

食物、营养与卫生

主 编:李 全 宏



青 岛 海 洋 大 学 出 版 社

前 言

本书是为了适应农业院校开设食物营养与卫生学的教学特点,同时兼顾对社会进行营养知识的普及和提高,根据国家教委与农业部关于在全国农业院校开设食物营养课的指示精神而编写的。可供农业院校开设食物营养课程用教材,以及轻工、体育、中医、烹饪专业的学员和从事饮食行业、卫生防疫部门的管理、技术人员使用和参考。

食物、营养与卫生与农牧业、食品业和临床医学密切相关,涉及到食物资源的开发、生产和有效利用,与人体的生长、发育、健康和长寿直接相关;我国的营养与卫生的现状存在着许多问题,例如在食物资源的利用上不合理的饮食习惯远远超过食物生产的限制,这极大程度上取决于人们对食物的营养知识的贫乏。

本书编写的宗旨在于了解食物、营养卫生与健康的关系,学习营养卫生学原理并将其应用于指导食物的生产、储存、分配、供应、利用,进而有效地制订和落实食物的生产与营养利用规划,并通过改善营养与卫生条件来增进人们的健康与福利。

从编写的内容上力图全面、系统和实用,并吸取了本学科的最新成就,借鉴医学院校及轻工院校教材的许多优点和经验,增加了人体生理学基础和营养与疾病的内容。将食品的营养、卫生和人体的健康有机的联合在一起。

本书由山东莱阳农学院李全宏完成:人体营养生理学基础和人体对营养素的需要两章内容和全书校审工作。田彩琴完成:全书文稿输入校对和果蔬类食品的卫生;食品加工与营养;肠道疾病等节内容。孙振明完成:神经与内分泌生理;营养需要量与膳食供给量;粮食卫生等节内容;周德庆完成:化学性及其它食物中毒;食品添加剂等节内容。刘逢翔、刘尚禄参与完成:运动员合理营养的内容。

山东农业大学王汉忠完成:食物的调查、处理与管理;有害化学物质作用;食物资源与公共营养;果蔬类食品卫生等节内容。

北京农业大学衣纯真完成:农药对食品的污染及预防;N-亚硝基化合物和多环芳族化合物对食品的污染和预防;有毒金属对食品的污染及预防;食物资源与公共营养;各营养素间的相互作用等节内容,并参与全书的校审工作。

南昌大学邓泽元完成:营养调查与社会营养监测;食品强化与方便快餐食品;食品加工与营养;公共营养的改善;食品加工工艺与食品污染;食品添加剂等节内容。

辽宁商业高等专科学校白云鹏完成:影响食品卫生的因素一章。

辽宁省食品卫生监督所刘洪德完成:营养与食疗一章。

烟台长生企业集团公司曲敬阳多年从事食品行业执写:各类食品的营养价值一章。

烟台大学刘玉田完成:糕点与糖果卫生;调味品卫生;罐头类食品卫生;奶及奶制品卫生等节内容。

杭州商学院栾金水完成:脂溶性维生素缺乏病;水溶性维生素缺乏病;蛋类食品卫生;肿瘤等节内容。吕民主完成:油脂卫生;水产食品卫生;矿物元素和水等节内容。

四川绵阳经济技术专科学校李代发完成:冷食品卫生;饮料卫生;水溶性维生素缺乏病;

必需矿物质的缺乏病等节内容。

沈阳农业大学孟宪军完成:各营养素间的相互作用;放射性物质对食品的污染及预防;矿物元素和水等节内容。

天津商学院鲁晓翔完成:营养缺乏病一章内容。

福建农业大学林海红完成:细菌污染与腐败变质;霉菌与霉菌毒素对食品的污染及预防;有毒金属对食品的污染及预防;肉类及其制品的卫生等节内容。

上海农学院季瑞溶完成:维生素;矿物元素和水;冷食卫生等节内容。

青岛大学医学院汪之项完成:不同生理状况下的营养需求一章。

湖南农业大学邓放明完成:食品加工与营养;老年人营养等节内容。

北京体育大学高晓明完成:特殊条件下的营养需求;食物中毒与预防两章内容。

延边农学院俞龙浩完成:有害化学物质的作用;细菌性食物中毒;粮食卫生等节内容。

黑龙江八一农垦大学袁旭完成:各营养素之间的相互作用;食品加工与营养;肿瘤与营养;细菌性食物中毒等节内容。

本书由十八所高校及有关单位共 27 位专家学者共同完成。

由于编者学术水平有限,编写时间仓促,书中难免有疏漏和谬误之处,敬请读者批评指正。

编者

一九九五年五月

目 录

绪论

1. 基础营养学.....	1
1.1. 人体营养生理学基础.....	3
1.1.1. 呼吸生理.....	4
1.1.2. 循环生理.....	5
1.1.3. 消化生理与吸收	10
1.1.4. 泌尿生理	20
1.1.5. 神经、内分泌生理.....	23
1.2. 人体对营养素的需要	30
1.2.1. 人体的能量代谢和热量需要量	30
1.2.2. 碳水化合物	37
1.2.3. 蛋白质	40
1.2.4. 脂类	50
1.2.5. 维生素	54
1.2.6. 水和矿物元素	66
1.2.7. 各种营养素之间的相互作用	92
1.3. 各类食品的营养价值	97
1.3.1. 谷类食品的营养价值	98
1.3.2. 豆类、油料与坚果类食品的营养价值	102
1.3.3. 蔬菜水果的营养价值	105
1.3.4. 畜禽肉类及鱼类食品的营养价值.....	108
1.3.5. 奶及奶制品的营养价值	109
1.3.6. 蛋类食品的营养价值	112
2. 应用营养与卫生	114
2.1. 公共营养	114
2.1.1. 营养需要量与膳食供给量	114
2.1.2. 营养调查与社会营养监测	116
2.1.3. 食物资源与公共营养	127
2.1.4. 食品强化与方便快餐食品	130
2.1.5. 食品加工与营养	134
2.1.6. 公共营养的改善	144
2.2. 不同生理状况下的营养要求.....	152
2.2.1. 婴幼儿营养	152
2.2.2. 学龄儿童及青少年营养	162
2.2.3. 孕妇及乳母营养	164
2.2.4. 老年人营养	172
2.3. 特殊条件下的营养需求	178

2.3.1. 高温环境的营养	178
2.3.2. 低温营养问题	183
2.3.3. 高原营养	185
2.3.4. 航海和潜水人员的营养	190
2.3.5. 矿工营养	195
2.3.6. 放射线营养问题	202
2.3.7. 化学毒物接触者的营养	206
2.3.8. 运动员合理营养	212
2.4. 影响食品卫生的因素	221
2.4.1. 食品细菌污染与腐败变质	221
2.4.2. 霉菌与霉菌毒素对食品的污染及预防	228
2.4.3. 农药对食品的污染及预防	235
2.4.4. 有毒金属对食品的污染及预防	241
2.4.5. N-亚硝基化合物和多环芳族化合物对食品的污染及预防	245
2.4.6. 食品包装与污染	250
2.4.7. 放射性物质对食品的污染及预防	253
2.4.8. 食品添加剂	257
2.4.9. 食品加工工艺与食品污染	263
2.5. 各类食品卫生	266
2.5.1. 粮食豆类卫生	266
2.5.2. 果蔬类食品卫生	267
2.5.3. 肉类及其制品卫生	268
2.5.4. 奶及奶制品卫生	272
2.5.5. 水产食品卫生	276
2.5.6. 禽肉与蛋类卫生	278
2.5.7. 食用油脂的卫生	280
2.5.8. 冷饮食品的卫生	282
2.5.9. 酒类食品卫生	284
2.5.10. 罐头类食品卫生	286
2.5.11. 调味品的卫生	288
2.5.12. 糕点和糖果的卫生	289
3. 营养与疾病	293
3.1. 营养缺乏病	293
3.1.1. 营养缺乏病发生的原因	293
3.1.2. 蛋白与热能营养不良	300
3.1.3. 脂溶性维生素缺乏病	301
3.1.4. 水溶性维生素缺乏病	305
3.1.5. 必需矿物质的缺乏	311
3.2. 营养与食疗	319
3.2.1. 心血管疾病的合理膳食	320

3.2.2. 代谢障碍性疾病的营养和膳食.....	322
3.2.3. 肝脏疾病的营养膳食.....	325
3.2.4. 胃肠道疾病的膳食营养.....	327
3.2.5. 肾脏疾病的营养和膳食.....	328
3.2.6. 肿瘤与营养.....	329
3.3. 食物中毒与预防.....	333
3.3.1. 食物中毒的概念与分类.....	333
3.3.2. 细菌性食物中毒.....	334
3.3.3. 有毒动植物食物中毒.....	339
3.3.4. 化学性及其它食物中毒.....	344
3.3.5. 食物中毒的调查、处理与管理	348

1 基础营养学

营养学是研究饮食营养与机体生命现象关系,营养素生理功能和机体代谢规律和研究环境与机体关系的科学。合理的营养要符合人体机能、功能的需要。机体生命状况又受环境因素的影响,因此还要研究环境与机体营养的关系,如特殊作业人员的营养,在高温、辐射等环境下随机体代谢功能的改变而相应给予合理营养;在高原及远离海洋的地域缺碘,给予食用碘盐等等。

营养学研究的目的是根据机体在不同的生理病理情况下新陈代谢的需要,科学地确定机体营养素的需要量,制定合理地利用营养素的组织原则,指导工农业生产的发展,从饮食营养上保证人体机体的需要,即研究食物、营养、人体和环境的关系的应用科学。因此,营养学与自然科学、社会科学、军事科学、生命科学等学科密切相关。营养学又分基础营养与应用营养学。基础营养学的主要内容是机体的新陈代谢和食物的主要功能、研究不同营养素的生理功能、代谢规律及代谢中的相互关系和营养素的需要量。应用营养学重点讲述不同生理情况下的营养要求如婴儿营养,孕妇营养,青少年、老年营养,营养缺乏病等等。对于病人营养不同的病种有不同的代谢特点,病人营养又叫临床营养,在特殊作业的人员(如运动员)的营养叫特殊营养。在营养研究所中还有公共营养,主要以地区、社会环境不同的人群为对象对其膳食的供应以及营养状况的改善作为研究对象。食品化学分析是检测营养水平的途径,生理生化是营养学的基础,营养学的发展只有结合于生产,结合防病治病才有广泛的前途。

有机体的基本特征是新陈代谢和通过新陈代谢得到本身所需要的物质与能量。新陈代谢是指体内物质的变换和能量的转移,它体现了有机体与外环境的有机联系。饮食营养是其重要的桥梁或媒介,是构成机体的物质基础和能量的来源。

食物中能为机体利用的营养成分称为营养素。一般概况分为六大类:蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐(包括微量元素)、维生素、水。另外,航天时氧气也是人体必需的营养素。人体通过摄取食物、水、通过消化、吸收细胞中的代谢,把食物中的营养物质同化为机体的组分并获得生活能量,从代谢上看,在生理上的进食、消化吸收、非消化吸收。排出的部分称为外代谢。把机体内所有细胞内参加的营养物质的转化过程叫中间代谢或叫细胞内代谢。在中间代谢中,营养素的分解释放出能量并转成机体成分,产生废物的过程称为排泄。

营养素的功能是构成机体的组织材料,提供机体生活所需能量和维持体温的热量。在代谢中能提供给身体能量的营养素叫能源性营养素(energy nutrients),如:蛋白质、碳水化合物、脂肪等。碳水化合物中的膳食纤维(dietary fibre)不能被消化吸收,但对维护胃肠道生命活动所必需的(也是航天食品必加的成份),因此它是营养素,但不属于能源性营养素;营养素可调节机体的生理活动,维持机体内环境(homeostasis)的稳定,如:体液 pH、渗透压、血糖含量、血钙水平的维持都需营养素的供应和调整以保证机体的生命活动。六大营养素在保证机体各组织、器官功能的协调运动中起着不同的作用,不同营养素的不同功能在新陈代谢中是相互协调和关联的,因此在考虑机体的营养问题时必须考虑到营养素的互相联系及其相互的制约。要注意食品营养的整体效应,用整体系统的观点取代传统的还原观,从而指导研究思想和工作方法。

尽管人体科学已达到了分子生物学的深度,仍不能解决生命的起源问题,这需要用整

体的研究方法进行深入探讨。例如：鸡蛋中含有大量胆固醇（一般的胆固醇可致心血管病），卵磷脂，（它对脂类代谢有调节作用），以及大量维生素和蛋白质。美国已用蛋黄制成治疗心血管病的药品。因此不能认为鸡蛋含有胆固醇就会加重或导致心血管病。又如：煮稀饭时加碱能破坏维生素 B₁，但玉米、大麦、小麦中的尼克酸多以结合型存在，在人体内利用率很低，而加碱可提高尼克酸的利用率。因此从不同的角度看问题，不同的营养素有不同的功能，它们在代谢中互相联系，各类食物的营养素不一样，没有一种食品能长期满足人体生理的需要，所以多种营养素的合理搭配才能适应机体代谢和功能活动的需要。另外在考虑合理营养时还要考虑机体的生理、病理条件。

1.1 人体营养生理学基础

生理学是研究生物体正常生理功能的科学,其目的在于阐明生物体正常的生命活动规律和机体内外环境变化对其生理功能的影响。人体各种生理功能的维持依赖于各系统器官组织功能的正常。各器官和组织要维持其正常功能又必须有细胞内各种特殊物质的一系列正常物理和化学过程参与,这些物理和化学过程则需要经呼吸和消化系统摄入氧气和各种营养成分来维持,也就是人体不断与环境进行物质和能量交换的代谢过程。直接与食物吸收和消化有关的代谢称为外代谢。吸收与排泄之间的过程是人体所有细胞都参与的中间代谢,在中间代谢过程中营养素分解产生能量,并转变成人体的组成成份。在组织和器官中,每个细胞的代谢活动又受神经系统和激素的调节,以适应整个机体的需要,所以人体在完成其功能时,各系统器官之间的关系是十分密切的,空气、水和食物又是保证生理功能所必需的。

生命现象的特征,首先是生物体的新陈代谢。它是一切生命体的基本特征,生物与非生物体的区别就在于新陈代谢,它包括分解代谢和合成代谢。分解代谢是把高能量物质降解并释放能量的过程。合成代谢是将低能物质改变成生物体组分,是吸能过程。生命现象的第二特征是兴奋性的适应性,即应激性。一切活细胞组织,当外界环境改变而引起刺激时,能发生反应的能力称兴奋应达能力。当刺激发生,机体的功能组分、代谢发生改变甚至在结构上发生变化,使得机体能与所处的环境取得平衡,如反应速度快的神经传导和肌肉收缩,反应慢的如生长发育等。因此,短期刺激引起应激反应,刺激的持续引起肌体的适应性,长期的适应使得进化发生。生物体的细胞、组织、器官的复杂构造的整合与控制作为生命现象的第三特征,在生物体进化中不同的细胞组织有分工,不同的器官系统组织又彼此协调,如肌肉活动产生代谢产物,同时肌肉中血流加快,心肌活动加强,呼吸加快,机体各部分的完整统一在生理学中称为整合(integration)。

生物体的生命现象在生命环境中得以表达。生命环境中的外环境是生活机体外周围环境,而内环境是指在多细胞的生物体中,细胞所处的体液环境,即细胞外液。单细胞生物可直接在外环境中吸养排废,而多细胞生物体如人的肝脏细胞不与外环境接触,在体内处于体液的环境,吸养排废都通过细胞外液经呼吸、排泄或交换。在体内外环境不断变化的条件下,机体的总功能是维持细胞外液相对稳定(温度 渗透压),这样细胞才能执行其正常功能。内环境的稳定又称自稳态(homeostasis),是指细胞或机体有维持内环境相对稳定的能力,在外环境不断变化和发展的条件下,机体内环境保持相对稳定状态。自稳态是由复杂的生理协调过程控制的,主要有体液控制(调节)和神经控制(调节)两大类。体液控制是由一些特异性化学物质来实现的,有的在局部起作用,有的则经血液运送到全身。神经控制是由神经系统借神经冲动的传导来实现的。神经冲动可导致神经介质的释放,神经介质也属体液因子,所以体液控制与神经控制混合在一起,被称为神经体液调节,在神经体液调节中,引起活动加强的为正反馈,引起活动减弱的为负反馈。

营养学是研究饮食营养与机体、生命现象关系的科学,也是机体新陈代谢规律和人体合理营养需求的科学,因此学习营养学应以生理学为基础,只有了解各种生命现象发生的机理,才可更深刻的认识饮食与营养的关系,合理安排饮食。

营养学与生理学的关系,营养学是生理学的内容。如食物的消化、吸收、代谢物的排出

都是生理学的组分,在能量代谢和消化生理中生理学的进展对营养学起推动作用;在营养研究中,评价相对营养状况,不仅同生化指标有关,而且与生理学指标有关,研究高级的神经活动(条件反射)是生理学的方法,检查人的维生素 A 营养状况所采用的暗适应检查就是个例证。

内环境的相对稳定与营养饮食有关,如饭后血糖升高。更重要的是机体各器官的有机协调完成各种生理功能,如:排泄、神经、内分泌等系统的协调功能。

人体生理学包括五大系统:消化、呼吸、排泄、内分泌和神经系统,它们与营养关系更为直接。营养构成物质基础的来源对内环境有稳定适应性,因此,生理学的研究离不开营养,不同的营养状况使得机体其适应力和耐性不一,尤其在特殊环境条件下更为明显。

生理学与营养学也有差别,生理学一般是基础医学学科,研究对象是人,而营养学是研究食物与生理现象的关系。同时,生理学是营养学的基础。人体的结构与功能十分复杂,细胞是构成机体的最基本的结构功能单位,各器官、组织与细胞的结构、组分和功能有关。如心肌细胞的蛋白分子结构与心肌对 $[Ca^{2+}]$ 、 $[K^{+}]$ 反应有关,与酶活性有关。

在生理学中以细胞为研究对象的称为细胞生理学。人体中的细胞按结构、功能可分为 200 多种,概括为四大类,肌肉细胞、上皮细胞、结缔组织细胞和神经细胞。上皮细胞的功能在于保护防御组织体内液体过多散失和御防外来细菌病毒的入侵,同时具有分泌功能(如腺体细胞分泌消化液、消化酶),吸收功能(如肾脏可将肾小球滤出的必要物质再吸收)和排泄功能;结缔细胞功能在于把身体各组分连接、固定、支持使得细胞内的物质或液体向细胞外分泌,结缔细胞形状不一,并在细胞周围有细胞外纤维(如强力网状纤维),由不同的组织构成器官,不同结构功能器官构成系统。如循环系统由心脏、血管、血液构成。

在生理学中人体的系统分十类,包括呼吸系统、消化系统、循环系统、肌肉系统、骨骼系统;淋巴系统(lymphatic system)或叫免疫系统(包括血液中的白细胞);神经系统;内分泌、内分泌系统、排泄系统和生殖系统。以器官或系统为研究对象的生理学叫器官生理学或系统生理学如消化生理学。而从整体上着眼研究的叫整体生理学如运动员生理、高原生理等。

1.1.1 呼吸生理

机体在通过有氧代谢途径进行物质能量代谢时需要空气、水、阳光和食物。所有代谢都离不开氧,成人安静条件下需氧量为 250 毫升/分钟,即每天 360 升氧,而体内氧存量很少,总量为 1.5 升,因此在无外界氧供应的情况下机体代谢只可维持 3—5 分钟,再持续缺氧 2 分钟就会晕倒(缺氧首先影响脑功能,因为脑的能量供应主要靠葡萄糖的氧化提供)。另外代谢中产生的二氧化碳,也要不断排出体外,否则因二氧化碳的积累,会引起体内酸碱度的破坏,影响生理代谢及功能。呼吸系统的主要功能是,完成机体和外循环之间的气体交换、防御功能和保护功能(即调节吸入空气的温湿度)、清除空气尘土和微生物的作用(由于呼吸道表面纤毛的摆动和呼吸道表面分泌的粘液从而阻止了尘土进入肺内部,从而克服和消除极少数尘土进入肺泡内,达到保护肺的生理功能),肺内还具有吞噬细胞,此外在 60 年代发现,肺内还具有代谢功能使有些激素在肺中失活。

全身的血液都要经过肺,经过全身器官。肺的结构特点与其功能有关,肺中有大量毛细血管,面积最大,便于气体交换,代谢也较活跃。外呼吸,是指整个机体的气体交换即吸

氧,排出二氧化碳;内呼吸,是指组织细胞和血液中的气体交换;外呼吸的途径:鼻腔→咽喉→气管→支气管→呼吸性细支气管→终末细支气管→呼吸性细支气管→肺泡管→肺泡。气体交换主要在肺泡囊、肺泡管中进行。肺泡壁与血液经扩散而交换,最后氧气与红细胞中的血红蛋白结合($\text{hemoglobin} < \text{Hb} >$) 肺泡中 PO_2 分=104mmHg 静脉血液 PO_2 =40mmHg。动脉血氧分压为 95—97mmHg。

一次呼吸的气体量叫肺气量,用最大通气量(深呼吸)的气流量衡量肺的气体交换量。每分钟成年人不活动时气体交换量为 6—8 升。体力活动时可达几十升。每次吸入的气体并非完全进入肺泡,因为气管的存在,有部分气体残存于这些空腔中而不能进行气体交换,因此气腔的容积又叫无效腔。

每分钟的肺泡的通气量=(潮气量—无效腔量)×呼吸频率/分;

氧气在血中以两种形式存在:(1)溶解氧气量为 0.3ML/100ML。溶氧多少与氧气分压有关,氧气越高溶解量越大,氧气分压大小与氧的运转有关,只有溶解的氧才能与 Hb 合成氧合血红蛋白(oxyhemoglobin)即:

$\text{Hb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HbO}_2$ 一克 Hb 可结合 1.36ML 氧气。健康人动脉中 Hb 量为 14 克,即 100 毫升的血液可结合 19 毫升氧。而静脉中的 PO_2 低,约为 40mmHg 只能结合 14ML 氧气每 100ML 静脉血, Hb 结合氧气的能力是有限的,即有一定的氧溶解度。Hb 结合氧气的能力用 Hb 的氧容量(oxygen capacity)来表示,即 100ML 血液中的 Hb 能结合的氧量称为氧容量。血氧含量=溶解氧(很低)+Hb 结合氧(HbO_2)。

血氧饱和度=(氧含量—氧容量)/
血氧容量(因为血氧溶解度很低,所以用
血氧含量与氧容量之比表示血氧饱和
度)

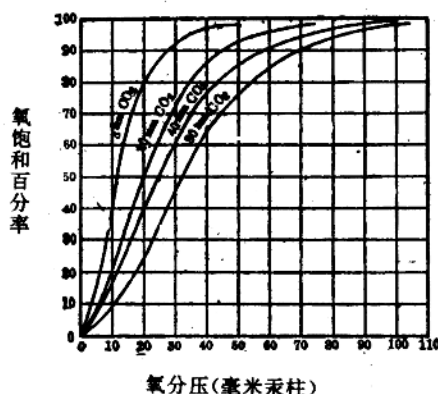


图 1—1—1 不同 CO_2 的分压下血氧离解曲线

由图 1—1—1 表明,血液中[二氧化碳]增高有利于组织向血液放氧气,酸高 pH 降低,曲线右移,符合生理需求解离氧,运动增加,曲线右移,符合生理要求。环境缺氧气,代谢受影响致使:肺氧量增加;心活量加快;呼吸加深加快;同时大量的二氧化碳呼出,体内二氧化碳降低,在这种情况下快速呼吸能使体内二氧化碳减小造成碱中毒,同时血中的乳酸、丙酮酸增高,碳水化合物的代谢也受影响。

1.1.2 循环生理

体液(body fluids)占成人重量的 60%左右,胖人体液约为 50%左右。体液中含有蛋白质、碳水化合物、脂肪、无机盐等。根据体液存在的部位可将其分为细胞内液(intracellular)和细胞外液 2 个部分,细胞内液占体液的 1/3,细胞内较细胞外含较多的无机盐,细

胞外的 Na^+ 、 Al^{3+} 是主要的,细胞内的 K^+ 、 PO_4^{3-} 含量较高,细胞内外离子的差异与生物膜的特性有关。

细胞外液(extracellular)又可分两部分:在血管内流动的血液即血浆和血细胞,血浆占体重的 7—8%,血细胞又分:红细胞、白细胞、血小板。细胞间隙的组织内液称为细胞间液(intercellular f)约占体重 15—20%,通过细胞膜使细胞间液与细胞内液发生物质交换;通过血管、血浆与组织液发生物质交换;血浆液可经皮肤、肾、肺排出废物,通过胃肠来提供物质和能量。细胞外液是细胞生存的环境,细胞从那里获得营养物质并通过细胞外液排出废物到排泄器官,所以细胞外液是机体的内环境,外环境是不断发生变化的如:温度、湿度,而内环境必须维持相对稳定。维持机体内环境相对稳定是十分复杂的生理生化过程,整个机体的各器官和系统的功能都会影响到内环境的变化。

机体的总功能是维持内环境的相对稳定,多细胞机体的生活能力极大程度取决于内环境的相对稳定,机体各系统中血循环(包括淋巴)及排泄系统、内分泌系统对维持内环境的稳定起到特别重要的作用。

血液循环系统是由心脏和血管组成的封闭的管道系统。心脏推动血液循环,血管是血液流动的通道或运输工具。循环系统的生理作用,是通过循环完成体内物质的运送,进行体液、体温的调节,对保护内环境的相对稳定和组织及细胞新陈代谢的正常进行有特别重要的意义。整个循环系统又分为体循环和肺循环二部分;体循环是指血液由左心室射出后,经主动脉及各级分支到达全身各部的毛细血管,再经小静脉、大静脉最后汇合成上下腔静脉流回右心房的过程。在这一循环过程中,血液把氧和营养物质运送至全身各组织,同时运走各组织内的二氧化碳和代谢产物。

左心室→主动脉→各级动脉→全身毛细血管→各级静脉→上下腔静脉→右心房

O_2 | $\uparrow$ 二氧化碳
 营养物质 | $\downarrow$ 代谢产物
 组织细胞

体循环和肺循环同时进行,并通过心脏连接起来,共同完成一个完整的循环路径如图 1-1-2。

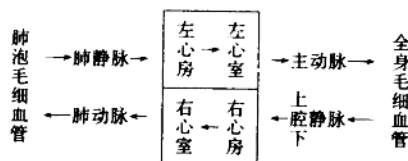


图 1-1-2 体循环与肺循环路径图

心脏代谢的特点:心肌细胞主要靠有氧氧化供能,内环境的任何变化都会影响心脏的变化,内环境要求稳定首先要维持渗透压的稳定(细胞内外)。血液中的酸碱度应在 pH: 7.35—7.45,若 pH 过高或过低都会影响心肌活力。偏酸心肌收缩力减弱,直至停止于舒张状态。偏碱则收缩加强,直至停止于收缩状态,因此酸中毒和碱中毒都不利于心肌的正常活动。血中的电解质 $[\text{K}^+]$ 、 $[\text{Ca}^{2+}]$ 、 $[\text{Na}^+]$ 对心肌活动有明显影响。各种电解质的浓度和比例的改变,对心脏活动的影响很大。例如血钾过高时心脏可停止于舒张状态;血钾过低容易出现前期收缩。血钙增高时,心肌收缩加强;血钙降低时,心肌收缩减弱。钠离子浓度过低时,心率变慢,传导速度降低;一定范围内增高钠离子的浓度,可提高心肌的传导性。因此,内环境电解质的浓度和比例失调,往往导致心脏机能的紊乱。

适宜的温度也是维持心肌正常活动的必要条件。在一定范围内,体温升高心肌细胞活动性增强,心率加快。当血液温度降低,心肌兴奋性降低,心率降低,心肌缺氧其收缩力下降。故低温麻醉,可使心率减缓,代谢降低,对进行心脏手术较为有利。

另外,心肌代谢的能量来源还可来源于脂类的氧化,也可利用其它能量物质如脂肪酸、少量氨基酸、葡萄糖丙酮酸、乳酸等产生心肌细胞内的一种能源物质 ATP 可直接提供能量。心肌中的磷酸肌酸含量少,ATP 又不能大量贮能,因此心肌活动要靠血液不断提供能源物质。在血管中的毛细血管遍及全身,血液从动脉分支进入毛细血管中血流速度降低,毛细血管壁只有一层扁平的内皮细胞组成,由于血流速度的减慢和毛细血管的结构特点,使血管内外物质(气体及营养物质)得以交换。

血细胞由红细胞、白细胞和血小板组成。红细胞男性多于女性,男性的红细胞为 400—550 万/立方毫米,而女性为 350—500 万/立方毫米。红细胞主要含血红蛋白,在气体交换中起重要的运输作用;血红蛋白中血红素为含铁色素,血红蛋白与一氧化碳结合较与氧气的结合力强 250 倍,而且结合后难以解离,空气中少量的一氧化碳即可与血红蛋白结合,这样就无法再结合氧,从而造成中毒。

血细胞不断在骨髓中产生,也不断死亡,在正常下保持平衡,若破坏多再生少,则红细胞总数减少造成贫血,若在红细胞再生中铁血红蛋白含量不足,也使造血不足。缺铜也可造成贫血,主要是儿童。贫血也与维生素 B₁₂ 或叶酸的缺乏有关,铅中毒会造成造血机能的损伤导致贫血。

血细胞的白细胞中:一类是粒细胞,包括嗜酸性白细胞(与机体过敏反应和某些寄生虫有关)、嗜碱性白细胞、中性白细胞(在防御中起吞噬杀死作用);第二类白细胞是淋巴细胞(lymphocyte)与身体的免疫功能有关,可产生抗体;第三类是单核细胞。

血液的化学组成,除血细胞外还指血浆(plasma)和血清(serum)。血浆是血液除掉有形的成份。血清是在凝血时没有遇到抗凝剂,其凝结后分离出的血块外围透明的淡黄色物质叫血清。在凝血时需有纤维蛋白原,要有钙参与,因血清中没有这种物质,而血浆中存在。血红蛋白、血球蛋白、K⁺、Na⁺ 等物质在血浆和血清中无差别,在血浆中化学成份所占的比例最大的是水 91.92%(指液体成份),其它成份占 8—9%;红细胞中水含量为 65—68%;水的生理作用在于体液、体温的调节,也是各种水溶性物质的溶剂,参与各种化学反应,由于血液含大量水使它得以流动,因此血液才可与其它体液进行物质交换,全血的粘度为水的 5—6 倍。血浆的粘稠度与蛋白浓度有关,其粘度为水的 16—24 倍。在血浆中含多种无机盐,大多以离子形式存在。血液中离子浓度有二种表示方法:一种是 100 毫克中含的毫克数,或是每升血液中所含某物质的毫克当量。

毫克/100 毫升与毫克当量/升可如下换算:

$$\text{毫克当量/升} = \frac{\text{毫克/100 毫升} \times 10 \times \text{原子价}}{\text{原子量或基团量}}$$

$$\text{以钠浓度为例,即 } \frac{325 \times 10 \times 1}{23} = 141.3 \text{ 毫克当量/升}$$

正常条件下血浆中各离子含量是稳定的,血浆浓度对维持细胞正常生理活动有重要功用,表现为:血浆离子浓度对稳定血浆的渗透压有重要作用。首先各种离子是构成肌体所必需的。例如骨质中含有大量钙盐,其中有一小部分是处于离子状态,与血浆中的钙离子保持动态平衡;当血浆钙离子减少时,骨中钙离子将进入血浆;当血钙增加时,有一部分将进入骨质。故血浆中离子浓度在一定程度上反应了组织代谢情况。其二、血浆各离子,

表 1-1-1 正常人血液中主要的电解质浓度

	血浆中浓度(空腹)		血细胞中浓度
	毫克/100 毫升血浆 变动范围(平均)	毫克当量/升血浆 变动范围(平均)	毫克当量/公斤 血细胞(平均值)
Na ⁺	300—350 (325)	130—152 (141)	27
K ⁺	14—21 (17)	3.6—5.3 (4.4)	135
Ca ⁺⁺	8.5—11.5 (10)	4.2—5.7 (5)	10
Mg ⁺⁺	1.7—2.8 (2.2)	1.4—2.4 (1.7)	5
HCO ₃ ⁻	55—72 (62)	24—34 (27)	74
Cl ⁻	340—380 (360)	97—108 (103)	27
PO ₄ ³⁻	(P)3—4.5 (3.5)	2.2—4.2 (3.2)	3
SO ₄ ²⁻	(S)1—2 (1.5)	0.7—1.5 (1.0)	?

特别是钠、钾、钙的浓度适宜是保持神经和肌肉的正常兴奋性所必需。例如炎热下从事强体力劳动时,常常出汗过多,如果单补充水份而没有适当补充食盐,则将由血中钙离子不足而可能出现“热痉挛”。其三,血浆离子浓度直接关系到血浆的渗透压和酸碱度,从而也要影响组织细胞的活动。

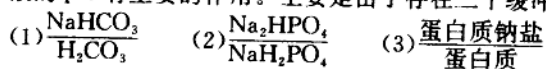
生物膜(半透膜)两侧水份可自由通过,因两侧有离子浓度差,离子浓度低的水份向离子浓度高的一方流去,流过的速度与两边离子浓度差有关,一直到两处的渗透压平衡,因此水的透性与膜的透性及膜两边溶剂的浓度有关。

渗透压的表示方法有两种:一种以 mmHg 柱表示,正常人血浆的渗透压在零摄氏度时为 6.7 个 atm = 5092mmHg, 37 摄氏度血浆的渗透压为 5776mmHg。渗透压分晶体渗透压:即无机离子钾、钠、钙、镁、蛋白等。胶体渗透压是因胶体中含蛋白质、白蛋白、球蛋白、纤维蛋白分子等大分子,由此而产生的压力。血浆中的渗透压主要由于小分子物质而产生的晶体渗透压,这种胶体渗透压的大小为 5000mmHg,以上胶体蛋白虽小,但分子量大,不易通过毛细血管壁,但毛细血管中的胶体蛋白对血浆的渗透压有很大影响,如营养不良而引起的血中白蛋白的减少,组织中水分增多不能进入毛细血管而造成的水肿。

渗透压还有一种表示方法:用溶液中溶质的颗粒数,即每升溶液中溶质的克分子数来表示,这种表示方法叫渗透克分子浓度(o. smolarity 即 osm)。如:1 克葡萄糖(分子量为 180)溶于 1 升水其浓度为 1osm。而对于 NaCl 其溶解后以离子状态存在,所以 1 克分子 NaCl 溶于 1 升水中为 2osm,正常血浆的渗透克分子浓度(osm) = 2。用 1/1000 的 osm 表示(π)即为毫渗透克分子浓度即 mosm。正常血浆的渗透压为 5776mmHg 相当于 300mosm 即 1mosm = 19.2mmHg。

当人体细胞内外压力相等即为等渗(isotonic)的时候为 0.9% 的 NaCl 浓度。5% 的葡萄糖液也为等渗液。如果机体大量失水,要补水就该用低渗液水,便于进入组织细胞,若肌体失钠过多要用高渗液来补充。

体液的酸碱度电解质对渗透压、酸碱度都起作用,酸碱度在正常人的血浆 pH = 7.35—7.45 均值为 7.4(指动脉血)。动脉血、静脉血的酸碱度是有差别的,人体在运动中由于血中的 H⁺ 浓度增高,静脉血中 pH 降低,身体一般可耐受的 pH 为 6.9—7.8。血浆在维持体液的 pH 有重要的作用。主要是由于存在三个缓冲对:



例如:在一升纯水中,其 pH 值为 7.0,当加入 1 毫升的 0.01 克当量浓度的盐酸后,水溶液的氢离子浓度立即增加,pH 值降为 5.0。现在不用纯水,而改用一升由磷酸氢二钠

和磷酸二氢钠按一定比例配成的缓冲溶液,其 pH 值也为 7.0,然后同样加入一毫升 0.01 克当量浓度的盐酸,这时将见该溶液 pH 值无明显变化,其所以这样,就是因为盐酸解离时所释放的氢离子已为磷酸氢二钠所中和之故。以化学式表示如下: $\text{HCl} + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaH}_2\text{PO}_4$

血浆中的渗透压主要是 Na^+ 盐来维持,而在红细胞中主要是靠 K^+ 盐来维持。除体液中的这些缓冲液外,肺的呼吸排出的酸性产物二氧化碳和身体代谢中的各种酸性物都对维持渗透压有作用,胃也有一定的排出 H^+ 保留碱离子的能力。

血液中的血浆蛋白成份:白蛋白,球蛋白和纤维蛋白元。血浆蛋白总量为 5.63—7.88 克/100 毫升。血浆中白蛋白占主要成份,白蛋白量在 3.2—5.0 克/100 毫升。白蛋白与球蛋白、纤维蛋白相比,量大但分子量小(6900)。球蛋白分子量为 8—30 万,纤维蛋白分子量为 34 万左右(球蛋白分 α —、 β —、 γ —三种, α 中又有 α_1 、 α_2 ……分类)。白蛋白对渗透压的调节有重要作用(如水肿),正常的球蛋白的量为 2—3g/100ml,而一般的调查水肿情况下白蛋白减少而球蛋白几乎没有变化,即 A/G 倒置,在营养调查中一般要先看球蛋白和白蛋白的多少再看 A/G 的比值(白蛋白与球蛋白之比)。血浆中的纤维蛋白元起凝血作用。球蛋白又称为免疫球蛋白,它与身体抵抗力有关。

血浆中蛋白质生理功能:(1)维持正常的血浆胶体渗透压,主要是白蛋白的作用;(2)调节血液的酸碱度,如蛋白质 Na 盐中的蛋白质对调节血中酸碱度起调节作用。(3)运输作用:血浆蛋白质转运中可与某些脂类或不同的正负离子结合,也可与氨基酸结合。球蛋白对脂类及脂溶性物质的运输起转运作用。激素的转运也是与球蛋白结合。(4)免疫功能:血浆中的免疫功能是 γ 球蛋白。(5)血浆中多种酶或酸的前体是蛋白质,血浆中的凝血因子纤维蛋白元与凝血有关,其它物质也参加凝固,血浆蛋白与组织蛋白可互换,也可再补充,血浆蛋白浓度反映了机体蛋白合成和分解情况,如肝硬化病人白蛋白合成少,肾中尿排出损失增多发生 A/G 倒置。血液由血清、血浆组成。

表 1-1-2 正常人血清中的主要化学成份

总蛋白:(血清 g%)	6—7.8	Cl^- (血清毫克当量/升)	96—107
(血浆 g%)	6.2—7.9	(血清毫克%)	340—380
白蛋白:(血清 g%)	3.8—4.8	Na^+ (血清毫克当量/升)	135—148
球蛋白:(血清 g%)	2—3	(血清毫克%)	310—340
白蛋白/球蛋白	1.5—2.5	K^+ (血清毫克当量/升)	4.1—5.6
纤维蛋白元(血浆 g%)	0.2—0.4	(血清毫克%)	16—22M
非蛋白(全血 mg%)	20—35	Ca^{2+} (血清毫克当量/升)	4.5—5.8
尿素 N(全血 mg%)	9—17	(血清毫克%)	9—11.5
肌肝(全血 mg%)	1—18	无机磷(血清毫克%)	3—5
尿素(全血 mg%)	2—4	谷—丙转氨酶(单位)	9—36(金氏法)
氮 N(全血 mg%)	10—60		2—40(穆氏法)
葡萄糖(全血 mg%)	80—120		
总胆固醇(血清 mg%)	110—200	CO_2 结合率(毫升%)	45—70

归纳起来血液循环的主要功能是:1. 运输功能:完成体内物质的运输,把机体新陈代谢所需各种营养物:如蛋白、碳水化合物、脂肪、电解质等运输到身体各部分,供细胞使用,把组织细胞代谢废物排到体外 2. 维持内环境的相对稳定,如体温的调节,在代谢中体内不断产生热量,热能随水份进入血液,由于水的比热较大,对防止体温的急变有较大作用,随循环使体温均匀,向体外散发多余的热量。血液对维持内环境酸碱度的稳定也起重要缓冲作用,血浆可防止体液的 pH 急变,因此血浆中有 NaHCO_3 — H_2CO_3 ; Na_2HPO_4 —

NaH_2PO_4 、蛋白质—钠盐蛋白质等缓冲对。体内二氧化碳的排出也与酸碱度有关,二氧化碳及水的排出对调节渗透压维持体液稳定有一定的作用。3. 参与器官功能的活力调节即传递信息,使内分泌的激素经血液到组织器官(淋巴)进行调节。4. 有防御和保护作用,血浆中含多种免疫物质有抗毒素作用,如擦伤时的凝血作用也是机体的一种适应性保护作用。

1.1.3 消化生理与吸收

营养主要来自食物,食物中除水、维生素、无机盐可直接吸收外,蛋白质、脂肪、碳水化合物其结构复杂,这些有机物需消化道的加工(机械的、化学的作用)使大分子转变为结构简单的小分子物质才可通过肠粘膜进入淋巴、血液然后随血循环供组织细胞利用的物质。

人体消化道由口腔→咽→食管→胃→十二指肠→小肠→空肠→回肠→大肠组成,同时有消化腺如:唾液腺(舌下腺、腮腺、颌下腺)、胰腺等的作用。

消化道的生理功能:消化食物、营养物质的吸收以及排除食物残渣和代谢废物。

消化道的消化功能:食物在消化中的加工有机机械性和化学性。机械性的作用如:口腔中的咀嚼有混均、湿润(唾液中有 99% 的水份)和粉碎作用,使食物消化液中的消化酶的接触面增大,易下咽。

在胃、肠和消化道中主要的消化作用是化学加工,即水解作用,将蛋白质、脂肪、碳水化合物水解成结构简单的可吸收的物质。

1. 口腔中的消化 食物在口腔中的消化一般为 15—20 秒的咀嚼,并与唾液混合,唾液来自于唾液腺:(1)腮腺主要分泌浆液,即由浆细胞分泌的无色的较稀的消化液含有大量唾液淀粉酶;(2)舌下腺的粘液细胞分泌出的唾液是粘稠的粘液蛋白;(3)颌下腺分泌的介于二者中间,另外还有许多小的唾液腺。

正常人每人每天的唾液量为 1000—1500ml, pH 值近中性为 6.8—7.4,还有的在 6.6—7.1,唾液淀粉酶可将淀粉(starch)降解为麦芽糖(maltose),唾液中还含有粘液蛋白,它与水形成粘液对食物起润滑作用使食物易进入食道。唾液中还有一种溶菌酶,它可破坏细胞壁有利于杀死细菌。另外还有 Na^+ 、 K^+ 、 Al^{3+} 、硫酸盐、氯、氨等,还含球蛋白、氨基酸、尿素、尿酸等物质。唾液中的有机物、无机物占唾液的 1% 左右。唾液淀粉酶发生效应适宜 pH=7 左右, $\text{pH}<4.5$, 此时酶失活。由于 pH 近中性,而且食物在口腔中时间短,在口腔中 2—5% 的淀粉或糊精在口腔中可转化

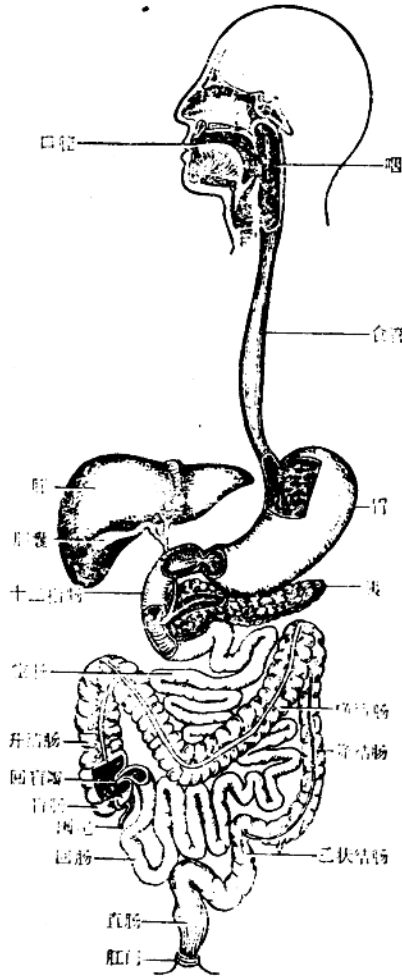


图 1-1-3 人体的消化系统

为麦芽糖(maltose)。唾液中 K^+ 的含量比血液中的要高,唾液中 K^+ 含量约为30毫克当量/升,比血液中高3—4倍,在唾液中分泌 K^+ 是由血液进入唾液,唾液中的 HCO_3^- 也比血液中高,但 Na^+ 、 Al^{3+} 比血液中的低。唾液中 Cl^- 的含量与唾液淀粉酶的活性有关,唾液中的成份与食物中的成份有关,例如:晚上吃碳水化合物多,唾液中唾液淀粉酶含量增高。唾液还可防止口腔干燥,为维持牙齿健康和口腔卫生,唾液中还存在溶菌酶。有传染病的人一般唾液减少(感冒),唾液还有冲稀冲淡有机化合物的作用。唾液中粘蛋白不但有湿润作用,还可中和胃酸,降低胃液酸度,增强胃粘膜对抗胃酸腐蚀作用。此外,唾液还有排泄作用,体内许多有机物、无机物和药物,如碘化钾、铅、汞等都可经唾液排泄,如铅中毒患者齿龈出现兰色,是铅随唾液排出而沉积的结果。

唾液的分泌是由神经系统控制:(1)非条件反射性的如:当食物刺激舌头和口腔粘膜,产生兴奋波,随神经纤维传至中枢,从而使消化腺分泌唾液;(2)条件反应性的如:看、闻、想到食物的风味,由大脑皮层产生传递兴奋波产生唾液。

食物在食道中要通过25cm长的距离大约需6—7秒,食道粘膜接受了食物的刺激产生粘液使食物容易进入胃。

2. 食物在胃中的消化过程 食物经消化道进入贲门,经胃进入胃下部与十二指肠相连的幽门,幽门中有括约肌,控制食物进入肠。胃内有一层胃粘膜,胃粘膜内有胃腺体。胃一般分两部分,贲门部和幽门部。贲门部包括胃底和胃体,其容积约占全胃的4/5,这两部分分泌胃液的细胞是有差别的。在贲门部胃粘膜上的大量胃腺体称为主细胞、壁细胞和粘液细胞,它分泌含有胃蛋白酶原(pepsinogen)它无活性,当遇到壁细胞分泌的盐酸后,胃蛋白酶原活化才转化为胃蛋白酶、水解蛋白质。

在胃粘膜的大量胃腺体中,还存在着一些分散的体积较大的数量较少的壁细胞,它的作用是分泌胃酸,因此又称之为泌酸细胞(oxyntic cell)。在分泌腺出口处,分布粘液细胞,这些粘液细胞分泌碱性粘液,保护胃粘膜细胞不受强酸的破坏,同时胃上皮细胞也不断脱落,保护了粘膜细胞免受破坏。胃粘膜壁细胞还分泌一种分子量为53000—0000的糖蛋白“内因子”,缺乏时会产生恶性贫血,这种“内因子”从细胞分泌出来后通过血液可与维生素 B_{12} 结合,从而防止了维生素 B_{12} 在消化道中被破坏,因此,这种内因子与维生素 B_{12} 的吸收有关。胃液分泌总量每天为1500ml—2500ml。胃酸的作用:使胃蛋白酶原活化,并提供酸性的环境,使胃蛋白酶发挥作用,因为胃蛋白酶原最适的 $pH=2.0$,此酶可以使蛋白质或多肽降解为蛋白胨。当 $pH=5.0$ 时胃蛋白酶的活性受到抑制。胃酸还可以使双糖(乳糖、麦芽糖、蔗糖)水解,另外胃酸还有利于钙、铁等盐类的吸收。胃酸还可以杀死细菌,当胃酸和食物进入十二指肠时,可以使肠消化液分泌,肠消化液包括肠液,胰液,胆汁等。有些患萎缩性胃炎的病人,由于胃酸的缺少,表现出腹胀、腹滞等症状,当胃酸过多时容易发生消化腺溃疡。

胃液的酸性使 pH 偏低,其 H^+ 的浓度大约是血液中的三百万到四百万倍。胃液中 H^+ 浓度为125—170毫克当量/升,而血浆中的 H^+ 离子浓度为0.00005毫克当量/升。壁细胞产生如此高的胃酸是耗能的,能量来源是胃粘膜上的ATP酶降解ATP而提供的。