

Introduzione

Proviamo ad immaginare che un uomo non troppo svagato di alcuni secoli fa abbia visto partorire una cagna o sgusciare un pulcino da un uovo di gallina. Certamente sarà rimasto affascinato o sbalordito o incuriosito di fronte a questi eventi. Se non del tutto obnubilato avrà incominciato a pensare a come diavolo si sia potuto formare un pulcino dentro un uovo o un cagnolino entro il ventre di una cagnetta. Magari si sarà ricordato che quella cagnetta qualche mese prima era stata insidiata da un cagnaccio del vicinato, un bullo randagio stupratore di cagnette, e avrà connesso i due eventi: stupro della cagnetta e nascita dei cuccioli.

Pensieri di questo tipo sono frullati nella mente di molti personaggi, alcuni dei quali li hanno scacciati come poco importanti, altri si sono invece incaponiti su di essi per cercare di arrivare a comprendere il processo riproduttivo. Sebbene molte menti illuminate vi si siano dedicate, ci sono voluti parecchi secoli, migliaia di anni prima di fare un po' di luce su come si sviluppa un animale ed ancora oggi, che pur molto sappiamo, brancoliamo nel buio per molti aspetti dei processi di sviluppo.

La storia del pensiero umano sullo sviluppo embrionale ci porta indietro nel tempo di molti secoli, ma non sappiamo nemmeno dire di quanto. Il mistero della riproduzione ha affascinato e turbato la mente umana da che essa è divenuta razionale tanto quanto il mistero della morte.

L'uomo poteva osservare facilmente in natura come avveniva il rito della procreazione in un incredibile numero di modelli: mammiferi, uccelli, rettili, pesci, insetti e persino piante. Poteva sperimentare addirittura su se stesso come certe pratiche, peraltro niente affatto spiacevoli, fossero strettamente legate alla procreazione. A pochi sicuramente sarà sfuggita la stretta associazione tra accoppiamento e nascita di un nuovo individuo, sia nell'uo-

mo che in tutti quegli animali in cui un accoppiamento avveniva. In qualche modo, quindi, un rapporto di causa ed effetto tra accoppiamento e riproduzione era per lo più evidente. Il grande mistero stava nella fase di mezzo, in quello che succedeva tra l'accoppiamento ed il parto o lo sgusciamiento dall'uovo. Come si formavano il pulcino, il gattino e il cucciolo di uomo?

Già nella Bibbia vi sono alcuni versetti che fanno riferimento alla procreazione e anche a metodi che impedivano la fecondazione. Famoso, fra tutti, il comportamento di Onan da cui deriva il termine onanismo, in riferimento a pratiche di autoerotismo. In realtà Onan non praticò la masturbazione. Si limitò a fare in modo di non ingravidare la cognata, cadendo nel peccato di dispersione del seme (probabilmente egli si limitò ad utilizzare il *coitus interruptus*). Si legge, infatti, nella Bibbia a proposito di Onan figlio di Giuda:

Giuda dette al figlio primogenito Her una donna chiamata Tamar. Ma Her era uno scellerato nel cospetto del signore il quale perciò lo fece morire. Disse allora Giuda all'altro suo figlio: prendi tu la moglie di tuo fratello ed unisciti a lei per dare una discendenza a tuo fratello. Ma questi, sapendo che i figli così nati non sarebbero suoi, usando con la moglie del fratello impediva che concepisse acciocché non nascessero figli nel nome del suo fratello. (Genesi, 38, 6-10)

Anche nel Corano si parla di procreazione. Proprio la creazione dell'uomo è vista come uno specie di sviluppo embrionale simile a quello già descritto dagli autori greci.

Noi creammo l'uomo da un depurato d'argilla, poi ne facemmo una goccia, poi trasformammo la goccia in un grumo di sangue e il grumo trasformammo in una offula e questa in ossa e le ossa coprimmo di carne e infine svilupparammo in creatura umana (Corano, Sura XXIII, 12-14)

Secondo Needham in Babilonia, Egitto, Assiria le scienze naturali erano poco coltivate e quindi anche l'embriologia non era considerata un argomento di ricerca molto rilevante. In effetti non sono disponibili documenti importanti circa questo soggetto; il che non significa, a mio avviso, che non venisse guardato o studiato con curiosità. Non c'è dubbio, in ogni caso, che i primi documenti di qualche rilevanza circa lo sviluppo dell'embrione ci provengono dai filosofi greci.

I filosofi greci

Molti filosofi greci attribuirono grande rilevanza allo studio dello sviluppo embrionale con particolare riferimento allo sviluppo dell'uomo, ma, come vedremo, anche attraverso studi molto approfonditi (nei limiti delle possibilità tecniche del tempo) sulla riproduzione di animali e piante. Plutarco riporta il pensiero di altri filosofi quali Empedocle, Anassagora, Diogene circa lo sviluppo dell'embrione umano. Questi pensatori svilupparono soprattutto un concetto filosofico dello sviluppo senza, apparentemente, avere una precisa cognizione di causa rispetto a quella che è la reale materia del contendere. Nessuno di loro sembra aver mai visto realmente un embrione, non dico umano, ma neppure di qualche animale. Certamente Diogene aveva conoscenza della placenta cui riconosceva importanza come organo necessario per la nutrizione embrionale, salvo riprendere concetti di suoi predecessori e sostenere, come Empedocle ed altri, che l'embrione maschile si formava in quattro mesi mentre erano necessari cinque mesi per concludere lo sviluppo della femmina. Probabilmente il principale embriologo presocratico fu Alcmeone di Crotona (V Sec a.C.), forse allievo di Pitagora. Sembra sia stato il primo scienziato ad operare dissezioni su animali e forse anche su uomini. Alcmeone si occupò soprattutto, stando ai frammenti e a quanto riportato da altri autori, di organi di senso, in particolare della struttura dell'occhio. Certamente si dedicò anche allo studio dello sviluppo embrionale, come dimostra la sua interpretazione dell'uovo di pollo: secondo quanto riferito da Aristotele (in totale disaccordo) secondo Alcmeone il bianco dell'uovo costituisce il nutrimento per l'embrione, a causa della somiglianza nel colore con il latte prodotto nei mammiferi dalle mammelle. Aristotele, come vedremo meglio più avanti, afferma che è esattamente l'opposto di quanto asserisce Alcmeone: poiché non è il bianco che è

il nutrimento per l'embrione di pollo bensì il tuorlo. Purtroppo poco si riesce a comprendere delle reali conoscenze e anche delle teorie dei filosofi greci attraverso pochi frammenti. Il primo esauriente corpo di conoscenze e teorie sullo sviluppo embrionale ci viene da Ippocrate, nato intorno al 460 a.C. e vissuto sull'isola di Cos. Ippocrate era soprattutto uno studioso di medicina, di conseguenza le sue conoscenze embriologiche sono strettamente concernenti ad aspetti ostetrici e ginecologici. Così in molti dei suoi scritti (*Aforismi*, *Epidemie*, *Sulla natura delle donne*) sono riportati molti elementi di interesse embriologico, ma relativi a problemi ginecologici. I suoi tre trattati più importanti dal punto di vista embriologico sono: *Sulle Diete*, *Sulla Generazione* e *Sulla Natura dei Bambini*.

Nel libro *Sulle Diete* l'autore espone i suoi principi fondamentali di fisiologia della nutrizione basati sui due principali costituenti del corpo: il fuoco e l'acqua. Ciascuno di essi è costituito da tre elementi: il calore, la secchezza e l'umidità. La vita è basata su un ciclo continuo di umidità seccata dal fuoco e di fuoco idratato dall'umidità. Il nutrimento che entra nel corpo è consumato dal fuoco cosicché nuovo nutrimento è continuamente richiesto. Questo concetto, secondo cui il nutrimento è continuamente bruciato, trova un riscontro reale nel fatto che effettivamente i nutrienti vengono ossidati, cioè bruciati a livello cellulare. Ad esempio, il glucosio attraverso il ciclo di Krebs, è lentamente ossidato enzimaticamente fino ad essere trasformato in acqua e anidride carbonica, processo che fornisce energia alla cellula. Da un punto di vista biochimico, il corpo animale può essere paragonato ad una stufa in cui il combustibile (nutrimento) è ossidato (bruciato) dal comburente (ossigeno). Nella stufa il processo è rapido ed incontrollato e si manifesta con il fuoco che brucia la legna o il carbone, nella cellula il processo è lento e controllato dai complessi enzimatici, ma il risultato finale è lo stesso: produzione di energia (calore, nel caso della stufa) e prodotti di scarto (cataboliti, CO_2 e H_2O). Forse Ippocrate, come altri filosofi greci che riprendono il concetto della combustione come processo vitale

essenziale, derivò le sue ipotesi proprio dall'osservazione che la materia organica brucia producendo calore. Ippocrate fu un preformista convinto, forse il precursore dei preformasti: *“Ogni cosa nell’embrione è formata simultaneamente. Nessuna cosa compare prima o dopo l’altra, ma quelle che sono naturalmente più grandi appaiono prima come più piccole, senza essersi formate prima”*. Cioè (fondamento del preformismo) tutti gli organi sono già presenti contemporaneamente sin dall’origine; lo sviluppo embrionale consiste solo nel dispiegamento delle forme degli organi e nel loro ingrandimento. Come vedremo questa teoria sarà ripresa più volte dagli embriologi e ancora ai giorni nostri, alla luce delle nuove scoperte scientifiche, è ritornata in auge, anche se in una forma completamente diversa da quella classica.

In un passo successivo si allude al fatto che il concepimento dell’embrione derivi sia dal seme paterno sia da quello materno, introducendo il concetto che anche la donna possa produrre un seme, forse individuato nelle secrezioni vaginali:

Quando una donna ha rapporti, se non ha intenzione di concepire, allora è sua consuetudine espellere il seme prodotto da entrambi i partner ogni volta che desidera farlo. Se invece intende concepire, il seme non viene espulso, ma trattenuto dal grembo materno. Infatti, quando l’utero ha ricevuto il seme, si chiude e lo trattiene, perché l’umidità induce l’orifizio dell’utero a contrarsi. Poi sia quanto fornito dall’uomo e quanto fornito dalla donna è mescolato insieme. Se la donna è esperta in materia di gravidanza, e prende nota di quando il seme è stato mantenuto, saprà il giorno preciso in cui ha concepito.

Un punto fondamentale riguarda la determinazione del sesso. In che modo si determina il sesso del nascituro? Al momento stesso del concepimento, secondo Ippocrate, e dipende dalla forza reciproca dei due tipi di seme: se è più forte quello maschile nascerà un maschio, se più forte quello femminile nascerà una femmina. Se hanno la stessa forza, il sesso è determinato dalla quantità di un

seme rispetto all'altro anziché dalla qualità. Non ci è dato sapere, però, in cosa consistesse la forza del seme.

Ciò che la donna emette a volte è più forte e a volte più debole e questo vale anche per ciò che emette l'uomo. In realtà entrambe le parti contengono egualmente sia seme maschile sia femminile: il maschio essendo più forte della femmina deve naturalmente provenire da un seme più forte. Se entrambe le parti producono un seme forte, il risultato è un maschio, mentre se producono un seme debole, il risultato è una femmina. Ma se una parte produce un tipo di seme e l'altro un altro, il sesso risultante è determinato in conformità a quale seme prevale in quantità.

L'opera *Sulla Generazione* tratta, tra l'altro, il problema della differenza tra seme maschile e femminile. Quest'ultimo viene identificato nelle secrezioni vaginali e non nel sangue mestruale. L'embrione è nutrito dal sangue materno che fluisce entro il feto e qui si coagula formando le carni del feto. Ciò sarebbe provato dal fatto che durante la gravidanza il flusso mestruale cessa perché il sangue è utilizzato per la nutrizione fetale. Il cordone ombelicale rappresenta il passaggio per l'aria. Ippocrate fu probabilmente il primo embriologo sperimentale. È suo, infatti, il primo esperimento su embrioni di pollo, in seguito ripetuto da Aristotele, e poi da centinaia di altri embriologi sperimentali. Il suo suggerimento era quello di prendere venti o più uova di pollo e di farle incubare da due o tre chioce e poi di aprirli, uno al giorno, a partire dal secondo giorno di incubazione per osservare la struttura dell'embrione. Sarà così possibile verificare come l'embrione di un uccello assomigli ad un embrione umano (il che ci fa supporre che Ippocrate abbia avuto la possibilità di vedere un embrione umano, forse un aborto o tramite la dissezione di un utero gravido di una donna defunta). In realtà le osservazioni di Ippocrate sull'embrione di pollo sono abbastanza superficiali e deludenti salvo per quest'ultima intuizione che lo sviluppo dell'uovo di pollo non è dissimile morfologicamente da quello umano. Prima

intuizione di un rapporto stretto tra sviluppo ed evoluzione? È forse eccessivo spingersi sino a questo punto, ma non c'è dubbio che questa osservazione abbia un profondo significato in termini filosofici e scientifici. In un altro punto del *"Sulla Generazione"* si evince un'altra intuizione formidabile laddove, parlando della formazione del pulcino, si dice che l'uovo diviene caldo sotto la chioccia: questo fatto mette in movimento quanto è contenuto all'interno dell'uovo e forma dentro all'uovo uno pneuma caldo che, per contraltare, richiama uno pneuma freddo che si trova nell'aria al di fuori dell'uovo. Questo può entrare nell'uovo perché il suo guscio è sufficientemente soffice da permettere l'ingresso di una certa quantità di pneuma. Dunque Ippocrate ipotizza che l'aria può passare attraverso il guscio calcareo dell'uovo, fenomeno che è stato dimostrato reale in tempi ben più recenti e avvalorato dall'osservazione con il microscopio elettronico della presenza di micropori nel guscio calcareo di Uccelli e Rettili che permette effettivamente il passaggio dell'aria per la respirazione dell'embrione. Interessante la sua interpretazione della nascita. Ancora una volta si basa sull'osservazione dell'embrione di pollo, in questo caso, però, commettendo un errore interpretativo. Egli ritiene che il pulcino derivi dal tuorlo ma che il suo nutrimento durante lo sviluppo sia costituito dall'albume. Ciò è validamente dimostrato, secondo l'autore, dall'attenta osservazione. Quando l'albume è esaurito e quindi non c'è più nulla nell'uovo per nutrire l'embrione, questi inizia a muoversi intensamente alla ricerca di cibo e rompe le membrane. La chioccia, percepisce questi drammatici movimenti e rompe con il becco il guscio dell'uovo. E quando ciò avviene, dopo venti giorni di incubazione, non c'è più albume nell'uovo perché è stato tutto consumato dal feto. Allo stesso modo nell'uomo quando il feto è diventato troppo grande perché possa essere nutrito sufficientemente dal sangue materno, comincia ad agitarsi, rompe le membrane ed esce nel mondo esterno. E nello stesso modo nelle bestie selvagge la nascita avviene al momento fissato perché necessariamente vi è un momento in cui il nutrimento entro l'utero diventa insufficiente.

Fra i filosofi dell'antica Grecia uno spicca per aver dato un'incredibile impulso agli studi dell'embriologia: Aristotele. Nacque nel 384 a.C. a Stagira nel nord della Grecia, figlio di Nicomaco, il medico di corte della famiglia reale macedone. Si formò prima in medicina e poi nel 367 a.C. fu inviato ad Atene per studiare filosofia con Platone dove rimase, presso la sua Accademia, fino a circa il 347. Dopo aver lasciato Atene, Aristotele trascorse qualche tempo in viaggio, probabilmente studiando biologia in Asia Minore (attuale Turchia); tornò in Macedonia nel 338 come tutor di Alessandro Magno. Dopo che Alessandro ebbe conquistato Atene, Aristotele tornò in questa città e istituì una sua scuola, il famoso Lyceum. Dopo la morte di Alessandro, gli ateniesi si ribellarono contro il dominio macedone, e la posizione politica di Aristotele divenne precaria. Per evitare di essere messo a morte, fuggì verso l'isola di Eubea, dove morì poco dopo.

Aristotele costituisce il primo punto fermo nella ricerca biologica. Il suo metodo di studio può essere considerato il primo tentativo di impostare un metodo scientifico sperimentale ripreso molti secoli dopo da Galileo Galilei. Le sue osservazioni sulla riproduzione sono riportate in diverse opere, la più importante delle quali è senza dubbio il *De generatione animalium*, ma altre importanti nozioni sono riportate, nel *Sugli animali*, *Sulle parti degli animali*, *Sulla respirazione*, *Sul movimento degli animali*. Già dai titoli si evince come Aristotele si possa considerare il primo vero zoologo nel senso ampio del termine. Egli fu un osservatore attento del mondo naturale, esaminò la struttura e la forma degli esseri viventi, cercò di studiarne la fisiologia, il modo di vivere, il comportamento. Sicuramente operò molte dissezioni di animali per studiarne anche gli organi interni. Con Aristotele le scienze naturali e la biologia divennero per la prima volta scienza vera.

Egli fu il primo a cercare di inquadrare gli esseri viventi in uno schema che permettesse di classificarli in base alle loro caratteristiche morfologiche. La classificazione zoologica di Aristotele si basa su raggruppamenti di animali con caratteri simili (generi) e sulla distinzione di specie all'interno dei generi. Divise gli animali

in due grandi tipi: quelli con il sangue (*Sanguinae*), e quelli senza sangue (o almeno senza sangue rosso, *Exanguinae*). Questa divisione corrisponde all'incirca alla nostra distinzione tra Vertebrati e Invertebrati. I *Sanguinae* comprendevano cinque generi: quadrupedi vivipari (mammiferi), uccelli, quadrupedi ovipari (rettili e anfibi), pesci e balene (che Aristotele non si rese conto fossero mammiferi). Gli *Exanguinae* comprendevano cefalopodi (come il polpo), crostacei, insetti (che nella classificazione aristotelica includevano anche ragni, scorpioni e centopiedi); animali con il guscio (come la maggior parte di molluschi ed echinodermi); e "zoofiti," o "animali-vegetali", quelli che nella loro forma assomigliavano a piante, come i tunicati o i coralli.

Per quanto riguarda gli studi di embriologia, o, più in generale, sulla riproduzione non c'è dubbio che Aristotele seguì i suggerimenti dei trattati ippocratici e ripeté l'esperimento dell'osservazione delle uova incubate di pollo, ma traendone conclusioni scientificamente più attendibili e valide. Non dobbiamo dimenticare che l'opera aristotelica nel campo della riproduzione, dello sviluppo embrionale e della classificazione animale rimase immutata per secoli e rappresentò un punto di riferimento fondamentale, una Bibbia delle scienze naturali fino al XVII secolo. È evidente dalle sue opere che egli dissezionò ed esaminò attentamente molti embrioni di diverse specie animali, inclusi probabilmente embrioni e feti umani.

I suoi trattati sono molto precisi nel considerare gli eventi e puntuali nella rappresentazione dei fatti, pur incorrendo in errori che oggi consideriamo gravi, ma che furono ritenuti verità sacrosante per secoli. A proposito della riproduzione animale egli subito precisa che:

Alcuni animali vengono in essere dalla unione di maschio e femmina, tutti quelli che possiedono i due sessi (separati, nda). Questo non avviene in tutti, anche se nei *Sanguinae*, con poche eccezioni, la creatura, quando la sua crescita è completa, è maschio o femmina, e anche alcuni animali esangui hanno sessi

(separati, *nda*). Ma altri animali esangui si riproducono ma non fanno figli dello stesso genere; sono quelli che originano non da una unione dei sessi, ma dal decadimento di terra ed escrementi.

Aristotele è tratto in inganno dal fatto che certi insetti depongono uova fecondate su materiale organico talvolta putrescente e da queste uova non si sviluppano insetti maturi, ma larve (come nel caso delle mosche). Da qui l'errata conclusione che questi animali non fanno figli dello stesso genere, cioè simili ai genitori e che questi figli non si sviluppano attraverso una normale fecondazione o copulazione, ma direttamente dal materiale organico. È la teoria della generazione spontanea, rimasta in auge fino al XVIII secolo quando fu definitivamente confutata dai famosi esperimenti di Francesco Redi e Lazzaro Spallanzani.

In generale, se consideriamo tutti gli animali che si muovono, troviamo in essi due sessi, non solo nei Sanguinae, ma anche in alcuni degli animali esangui, come cefalopodi e crostacei, ma nella classe degli insetti i sessi (*separati*) sono solo nella maggioranza. Di questi, quelli che si riproducono dall'unione di animali della stessa specie generano animali della stessa specie; invece quelli prodotti dalla materia in decomposizione generano animali di altro tipo, né maschi né femmine.

Aristotele continuamente si poneva domande, anche su fatti che molti altri davano per scontati. Ad esempio: perché nella maggior parte degli animali vi sono sessi separati? Secondo lo stagirita la separazione dei sessi è strettamente correlata alla separazione delle funzioni. In realtà maschio e femmina non sono diversi tra loro, se non perché debbono svolgere compiti diversi nel processo riproduttivo e quindi necessariamente alcuni loro organi devono essere diversi:

Maschio e femmina differiscono anatomicamente in alcune parti e nella loro essenza avendo capacità separate; essenzialmente

il maschio è quello che è in grado di generare in un altro, la femmina è quella che è in grado di generare in sé e da cui viene in essere la prole esistente in precedenza nel genitore. E poiché si differenziano per la loro funzione, e poiché sono necessari strumenti o organi per la funzione, e poiché le parti del corpo sono gli strumenti, ne consegue che devono esistere alcune parti di unione dei genitori per la produzione della prole. E questi devono differire l'uno dall'altro, di conseguenza il maschio differisce dalla femmina. Infatti, anche se parliamo di un animale nel suo insieme come maschio o femmina, in realtà non è maschio o femmina, in virtù di tutto di se stesso, ma solo in virtù di una certa facoltà e una certa parte per generare. Tali parti sono nella femmina l'utero, nel maschio testicoli e pene in tutti i Sanguinae, poiché alcuni di essi hanno testicoli e altre strutture corrispondenti. Ci sono corrispondenti differenze di sesso maschile e femminile in tutti gli animali esangui che hanno questa divisione in sessi opposti.

Aristotele descrive minuziosamente l'anatomia del sistema riproduttivo di diversi tipi di animali, dimostrando di averli studiati attentamente attraverso dissezioni. Naturalmente non tutte le osservazioni sono corrette. Alcuni errori sono evidenti, ma in molti casi non è facile individuare le strutture anatomiche ed anche gli zoologi dei tempi moderni hanno dovuto fare ricorso a tecniche complesse, nemmeno pensabili ai tempi di Aristotele, quali l'osservazione di sezioni istologiche al microscopio, per poter individuare con certezza la natura di certi organi interni.

I Sanguinae non sono tutti uguali per quanto riguarda i testicoli e l'utero. Prendendo i primi, troviamo che alcuni di loro non hanno i testicoli, come i pesci e i serpenti, ma solo due condotti spermatici. Altri hanno testicoli, ma interni, nella regione dei reni, e ciascuno di essi è dotato di un condotto. Ma tutti gli animali vivipari (mammiferi, *nda*) hanno i loro testicoli davanti, alcuni di loro all'interno dell'addome, come il delfino, non con condotti

ma con un pene sporgente esternamente da loro, altri esterni, sia pendenti come nell'uomo o verso il fondo come nei suini.

L'utero è sempre doppio, così come i testicoli sono sempre due nel maschio. Si trova sia vicino alle pudenda o verso l'hypozoma (che cosa sia l'hypozoma non è ancora del tutto chiaro) come in tutti gli uccelli e pesci vivipari. L'utero è anche doppio nei crostacei e cefalopodi, poiché le membrane che avvolgono le uova sono della natura di un utero. È doppio anche nei grandi insetti; nei più piccoli la questione è incerta a causa delle piccole dimensioni del corpo.

La mente di Aristotele non fa altro che porsi domande, su tutto, anche sulle cose che appaiono ovvie, ma che ovvie non sono affatto.

Perché l'utero è sempre interno, ma a volte i testicoli interni, a volte esterni? La ragione per l'utero di essere sempre interno è che in esso è contenuto l'uovo o il feto, che ha bisogno di riparo e maturazione. I testicoli variano in posizione, perché hanno anch'essi bisogno di riparo e di un rivestimento per preservarli e maturare il seme, perché sarebbe impossibile per loro, se raffreddati e irrigiditi, elaborare e scaricare. Pertanto, ogni volta che i testicoli sono visibili, hanno un rivestimento di pelle noto come scroto. Se la natura della pelle si oppone a questo, essendo troppo dura per essere adatta per racchiuderli, come il tegumento squamoso di pesci e rettili, i testicoli devono essere mantenuti all'interno. Perciò sono così in delfini e in tutti i cetacei che li hanno, e nei quadrupedi ovipari tra gli animali squamosi (rettili). Anche la pelle degli uccelli è dura in modo che non si conformerà alla dimensione di alcunché per racchiuderlo ordinatamente.

Ed ecco ancora l'osservatore instancabile, che scruta il comportamento di tutti gli animali che ha la possibilità di vedere. Non solo, ma opera dissezioni per verificare la struttura degli organi genitali interni.

Ci sono ancora quattro classi da affrontare, in primo luogo i crostacei, poi i cefalopodi, gli insetti, e i testacea. Non possiamo essere certi di tutti loro, ma che la maggior parte di loro copulino è chiaro. I crostacei copulano dal retro come certi quadrupedi. I maschi hanno ottimi dotti spermatici, le femmine un utero membranoso lungo l'intestino, in cui si produce l'uovo.

Alcuni insetti si accoppiano e la prole è formata da animali con le stesse caratteristiche, proprio come con i sanguinea, quali sono le cavallette, cicale, ragni, vespe e formiche. Altri si uniscono e generano, ma il risultato non è una creatura dello stesso tipo, ma solo una larva, e questi insetti non vengono in essere da animali, ma da putrefazione della materia, liquida o solida; sono tali pulci, mosche, e cantaridi. Altri ancora sono né prodotti da animali né si uniscono tra di loro; sono tali i moscerini, le zanzare e molte specie simili. Nella maggior parte di quelli che si accoppiano la femmina è più grande del maschio. I maschi non sembrano avere dotti spermatici.

Ora Aristotele si addentra negli aspetti più rilevanti del processo riproduttivo. Come si sviluppa l'embrione? Quali sono i fattori, maschili e/o femminili che contribuiscono allo sviluppo dell'embrione? L'osservazione diretta dell'accoppiamento in molte specie animali lo porta a pensare che il seme maschile sia quasi sempre presente e quindi che possa rappresentare un elemento essenziale per lo sviluppo embrionale. D'altra parte molti animali producono uova, che a loro volta sono elementi essenziali per lo sviluppo come si può constatare facilmente in tutti gli animali ovipari ed anche in alcuni ovovivipari. Ma si pone un problema enorme quando si deve spiegare la riproduzione dell'uomo e, in generale, di tutti i mammiferi euteri. L'uovo di mammifero non era conosciuto, e non lo sarà per molti secoli a venire. Ciò comporterà una serie di supposizioni sulla riproduzione dell'uomo basate certo sull'osservazione di fatti inoppugnabili, ma non supportata da altrettante evidenze scientifiche.

Alcuni animali manifestamente emettono sperma, come tutti i sanguinea, ma se gli insetti e cefalopodi lo fanno è incerto. Questa è, quindi, una domanda da considerare, se tutti i maschi lo fanno, o non tutti, e se non tutti, perché alcuni lo fanno e altri no, e se anche la femmina contribuisce con qualche seme o no, se contribuisce con qualcos'altro che non è lo sperma. Dobbiamo anche indagare a cosa contribuisce lo sperma nella generazione e, in generale, qual' è la natura dello sperma e delle mestruazioni negli animali che scaricano questo liquido.

Una lunga dissertazione sulla natura del seme maschile arriva alla conclusione che il seme maschile è una secrezione e non un prodotto di rifiuto. Bisogna ora affrontare il problema del ruolo della femmina nella riproduzione:

Dopo di questo dobbiamo discutere delle mestruazioni che si verificano in certi vivipara. Poiché così chiariremo se anche la femmina produce un seme come il maschio e se il feto è una miscela di due semi, o se il seme non è secreto dalla femmina, e in questo caso, se lei non contribuisce con nient'altro per la generazione, ma fornisce solo un ricettacolo, o se contribuisce con qualcosa come e in che modo lo fa.

Anche in questo caso si arriva alla conclusione dopo una lunga dissertazione sulle diverse possibilità che sarebbe troppo lungo e noioso riportare qui:

È evidente che le mestruazioni sono una secrezione e che sono analoghe al seme nei maschi. Le circostanze ad esse collegate sono la prova che questo punto di vista è corretto. Il seme comincia ad apparire nei maschi e ad essere emesso allo stesso tempo di vita in cui le mestruazioni iniziano nelle femmine. Così, anche nel declino della vita la potenza generativa si riduce in un sesso e le mestruazioni nell'altro. È chiaro quindi che la femmina

contribuisce con del materiale per la generazione, e che questo è in sostanza la mestruazione che è una secrezione.

Tuttavia i due tipi di secrezione non svolgono lo stesso ruolo nella formazione del feto.

La femmina, in quanto femmina, è passiva, e il maschio, in quanto maschio, è attivo, e il principio del movimento viene da lui. Da quanto detto è chiaro che il contributo della femmina al prodotto generativo non è lo stesso di quello del maschio, ma il maschio contribuisce con il principio del movimento e la femmina del materiale. Questo è il motivo per cui la femmina non produce prole da sola, perché lei ha bisogno di un principio, cioè di qualcosa per iniziare il movimento nell'embrione e per definire la forma che deve assumere.

Dunque l'elemento maschile è il fattore dinamico che darà forma all'elemento femminile che è il fattore plastico. Ma il seme maschile non è parte dell'embrione, è solo il fattore che plasma il fattore femminile e gli dà forma così come il carpentiere dà la forma al legno ma non è parte della struttura che viene formata: sono le mani del carpentiere ed i suoi strumenti che trasformano la materia e le danno forma senza esserne parte.

La visione aristotelica del ruolo della donna nella formazione del nuovo individuo sembra essere in forte contrasto con il punto di vista degli altri filosofi e con il generale modo di vedere del tempo. A riprova di questo modo di interpretare il ruolo della donna nella riproduzione è interessante un passaggio delle *Eumenidi* di Eschilo. Apollo, per difendere Oreste dall'accusa di matricidio, utilizza un argomento preso dalla fisiologia riproduttiva allora in auge e afferma:

La madre di quello che viene chiamato il suo figliolo non è sua genitrice, ma solo nutrice della giovane vita che è stata seminata in lei. Il genitore è il maschio e lei non più che un'estranea,

un'amica che se il destino risparmia il virgulto, lo conserva fino a farlo germogliare.

L'irrelevanza del ruolo della donna nella formazione dei figli, se non come fornitrice di nutrimento e di riparo dall'ambiente esterno, è confermata dal comportamento dei vincitori riguardo ai vinti: i maschi fatti prigionieri erano messi a morte, mentre le donne erano usate come concubine. I vincitori non temevano, in questo modo, di corrompere la razza proprio perché la donna non aveva ruolo formativo (oggi si direbbe non apportava un contributo genetico) nella riproduzione. Concetto questo diffuso in tutto il mondo antico (forse di origine egizia, come sostiene Diodoro Siculo secondo il quale gli Egizi ritenevano che solo il padre fosse l'autore della riproduzione, mentre la madre forniva solo il nido ed il nutrimento).

Dunque, secondo Aristotele, l'embrione origina da due elementi, egualmente importanti, che interagiscono tra loro: lo sperma maschile ed il sangue mestruale. Il sangue mestruale costituisce la materia sopra la quale lo sperma agisce per costruire la forma del nuovo essere. «La femmina, poiché passiva, fornisce la materia sulla quale il seme deve operare».

Il primo effetto del contatto del seme maschile con il sangue mestruale è la formazione di un coagulo, una solidificazione della componente femminile che in seguito si organizzerà per formare i diversi organi. Il seme agisce come il caglio sul latte che sotto la sua influenza solidifica, si separa dal siero e darà origine al formaggio.

Questa teoria aristotelica circa l'origine del nuovo essere rimarrà un dogma per secoli, come dimostrato nel XXV canto del Purgatorio dantesco in cui Publio Papinio Stazio, ad una domanda di Dante risponde, dando una precisa descrizione della procreazione in termini aristotelici:

Sangue perfetto, che qui non si beve
da l'assetate vene, e si rimane

quasi alimento che di mensa leve,
 prende nel core a tutte membra umane
 virtute informativa, come quello
 ch'a farsi quelle per le vene vane.

Ancor digesto, scende ov'è più bello
 tacer che dire; e quindi poscia geme
 sovr'altrui sangue in natural vasello.

Ivi s'accoglie l'uno e l'altro insieme,
 l'un disposto a patire, e l'altro a fare
 per lo perfetto loco onde si preme;
 e giunto lui, comincia ad operare
 coagulando prima, e poi avviva
 ciò che per sua matra fè constare.

Il sangue maschile, divenuto sperma, scende nell'apparato genitale femminile donde poi stilla (geme) sul sangue della donna. Qui, nella matrice si congiungono insieme il mestruo della donna, disposto a subire (patire) e il seme maschile disposto a fare; quindi il sangue maschile congiunto con quello femminile comincia a svolgere la sua funzione formando un coagulo che poi prende vita (avviva), facendolo *constare*, cioè dandogli consistenza di materia atta a ricevere forma.

L'osservazione attenta dello sviluppo embrionale del pollo induce Aristotele a confutare la teoria preformista ippocratica:

Alcune forme sono visibili come già esistenti nell'embrione mentre altre no. Che ciò non dipenda dal fatto che siano troppo piccole per essere visibili è dimostrato dall'osservazione che i polmoni, che sono più grandi del cuore, compaiono più tardi del cuore nello sviluppo.

Il cuore è anche il primo organo a svilupparsi: ancora una volta questa affermazione deriva dalla osservazione diretta dell'embrio-

ne di pollo. Non avendo a disposizione altri strumenti per osservare lo sviluppo precoce dell'embrione, Aristotele descrive ciò che è visibile ad occhio nudo. E in effetti, nei primissimi stadi dello sviluppo del pollo si può osservare facilmente un puntino rosso che pulsa ritmicamente: il piccolo cuore embrionale già funziona quando, apparentemente, ancora nessun altro organo si è sviluppato. Aristotele descrive anche le membrane che circondano l'embrione ed il cordone ombelicale. «I vasi sanguigni si uniscono all'utero come le radici di una pianta e attraverso essi l'embrione riceve il suo nutrimento. Questa è la ragione per cui l'embrione rimane nell'utero». Descrive anche la placenta attribuendole la corretta funzione; refuta la teoria secondo cui il feto sarebbe nutrito da una pappa uterina, che non potrebbe raggiungere il feto perché è avvolto dalle membrane. Numerosissime altre osservazioni di importanza embriologica sono riportate nelle sue opere naturalistiche ove, oltre a descrivere morfologia e fisiologia della maggior parte degli animali conosciuti, ne descrive anche le caratteristiche riproduttive.

Aristotele morì nel 322 a.C. Da allora fino al 1534, data di nascita di Volcher Koiter, il primo embriologo rinascimentale, l'embriologia non ha avuto contributi di qualche rilevanza. L'enorme mole di lavoro teorico e sperimentale dell'opera aristotelica non ha eguali nella storia dell'embriologia. Di particolare rilievo le sue osservazioni puntuali e la sua capacità di osservare e descrivere senza farsi influenzare da teorie precedenti o preconcepite. Non c'è dubbio che spesso l'aspetto filosofico travalica il dato scientifico. Cionondimeno è sempre il dato scientifico il punto di partenza su cui si inserisce l'interpretazione filosofica. È un modo di vedere la scienza cui siamo poco abituati, ma non così diverso dal nostro. Scienza e filosofia hanno sempre mantenuto uno stretto legame. Al di là delle ricerche scientifiche finalizzate alla individuazione delle cause di patologie e dei loro rimedi, gran parte della ricerca biologica di base continua ad essere oggetto e soggetto di interpretazioni filosofiche. Basti ricordare le ricerche evoluzionistiche, neurologiche ed etologiche.

Naturalmente Aristotele prese anche numerose cantonate. La sua interpretazione della fecondazione è decisamente fantasiosa, ma non dobbiamo dimenticare che ai suoi tempi (e per molti secoli ancora dopo di lui) non si sapeva dell'esistenza degli spermatozoi né dell'uovo dei mammiferi. Sbagliò nel conformarsi alla teoria della germinazione spontanea come nel considerare la pupa di certi insetti una specie di uovo. Tuttavia devono sempre essere considerate le enormi difficoltà strumentali per quei tempi di seguire lo sviluppo di organismi complicati da esaminare e comprendere nel loro sviluppo del tutto atipico rispetto a quello più lineare di uccelli, pesci o anfibi. La metamorfosi degli insetti rimarrà per secoli un mistero.