

鐵DRI之修訂說明

作者：蕭寧馨 劉奕方

報告者：輔仁大學營養科學系 劉奕方 助理教授

主辦單位：衛生福利部國民健康署

協辦單位：輔仁大學學校財團法人輔仁大學

本活動經費由國民健康署運用菸品健康福利捐支應

專家審查委員名單

➤ 計畫主持人：

駱菲莉副教授

➤ 礦物質增（修）訂專家委員群名單：

蕭寧馨教授、潘文涵教授、

董家堯助理教授、許珊菁助理教授、

劉奕方助理教授

➤ 第八版鐵修訂委員群：

蕭寧馨教授、劉奕方助理教授

各國資料與文獻收集

➤ RDA & UL :

- WHO、美加、歐盟、中國

➤ 新增文獻 :

- 重要人體實驗 + 近代研究 + 經典文獻

鐵修訂的重點

各年齡維持不變

0-12月 嬰兒：成長需要量

≥ 1歲：RDA

UL 不變

增列鐵同位素追蹤評估人體生理鐵需要量的依據

補充國人研究的重要數據與資料

- 國人鐵營養數據：國民營養調查及孕期調查最新資料
- 討論各孕期的鐵建議攝取量及修訂孕哺期的UL
- 國際比較

鐵DRI 訂定的原理

➤ 嬰兒 (1歲以內) :

- 根據成長需要鐵量
- 不訂UL

➤ 一歲以上：採因子加算法，依據生命期各階段的生理特徵，計算各項鐵代謝利用之需求量

- 鐵需要量= 基礎失鐵量 + 成長（組織及血液）需鐵量
- 生育年齡女性：基礎失鐵量 + 成長需鐵量 + 月經鐵流失量

➤ UL = 風險評估原則

- 危害鑑證
- 劑量反應：採用人體數據

各年齡層鐵的建議攝取量

年齡 (歲)	RDA* [2017 (第七版) , 2020]	年齡 (歲)	RDA* [2017 (第七版) , 2020]
0月# -	7	10 -	15
7月# -	10	13 -	15
1 -	10	16 -	15
4 -	10	19-50	M: 10 ; F: 15
7 -	10	≥51	10
		懷孕	1 st : + 0, 2 nd : + 0, 3 rd : + 30
		哺乳	+ 30

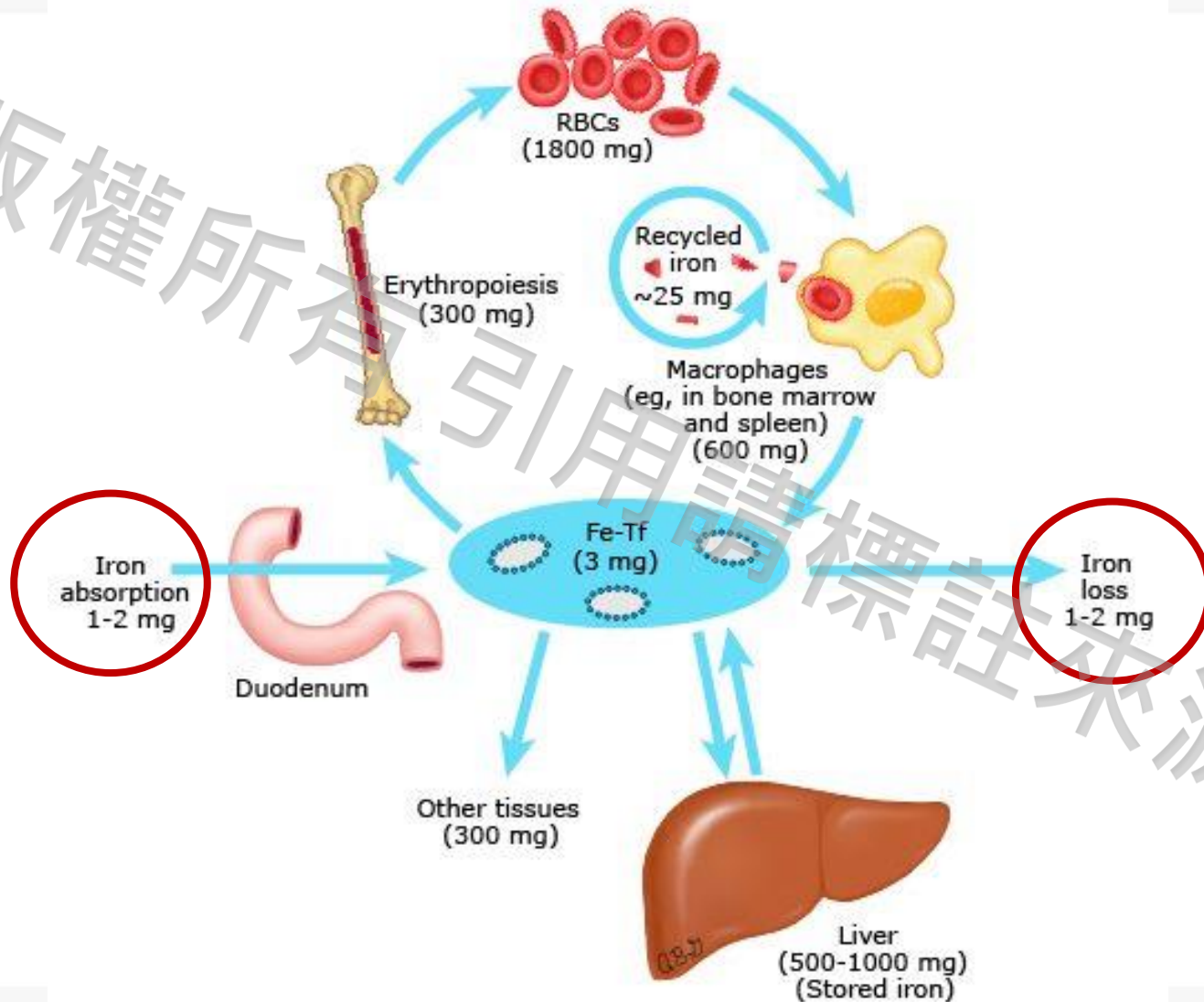
* 單位：mg/d

AI

Function of iron in the body

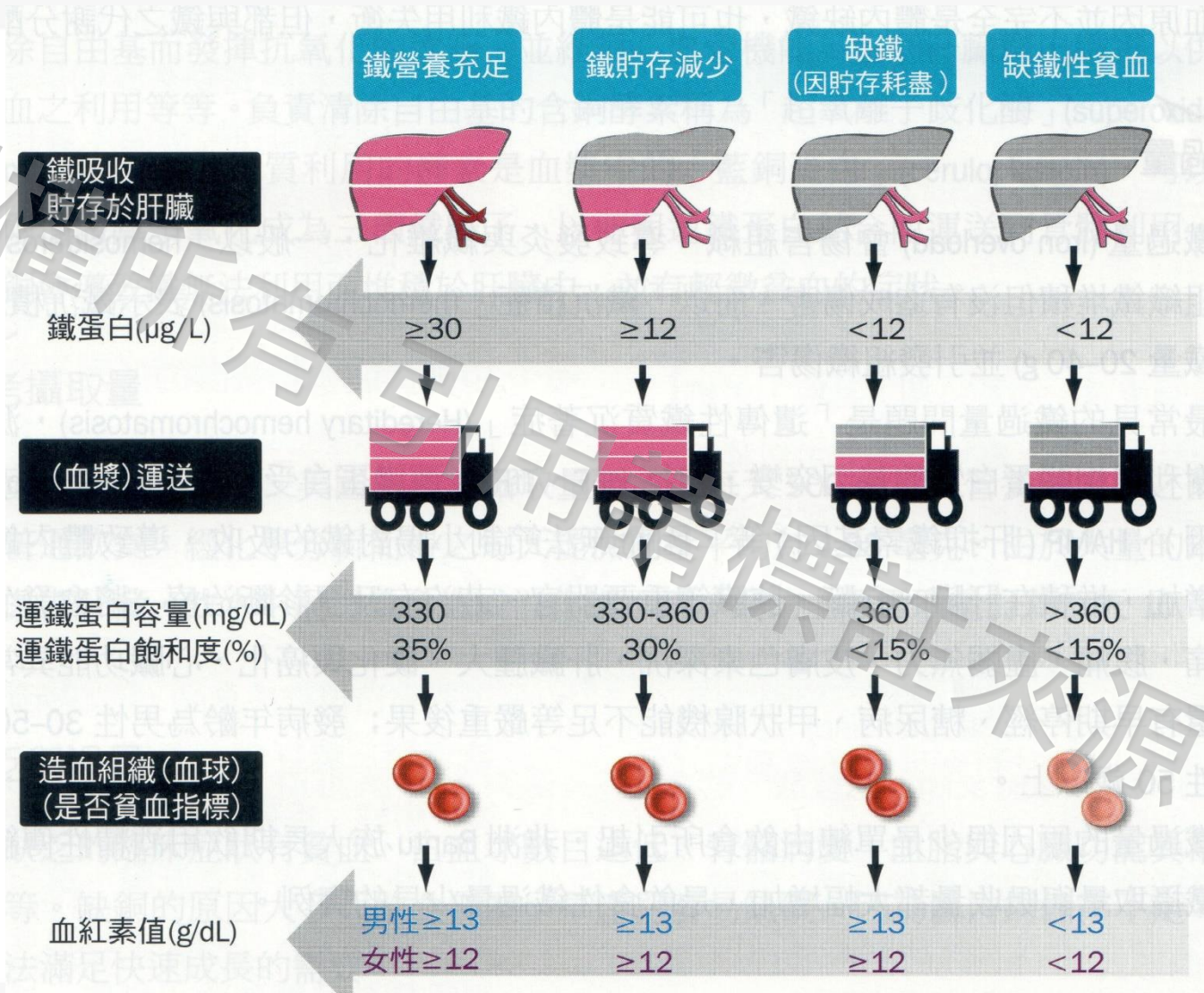
- **One of the essential minerals or elements need for the human body**
- **Functions:**
 - **Oxygen carrier: hemoglobin, myoglobin.**
 - **Cofactor for enzymes participates in reactions involving energy production, amino acid metabolism, muscle function.**
 - **Cognitive function:**
 - ✓ **Nerve cell protection: iron helps produce myelin sheath**
 - ✓ **Nerve cell communication: iron helps produce neurotransmitters**
 - **Immune function**
 - **Maintain healthy cell division**

Normal physiology of iron homeostasis



鐵營養生理變化與血液鐵指標的關係

鐵儲存



鐵運送

鐵功能

缺鐵高風險族群

Personal impact of iron deficiency



Newborn

Low birth weight, higher risk of fetal death or abnormalities.

Infant

Alteration in brain function, increased risk of infection and death.



Children

Poor exercise tolerance and school performance.



Adult

Poor productivity, cognitive and behavioural problems.



Pregnancy

Higher risk of pre-term delivery, retarded IUG, $\leq 5x$ maternal mortality.

Reference: Zhang Y, Jin L, Liu JM, Ye R, Ren A. J Pediatr. Maternal Hemoglobin Concentration during Gestation and Risk of Anemia in Infancy: Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial. 2016.

缺鐵的後果

表 14-11 缺鐵的各階段

邊緣性或早期缺鐵

- ↓ 鐵攝取量
- ↑ 鐵喪失量
- ↓ 鐵存量
- ↑ 轉鐵蛋白受體
- 無明顯症狀

中度缺鐵

- 鐵存量耗盡
- ↓ 工作 / 運動能力
- ↓ 免疫功能
- ↓ 鐵運送量

嚴重缺鐵或缺鐵性貧血

- ↓ 血紅素與紅血球合成 (貧血)
- ↓ 氧運送量
- ↑ 疲乏
- 工作 / 運動表現欠佳
- ↑ 感染機會
- ↓ 兒童生長與認知發展
- ↑ 死亡率

Factors influencing dietary iron absorption

- **Body's iron needs and stores**
- **Form of iron (heme and non-heme) food eaten, and total amount consumed**
- **Gastric acid helps to form soluble ferrous chelates.**
- **Vitamin C helps to reduce ferric to ferrous form**
- **Factor that hinder non-heme absorption such as phytate, oxalate, tannic acid forming insoluble complexes with iron**
- **Mineral interaction**

鐵吸收率/鐵利用率

➤ FAO/WHO建議一日飲食類型

- 低吸收率5%：純素食者。
- 中吸收率10%：植物性食物為主，含大量的穀類、蔬菜，搭配適量肉、魚及維生素C。
- 高吸收率15%：含大量動物性食物，並含豐富維生素C。

➤ 美國以人體實驗證據，non-heme Fe: 16.8%；heme Fe: 25%。以18%為吸收率。

➤ 中國使用雙標鐵穩定同位素追蹤人體實驗，建康成年男性，膳食提供12.8 mg Fe，平均吸收率為10.45%

台灣沒有人體鐵吸收率的資料，故採FAO/WHO中度Fe吸收率10%



嬰兒與十歲以內兒童鐵建議攝取量之故算

年齡	體重 (kg)	體重增加量 ^b (kg)	身體含鐵量 ^c (mg/kg)	成長需鐵總量 (mg)	每日成長需鐵量 ^f (mg/day)	基礎失鐵量 ^g (mg/day)	鐵生理需要量 ^h (mg/day)	EAR ⁱ (mg/day)	RDA 估計值 ^j (mg/day)	RDA (mg/day)
0 - 6 m	6	3	- ^a	1 mg/kg/d ^d	-	-	-	-	6.0	7
7 - 12 m	9	3	38	114 mg	0.63	0.32	0.95	9.5	12/9.0 ^e	10
1 - 3 歲	13	4	39	156	0.14	0.46	0.60	6.0	7.8	10
4 - 6 歲	20	7	40	280	0.26	0.38	0.63	6.3	8.2	10
7 - 9 歲	28	8	41	328	0.30	0.48	0.78	7.8	10.2	10

^a ‘-’ 表示不適用。

^b 體重增加量為相鄰年齡層之體重差值

^c Smith and Rios (1974)⁽⁶³⁾.

^d 成長需鐵總量 = 體重增加量 × 身體含鐵量

^e NRC (1989) 建議為每公斤體重每天 1 mg，乘以體重而得⁽²⁵⁾

^f 每日成長需鐵量 = 成長需鐵總量 ÷ 成長期日數，7 - 12 個月之成長日數以半年天數計算，1 - 3 歲、4 - 6 歲、7 - 9 歲之成長日數以三年天數計算

^g 基礎失鐵量 7 - 12 個月與 1 - 3 歲採 0.035 mg/kg × 體重 (Stekel, 1984)⁽⁶⁰⁾；4 - 6 歲開始採用 65 公斤成人失鐵量 0.91 mg/day^(7,8)，依代謝體重比例換算；每一年齡層之代謝體重比例 = (該年齡體重/65)^{0.75}

^h 鐵生理需要量 = 每日成長需鐵量 + 基礎失鐵量

ⁱ 飲食鐵可用率採 10%，EAR = 鐵生理需要量 ÷ 10%

^j 分布變異度以 CV = 15% 計算

十歲以上男性鐵建議攝取量之估算

年齡 (歲)	體重 (kg)	體重 增加量 ^a (kg)	身體 鐵含量 ^b (mg/kg)	成長 需鐵總量 ^c (mg)	每日成長 需鐵量 ^d (mg/day)	基礎 失鐵量 ^e (mg/day)	鐵生理 需要量 ^f (mg/day)	EAR ^g (mg/day)	RDA 估計值 ^h (mg/day)	RDA (mg/day)
10 - 12 歲	38	10	41	410	0.37	0.61	0.98	9.8	12.8	15
13 - 15 歲	55	17	46	782	0.71	0.80	1.52	15.2	19.7	15
16 - 18 歲	62	7	46	322	0.29	0.88	1.17	11.7	15.2	15
19 - 30 歲	64	2	48	96	0.09	0.90	0.99	9.9	12.8	10
31 - 50 歲	64	0	48	0	0	0.90	0.90	9.0	11.7	10
51 - 70 歲	60	0	48	0	0	0.86	0.86	8.6	11.1	10
71 歲 -	58	0	48	0	0	0.84	0.84	8.4	10.9	10

^a 體重增加量為相鄰年齡層之體重差值

^b FAO/WHO (1988)⁽⁶²⁾

^c 成長需鐵總量 = 體重增加量 × 身體含鐵量

^d 每日成長需鐵量 = 成長需鐵總量 ÷ 成長期日數，日數以三年天數計算

^e 基礎失鐵量採用 65 公斤成人失鐵量 0.91 mg/day^(6, 7)，依代謝體重比例換算；每一年齡層之代謝體重比例 = (該年齡體重/65)^{0.75}

^f 鐵生理需要量 = 每日成長需鐵量 + 基礎失鐵量

^g 飲食鐵可用率採 10%，EAR = 鐵生理需要量 ÷ 10%

^h 分布變異度以 CV = 15% 計算

十歲以上女性鐵建議攝取量之估算

年齡 (歲)	體重 (kg)	體重 增加量 ^a (kg)	身體 鐵含量 ^b (mg/kg)	成長 需鐵總量 (mg)	每日成長 需鐵量 ^d (mg/day)	基礎 失鐵量 ^e (mg/day)	月經 失鐵量 ^f (mg/day)	鐵生理 需要量 ^g (mg/day)	EAR ^h (mg/day)	RDA 估計值 ⁱ (mg/day)	RDA (mg/day)
10 - 12 歲	39	11	41	451	0.41	0.62	0.20	1.23	12.3	16.0	15
13 - 15 歲	49	10	43	430	0.39	0.74	0.4	1.53	15.3	19.9	15
16 - 18 歲	51	2	43	86	0.08	0.76	0.4	1.24	12.4	16.1	15
19 - 30 歲	52	1	43	43	0.04	0.77	0.4	1.21	12.1	15.7	15
31 - 50 歲	54	2	43	86	0.08	0.79	0.4	1.27	12.7	16.5	15
51 - 70 歲	52	0	43	0	0	0.77	0	0.77	7.7	10.0	10
71 歲 -	50	0	43	0	0	0.75	0	0.75	7.5	9.7	10

^a 體重增加量為相鄰年齡層之體重差值

^b FAO/WHO (1988)⁽⁶²⁾

^c 成長需鐵總量 = 體重增加量 × 身體含鐵量

^d 每日成長需鐵量 = 成長需鐵總量 ÷ 成長期日數，日數以三年天數計算

^e 基礎失鐵量採用 65 公斤成人失鐵量 0.91 mg/d^(6,7)，依代謝體重比例換算；每一年齡之代謝體重比例 = (該年齡體重/65)^{0.75}

^f 月經失鐵量以血液流失 25 mL，血紅素值 14 g/dL，平均 28 天計算；10 - 12 歲取半數因為初經平均年齡 12 歲，且少女血液流失量較少

^g 鐵生理需要量 = 每日成長需鐵量 + 基礎失鐵量 + 月經失鐵量

^h 飲食鐵可用率採 10%，EAR = 鐵生理需要量 ÷ 10%

ⁱ 分布變異度以 CV = 15% 計算

參考中國同位素追蹤生理需求量估算

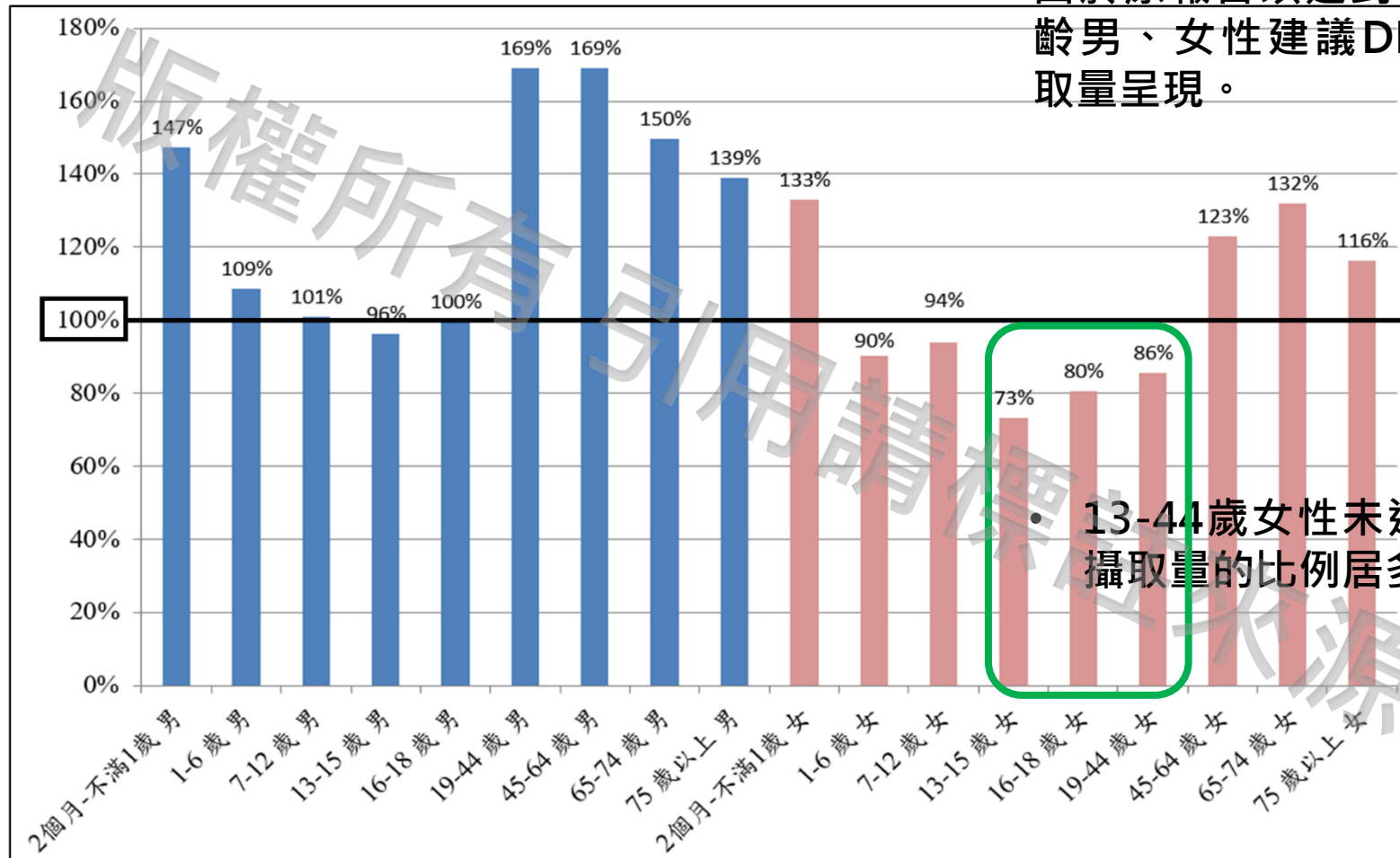
年齡	中國的 鐵同位素追蹤生理需求量 (mg/kg BW/d)	臺灣			
		參考 體重 (kg)	臺灣 生理 需求量 (mg/d)	鐵生物 利用率 (%)	平均建議 攝取量 (mg/d)
育齡 女性	0.02363	53	1.25 中國 (1.55)	10%	12.3 RDA: 15
成年 男性	0.01404	64	0.90 中國 (0.96)	10%	9 RDA: 11

註：CV% =10%, SD = 10% EAR ,RDA = 1.2 x EAR

與2017年（第七版）成年男女性建議量相符，故不需調整。

102-105年國民營養調查的各年齡男、女性鐵攝取狀況

- 由於原報告以達到各年齡男、女性建議DRI攝取量呈現。



- 13-44歲女性未達建議攝取量的比例居多。

圖 3.4.15 民國 102-105 年性別、年齡別之鐵攝取量與第七版國人膳食營養素參考攝取量

各年齡男、女性貧血狀況

表 3.5.10 民國 102-105 年性別、年齡別之紅血球、血紅素、儲鐵蛋白的加權平均值與標準誤，血容比、貧血盛行率及儲鐵蛋白異常比率¹(續下表)

性別	年齡層	人數	紅血球 (10 ⁶ /uL)		血容比	血紅素 (g/dL)		貧血盛行率 ²		儲鐵蛋白 (ng/mL)		儲鐵蛋白異常比率 ³		
			平均值	標準誤	%	平均值	標準誤	%	人數	平均值	標準誤	過低 (%)	正常 (%)	過高 (%)
男性	2M-3 歲	146	4.8	0.05	36.2	12.4	0.12	8.1	-	-	-	-	-	-
	4-6 歲	187	4.9	0.05	37.9	13.0	0.10	6.5	-	-	-	-	-	-
	7-12 歲	426	5.0	0.03	39.9	13.6	0.07	1.3	375	72.7	4.5	1.4	95.4	3.2
	13-15 歲	211	5.3	0.04	43.9	14.9	0.10	1.8	207	83.6	4.3	1.1	95.6	3.3
	16-18 歲	165	5.4	0.05	45.1	15.3	0.14	4.5	166	137.8	8.3	0.6	77.7	21.7
	19-44 歲	421	5.2	0.03	44.4	15.1	0.08	4.8	423	252.4	12.7	1.3	44.3	54.4
	45-64 歲	542	5.0	0.02	43.9	14.9	0.07	5.0	542	296.9	12.9	1.3	35.7	63.0
	65-74 歲	323	4.8	0.04	42.4	14.3	0.11	16.2	323	256.6	16.7	0.3	54.0	45.8
	75 歲以上	215	4.5	0.06	40.2	13.5	0.16	31.8	220	247.1	32.0	0.6	52.4	47.0
19 歲以上	1501	5.1	0.02	43.8	14.9	0.06	7.3	1508	268.5	9.1	1.2	42.4	56.4	
女性	2M-3 歲	138	4.7	0.06	36.1	12.2	0.14	13.4	-	-	-	-	-	-
	4-6 歲	193	4.8	0.05	37.7	12.8	0.07	1.8	-	-	-	-	-	-
	7-12 歲	429	4.8	0.03	39.6	13.3	0.07	1.7	403	65.9	2.6	0.7	97.0	2.3
	13-15 歲	194	4.7	0.05	39.4	13.2	0.13	7.9	190	49.4	3.7	12.9	85.7	1.4
	16-18 歲	169	4.6	0.04	39.2	13.1	0.12	10.2	171	54.7	3.8	12.9	84.1	2.9
	19-44 歲	489	4.6	0.03	38.1	12.6	0.08	23.0	494	53.2	4.5	24.1	70.8	5.2
	45-64 歲	576	4.5	0.02	39.0	13.0	0.06	14.9	582	138.9	6.9	8.9	53.9	37.2
	65-74 歲	318	4.4	0.04	38.7	12.9	0.09	22.8	321	192.6	8.7	0.1	46.0	53.9
	75 歲以上	202	4.3	0.05	37.7	12.5	0.15	26.0	199	166.6	12.7	0.7	60.7	38.6
19 歲以上	1585	4.5	0.02	38.4	12.7	0.05	20.3	1596	104.0	3.6	14.9	61.9	23.2	

¹ 分析結果經 SUDAAN 加權調整；紅血球、血容比、血紅素與貧血盛行率之樣本數為 5344 人，儲鐵蛋白之樣本數為 4616 人。

² 貧血盛行率定義為：6 個月-4 歲為血紅素 < 11.0 g/dL，5-11 歲為血紅素 < 11.5 g/dL，12-14 歲為血紅素 < 12.0 g/dL，> 14 歲男性為血紅素 < 13 g/dL 及女性為 < 12 g/dL。

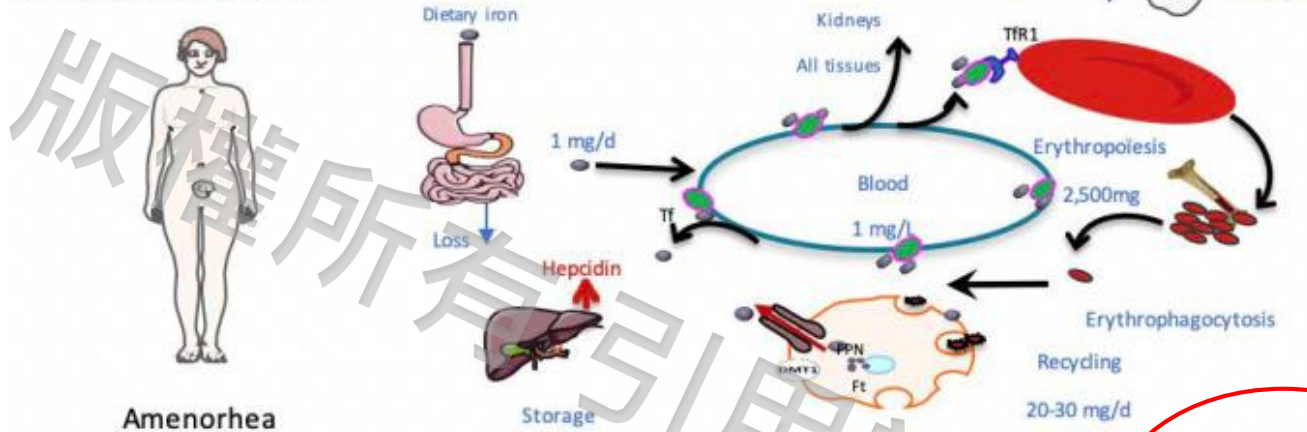
貧血盛行率因缺鐵的可能性具多。

懷孕期的鐵需求

- 懷孕期對鐵的需求：因子加算法，母親 + 胎兒 = RDA
 - 基礎失鐵量
 - 母體組織需鐵量
 - 胎兒成長需鐵量
- 懷孕初期鐵吸收率因月經停止而降低，造血速率降低，但血漿鐵蛋白濃度升高。
- 懷孕中、後期鐵需要量最多，同時鐵吸收率也增高，美國DRI以25%估算，建議孕期鐵攝取量為27 mg/d。

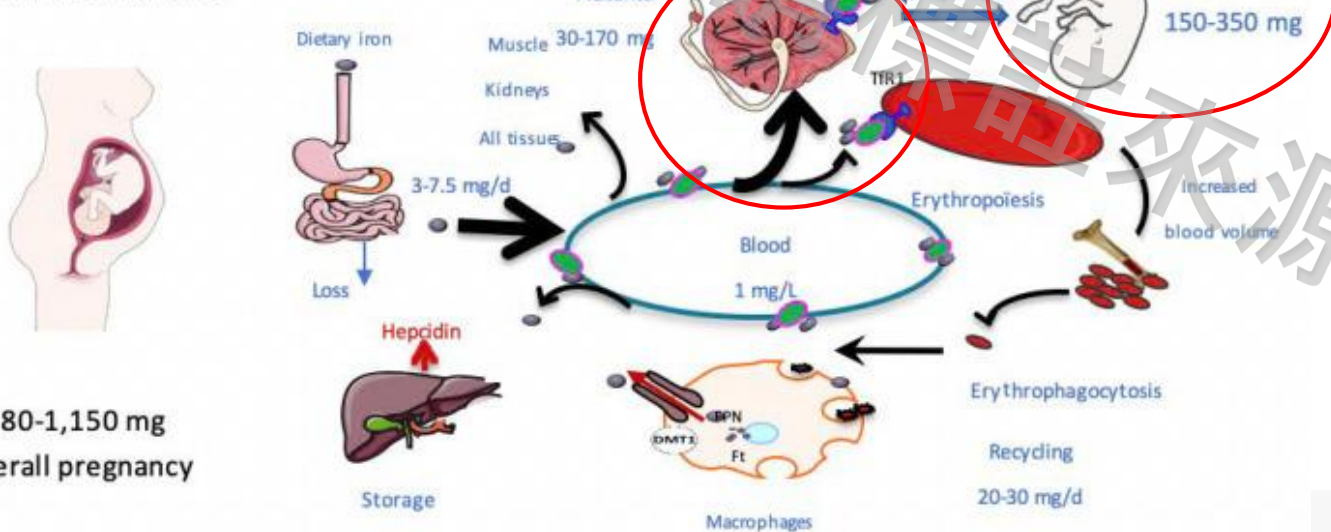
Iron metabolism during pregnancy

A- Pregnant Woman T1



Amenorhea

B- Pregnant Woman T2-T3



480-1,150 mg
Overall pregnancy

懷孕期的鐵需求-2

- 依據兩項台灣臨床介入試驗的資料：
 - 懷孕15-17週至生產期間給予30 mg/d或90 mg/d，可使孕婦Hb顯著高於未補充者，且沒有隨孕期而下降。同時兩種補充劑沒有差異。
- 給予孕期24-28週至生產期間補充鐵劑40 mg/d+飲食16 mg/d，可使Hb從10.2-10.5增升至11.1-11.5 g/dl。
- 建議懷孕後期（第三孕期）應增加鐵攝取30 mg/d，合計為45（15 + 30）mg/d。

孕期鐵需要量及建議攝取量之估算

孕期	基礎失鐵量 ^a	胎兒成長及胎盤中儲鐵量 ^b	Hb儲鐵量 ^b	總鐵需要量	EAR ^d	RDA ^e
第一期	0.78	0.27	0	1.05	10.5	14
第二期	0.78	1.1	2.7	4.59	18.4	24
第三期	0.78	2.0	2.7	5.48	21.9	29

- a. 參考19-30歲生育女性的基礎失鐵量。
- b. 參考FAO/WHO各孕期需要鐵儲存量25、100及190 mg。
- c. 參考FAO/WHO第二、三期Hb需要鐵儲存量500 mg。
- d. EAR估算：第一期鐵吸收率為10%（參照育齡女性），第二、三期鐵吸收率參考FAO/WHO均為25%。
- e. CV為15%， $RDA = 1.3 \times EAR$

* 台灣欠缺胎兒成長、胎盤中鐵儲存量、Hb儲鐵量及各孕期的鐵吸收率

按國健署建議各孕期增加體重估算

孕期	中國的 鐵同位素追蹤生理需求量 (mg/kg BW/d)	臺灣			
		參考 體重 (kg) ^a	生理 需求量 (mg/d)	鐵吸收率 (%)	平均建議 攝取量 (mg/d)
1	0.0323	53 (+0)	1.67 中國 (2.0)	10 10	16.7 (20.4) 20 ^c
2	0.0469	58.4 (+5.4)	2.74 中國 (3.3)	25 ^b	10.9 (13.2) 24 ^c
3	0.0557	63.8~65.6 (+5.4 ~ +7.2)	3.55~3.65 中國 (4.1)	25 ^b	14.2~14.6 (16.4) 29 ^c

a. 取自國健署公告『孕期健康手冊之孕期體重增加指引』

b. 第二、三期鐵吸收率參考FAO/WHO建議均為25%。中國同樣參考FAO/WHO。

c. 2013中國建議各孕期鐵攝取量RNI值，1st 與生孕成年女性相同，2nd、3rd 分別各 +4、+9。

按106-108孕期調查的平均體重估算

孕期	中國研究的 鐵同位素追蹤生理需求量 (mg/kg BW/d)	臺灣			
		調查 平均 體重 (kg)	生理 需求量 (mg/d)	鐵吸收率 (%)	平均建議 攝取量 (mg/d)
1	0.0323	56.8	1.83	10	18.3
2	0.0469	58.5	2.74	25*	11.0
3	0.0557	65.0	3.62	25*	14.5

1. 第一孕期參考台灣生育年齡女性的吸收率10%。
2. 第二、三期鐵吸收率參考FAO/WHO均為25%。

***台灣欠缺各孕期鐵吸收率或鐵利用率的資料**

台灣懷孕婦女鐵攝取量及缺鐵率/ 缺鐵貧血率比較

孕期	2006調查 (蕭氏研究)		2017-2019調查 (趙氏研究)	
	鐵攝取量 (mg/d)	缺鐵率 (%)	鐵攝取量 (mg/d)	缺鐵貧血率 (%)
第一期	12	8.8%	11.4	5.2%
第二期	14	11.3%	10.5	6.7%
第三期	14	49.8%	11.6	27.3%

根據國民健康署20210107發布的新聞稿：106-108年間「懷孕婦女營養狀況追蹤調查」結果發現，台灣婦女整體貧血盛行率為19.45%，鐵質缺乏率（缺鐵率）為62.76%。

哺乳期的鐵RDA

- 攝取量 = 母體基礎失鐵量 + 泌乳耗鐵量
- EAR：
 - 成年婦女EAR為15 mg/d，泌乳耗鐵量為0.4 mg/d，合計鐵EAR = 15.4 mg/d。
- 考量國人婦女體內儲鐵量偏低，為了彌補孕產消耗。
- RDA = + 30 mg/d，同2017版。

臺灣訂定鐵的RDA 與其他國家對照

WHO/FAO (2004) ¹		台灣 (2020)		美加 (2011)		中國 (2013)		歐盟 (2015)	
年齡	RNI	年齡	RDA	年齡	RDA	年齡	RNI	年齡	PRF
0月-	-	0月-	7	0月-	0.27	0月-	0.3	0月-	11
6月-	9.3	7月-	10	7月-	11	6月-	10	1-	7
1-	5.8	1-	10	1-	7	1-	9		
4-	6.3	4-	10	4-	10	4-	10		
7-	8.9	7-	10	7-		7-	13	7-	11
10-14	M : 32.7 , F : 14.6	10-	15			11-	M : 15 , F : 18	12-	13
15-17	M : 31 , F : 18.8	13-	15	14-	M : 11 , F : 15	14-	M : 16 , F : 18		
		16	15						
≥19	M : 13.7 , F : 29.4	≥19	M : 10 , F : 15	≥19	M : 8 , F : 18	19-	M : 12 , F : 20	≥18	M : 11 , F : 16
≥51	M : 13.7 , F : 11.3			≥51	8	≥50	12	≥51	11
懷孕期		懷孕期 : 1 st : +0 2 nd : +0 3 rd : +30			14-50 歲 : 27	懷孕期 : 1 st : +0 2 nd : +4 3 rd : +9		懷孕期 :	+0
哺乳期		+30			14-18 歲 : 10 19-50 歲 : 9	+4		哺乳期	+0

1. Recommended Nutrient Intake, for a bioavailability of dietary iron of 10 %.

鐵上限攝取量之訂定

- 以腸胃道不適症狀（噁心、嘔吐及便秘等）作為基準，急性鐵中毒資料不列入參考。
- 一項雙盲對照組研究：瑞典成年男女性，補充60 mg/d Fe，為期4週，腸胃道不適症狀（噁心、胃痛、便秘及腹瀉等）總發生率為25%高於對照組14%。
 - 飲食平均鐵攝取量為11 mg/d。故LOAEL為70 mg/d。
(Frykman E et al., L Lab Clin Med. 1994;123:561-4)
- 其他前瞻性研究也證實高劑量鐵劑攝取與消化道不適症狀具有因果關聯，以空腹最為明顯。

鐵上限攝取量之訂定-2

➤ 以成年男性鐵為例

$$\text{UL} = 70 \text{ mg (LOAEL)} \times 64 / 68.5 \text{ kg (Adjusted BW)} / 1.5 \text{ (UF)}$$

= 43.6 mg。故13歲起均訂40 mg/d。

- 1-18 月齡嬰幼兒，補鐵5-30 mg/day 都沒有發生任何不良的消化道症狀。以30 mg為 NOAEL，不確定因數為1，故得 0-12 月齡嬰兒與 1-2 歲幼兒之鐵上限攝取量為 30 mg/day。
- 孕懷期及哺乳期的UL，建議第三孕期及哺乳期鐵補充30 mg，故UL訂定45 mg。



感謝聆聽