M., Michel P. 1999. *Dictionary of Veterinary Epidemiology*. Iowa State University Press /Ames, Iowa.