

临床核医学讲义

下 册

四川医学院核医学教研室

1 9 8 4

第一篇 临床部份

第一章	内分泌系统	1
第一节	甲状腺功能测定	1
第二节	甲状腺显象	55
第三节	肾上腺显象	77
第二章	中枢神经系统	89
第一节	脑显象	89
第二节	脑血管造影	112
第三节	脑脊液间隙显象	117
第三章	心血管系统	130
第一节	心放射图及其临床应用	131
第二节	心肌显象	139
第三节	心脏血池显象	143
第四节	心血管动态 γ 显象	152
第四章	呼吸系统	172
第一节	肺部生理复习	172
第二节	肺灌注显象	176
第三节	肺通气功能测定	183
第四节	气溶胶吸入显象	191
第五节	临床意义	194
第五章	消化系统	198
第一节	胃肠血池丢失、蛋白丢失及脂肪吸收的测定	198
第二节	食道、胃肠的内标显象	205
第三节	肝显象	227

第四章	胆道系显象	253
第五章	胰腺显象	266
第六章	泌尿系统	273
第一节	肾脏功能测定	273
第二节	肾显象	298
第三节	放射性核素肾的动态检查	312
第七章	骨显象	316
第八章	血液及造血系统	334
第一节	血液细胞的标记	334
第二节	红细胞动力学研究(铁代谢及红细胞生成)	337
第三节	红细胞寿命和红细胞破坏场所的测定	350
第四节	红细胞生成及寿命的联合测定	361
第五节	骨髓显象	365
第六节	脾显象	373
第九章	其他脏中	381
第一节	胎盘显象	381
第二节	淋巴结显象	391
第十章	放射性核素在医疗中的应用	398
第一节	全身给药法	398
一、	放射性 ¹³¹ 碘在医疗中的应用	398
二、	放射性 ³² 磷在医疗上的应用	424
第二节	放射性胶体治疗	434
第三节	放射性核素敷贴疗法	454
第四节	动脉内注入放射性大分子胶体物医疗法	463

第五节	淋巴管内注射法	469
第六节	中子俘获疗法	470
第七节	^{252}Cf 在治疗中的作用	472
第十一章	放射病	474
一.	高速电离辐射对机体的作用	474
二.	放射病	476

第一篇 临床部份

第一章 内分泌系统

第一节 甲状腺功能测定

放射性核素检查甲状腺功能的方法种类繁多，其基本原理都是反映甲状腺生理过程中的某一环节。

一、甲状腺的生理与调节

甲状腺是人体内重要的内分泌腺体之一，位于甲状软骨的两侧，左右侧各一叶，中间有一峡部相连呈蝴蝶形，个别两侧中间即峡部上方有一小的锥形状（又叫锥叶），甲状腺重约20-40克，平均约在27-30克左右。（正常成年人重量约为体重的0.05-0.06%），整个腺体被结缔组织分割成许多小叶，每个小叶又是由无数腺泡构成。腺泡是甲状腺的结构及功能的基本单位，腺泡壁是由一群立方上皮细胞组成，该细胞能制造及分泌甲状腺激素。甲状腺激素是以甲状腺球蛋白的形式储存在泡腔内，泡腔内的内容物呈胶状。因此甲状腺是细胞外贮存激素的内分泌腺体。甲状腺的功能也是在中枢神经系统和液体调节下进行的。

甲状腺有如下的作用：

(一) 聚碘的作用

甲状腺有摄取和浓聚碘的能力。摄取碘量与环境中的含碘量有密切关系。

碘的来源：主要是食物及饮水中的碘，呼吸道或皮肤进入体内量极少，少量是来自甲状腺激素分解过程中脱碘离子。

2.

正常情况下，口服碘化物后，3-6分钟开始吸收，1-2小时约75%的碘被胃肠道吸收，3小时后几乎完全吸收。有些有机碘可直接吸收，另一些有机碘（如碘化酪氨酸）或碘剂，需分解为碘化物后才能被吸收，碘被吸收后进入血液，绝大部分被甲状腺摄取，甲状腺中碘的浓度一般较血浆内的浓度要大25~50倍，如当TSH（促甲状腺激素）及长效甲状腺刺激素（LATS等）刺激时，便摄取碘的要多增加，甲状腺内的碘为全身总碘量的1/5。其它组织，如唾液、胃粘膜、乳腺、脉管膜、皮肤、骨骼、肌肉含有少量的碘。

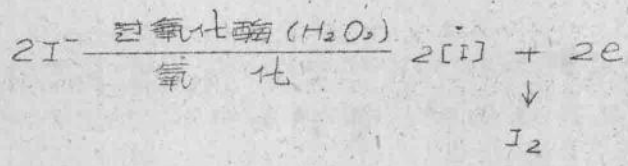
甲状腺内的碘离子与血浆内的碘离子能够自由交换，甲状腺中碘的浓度较血浆内的浓度大，由于甲状腺细胞内负电性较组织间液，碘进入甲状腺是逆浓度梯度及电位差进行的，摄取碘速度快，绝不是简单的扩散过程。有的认为腺体内有一套专门转运碘的机构——“碘泵”能够使碘从细胞外主动地摄入细胞内，从实验证明，碘的主动转移过程要消耗能量，并与细胞呼吸密切相关，但对“碘泵”的本质尚不十分清楚。

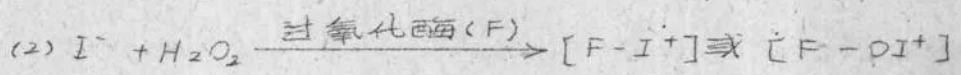
如用氰化物时，抑制细胞呼吸，二硝基酚可使氧化磷酸化解耦后，碘的主动转移即遭破坏。 SCN^- 、 ClO_4^- 、 NO_3^- 等阴离子与碘转移有竞争作用，如给大剂量 SCN^- 或 ClO_4^- 可使腺内碘释出，并阻止从血浆中摄取碘离子。

(二) 甲状腺内有有机碘化物的合成:

1. 浓聚在甲状腺上皮细胞内的碘，必须首先转化为“活性碘”，然后才能使甲状腺球蛋白中的酪氨酸残基进行碘化。

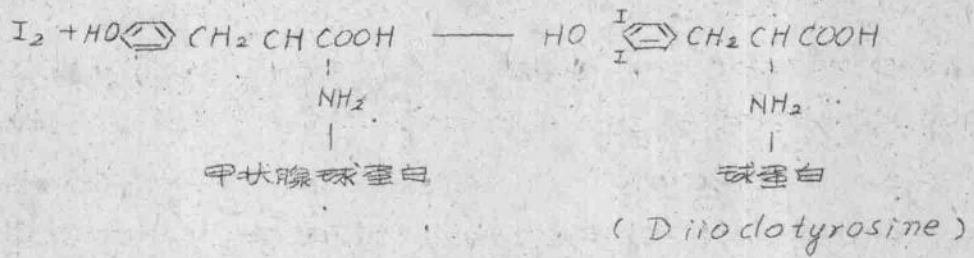
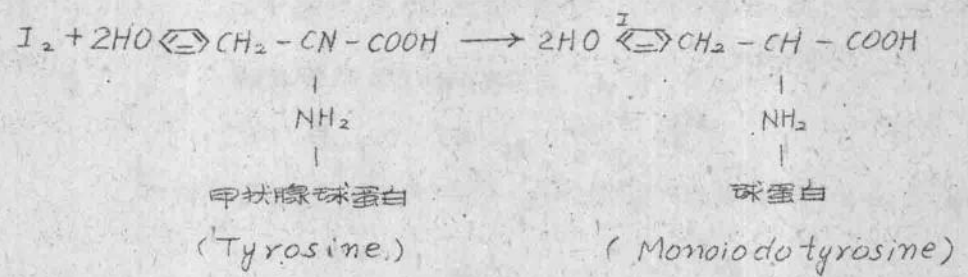
(1) 碘化物氧化为新生态碘或活性碘迅速氧化为碘分子。





2. 酪氨酸碘化:

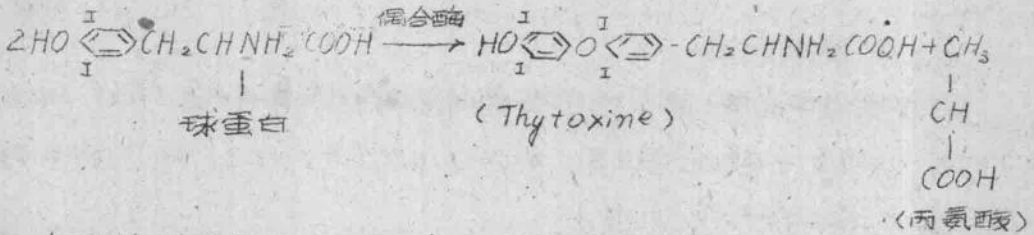
将碘与甲状腺蛋白内的酪氨酸结合借碘化酶 (iodinase) 的作用, 生成一碘酪氨酸 (monoiodo tyrosine) 和二碘酪氨酸 (diiodotyrosine)



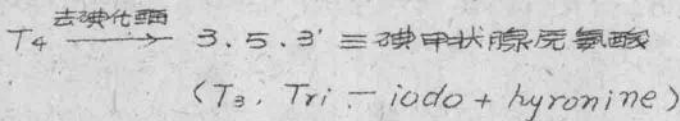
有机碘化发生在细胞的腺胞一侧与胶质交界处, 它受TSH刺激甲状腺合成激素, 并将它分泌到血循环中去, 也受硫脲类药物, 抗甲状腺药物, 磺胺类药物及保泰松 (Phenylbutazone) 等抑制。如有大量碘剂, 可抑制酪氨酸的碘化, 使激素合成受阻。还受细胞内Vit_C及还原型谷胱甘肽的调节。

3. 甲状腺素 (T₄) 和三碘甲状腺氨酸 (T₃) 的生成: 是通过偶联作用, 当T₁, T₂形成后, 紧接着就缩合成T₄及T₃。由于甲状腺球蛋白 (Thyroglobulin) 内找不到不含碘的甲状腺氨酸核 (Thyronine nucleus) 因此可以肯定T₃, T₄是由T₁, T₂缩合而产生的, 而不是先合成甲状腺氨酸而后碘化的。

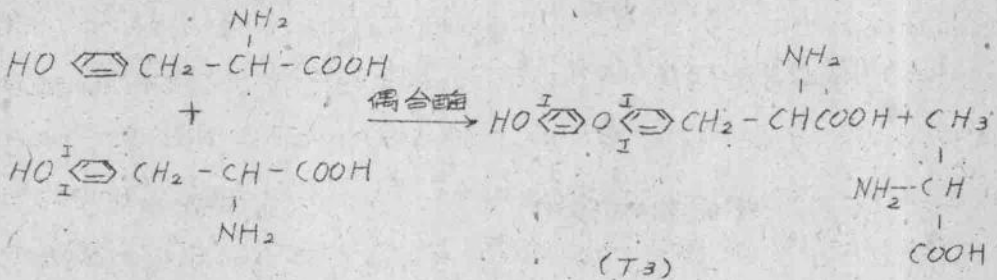
两个双碘酪氨酸在酶系统作用下, 可得合成甲状腺素 (Thyroxine) 简称T₄。



在去碘化酶的作用下，可使T₄去碘而成为T₃



或者由一个单碘酪氨酸和一个二碘酪氨酸偶合而成。



T₃、T₄ 与甲状腺球蛋白结合，贮存在滤泡胶质中，所以可将甲状腺球蛋白视为这些有机碘化物的基质。也是它们的贮存中，甲状腺球蛋白是腺细胞内合成，也是腺泡内“胶质”的主要成份，甲状腺球蛋白是一种糖蛋白 (glycoprotein)，分子量为66万，它保持完整的四聚体结构，可使其分子中某些酪氨酸残基具有一定空间位置，这就是酪氨酸残基的碘化和碘化酪氨酸残基的联结提供了必要条件。

(三) 贮存

已经合成T₃、T₄的甲状腺球蛋白经胞溢作用排至腺泡腔中储存，腺泡腔贮存甲状腺球蛋白的能力很强，在正常情况下，它不存在于血液中，而存在甲状腺滤泡腔内。只有在甲状腺炎、甲状腺肿瘤、¹³¹I碘治疗后及外科手术切除的腺体中，由于甲状腺滤泡

结构发生改变。甲状腺球蛋白可出现在血清中。按正常每日分泌量计算，贮存的甲状腺激素可供机体利用 50-120 天左右，故在甲亢时，用抗甲状腺药物来抑制甲状腺激素的生成，所以需要相当长的时间，才能收到疗效。

(四) 分泌:

当腺体受到促甲状腺激素 (TSH) 的刺激后，腺上皮细胞顶端向胶质中伸出伪足，把腔腔中的胶质胞饮于细胞内，并形成含有甲状腺球蛋白的小体，小体向腺细胞的基底部移动，并与溶酶体融合，于是甲状腺球蛋白被溶酶体中的蛋白酶水解，可分解为游离的 T_1 、 T_2 、 T_3 及 T_4 这些低分子物质经扩散作用，从溶酶体内到达腔液中。此时， T_1 、 T_2 即被去碘化酶脱碘，脱下来的碘可被甲状腺再利用，这即为碘的甲状腺再循环，但去碘化酶对 T_3 、 T_4 在甲状腺内及人体周围组织内不起作用，由于甲状腺球蛋白的水解，使细胞内局部的 T_3 、 T_4 浓度升高，而有利于从细胞的基底部，排泄到毛细血管，而进入血液循环中。从表 I 中可见，正常甲状腺释放的激素主要是 T_4 而 T_3 很少，正常甲状腺血液循环中， T_4 的浓度为 T_3 浓度的 3 倍。人体内 T_3 主要来自 T_4 在外组织 (肝) 中的脱碘，转换而来，少部分是从甲状腺合成分泌的。

甲状腺激素被分泌进入血液循环后，游离的甲状腺激素很少，绝大部分立即与血清蛋白和其它物质 (如红细胞) 相结合，血清中主要有三种携带甲状腺激素的蛋白质。

1. 甲状腺素结合球蛋白 (thyroxine binding globulin) 简称 TBG.

它位于 α_1 、 α_2 球蛋白之间的一种球蛋白，是血清中结合甲状腺激素的主要成分，分子量为 59000，在血清中浓度约为 1.5 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ ，TBG 对 T_4 、 T_3 亲和力很强，尤其对 T_4 结合得较牢固，它能结合约 60-70% 的 T_4 、 T_3 亦主要与 TBG 结合。(

图表I

正常人 T₄ 与 T₃ 比较

项 目	T ₄	T ₃
血清浓度	4 - 11	0.1 ~ 0.75
与蛋白结合的亲和力	较大	较小
在血液中的存在形式 来源及每日产生量	占血液中T ₄ 的0.03%的 3ng/100ml 甲状腺分泌 每日80μg	占血液中T ₃ 的0.3% 约1.5ng/100ml 甲状 腺分泌每日5μg和 在组织中由T ₄ 脱碘 转变成T ₃ 每日27μg 总共每日30μg
降解率	每日80μg (其中1/3在 外周组织中转变为T ₃)	每日30μg
半衰期	5 - 6天	24小时
更新率	每日占T ₄ 的12-13%	每日占T ₃ 的75%
在体内的分布容积	10升	40升
清除率(外周池)	1升/日	24升/日
体内总量(甲状腺除外)	800μg	48μg
生物效应力比例	1	1
对机体的生物效应	1	1
通过胆道能力	慢, 不完全	快, 较完全

约占65-70%的T₃), 但结合不如T₄结合牢固, 且易被T₄取代。

某些药物(如苯妥因钠等)与T₄有竞争性结合TBG的能力, 可形成血中总[T₄]降低。

2. 白蛋白 (albumin), 简称 ALB

它的结合容量大, 但与甲状腺激素的亲合力差, 大约 20% 的 T_4 及小部分的 T_3 与它结合, 其生理学的重要性较小。

3. 甲状腺素结合前白蛋白 (Thyroxine binding Prealbumin) 简称 TBPA。

它位于白蛋白前, 分子量 64000 ~ 70000, 是杆状蛋白, 它的浓度比 TBG 大 20 倍, 结合容量大, 但结合 T_4 的数量仅为 TBG 的一半左右, 对 T_4 的亲合力比 TBG 小, 只有 10% 的 T_4 与它相结合, TBPA 通常是不与 T_3 相结合的, 而有人发现 T_3 也可与 TBPA 结合, 在 TBG 浓度低时, 那么 T_3 与 TBPA 结合率可提高到 30%。

抑酸类的药物, 胍雷素可与 T_4 竞争 TBPA, 可形向性的 T_4 稍有降低, 巴比妥缓冲剂可抑制甲状腺素与 TBPA 相结合, 当急性疾病时, TBPA 结合容量急速降低, 结果使游离激素含量增高, 以供甲状腺素的紧急需要。

另外, T_4 也和 α_2 和 β_2 脂蛋白相结合, 少量的 T_4 、 T_3 能与红细胞结合, 但结合不牢固, 不能被红细胞利用或破坏。

由于蛋白质分子很大, 与蛋白质结合的 T_4 或 T_3 无生理活性, 只有游离的 T_4 及 T_3 才能穿透到组织内聚集到组织结合蛋白 (tissue-binding Protein) 内起生理作用。一般认为甲状腺激素对组织可起刺激代谢及氧消耗 (Oxygen consumption) 的作用, 亦形向蛋白质合成, 脂肪酸转换 (turn over) 及其它多种代谢过程, 游离 T_3 的生理作用比 T_4 大 3-5 倍以上。

甲状腺激素在载体蛋白中的分布见图 1, 结合与游离之间的分布取决于:

- ① 各种载体蛋白的浓度。
- ② 它们对甲状腺激素的亲合力。
- ③ 甲状腺激素在血浆中的浓度, 它们彼此之间是相互依赖

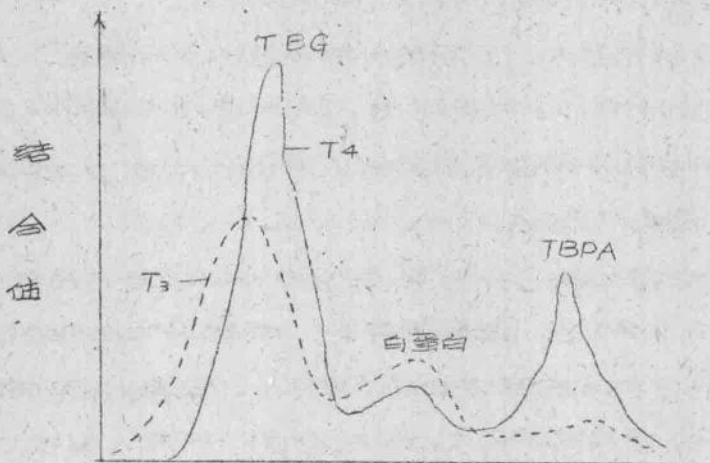


图1 T₄和T₃在结合蛋白中的分布

和相互平衡的，很多因素可以影响这些蛋白质对甲状腺激素的亲和力，如某些遗传因子，可使TBG增多或减少，雌性激素使TBG增多，TBPA减少，雄性激素使TBG减少，TBPA增多。

出入血液循环的甲状腺激素主要与血浆中上述蛋白相结合，故有血浆蛋白结合碘（PBI）之称，PBI的浓度代表血浆中甲状腺激素的总量，甲亢时此值升高，甲低时此值降低。

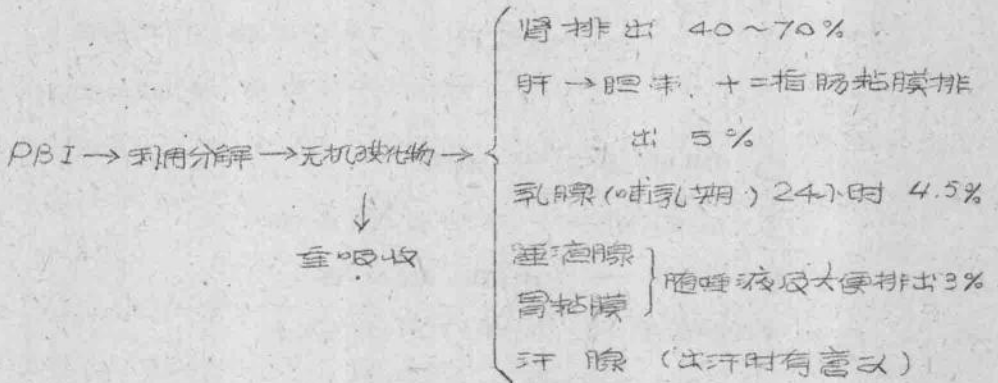
正常入血液循环中甲状腺激素的主要成分是T₄，其含量为4—11μg/1000ml血浆中，其游离的T₄只占1/2000以下，均为总T₄的0.018~0.064%，相当3ng/100ml血清，T₄游离部分的数值与PBI的乘积称为绝对游离T₄浓度。

(五) 甲状腺激素的分解和排泄：

血浆蛋白结合碘随血液循环到全身各组织，很快地与蛋白分离进入细胞膜内，参与特有的生理作用，含碘的甲状腺激素经组织吸收应用后被分解，大部分在肝脏破坏，肝脏对激素有去碘、去氨基、转氨基和结合作用，部分有机碘由胆汁排泄到肠道，受细菌的作用，使其结合部分破坏，游离出的T₄可在吸收到血液中，此即为T₄的肝肠循环。

T₄ 在胆汁中是以葡萄糖苷酸盐 (glucuronide) 化合物形式存在，而不是游离的 T₄，也有一部分随大便排出，小部分以硫酸盐 (Sulphate) 形式排泄到胆汁内，大部分重吸收。

分解后的碘绝大部分以无机碘化物形式出现，游离碘进入血液循环中，再次被甲状腺摄取，重新合成甲状腺激素，未被利用的部分，大多经肾脏由尿排出，大便排碘量取决于碘化物口服后吸收的程度、肝功能、肠蠕动及大便量。乳腺组织也能排泄碘化物，它是以单碘酪氨酸的形式从乳汁中排出，唾液腺及汗腺可排出微量的碘化物。

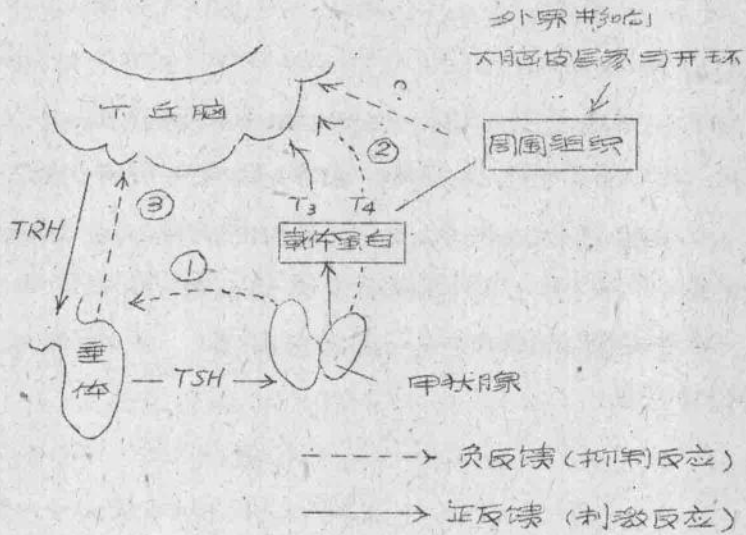


(六) 甲状腺激素分泌的控制及调节:

1. 垂体学说:

调节甲状腺激素分泌的系统及反馈系统由三部分组成，下丘脑分泌 TRH (thyropin releasing hormone) 藉门脉系统与垂体沟通，作用于垂体前叶有关细胞膜 (thyrotroph cell membrane) 的特异受体，激活腺苷酸环化酶，使环磷酸腺苷增多，使垂体的促甲状腺激素 (TSH) 释放出，而作用在甲状腺细胞膜中的特异受体，刺激碘化物的摄取，碘的有机作用，甲状腺球蛋白的分解，还刺激甲状腺激素分泌，使甲状腺释放 T₄、T₃ 进入血管内；可增加甲状腺细胞的大小和数目，引起毛细血管扩张，增加血流量，减少滤泡内之胶体等。

圖2為下丘腦—垂体—甲狀腺軸示意圖。



- ① 周圍腺體 — 垂体
- ② 周圍腺體 — 下丘腦 (長反饋)
- ③ 垂体 — 下丘腦 (短反饋)

當血中 T₄, T₃ 的濃度增高時：抑制 TSH 的分泌

稱為負反饋 (negative feedback)

當血中 T₄, T₃ 的濃度降低時：刺激 TSH 分泌增加

稱為正反饋 (positive feedback)

上述過程稱為反饋 (如圖2所示)。正常情況下，血中甲狀腺激素水平的穩定性是由 TRH → TSH → T₄, T₃ 反饋系統和甲狀腺結合蛋白系統共同來維持的。故垂體與甲狀腺有相互制約的關係。

2. 自身免疫學說：

① 在血中找到放效甲狀腺刺激素 (LATS)。其生理特性和 TSH 很相似，其作用機制與通過第二信使 CAMP 起作用的。LATS 是一個 s-IgG，它不是來自垂體的，而對人的甲狀腺微粒體 (Microsome) 有亲和力。

② 有抗甲状腺免疫球蛋白 (TSS)

③ 有甲状腺自身抗体

④ 细胞免疫等。

目前, 对自身免疫情况还在进一步的发展中。

综上所述, 甲状腺与碘代谢有密切关系, 碘与放射性 ^{131}I 、 ^{125}I 有相同的理化性质, 但放射性碘具有发射 β 、 γ 射线的特点, 可用放射性碘来测定甲状腺功能, 主要根据碘代谢的三个过程:

① 甲状腺浓聚放射性碘的能力。

② 甲状腺合成及分泌甲状腺激素的能力。

③ 放射性碘在尿中的排泄量及排泄速度, 这主要与碘的摄取有关, 但仍然是间接了解甲状腺对碘的摄取能力。

二、反映甲状腺吸收无机碘功能的试验

(一) 甲状腺吸收 ^{131}I 碘率测定

1. 原理

甲状腺与碘代谢有密切关系, 且具有选择性聚集碘的能力, 碘进入人体后, 被甲状腺吸收的速度和数量取决于甲状腺机能状态。

放射性碘口服进入人体后, 与非放射性碘一样, 同样参与其生理代谢过程, 由于放射性碘具有放射性 γ 射线特点, 在体外可用核仪测定甲状腺浓聚 ^{131}I 碘的速度与数量, 从而可以了解甲状腺的功能。

2. 病人准备:

为了得到可靠的结果, 测定前必须详细询问病人, 根据下列情况, 停用一定的时间后, 方能作此测定。

(1) 含碘的内服西药, 及 α - γ 荧光形剂;

(2) 含碘的中药, 及其中成药等;

(3) 含碘的外用药 (碘甘油, 含碘足癣药水, 碘酊等)。

(4) 含碘量高的食物，如海产或食物等；

(5) 甲状腺激素，及其它激素类，如ACTH、TSH、及口服避孕药等；

(6) 其他内服药（如磺胺类、溴剂、及其它镇静剂、祛痰药等）。

3. 方法：

(1) 盖格管法：

① 空腹口服 Na^{131}I 2 μCi (2-1小时后方可进食)

② 服药后4、6、24小时测定之。

a. 测本底放射性

b. 将盖格 γ 计数管直接横置在甲状腺中央部位皮肤处测甲状腺部放射性。

c. 测标准源放射性（用直径约2cm小碟盛 ^{131}I 2 μCi — 此量与病人服药量相同 — 距计数管1cm处测定之）。

以上每项测定1-3分钟。

③ 计算：

$$\text{甲吸}\% = \frac{\text{甲状腺计数} - \text{本底}}{\text{标准源计数} - \text{本底}} \times 100\%$$

(2) 闪烁计数管远距离测定法：

由于盖格管法测定结果易受位置 and 甲状腺形状、大小的几何条件的影响，因此，现普遍采用闪烁计数管远距离测定甲状腺吸 ^{131}I 碘率的方法。所测结果仅代表甲状腺的相对吸 ^{131}I 碘率，不能反映出甲状腺的实际吸 ^{131}I 碘率。

① 仪口要求：

采用国际原子能机构 (International Atomic Energy Agency) (简称 I. A. E. A) 推荐：

晶体中 $2.5\text{cm} \times 2.5\text{cm}$ ，晶体与颈距 $20 \sim 30\text{cm}$ ，铅准直口视野直径 $12 \sim 15\text{cm}$ ，闪烁计数口须置于准直口内，准直口铅层的

厚度不应小于 4 cm，以防止甲状腺周围放射性对测量的影响。准直孔应呈张角型或圆柱型，具有足够的宽度，以整个甲状腺部位测量在视场内，而不包括过多的甲状腺周围组织。当甲状腺放射源移至铅准直孔内层延长线上时，即距中心轴为 R 时，探测效率不应低于中心点的 90%；继续外移达到 $1.2R$ 时，探测效率应低于中心点的 50%，继续外移达到 $1.4R$ 时，探测效率应低于 5%；在与中心轴垂直部位，探测效率应低于 1%；在与中心轴反方向距晶体后表面 1 米处，探测效率应小于中心点计数的 15%，如图 3 准直孔设计要求，及铅准直孔反应曲线。

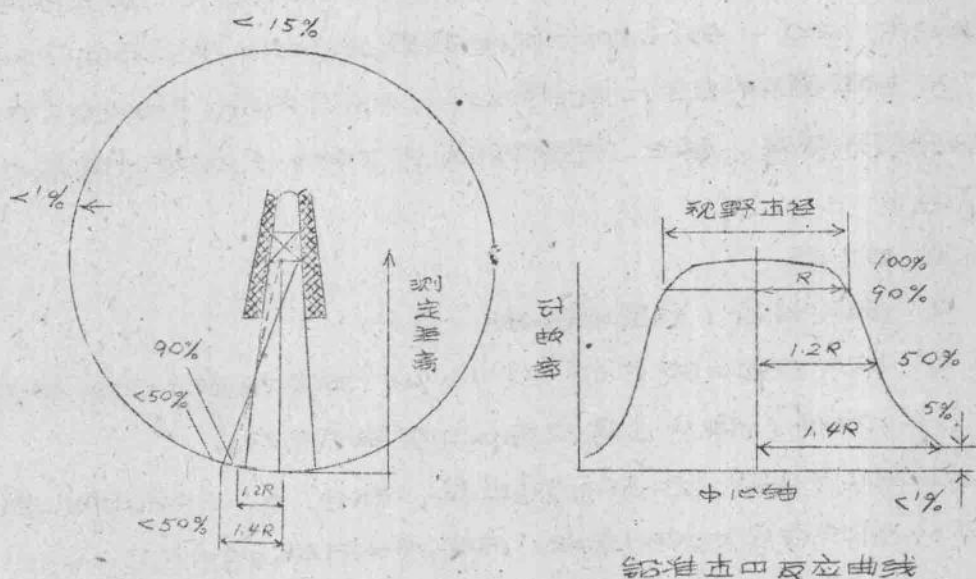


图 3 铅准直孔设计要求

根据此标准设计的准直孔进行测量，实际上只有源处在视野为 $2R$ 的圆锥体内的放射性才被记录，在此以外的其它地方的放射性则不能被记录，测量时，应使用单道脉冲分析器，如无脉冲选择计数装置，可把鉴别器置于 280 KeV 或在碘化钠晶体前，表面加一块厚为 1.5 mm 的铅滤片，以减少散射线的影响。