

動物胚胎学

唐秋华编

中山大学

一九八〇年三月·广州

动物胚胎学

目录

第一章	绪论	1
第一节	动物胚胎学的研究对象与范围	1
一	动物胚胎学的定义及研究对象	1
二	动物胚胎学的研究范围	1
第二节	动物胚胎学的分科及与其他学科的关系	2
一	动物胚胎学的分科	2
(一)	叙述胚胎学	2
(二)	比较胚胎学	2
(三)	实验胚胎学	3
(四)	生态胚胎学	3
(五)	化学胚胎学	3
(六)	生理胚胎学	3
(七)	免疫胚胎学	3
(八)	分子胚胎学	3
二	动物胚胎学与其他学科的关系	4
第三节	动物胚胎学发展简史	5
一	达尔文以前的动物胚胎学	5
二	比较胚胎学的发展	6
三	实验胚胎学的兴起和近况	7
四	我国动物胚胎学的发展概况	8
第四节	学习动物胚胎学的目的与任务	
第五节	学习动物胚胎学的观点与方法	
第二章	生殖细胞的发生	
第一节	生殖细胞的来源及分布	
一	生殖细胞的来源	

二、生殖细胞的分布	15
第二节 精子的发生	16
一、精子的发生	16
二、精子的形状	20
三、精子的类型	20
四、精子的构造	20
第三节 卵子的发生	25
一、卵子的发生	25
二、卵子的形状和大小	27
三、卵子的构造	31
第三章 受精	37
第一节 受精的概念	37
第二节 受精的过程	38
一、卵的释放和排卵机制	38
二、受精时形态学和理化变化	41
(一)、受精时形态学的变化	41
(二) 受精时的生化变化	44
(三) 受精时的物理变化	46
三、精子和卵子相互作用的物质	46
第三节 受精的条件和因素	48
一、精子的生命力	48
(一)、精子的运行	48
(二) 精子的存活率和受精能力	48
二、成熟卵子的生命力	49
三、精卵成熟度与受精的关系	49
(一)、精子的成熟	50
(二) 卵子的成熟	50
四、精液和精子的数量	50
第四节 受精的类型	52
一、单精受精	52

二、多精受精卵	52
第五节 人工授精及其对生产实践上的意义	53
一、什么叫做人工授精	53
二、人工受精的方法	53
三、人工授精在生产实践上的意义	53
第六节 单性生殖(孤雌生殖)	54
第四章 卵裂、中胚和原肠胚	55
第一节 卵裂	55
一、卵裂的法则	55
二、卵裂的类型	55
(一) 完全卵裂	56
(二) 不完全卵裂	58
第二节 中胚	59
第三节 原肠胚的形成	60
一、原肠形成的方式	60
二、胚层的分化和原肠胚的意义	61
第五章 昆虫的发育	63
第一节 概念	63
第二节 昆虫的生殖腺	64
一、卵巢的类型	64
(一) 无液卵巢	64
(二) 有液卵巢	64
二、卵子发生过程	64
(一) 无液卵巢管的卵子发生	64
(二) 有液卵巢管的卵子发生	64
(三) 多液卵巢管的卵子发生	65
三、生殖腺的分化	65
第三节 卵子的成熟和受精	67
一、成熟卵的形态	67

二、昆虫卵子的控制中心	69
三、卵子的成熟分裂	69
四、精子的入卵和原核的结合	70
第四节、卵裂、卵膜及胚带	71
一、卵裂	71
(一)、过激性卵裂	71
(二) 表白卵裂	71
(三) 生殖细胞与卵黄细胞	72
二、胚膜	73
(一)、胚膜的形成	73
(二) 胚带及其器官预定区	73
第五节、早期胚胎发育	74
一、羊膜与浆膜	74
二、原肠形成及胚层的分化	74
三、胚带的分节和附肢的发生	74
四、背合	76
第六节 器官的发生	77
一、肌节与体腔	77
二、消化道	78
三、循环系统	80
四、神经系统	81
五、呼吸系统	82
六、生殖系统	82
第七节 昆虫变态概述	83
一、简单变态	83
二、完全变态	83
三、中间变态	83
四、过变态 (复变态)	83
五、幼虫类型	85
六、蛹期类型	84

第八章	激素在昆虫个体发育中的作用	84
一、	昆虫性外激素的作用	84
二、	激素对昆虫变态的控制	85
三、	激素对滞育的控制	85
四、	如何利用激素控制昆虫的发生	86
第六章	文昌鱼的发生	86
第一节	学习文昌鱼发生的意义	86
第二节	生殖习性和生殖细胞	87
第三节	受精、卵裂与中胚	88
第四节	原肠胚	91
第五节	神经胚	91
第七章	两栖类的发生	94
第一节	两栖类的生殖习性概况	94
第二节	生殖细胞	95
一、	精子	95
二、	卵子	97
三、	人工催春和人工授精	98
第三节	受精	99
第四节	卵裂与中胚	103
第五节	原肠胚	105
一、	原肠胚的形成方式	105
二、	原肠胚的形成过程	105
三、	原肠胚发育的实验工作	108
(一)	外界因素对原肠胚发育的影响	108
(二)	胚胎诱导	111
第六节	神经胚	116
第七节	胚层的分化和主要的器官形成	117
一、	外胚层的分化及其衍生物	118
二、	中胚层的分化及其衍生物	121
三、	内胚层的分化及其衍生物	126
附录	蛙类正常发育时间表	129

第八章	硬骨鱼类的早期发生	131
第一节	引言	131
第二节	硬骨鱼类的生殖习性概况	131
第三节	鱼类性腺发育的分期及生殖细胞的特点	133
一	硬骨鱼类卵子的发育和分期	134
二	卵巢切片的分期标准 (H·E染色法)	136
三	卵子的退化	137
四	生殖细胞的特点	137
第四节	受精与受精卵	138
一	精子和卵子的寿命	138
二	精子进入卵内的过程	141
三	受精卵	143
第五节	卵裂、中胚、原肠胚的形成	144
一	卵裂	144
二	中胚	144
三	原肠胚的形成	145
第六节	神经胚	145
第七节	胚体和口官的形成	145
第八节	仔鱼和幼鱼期	146
第九节	胚胎发育的生态条件	158
一	水温	158
二	溶氧	160
三	光线	161
四	二氧化碳的含氧	162
五	透明度与混浊度	162
六	敌害	162
七	环境污染因子对胚胎发育的影响	163
第九章	鸟类的早期发生	164
第一节	生殖细胞	164
一	精子	164
二	卵子	165

第二节	受精的特点	167
一、	生殖母性和受精方式	167
二、	鸡的排卵机制	167
三、	精子与卵子的存活	168
四、	受精的过程	168
第三节	卵裂、中胚及原肠胚形成	170
一、	卵裂	170
二、	中胚	170
三、	原肠形成的方式和过程	172
四、	早期鸡胚的一些生理化过程	173
第四节	神经胚及胚层的分化	175
一、	脊索的形成	175
二、	神经板的形成	175
三、	胚层的分化	175
第五节	胎膜的形成及其作用	177
一、	胎膜对有羊膜类胚胎发育的意义	177
二、	胎膜的种类及其形成	177
第六节	影响产卵及发育的因素	183
一、	影响产卵的因素	183
二、	影响胚胎发育的因素	184
附:	鸡胚正常发育时期表	185
第十章	哺乳类胚胎的早期发生	190
第一节	生殖细胞的特点和排卵	190
一、	生殖细胞的特点	190
二、	哺乳动物的生殖特点	190
三、	排卵	192
第二节	受精的特点及受精卵和胚泡的移植	193
一、	精子的获能	194
二、	卵母细胞的预备性变化	194

三、精子穿过透明带	194
四、受精过程的各个阶段	194
五、人卵体受精的试验	195
六、人工授精及受精卵和胚泡的移植	195
第三节、卵裂、中胚及原肠胚的形成	196
一、卵裂	196
二、中胚	199
三、原肠胚的形成	199
第四节、神经胚	200
第五节、胚泡着床的过程及意义	200
一、胚泡着床的过程	200
二、胚泡着床的类型	201
三、着床的机理	201
四、着床的抑制	202
第六节、胎膜及胎盘	202
一、胎膜的种类	202
二、胎盘的类型及其生理功能	204
附、表10-3 人类胚胎发育时期表	207
主要参考资料	207

第一章 绪论

第一节 动物胚胎学的研究对象与范围

一、动物的定义及研究对象

动物胚胎学 (animal embryology) 又称为动物发生学, 它是研究动物有机体发生过程和发展规律及其因素的一门生物科学。即是说它是专门研究一个动物有机体从生殖细胞的形成开始, 在其整个发育过程中, 了解胚胎细胞相互之间及细胞本身核与质相互作用的关系, 了解器官的发生和机能的分化, 描述及阐明在胚胎发育各个过程的原因及变态现象, 以及有机体与外界条件等关系的科学。除此之外, 其它一些学科所研究对象的现象和问题也要用胚胎学的观点来研究。例如胚后发育的许多问题, 红血细胞的更替, 组织的切除、恢复和伤口的癒合、神经的再生和生长, 都是发生的过程; 又如在年轻的有机体内新细胞的产生数量超过老细胞的死亡, 当达到成熟期细胞的出生率与死亡率两者平衡, 这种生长和置换的过程是受到各种控制生长机制来调节的。若在恶性病变中 (癌) 这种机制的调节过程受到了破坏。所以癌病, 基本上也是胚胎学问题, 为什么有些细胞变成和邻近的细胞不同, 而且不断地失去控制地增殖呢? 再者很多重要激素的发现与分离, “人造子宫”、计划生育、利用不育昆虫治虫及畸形胚胎等问题和养殖业上的人工育苗、繁殖习性和无性生殖下的个体发育等也都是胚胎学的研究对象。近年来, 由于养殖业的发展, 在生产实践中对胚胎学的理论要求愈加迫切。其中尤以掌握个体发育与环境因素关系的规律及人工大量培育新种苗等, 成为当前最重要的研究项目之一。

二、动物胚胎学的研究范围

动物胚胎学是生物科学中一门重要的学科, 它的研究范围是极为广泛, 我们应体会到很多有关生物问题的伟大进展是有赖于动物

胚胎学的研究的。例如动物育种有赖于受精、核质的移换及遗传工程的研究，鱼的养殖和珍贵的野生动物的保护就必须了解它们的繁殖期的习性和受精的生理。组织培养的技术原系动物胚胎学的方法，新近已用来作为一种选择新的药物对于细胞分裂和生长作用的手段之一等。一般来说动物胚胎学的研究范围主要是动物有机体个体发育的三个时期：

(一) 胚前期：从生殖腺的形成开始，生殖细胞（精子和卵子）在亲体内的生长发育至成熟及完成受精过程的这一阶段，称为胚前期。

(二) 胚胎期：从受精卵起，经过卵裂期、中胚期、原肠胚期、基础器官的形成，直至胚胎的孵化（孵化出卵膜或离开母体）为止，这阶段称为胚胎期。这个时期的发育是依靠卵中所贮的卵黄或由母体输送养料而在卵膜或母体内进行的。

(三) 胚后期：自脱离卵膜或母体后的幼虫或幼体继续发育，由官系统和机能在原胚的基础上继续分化完善，直到性的成熟为止，这阶段称为胚后期。但在广义上来说胚后期也包括成年期、老年期和死亡的全部发生的后期。

第二节 动物胚胎学的分科及其他学科的关系

一、动物胚胎学的分科：

动物胚胎学根据研究的目的和方法的不同，以及学科发展的趋向，可分为叙述胚胎学、实验胚胎学、免疫胚胎学和分子胚胎学等门学科，胚胎学尽管分为若干门，但是这几门胚胎学是相互联系的，实际上只有一种胚胎学——研究发生的过程和原理的科学。譬如说：

(一) 叙述胚胎学 (descriptive embryology)：利用叙述的方法，来说明动物的生殖细胞的发生、成熟、受精、卵分裂、中胚、原肠的形成、胚层及组织的分化，以至器官形成的过程。这是胚胎发育最基本的知识。

(二) 比较胚胎学 (Comparative embryology) (或称进化胚胎学)：就几种动物的发育进行比较加以叙述，并运用进化的观点来阐明胚胎发育过程中的一般规律，以及阐明个体发育与系统发育的辩证关

系。

(三) 实验胚胎学 (experimental embryology): 就是利用实验的方法如机械、化学、物理 (如 X-射线、声光、电及微波等) 及同位素等, 来分析和阐明个体发育的原理的科学, 即是研究胚胎为什么如此发育的科学。

(四) 生态胚胎学 (ecological embryology): 这是胚胎发育在各个阶段中与生态条件 (如 O_2 、 CO_2 、PH、温度、光照、流速、透明度及环境污染因子等) 的关系, 从而掌握环境条件对个体发育影响的规律, 更好地为人类的利益服务。

(五) 化学胚胎学 (Chemical embryology): 利用生物化学和组织化学与细胞化学的方法, 研究个体在发育过程中各种细胞组织的化学成份的含易及分布部位的变化。例如研究核糖核蛋白在细胞质内的分布和它对形态形成的作用; 核蛋白颗粒对于蛋白质合成的关系; 细胞核在蛋白质合成中的作用; 细胞核的化学成份的改变与细胞质的关系等。

(六) 生理胚胎学 (Physiological embryology)

在胚胎发育的过程中, 各个发育阶段的生理变化是各不相同的, 如胚胎的呼吸、能量的来源、脂类、蛋白质和核酸的代谢, 以及胚胎营养的来源等, 像这样利用生理学方法研究胚胎发育时的生理现象, 从而提出了生理胚胎这门学科。

(七) 免疫胚胎学: (immune embryology) 利用免疫学方法使胚胎个体具有特定的免疫, 并研究胚胎发育过程中, 免疫特性的发生和更替, 决不能是和胚胎发育过程相隔绝的孤立现象, 应该把免疫学与个体发育和进化学联系起来。这是胚胎学的一个新的方向, 通过这方向的研究而使胚胎学与免疫学、医学及生物学之间架起了一道桥梁, 为今后动物胚胎学、医学、兽医学及其实践部门的研究开拓了新的光辉前景。

(八) 分子胚胎学 (Molecular Embryology)

自从 Jacob 和 Monod (1961) 提出了操纵子学说 (Operon theory), Nirenberg (1961) 用人工信使 RNA 来分析遗传密码和 Khorana (1970) 合成了完整的基因之后, 对于了解胚胎细胞和组织诱导、分化及组织器官的成因, 有了比较明确的了解, 知道了胚胎一切的改变主要

因素是决定于基因的改变。如果基因有了改变，且蛋白质的合成就发生变化，于是胚胎发育也有变异。为了深入了解胚胎这种变异的因果关係，从分子水平来分析受精卵所贮存现代的信息分子在胚胎发育过程中，连续地或选择性地激发某些基因而获得新的信息。决定了细胞分化和组织器官的构造，实际上这是胚胎发育过程有关特异且蛋白质合成问题，也是分子胚胎学的一项重要任务。

动物胚胎学除了上述的八种分科外，还可按研究某个类群或某一种动物来分，如无脊椎动物胚胎学，脊椎动物胚胎学、昆虫胚胎学、鸟类胚胎学，鱼类胚胎学，两栖类胚胎学和人类胚胎学等。

二、动物胚胎学与其他学科的关系

动物胚胎学与解剖学、组织学、生理学、病理学、医学、畜牧兽医学、细胞学、遗传学、分类学和鱼类养殖学等门学科有着密切的关系。现在，我们可以列举几个例子来说明：

(一) 胚胎学⁵与遗传学的关系：从现代学科发展的趋势来看，遗传学与胚胎的关系很密切，因为精子和卵子本身就是一个细胞，决定胚胎发育的是DNA，也就是遗传学上的基因遗传的特性是通过个体发育来体现的，而个体发育的本身也就是种族的延续。所以发育的研究不仅包括一个叙述的分析，而且更重要的是分析生物得以发育成为一种特定现象型的机制；这两类的分析都需要遗传学工作者深入到动物胚胎学中去，才能获得圆满的结果。

(二) 动物胚胎学与解剖学及生理学的关系，利用动物胚胎学可以帮助我们了解对某种动物的器官构造与生理作用的关系了解得更深刻。例如迷走神经由胚胎期的左右位置到了成体则变为腹背的位置了；又如内分泌腺肾上腺的髓部所产生的肾上腺素，能使血管收缩和血压增高，其功能和交感神经大致相似。这是因为肾上腺在发生中和交感神经节是同一来源的。

(三) 动物胚胎学与组织学和细胞学的关系，动物的组织就是胚胎发育的产物。而生殖细胞（精子或卵子）和受精卵都是一种具有复杂结构的细胞，卵的分割与细胞分裂的复杂过程有关，次级细胞的定向分化等均与细胞学有密切的关系。

(四) 动物胚胎学与分类学的关系，动物胚胎学的研究成果往往

成为分类学上最好的证据，如海鞘(Ascidia)以前有许多人认为它是属于软体动物，后来由于胚胎学的研究结果证实了它是属于原索动物(Proto Chordata)，才结束了这场争论。正如伟大的自然学者爱德华和阿加丙都极力主张胚胎的性状是一切性状中最重要，因为胚胎性状，在分类上确有最大的价值，不仅动物，植物也是如此。

(五) 动物胚胎学与鱼类养殖学的关系，例如鱼类的人工繁殖，培育新种苗和亲鱼卵成熟的生理生态规律等，都涉及到受精的生理生态问题；又如鱼的传染性胰坏死病(IPN)的传递和鱼卵有关，鱼的肿瘤发生及至癌物质使鱼形成肿瘤的诱导问题等，都有赖于动物胚胎学的研究才能深入一步了解。

第三节 动物胚胎学发展简史

为什么从一粒简单的细小的受精卵经过一系列的形态及生理生化(通过内因与外因矛盾的统一，相互制约的结果)而逐渐形成一个复杂的动物有机体？它们之间到底有什么奥秘？像这样的一个有趣的奇妙的生物发育问题，自古以来不知吸引着多少人去研究它，动物胚胎学的发展简史，事实上就是生物学中唯物主义与唯心主义斗争史的组成部分之一，也是胚胎学本身积累生产斗争的经验、错误的看法与正确的发现相互更替的过程。所以动物胚胎学和其它学科一样，都是卓越的科学家和劳动人民长期生产实践和科学实验中创造发明的。正如毛主席说的：“人民只有人民，才是创造世界历史的动力。”现在为叙述方便特把原来是有机联系的胚胎学发展简史分为几个主要历史时期来谈：

一、达尔文以前的动物胚胎学

公元前四世纪，当时由于人们对动物个体发生的现象有两种不同的观点，因此形成了先成论和渐成论两个学派。

(一) 先成论(Preformation theory)：先成论又称预成论，是胚胎发育的学说之一。代表这个学派的人如马尔毕基(Malpighi 1672)和拖发梅尔登(Snammerdam)认为动物个体上各部分都能产生精

液，幼体是由上述的各部分精液凝合而形成的，所以子代身体的构造，每一部分都与亲代身体的各相当部分同样即是说精子或卵子含有成体的复制品，它象芽一样地展开和长大。后来这个理论发尸认为动物及人类的卵子中已经具有雕形的生物有机体，一经受精作用的刺激，即发育成为一个动物或人。就人来说，这种雕形的有机体就称为“小人”，它老早存在于母体的卵中，当它受精子的适当刺激后，便逐渐发育成人。这理论完全是一种静止的、机械的、以神奇的态度和缺乏科学实验根据的唯心主义的观点。持这种观点的人它们把个体发育问题看得太简单了，事实上是他们在思想方法上已经接受了当时教会的唯心主义的反进化的、神学的和目的论的哲学观点的必然结果，他们主张一切都是上帝预先安排或创造的，攻击自然发生学说等，因此引起了当时劳动人民的怀疑，人类明之是人出生来的，那有神创造出来的怪事呢，通过唯物观点和唯心观点进行了不懈的斗争，于是产生了渐成论，反对先成论。

(二) 渐成论 (Epigenesis theory): 亦称“后成论”，胚胎发育的学说之一。主张这学派的人如法国胚胎学家乌尔夫 (Wolff, 1768) 认为在生殖细胞内根本没有什么“小人”或“小动物”，胚胎是由卵子和精子经过受精后逐步，逐步形成的而不是预先就形成的。动物个体的形成是由简单到复杂，由低级到高级从受精卵演化为具有三胚层的胚体，由三胚层的分化结果形成各种器官，再由各器官组成一个动物有机体。该学派的人利用这理论积极推翻先成论。但是这个理论否认受精卵中没有任何结构，因而不能解释发育的本质及有机体的发尸是内部和外界条件相互作用相互矛盾，相互统一的结果。原因是：信奉渐成论者本身仍未完全摆脱当时科学理论中唯心主义思想的束缚，错误地把简单到复杂的发育过程看作是由一种特殊的非物质力量所致，结果渐成论者也必然陷入唯心主义的泥坑中，那是不奇怪的。

二、比较胚胎学的发展

达尔文 (Darwin 1809—1882) 首先采用彻底的历史方法与唯物主义的观念对生物发育的规律提出了比较正确的解释。他很重视贝尔 (Von Baer 1828) 法则中所提出的各种动物在胚胎早期具有相

似性。在他所著的“物种起源”一书中已提出过：各种动物在早期胚胎时的相似现象，说明了种与种之间的亲缘关系和物种起源的共同性，以及在个体发育的过程中具有可变性和演化的遗传变异性。他还指出多种动物在胚胎时期的形态和构造上，出现了低等动物各种特征的规律，这是动物在个体发育上反映其种族发展历史的现象。胚胎发育也受生物变异性和自然选择法则的影响。达尔文学说给预先成论者致命的打击，对胚胎学的进一步发展，有着决定性的意义，并指出研究动物胚胎发育的各种现象必需用历史的发展的观点去分析，才能得出比较正确的结果。

继达尔文之后，许多胚胎学工作者在各种不同的动物中作了大量胚胎发育的研究，论证了无脊椎动物和脊椎动物之间存在着亲缘关系，证实原胚层是同源，推翻了魏斯曼（Weismann 1864）关于昆虫没有胚层的说法。并指出多种无脊椎动物的吞噬细胞，是生物发育时对于生活条件（对微生物的侵袭）的一种保护性反应，这种事实为今后的免疫胚胎学的理论提供了依据。

赫克尔（Haeckel 1866-1919）在达尔文学说的影响下使生物发生律（Biogenetic law）概念具体化，而创立了生物发生法则——主要内容是动物的个体发育简短地重演其系统发生史。这个法则只强调系统发生决定个体发生，而忽视了环境对生物发育影响的重要性。因为生物体在它整个的个体发生的历程中由于适应外界条件变化的结果而产生了新特性，新特性也可以遗传给下一代成为系统发生的一部分，即后代个体发生过程中，口窝原基出现时间性的变化及其位置关系的变化，都是建立在适应与其祖先所处的条件不同的基础上。换句话说：个体发生与系统发生是存在着相互制约而且是统一的辩证关系。

三、实验胚胎学的兴起和近况

十九世纪胚胎学者如His (1874)把胚胎学的研究从形态学转移到生理学方面，利用实验的方法研究胚胎的发育机制。当时有人利用纯粹的机械论去解释卵裂，中胚及原肠胚的形成，认为胚胎发育中任何一个阶段就是下一阶段的直接原因，这一新形成的阶段又是下一阶段的原因等，根据这个论点而创立了“机械发育论”。这

说都是利用机械的观点解释发生的现象完全是机械的主义的。

另外的胚胎学者根据蛙胚的实验结果，认为蛙胚的背唇区域是整个胚胎的组织中心，只要将背唇物质（组织者 Organizer）直接或经过理化因素处理以后，移植到胚胎各部位的外胚层之下，都能诱导（感应）该处的外胚层产生神经管。根据这个研究的成果于是创立了“组织中心（组织者）”的学说。但是这个学说只片面强调组织中心的诱导作用（induction），而忽视了有机体和环境的关系中去研究胚胎的各种组织的分化和器官发生的相互影响。

十九世纪后期，以魏斯曼（A. Weismann 1834—1914）为代表继承了先成论的观点，又提出了种质（即称决定子）学说：认为在卵子的胚质内含有大量性质不同的小体，叫做决定子（determinant）。在个体发育中，胚胎物质的分化完全取决于这些决定子，每一次决定子与某些细胞发生联系，使它发育为有机体的一定部分，即卵子的每一部分只能产生动物的一定部分。这些决定子能一成不变地代代传下去，并且不受任何外界条件的影响。即是说生殖细胞可以决定细胞的分化，而体细胞对生殖细胞毫无影响。接着摩尔根（Morgan）继承魏斯曼的观点，以基因（gen）学说代替种质学说。

二十世纪六十年代以后，动物胚胎学研究的主要问题为卵子的发育分析，环境因子（物理的和化学的）对胚胎发育的影响、极性和对称等问题。当是早期的胚胎学研究多半停留在形态学的基础上，不能解决胚胎发育过程中复杂的生物现象、机制等问题。最近几十年来，由于电子显微镜的发明，各种尖端新技术新方法的发展，生物物理、生物化学和生物数学等边缘科学的建立，许多动物胚胎学上的理论问题，特别是同胚胎细胞分化有密切关系的核酸与蛋白质合成及其基本物质的结构问题，胚胎分化机制和化学变以及细胞癌变的原因问题。目前动物胚胎学已经开始从细胞水平逐渐过渡到分子水平进行深入而精细的全面的研究。

总之，动物胚胎学今后发展的方向，主要是以细胞生物学为基础以分子活动为中心，来了解胚胎细胞如何分化，专一性蛋白质怎样产生和装配等，使动物胚胎学能更好地为生产为人民造福服务。只有这样才会给动物胚胎学开拓了广阔的美好前景。