

台灣正常參考人群之紅血球與鐵相關指標之年齡性別趨勢與切點：NAHSIT 2017-2020 數據之應用

張美鈴¹ 劉奕方² 陳顯宗² 蕭寧馨^{3*}

Sex and Age Trend and Cutoffs of Red Blood Cell and Iron Biomarkers in Normal Reference Taiwanese: An Application of NAHSIT 2017-2020

Mei-Ling Chang¹, Yi-Fang Liu², Xian-Zong Chen², Ning-Sing Shaw^{3*}

¹Department of Food Science, Nutrition, and Nutraceutical Biotechnology, Shih Chien University

²Department of Nutritional Science, Fu Jen Catholic University

³Department of Biochemical Science & Technology, National Taiwan University

(Received: March 05, 2026. Accepted: May 27, 2026.)

Abstract Objective: This study aimed to characterize sex- and age-specific trends and distributions of RBC and iron related biomarkers in normal reference Taiwanese population and to establish hemoglobin thresholds for the diagnosis of anemia.

Methods: Laboratory data from participants aged ≥ 7 years in NAHSIT 2017-2020 were analyzed, including hemoglobin, hematocrit, MCV, RBC count, serum iron, TIBC, transferrin saturation, and ferritin. Parameter-specific reference subpopulations were defined by excluding individuals with inflammation, vitamin deficiencies, hepatic or renal dysfunction, or other abnormal laboratory findings in biomarkers other than the parameter under evaluation. Sex- and age-specific medians and 95% intervals were calculated using SPSS. Hemoglobin cutoffs derived from the 5th percentile of these distributions were applied to estimate the prevalence of anemia and iron deficiency.

Results: In the normal reference population, significant sex differences were observed in RBC and iron indices. Females had higher MCV and TIBC, whereas other parameters were higher in males, with disparities becoming more pronounced after 13 years of age. Age-related patterns also differed by sex. In males, TIBC declined after age 15, while other indices increased with age and later stabilized or gradually decreased in adulthood. In females, RBC decreased and MCV increased with age, TIBC declined after age 18, while other indices were stable at 13-44 years and increased after 45 years. Compared with WHO criteria, NAHSIT-derived anemia cutoffs were higher for males and similar for females. Women of reproductive age showed the highest prevalence of anemia (13-25%) and iron deficiency anemia (7.4-17%).

Conclusions: This study presented sex- and age-specific curves for RBC and iron indices in the

* Corresponding Author: Ning-Sing Shaw

Address: No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Taipei 10617, Taiwan

Mobile Tel.: 0932163697

E-mail: nsshaw@ntu.edu.tw

Taiwanese population using NAHSIT 2017-2020 data, and derived anemia thresholds to estimate the prevalence of anemia and iron deficiency.

Key words: NAHSIT, RBC indices, iron biomarkers, hemoglobin cutoffs, anemia, iron deficiency anemia

前 言

鐵是人體必需的礦物質營養素，嚴重缺鐵的後果是貧血，這是體內紅血球或血紅素量低落的病理症狀，導致體內的攜氧與供氧能力降低，無法滿足人體生理功能之需⁽¹⁾。全球疾病負擔研究 (Global Burden of Disease Study) 指出，貧血是全球第三大的疾病負擔，以兒童、婦女和孕婦受害最深⁽²⁾，膳食缺鐵名列第八，全球全齡的缺鐵率有 16.7%，高達貧血人口的 66.2%⁽³⁾。缺鐵問題在高收入國家中依舊居高，美國近年的營養調查 NHANES 2017-2020 指出，其成人鐵儲存耗盡的比率是 14%⁽⁴⁾。

鐵參與人體重要的生理、生化與分子功能。缺鐵會降低體內的氧氣供應，產能效率，導致身心倦怠，身體機能低落，增加孕產婦與週產期的衰病和死亡風險，干擾發育而使嬰幼兒的認知與行為發展和動作發育遲緩，也使青少年注意力低落而降低教育成效⁽⁵⁾。缺鐵還會降低免疫力而增加感染風險，因而加重疾病負擔，降低勞動生產力，加重醫療負擔，從而衝擊社會和經濟的發展。因此降低貧血率是聯合國與台灣永續發展目標 SDG2 (Sustainable Development Goal 2) 的營養指標之一⁽⁶⁾。

台灣的國民營養調查 (Nutritional and Health Survey in Taiwan, NAHSIT) 自 NAHSIT 1993-1996 開始有全血球計數項目 (complete blood count, CBC) 與鐵營養指標的檢測，用以評估國人的貧血和缺鐵貧血率。最近的營養調查 NAHSIT 2013-2016 和 NAHSIT 2017-2020 採用的紅血球指標相同，包括血紅素 (Hb)、血比容 (hematocrit, Hct) 和平均紅血球容積 (mean corpuscular volume, MCV) 等；然而兩次調查的鐵營養指標不同，NAHSIT 2013-2016 只檢測鐵蛋白 (ferritin, FER)⁽⁷⁾，NAHSIT 2017-2020 則增加了血清鐵 (serum iron, FE) 和血清總鐵容量 (total iron binding capacity, TIBC)，並據以計算運鐵蛋白飽和度 (transferrin saturation, TSAT)⁽⁸⁾。作者等曾利用 NAHSIT 2013-2016 的血液生化數據，建立了國人男女兩性的紅血球指標與鐵蛋白的年齡趨勢與貧血切點⁽⁹⁾。本研

究進一步利用較新的 NAHSIT 2017-2020 數據，分析國人多項紅血球與鐵營養指標之正常範圍與年齡性別趨勢，並建立適用的切點和其應用。

方 法

研究對象

數據來源是台灣國民營養健康狀況變遷調查 NAHSIT 2017-2020 的體檢生化數據⁽⁸⁾。此項全國調查的對象是具中華民國國籍，年齡滿 2 個月以上的常住人口，涵蓋台灣及澎湖共 20 個縣市，以分層多段集束法抽樣，參與者皆簽署知情同意書⁽⁸⁾。根據《106-109 年國民營養健康調查資料庫使用手冊》2025 修訂版之說明⁽¹⁰⁾，其權數的設計為事後分層加權，考量問卷訪視、體檢及血液採集的資料蒐集筆數不同，共製作三套權數，分別應用在問卷資料、體檢資料及血液採集資料。權數計算以每一調查年度前一年 12 月底內政部公布「各縣市單齡人口資料」相加後除以 4 (因合併四年)，得到平均全國總人口數，並以此為母體，分有 20 個縣市層，兩個性別層與多個年齡分層。本研究正常參考人群採用 NAHSIT 兩性的七組年齡分層：7-12、13-15、16-18、19-44、45-64、65-74 與 75 歲以上，並配合 WHO 的貧血標準，將 7-12 歲細分為 7-9 歲與 10-12 歲兩層⁽¹¹⁾。

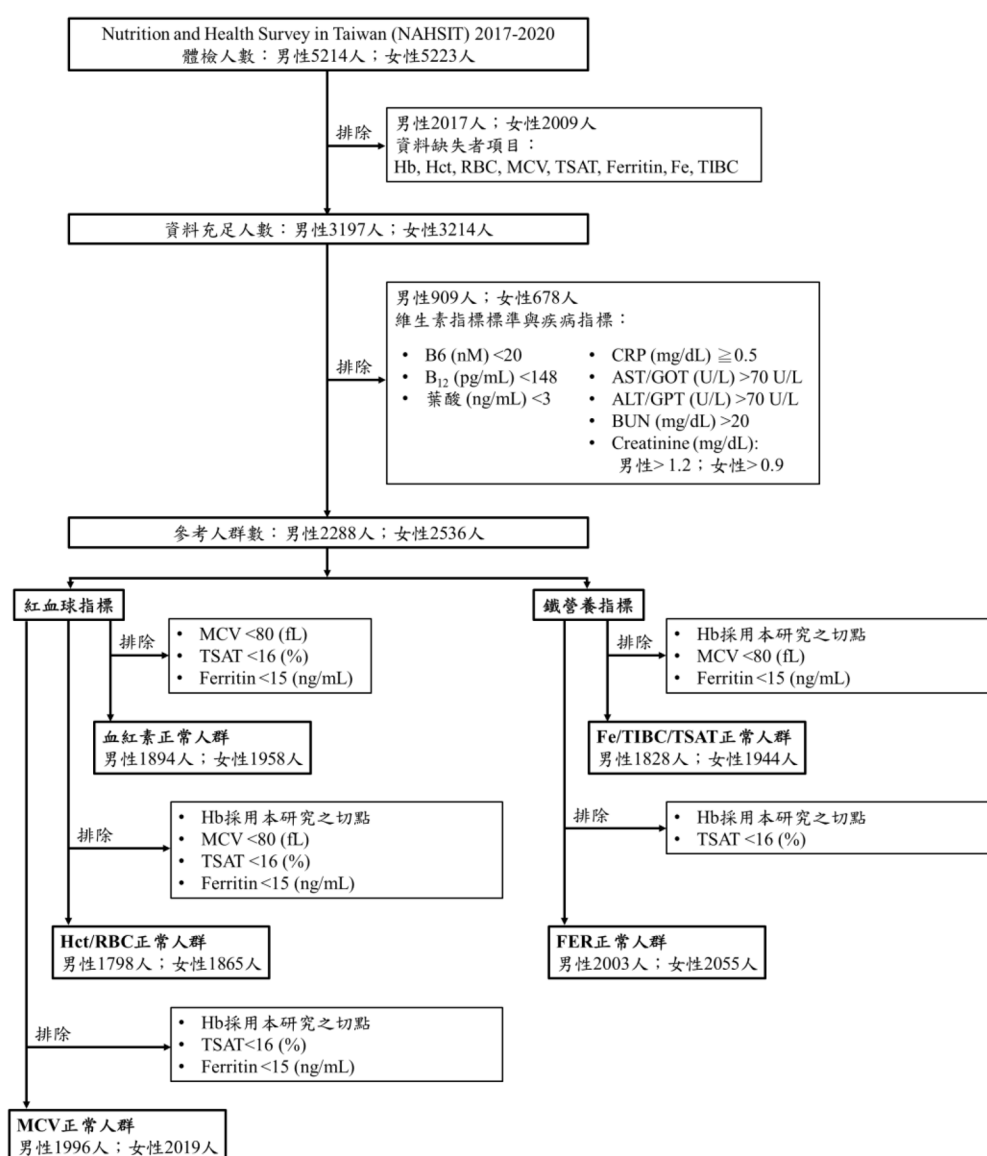
調查的體檢收集個人血液樣本，檢測項目包括全血之 Hb、MCV、Hct 與 RBC，血清項目包括：鐵營養指標 (FER、FE 和 TIBC)，疾病相關指標有 CRP (C-reactive protein)、肌酸酐 (creatinine, CRE)、BUN (blood urea nitrogen)、AST (aspartate aminotransferase)、ALT (alanine transaminase)，以及維生素濃度 (B₆、B₁₂、葉酸) 等。各項血清指標之檢驗方法分別是：維生素 B₆ 採超高壓液相層析法，葉酸、維生素 B₁₂、FER 採電化學冷光免疫分析法，FE 和 TIBC 採用 Ferrozine 化學呈色法，CRP 採微粒增強免疫濁度分析，BUN 採酵素動力 UV 法，ALT 和 AST 採 IFCC 酵素動力 UV 法，肌酸酐

採 Jaffe Reaction 動力比色法⁽⁸⁾。TSAT 為計算值，以 FE 濃度除以 TIBC 之百分比值。

參考人群 (reference population) 之篩選

篩選流程如圖一所示，首先排除生化數據有缺失者。「參考人群」的定義乃參用 WHO 2024 之指引，排除調查人群中鐵以外其他干擾造血與鐵指標的營養素不足或疾病因素，包括造血相關之葉酸、B₆ 與 B₁₂ 缺乏者、感染與發炎者、肝與腎功能異常

者等⁽¹¹⁾，其排除標準乃參照 NAHSIT 之營養評估標準 (表一)⁽⁸⁾。接著針對參考人群篩選分項指標「正常人群 (normal reference population)」。血紅素正常人群之篩選參用 WHO 2024 之指引，排除參考人群中之缺鐵者 (MCV、FER、TSAT 任一指標異常)，並取第 5 百分位值為貧血切點，作為後續紅血球指標與缺鐵指標之異常排除條件⁽¹¹⁾。各項紅血球與鐵營養正常指標之排除原則採用美國營養調查所用之項目與標準 (表二)⁽¹²⁾：Hct 和 RBC 正



圖一 NAHSIT 2017-2020 之紅血球與鐵營養相關指標之參考人群及分項指標之正常人群的篩選流程。

Figure 1. Flowchart for the screening of the reference and parameter-specific normal reference populations of red blood cell and iron indices based on NAHSIT 2017-2020.

表一 參考人群篩選用之血球與疾病排除項目及其異常標準⁽⁸⁾Table 1. Nutrient and disease parameters for reference population screening and associated criteria⁽⁸⁾

營養素項目	異常標準	疾病項目	異常標準
B ₆ (nM)	<20	CRP (mg/dL)	≥ 0.5
B ₁₂ (pg/mL)	< 148	AST/GOT (U/L)	>70 U/L
葉酸 (ng/mL)	< 3	ALT/GPT (U/L)	>70 U/L
		BUN (mg/dL)	>20
		CRE (mg/dL)	男性 > 1.2 女性 > 0.9

表二 分項指標正常人群之紅血球與鐵排除項目與其對應之異常標準 *

Table 2. Red blood cell and iron indices for parameter-specific normal reference population screening and associated criteria*

紅血球指標	排除項目與切點	鐵營養指標	排除項目與切點
Hb	MCV < 80 fL	FE/	貧血
	TSAT < 16%	TIBC/	MCV < 80 fL
	FER < 15 ng/mL	TSAT	FER < 15 ng/mL
Hct/RBC	貧血	FER	貧血
	MCV < 80		TSAT < 16%
	TSAT < 16%		
	FER < 15 ng/mL		
MCV	貧血		
	TSAT < 16%		
	FER < 15 ng/mL		

* Abbreviations are: Hb, hemoglobin; Hct, hematocrit; RBC, red blood cell count; MCV, mean corpuscular volume; FE, serum iron; TIBC, total iron binding capacity; TSAT, transferrin saturation; FER, ferritin. 貧血標準採用本研究年齡性別分層之 Hb 切點，MCV 與 TSAT 根據國民營養調查 NAHSIT 2017-2020 之切點⁽⁸⁾，FER 根據 WHO 切點⁽¹³⁾。

常者須排除貧血者與缺鐵者，MCV 正常者須排除貧血與缺鐵者（FER 或 TSAT 低落），鐵運送指標 FE、TIBC 和 TSAT 正常者須排除貧血者與鐵儲存耗盡者（FER 低落），鐵儲存指標 FER 正常者則排除貧血與 TSAT 低落者。

統計分析

描述性統計包括紅血球與鐵營養等八項指標之中位數、95% 範圍、第 5 百分位等；採用百分位而非平均值可以避免非常態分佈的誤差。由

於人群之鐵蛋白分布並非常態性，其統計使用 Wilcoxon-Mann Whitney test 進行獨立雙樣本無母數檢定，和使用 Kruskal-Wallis test 進行（獨立）多樣本中位數差異檢定。其他各項指標之性別差異以 Student's *t* test 檢定；同性別之年齡層差異以 one-way ANOVA 與 Tukey 事後檢定；顯著標準均訂於 $p < 0.05$ 。各項數據統計均依照 NAHSIT 提供的血液生化之「抽血權數」進行加權分析⁽¹⁰⁾。統計軟體為 SPSS 第 26 版（SPSS for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA）。

貧血切點定義為第 5 百分位值⁽¹¹⁾，直接應用於 NAHSIT 2017-2020 之貧血與缺鐵貧血率之評估，其結果並依性別年齡分層與 NAHSIT 2013-2016 和 WHO 切點比較。

結 果

參考人群與分項指標正常人群

根據 NAHSIT 2017-2020 成果報告，此四年

調查之問卷受訪人數合計 12120 人⁽⁸⁾，參與體檢的人數分別為男性 5214 人和女性 5223 人，排除資料缺失者而得血液生化數據完整者，分別是男性 3197 人和女性 3214 人，各佔體檢人數的 61.3% 與 61.5%。按性別年齡分層的資料充足率範圍是男性 43.8-71.9% 與女性 48.9-70.1%；其中兩性 7-9 歲都 < 50%，男性 10-44 歲及女性 10-18 和 ≥ 75 歲各層介於 54-60%，男性 ≥ 45 歲及女性 19-74 歲各層都 > 60%（表三）。排除發炎與肝腎功能異常者和三項 B 群維生素低落者之後，參考人群之人數

表三 NAHSIT 2017-2020 之性別年齡分層的參考人群人數與異常排除率

Table 3. Sample size and exclusion rate of sex- and age-specific reference subpopulation of NAHSIT 2017-2020

性別	年齡 (歲) ¹	體檢 總人數	資料充足 人數 (%) ²	參考 人群 人數 ³	參考 人群 母數 ⁴	總排 除率 (%) ⁵	分項異常排除率 (%) ^{6,7}					
							B ₆	B ₁₂	葉酸	CRP	BUN/ CRE	AST/ ALT
男性	7-9	404	177(43.8)	175	2368	1.1	-	-	-	0.0	1.1	0.0
	10-12	478	265(55.4)	263	3627	0.8	-	-	-	0.0	0.8	0.0
	13-15	446	259(58.1)	210	3111	18.9	12.4	0.8	5.0	0.0	0.8	2.3
	16-18	405	225(55.6)	168	2614	25.3	12.4	0.4	8.9	0.9	1.8	2.2
	19-44	966	549(56.8)	417	6395	24.0	8.7	0.2	7.1	2.4	3.5	4.7
	45-64	972	652(67.1)	461	6911	29.3	11.0	1.7	3.2	2.8	11.8	4.3
	65-74	988	710(71.9)	441	6472	37.9	12.3	1.4	2.1	2.7	23.8	1.1
	≥ 75	555	360(64.9)	153	2128	57.5	16.1	1.9	2.2	5.0	42.2	2.2
	全體	5214	3197(61.3)	2288	33625	28.4	10.2	1.0	3.6	2.2	13.4	2.5
女性	7-9	454	222(48.9)	221	2932	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
	10-12	428	246(57.4)	244	3307	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
	13-15	435	237(54.4)	197	2617	16.9	13.5	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
	16-18	396	231(58.3)	188	2460	18.6	13.4	0.0	4.3	0.0	0.9	0.9
	19-44	976	588(60.2)	480	6119	18.4	11.2	0.2	2.6	3.7	1.0	1.0
	45-64	988	693(70.1)	567	7494	18.2	8.8	0.4	1.0	3.3	5.6	1.4
	65-74	1028	708(68.9)	490	6496	30.8	9.5	0.4	0.1	3.7	19.9	1.3
	≥ 75	518	289(55.8)	149	1938	48.4	9.3	1.0	0.7	4.8	39.1	1.4
	全體	5223	3214(61.5)	2536	33364	21.1	8.8	0.3	1.4	2.6	9.5	1.0

¹ 參照 WHO 的年齡分層⁽¹¹⁾。² 排除缺失任一項指標數值之受試者人數與其佔體檢總人數比率。

³ 資料充足人數減去任一項指標異常人數，受試者可能同時有不只一項異常指標。

⁴ 利用參考人群人數和 NAHSIT 之抽血權數而推算之代表人群母數⁽¹⁰⁾。⁵ 任一指標異常之總人數 ÷ 資料充足人數 × 100%。

⁶ 分項指標異常人數 ÷ 資料充足人數 × 100%。

⁷ “-” 代表體檢沒有檢驗。

為男性 2288 人與女性 2536 人，分別佔資料完整者之男性 71.6% 與女性 78.9%（表三）。兩性之疾病排除率都以腎功能異常最高，男女分別有 13.4% 與 9.5%，兩性都自 45 歲起隨著年齡增長而大幅升高；維生素不足的排除率以 B₆ 最高，男女分別有 10.2% 和 8.8%，沒有明顯的年齡趨勢。

紅血球與鐵營養分項指標之正常人群的人數和比率詳列於表四，除了 7-9 歲男性的 Hb、Hct/RBC 和 Fe/TIBC/TSAT 的人數不足 100 之外，各性別年齡分層的正常人數都超過 100 人，足供統計分析之需。各分項指標之正常人群，男性正常人群比

率 <60% 的項目是 Hct/RBC（56.2%）和 Fe/TIBC/TSAT（57.2%），女性則是 Hct/RBC（58%）。年齡分層之正常人群比率以男性 10-74 歲與女性 7-74 歲都超過資料完整者之半數，但男性 7-9 歲之 Hb/Hct/RBC 和 Fe/TIBC/TSAT，以及兩性 ≥ 75 歲老人之各項指標都低於 50%（表四）。

血紅素、血比容、紅血球數與平均紅血球容積之性別年齡趨勢

各年齡分層之正常人群的 Hb、Hct 和 RBC 都以男性顯著高於女性，不過其隨著年齡的變化趨勢

表四 NAHSIT 2017-2020 之紅血球與鐵營養分項正常人群依性別年齡分層的人數與比率¹

Table 4. Sample size of the normal reference population for RBC and iron nutrition indices by sex and age of NAHSIT 2017-2020¹

性別	年齡 (歲) ²	紅血球指標正常人數 (%) ³			鐵營養指標正常人數 (%) ³	
		Hb	Hct/RBC	MCV	FE/TIBC/ TSAT	FER
男性	7-9	80 (45.2)	77 (43.5)	147 (83.1)	84 (47.5)	147 (83.1)
	10-12	161 (60.8)	154 (58.1)	209 (78.9)	160 (60.4)	211 (79.6)
	13-15	174 (67.2)	165 (63.7)	181 (69.9)	167 (64.5)	181 (69.9)
	16-18	152 (67.6)	144 (64.0)	153 (68.0)	148 (65.8)	153 (68.0)
	19-44	381 (69.4)	363 (66.1)	373 (67.9)	365 (66.5)	376 (68.5)
	45-64	410 (62.9)	389 (59.7)	410 (62.9)	391 (60.0)	411 (63.0)
	65-74	408 (57.5)	385 (54.2)	395 (55.6)	389 (54.8)	395 (55.6)
	≥ 75	128 (35.6)	121 (33.6)	128 (35.6)	124 (34.4)	129 (35.8)
	全體	1303 (60.8)	1798 (56.2)	1996 (62.4)	1828 (57.2)	2003 (62.7)
女性	7-9	135 (60.8)	128 (57.7)	182 (82.0)	132 (59.5)	183 (82.4)
	10-12	179 (72.8)	173 (70.3)	203 (82.5)	186 (75.6)	204 (82.9)
	13-15	142 (59.9)	135 (57.0)	139 (58.6)	145 (61.2)	142 (59.9)
	16-18	129 (55.8)	123 (53.2)	136 (58.9)	133 (57.6)	150 (64.9)
	19-44	320 (54.4)	302 (51.4)	312 (53.1)	321 (54.6)	322 (54.8)
	45-64	472 (68.1)	449 (64.8)	467 (67.4)	467 (67.4)	472 (68.1)
	65-74	446 (63.0)	428 (60.5)	449 (63.4)	432 (61.0)	451 (63.7)
	≥ 75	135 (46.7)	127 (43.9)	131 (45.3)	128 (44.3)	131 (45.3)
	全體	1958 (60.9)	1865 (58.0)	2019 (79.6)	1944 (60.5)	2055 (63.9)

¹ Abbreviations are: Hb, hemoglobin; Hct, hematocrit; RBC, red blood cell count; MCV, mean corpuscular volume; Fe, serum iron; TIBC, total iron binding capacity; TSAT, transferrin saturation; FER, ferritin.

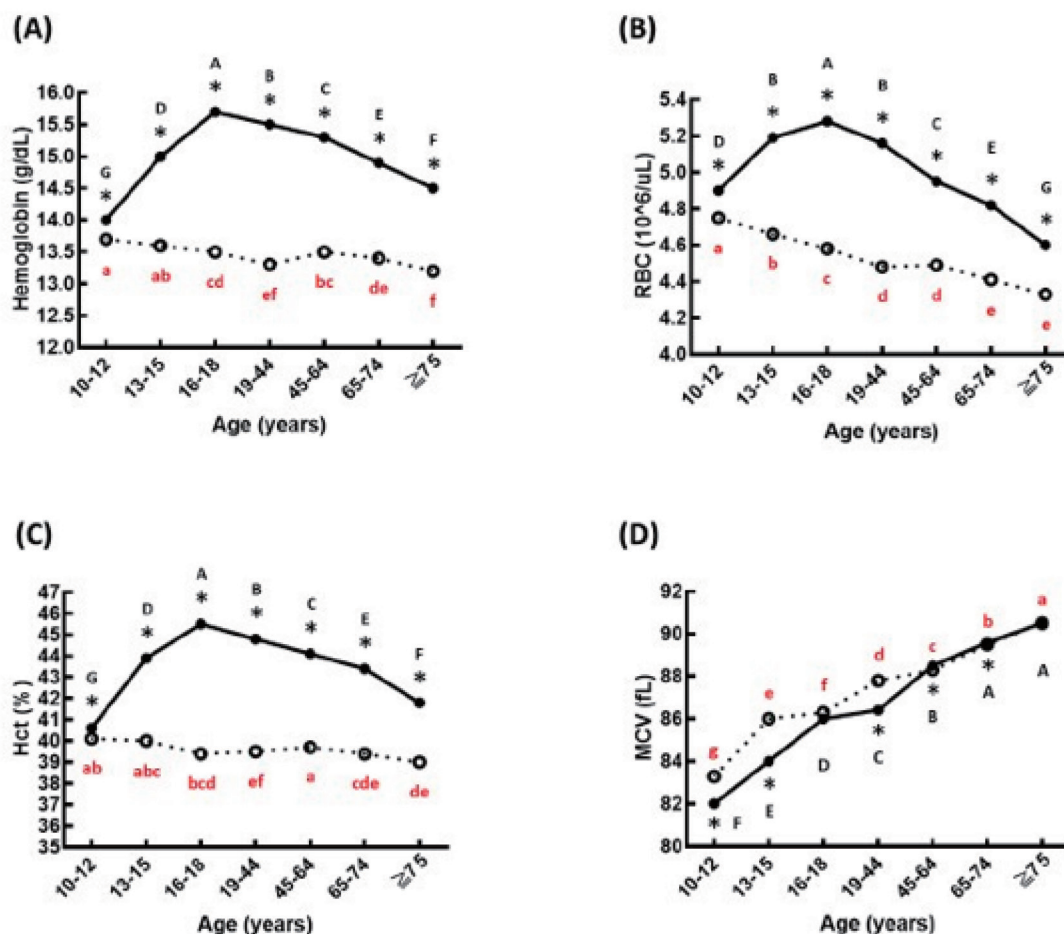
² 參照 WHO 的年齡分層⁽¹¹⁾。

³ 各分項之正常比率 = 分項正常人數 ÷ 資料充足人數 × 100%。

不同，13 歲以上兩性的差幅明顯擴大（圖二）。男性這三項血球指標的年齡趨勢一致，未成年時都隨著年齡增長而快速上升，成年後則緩緩下降（圖二 A、B 及 C）。女性之 Hb 和 Hct 於未成年期都沒有明顯的上升現象，成年後於 19-44 歲明顯較低，45 歲以後則略有升高（圖二 A 及 C）。女性的 RBC 於未成年期呈下降趨勢，於 19-64 歲達一平穩期，65 歲後則持續下降，不過其速率比同齡男性緩和（圖二 B）。兩性的 MCV 均隨著年齡而穩定上升，15 歲以下以女性顯著大於同齡男性，16 歲以後兩性大致持續上升，但差幅明顯縮小（圖二 D）。

血清鐵、總鐵容量、運鐵蛋白飽和度與鐵蛋白之性別年齡趨勢

各年齡層之正常人群的 FE、TSAT 與 FER 都以男性顯著高於女性，不過其隨著年齡的變化趨勢不同，13 歲以上兩性的差幅明顯擴大（圖三 A、C 及 D）。男性這三項鐵指標的年齡趨勢一致，未成年時隨著年齡增長而快速升高，成年後 FE 緩緩降低（圖三 A），TSAT 與 FER 大致維持平穩高值，繼而於 75 歲後下降（圖三 C 及 D）。女性 FE 濃度和 TSAT 於未成年期先上升而後下降，其升高幅度小於男性，成年時於 19-44 歲降到最低，繼而於



圖二 NAHSIT 2017-2020 之正常人群的紅血球分項指標依年齡性別之中位數趨勢。圖例 ● 為男性，○ 為女性。性別差異以 Student's *t*-test 檢定，以 * 代表顯著性；年齡層差異經 one-way ANOVA 評估與 Tukey 事後檢定，以不同的英文字母標記組間存有顯著差異，分別以大寫代表男性和小寫代表女性；統計水準為 $p < 0.05$ 。

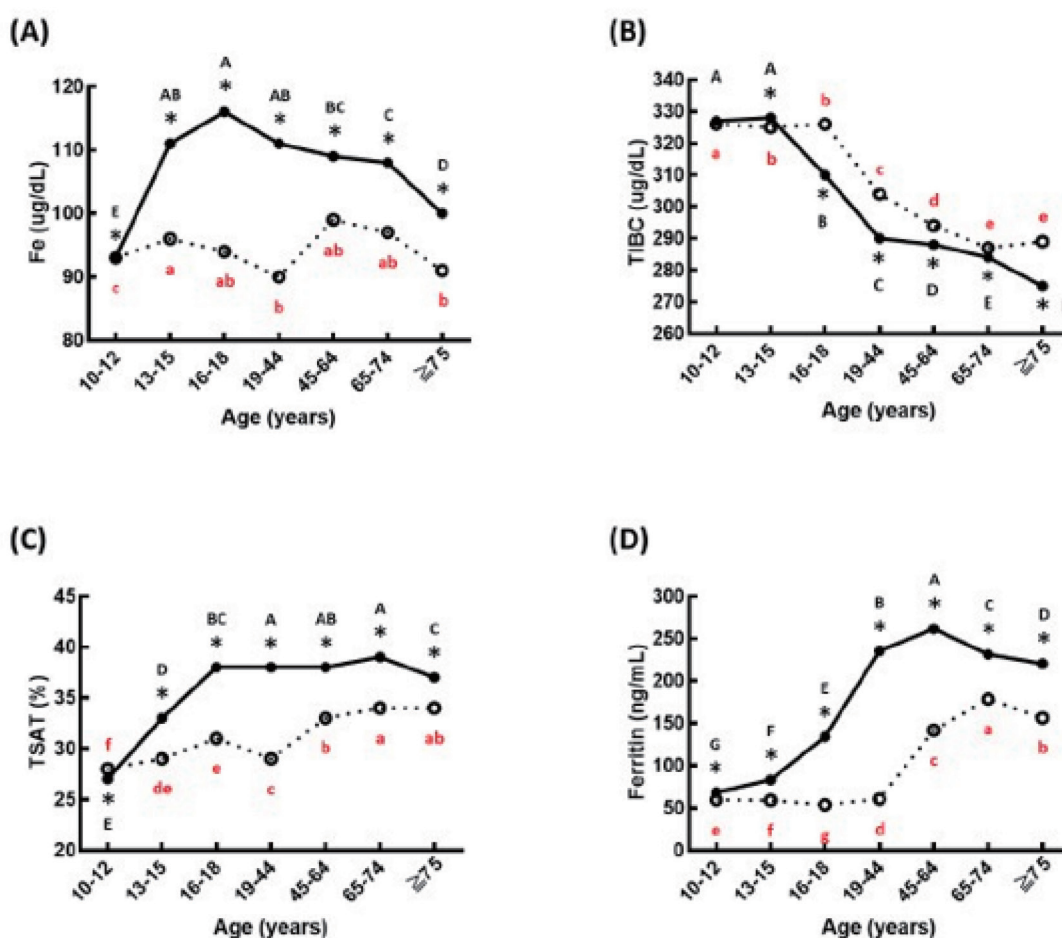
Figure 2. Sex- and age-trends of medians for the four red blood cell indices of the normal reference populations in NAHSIT 2017-2020. Symbols ● for male and ○ for female. Significant sex difference by Student's *t*-test was indicated by * and significant age difference was assessed using one-way ANOVA with Tukey's post hoc test; distinct uppercase letters indicate differences in males and lowercase letters in females, both at $p < 0.05$.

45-64 歲升高，FE 而降低（圖三 A），而 TSAT 則維持平穩高值（圖三 C）。女性之 FER 於 44 歲前大致維持於 60 ng/mL 上下，45 歲之後快速升高而顯著高於 44 歲以下，於 65-74 歲達到最高，而於 75 歲以上則降低（圖三 D）。

兩性的 TIBC，除了 10-12 歲之外，16 歲以上都以女性顯著高於男性，差幅隨著年齡而縮小（圖三 B）。兩性的 TIBC 都以未成年期顯著高於成年期，男性 16 歲與女性 19 歲以上都快速下降，老年時下降速率趨緩（圖三 B）。

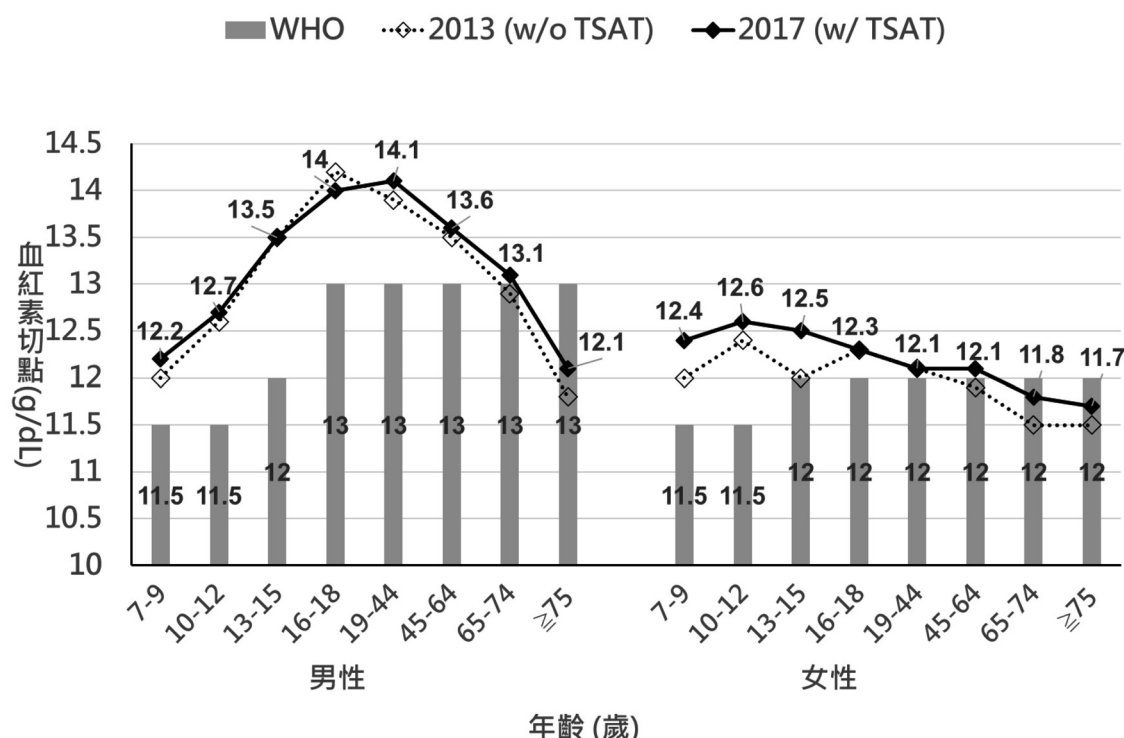
貧血切點、貧血率與缺鐵貧血率

依照 WHO 的建議，以健康 / 正常人群之血紅素濃度分布的第五百分位值為貧血切點⁽¹¹⁾。兩次調查 (NAHSIT 2017-2020 與 NAHSIT 2013-2016⁽⁹⁾) 所得的貧血切點可見，兩性之年齡分層趨勢一致（圖四）。與 WHO 建議之切點比對，男性 7-64 歲都以 NAHSIT 較高，而 65 歲以上則較低（圖四）；女性 7-18 歲以 NAHSIT 較高，19-64 歲與 WHO 相差僅 0.1 g/dL，而 65 歲以上則較低（圖四）。10-64 歲各層之 NAHSIT 與 WHO 切點的差



圖三 NAHSIT 2017-2020 之正常人群的鐵營養分項指標依年齡性別之中位數趨勢。圖例 ● 為男性，○ 為女性。非常態分佈之 ferritin 使用 Wilcoxon-Mann Whitney test 進行獨立雙樣本無母數檢定，其同性別之年齡層差異使用 Kruskal-Wallis test 檢定。其他指標之兩性差異以 Student's *t*-test 檢定；同性別之年齡層差異採 one-way ANOVA 與 Tukey 事後檢定。性別差異以 * 代表顯著性，同性別之年齡差異以不同的英文字母代表，分別以大寫代表男性和小寫代表女性；統計水準為 $p < 0.05$ 。

Figure 3. Sex- and age-trends of medians for the four iron indices of the normal reference populations in NAHSIT 2017-2020. Symbols ● for male and ○ for female. Sex difference of ferritin was assessed using Wilcoxon-Mann Whitney test and age difference using Kruskal-Wallis test. Sex difference of other indicators was assessed using Student's *t*-test and age differences were assessed using one-way ANOVA with Tukey's post hoc test. "*" indicated significant sex difference. Age difference was indicated by distinct uppercase letters in males and lowercase letters in females (both at $p < 0.05$).



圖四 兩性年齡分層之 NAHSIT 2013 與 2017 以及 WHO 之貧血切點比較。其中參考人群之篩選分為不包括 TSAT (w/o TSAT) 或包括 TSAT (w/ TSAT)。

Figure 4. Comparison of sex- and age-specific hemoglobin cutoffs between NAHSIT 2013, 2017 and WHO criteria. The screening of reference population included TSAT (w/ TSAT) and no TSAT (w/o TSA), respectively.

幅，均以男性 (0.6-1.5 g/dL) 明顯大於女性 (0.3-1.1 g/dL)。

應用本研究之切點估計 NAHSIT 2017-2020 之國人全體貧血率，男性為 11.2% 和女性 16.5%，分別都高於 WHO 切點之男性 8.8% 和女性 15.8%。NAHSIT 切點所得之全體缺鐵貧血率為男性 0.5% 和女性 5.8%，與 WHO 切點之男性 0.5% 和女性 5.5% 相近。全體之貧血率與缺鐵貧血率都以女性高於男性，而且全體之貧血率都高於全體缺鐵貧血率。

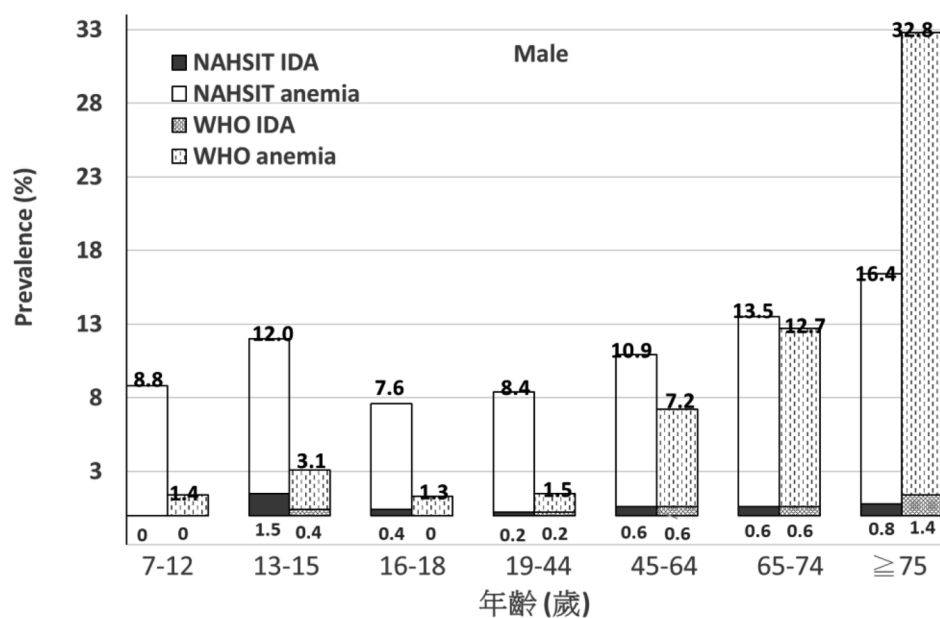
分別用 NAHSIT 與 WHO 之貧血切點評估，各年齡分層之貧血率，男性 7-74 歲 (圖五 A) 與女性 7-64 歲 (圖五 B) 都以 NAHSIT 高於 WHO 切點，男性 75 歲以上與女性 65 歲以上則 NAHSIT 低於 WHO 切點。各年齡分層之缺鐵貧血率，男性於 13-15 歲最高 (1.5%)，且 NAHSIT 約為 WHO 的 3 倍 (圖五 A)。女性之缺鐵貧血率盛行於 13-64

歲，自 13 歲起大幅升高，19-44 歲最高 (17.0%)，45-64 歲降低 (5.6%) (圖五 B)；這些年齡層的缺鐵貧血率佔貧血率的 38-68%，比率最高的是 19-44 歲。

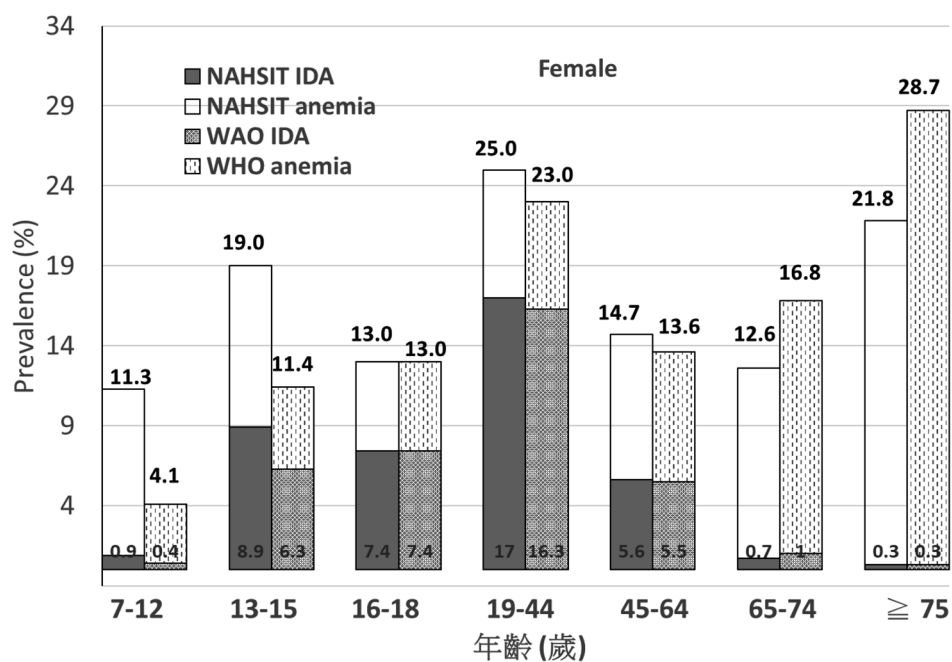
其他切點

國人 MCV 第 5 百分位值有年齡的差異，兩性 7-12 歲都 <80 fL，男性 13 歲以上接近 80 fL，而女性 13 歲以上，除了 16-18 歲最低值為 69 fL 之外，也都 ≥ 80 fL (表五)。TSAT 各年齡層的第 5 百分位值，男性 10 歲以上、女性 7-9 歲與 45 歲以上都 ≥ 16%，其他年齡層則 <16% (表五)。WHO 的 FER 切點 <15 μg/L，國人各年齡層的第 5 百分位值，除了女性 16-18 歲之外，兩性都 >15 μg/L；其第 2.5 百分位，除了女性 13-44 歲 ≤ 15 μg/L 之外，女性其餘年齡層與男性各年齡層都 >15 μg/L (表五)。

(A)



(B)



圖五 應用 NAHSIT 與 WHO 貧血切點估計之國人貧血率和缺鐵貧血率 (IDA)。(A) 男性，(B) 女性。

Figure 5. Prevalence of anemia and iron deficiency anemia in the Taiwanese population according to NAHSIT and WHO criteria. (A) male and (B) female.

表五 國人血球指標之 MCV、鐵指標之運鐵蛋白飽和度與鐵蛋白之百分位切點值

Table 5. Percentile-based cutoff values of MCV, transferrin saturation and ferritin in the Taiwanese population

性別	年齡 (歲)	MCV ¹ (fL)	TSAT ¹ (%)	FER ¹ (μg/L)	
		第 5 百分位	第 5 百分位	第 2.5 百分位	第 5 百分位
男性	7-9	75	15	26	32
	10-12	76	16	20	28
	13-15	79	16	18	29
	16-18	79	18	38	53
	19-44	82	20	40	65
	45-64	79	22	44	52
	65-74	84	23	46	62
	≥ 75	72	21	32	41
女性	7-9	77	17	24	30
	10-12	78	15	20	27
	13-15	80	14	15	19
	16-18	69	14	9	12
	19-44	81	15	14	17
	45-64	81	17	19	32
	65-74	81	20	51	60
	≥ 75	82	19	34	50

¹ MCV : mean corpuscular volume ; TSAT : transferrin saturation, 運鐵蛋白飽和度 ; FER : ferritin, 鐵蛋白。

討 論

紅血球與鐵營養指標是調查與研究人群鐵營養狀況所必備的工具。理想的鐵營養和紅血球指標應可偵測體內鐵的不足、充足和過量，以及鐵的生理功能，並能追蹤鐵補充的改善效應。

每日造血所需的鐵有 90% 來自老化紅血球分解回收的鐵資源之循環利用，僅有 10% 由鐵儲存釋出供應。造血組織缺鐵會限制血紅素的合成，小球性低色素的紅血球數量逐漸增多，MCV、血比容與血紅素都逐漸降低，但通常要血紅素低於切點 1-2 g/dL 時，MCV 才會明顯異常。缺鐵始於鐵負平衡，導致鐵儲存降低而不足以供應組織之需，血中 FER 可以代表鐵儲存量，TIBC 與 FE 分別代表血液的運鐵能力與實際鐵量，然而 FE 變化大，而 TIBC 需於鐵儲存耗盡後才會改變⁽¹⁴⁾，通常以兩者

的比率 TSAT 來代表供鐵程度。根據鐵代謝利用與紅血球生成的生理和生化反應過程，WHO 總共提出 16 項適用的指標，其中以 Hb、ZnPP、MCV、溶解性運鐵蛋白受體 (soluble transferrin receptor, sTfR) 和 FER 等五項為優先適用⁽¹⁴⁾，並以 Hb 和 FER 的靈敏度最高⁽¹⁵⁾。NAHSIT 用到其中的血紅素、血比容、MCV 和 MCH 等紅血球指標，以及 FE、TIBC、TSAT 和 FER 等鐵營養指標。

台灣兩次國民營養調查之鐵營養趨勢一致

台灣最新兩次營養健康調查採用的鐵營養指標不同，NAHSIT 2013-2016 主要是 Hb、MCV 與 FER⁽⁷⁾，NAHSIT 2017-2020 則增加了 FE、TIBC 和 TSAT 等三項⁽⁸⁾。本研究利用 NAHSIT 2017-2020 數據，缺鐵者的排除條件增加 TSAT 異常者

時，全體排除率（男性 43.8% 和女性 42.0%）比不排除 TSAT 異常者時為高（男性 39.5% 和女性 36.2%），且增幅以女性高於男性，表示 TSAT 提高了缺鐵偵測的靈敏度，使各性別年齡層的正常參考人群之人數減少；然而排除 TSAT 異常與否，並不影響紅血球與鐵營養各項指標的中位數、平均值和第 5 百分位值（分析數據未詳列）。因此 NAHSIT 2013-2016 雖然未能納入 TSAT，而本研究 NAHSIT 2017-2020 則納入 TSAT，但兩次結果仍可合理比較。

比較兩次調查所得之健康參考人群的 Hb、MCV 與 FER 的性別年齡趨勢，可見兩次調查的表現一致，不過中位數的絕對值略有或高或低的微小差異⁽⁹⁾，此等差異最可能是樣品收集條件與分析誤差所致，但不能完全排除國人的鐵營養狀況有實質的變化，兩者都值得進一步確認。

國人之性別年齡趨勢與生理營養特性

NAHSIT 2017-2020 正常人群之紅血球與鐵營養各項指標的性別與年齡趨勢，與性別和生命期階段的生理特性一致，包括未成年之成長發育、女性經期始末和老化變遷，主要緣自荷爾蒙與鐵營養平衡的效應。

鐵營養的影響 男性的各項鐵營養標顯示，其各生命期的鐵營養為正平衡，鐵儲存充足且貧血率極低。女性未成年時血紅素、TSAT 與 FER 都沒有同齡男性因生長而快速升高的現象，反而隨著年齡增長而下降，直到 45 歲後進入停經期後，血紅素才有微幅的升高，FER 也在此階段才迅速升高（圖三 C&D），加以女性 TIBC 於 16 歲以上都顯著高於同齡男性，TSAT 則顯著較低，整體反映了育齡女性的鐵營養傾向負平衡，停經才略有改善（圖三 B）；已知女性的月經血液流失導致鐵流失量比男性多 50%⁽¹⁶⁾，且其攝食量與鐵攝取量均少於男性⁽⁸⁾，因此限制了對造血組織的供鐵能力、鐵的儲存與造血作用。

臨床與調查研究都確證 TIBC 與肝鐵儲存量為反向關係，成長期需鐵量大而儲存有限，兩性於 15 歲以下的 FER 均為一生中的最低值且男女的差幅不大，代表鐵儲存量低且相近，此時兩性的 TIBC 都居於一生中的高值。男性 16 歲起 FER 快速升高，對應了 TIBC 的快速降低；女性的 FER

雖於停經後升高，但都顯著較同齡男性為低，其對應的 TIBC 都顯著高於同齡男性（圖三 C&D）。

性荷爾蒙的影響 男性的鐵營養為正平衡，但未成年者之 MCV 卻小於女性（圖二 D），乃因鐵營養之外，還有性荷爾蒙影響了鐵利用與紅血球生成速率（erythropoiesis）⁽¹⁸⁾。臨床上已知睪固酮會提高紅血球生成素（erythropoietin）的濃度而促進造血作用⁽¹⁸⁾，紅血球因快速增生而多數體積較小⁽¹⁹⁾。反之，女性鐵儲存較少但紅血球並無小球性的趨勢，主要是停經前有雌激素促進紅血球前驅細胞的程式性凋亡，因而抑制了紅血球的新生，使得紅血球數較少而 MCV 較大⁽²⁰⁾；停經後雌激素減少，加上鐵正平衡，血紅素與血比容都輕微上升，而 MCV 與同齡男性雖有差異但差幅縮小（圖二 D）。

性荷爾蒙也是導致兩性之 FE、TSAT 和 FER 顯著差異（圖三）的原因之一。已知小腸的鐵吸收受抑鐵肽（hepcidin）的調節；此荷爾蒙由肝臟合成和分泌，其分泌量與肝鐵儲存量有正向關係，鐵儲量增多時，抑鐵肽濃度升高而抑制小腸的鐵吸收與血中的鐵運送⁽²¹⁾。臨床上已知睪固酮會降低抑鐵肽的濃度⁽²²⁾，因而促進鐵的吸收和血液運送⁽²³⁾。未成年男性的 TSAT 與 FER 自 12 歲後開始快速而持續升高，TIBC 則於 15 歲後快速降低，乃因成長期之睪固酮分泌隨年齡而增加，可以拮抗抑鐵肽的作用，因而有助於鐵的吸收、運送和儲存。

跨國比較

美國 NHANES II（1976-1980） 這是最早提供健康參考人群之紅血球與鐵營養標之性別、年齡與族裔趨勢的國家報告⁽¹²⁾。白人男女兩性各項指標於 12 歲以內並無明顯差異，12 歲之後才有顯著的性別差異，除了 MCV 與 TIBC 之外，均以男性顯著高於女性。白人男性於未成年時，其 Hb、Hct、RBC、MCV、FE 與 TSAT 等都隨著年齡增長而升高，成年後則微幅降低或持平⁽¹²⁾。本研究之男性國人的表現大致與美國白人男性之趨勢相近（圖二 & 三），不過 65 歲以上的趨勢無法比較，因為 NHANES II 的 65 歲以上老人人數極少。女性的青春年齡較男性為早，成長期程較男性短，國人女性的年齡趨勢與美國的白人或非裔女性的表現都不同，女性國人的各項指標在未成年期都沒有隨著年

齡而升高的現象，RBC 和 TIBC 反而呈現下降的趨勢（圖二 B& 三 B）。當排除營養問題之後，非裔男女的多項鐵營養指標都低於白人，反映遺傳的影響。然而國人與白人女性的差異並非單純之族裔或遺傳的不同，因為男性並無此等差異。因此國人女性的鐵營養狀況可能有明顯低落的疑慮，值得更深入的關切。

韓國 KNHANES-V（2010–2012）亞洲國家很少有全齡趨勢的報告，通常針對特定的生命期與特定的指標項目。韓國未成年兩性之 Hb、FE 和 FER 均於 12 歲之前相近，其後則開始有性別差異。男性血紅素的年齡趨勢與白人相似，女性則於 12 歲以上呈現降低趨勢⁽²⁴⁾；兩性的 TIBC 約於 12 歲時最高，14 歲起都開始降低，但以女性高於男性；男性的 TSAT 與 FER 隨著年齡持續升高，女性則大致持平⁽²³⁾。本研究之台灣未成年人的兩性趨勢與韓國人大致相似。

鐵營養指標項目與切點

除了適當的指標之外，各項切點值會直接影響鐵營養狀況與缺乏盛行率的估計。目前 NAHSIT 採用的是 WHO 建議的切點值，然而長期以來血紅素和 FER 切點的實證依據均採用美歐的調查數據與臨床標準，因此不同族裔與遺傳的適用性一直都有驗證和補充的提議。切點值的評定主要有臨床標準與統計分析兩種策略，台灣有國人代表性的血液生化數據，可以採用國際通行的原則，嘗試檢驗國際標準的適用性，建立更適合國人的評估標準。

血紅素切點 目前 WHO 的血紅素切點採用統計分析，定義為正常參考人群的第五百分位值，並針對非裔訂有校正值，不過無論族裔，其性別年齡趨勢都是 15 歲以下兩性沒有差異，15-65 歲以男性高於女性，但兩性各年齡層都維持平穩而無變動，65 歲以上因為數據不足而沒有切點建議⁽¹¹⁾。台灣性別與年齡分層之貧血切點已有 NAHSIT 2013-2016 數據的初步統計⁽⁹⁾。本研究利用 NAHSIT 2017-2020 統計分析貧血切點，確認兩次調查所得的性別與年齡趨勢相同（圖四）。NAHSIT 與 WHO 的貧血切點比對，兩性切點同樣於 7-14 歲時相同，不過以 NAHSIT 高於 WHO；15 歲以上則因性別而有差異，以女性與 WHO 相近，而男性則高於 WHO。男性此等趨勢與日本⁽²⁶⁾ 和印尼⁽²⁷⁾ 的

表現相同，除了可能是遺傳的原因之外，還有一項飲食誤差值得考慮。已知血漿體積減少 5% 會使 Hb 濃度上升約 0.2 g/dL⁽²⁸⁾。最近國人飲水量數據指出，男性 16-18 歲的飲水量少於美國的建議量，而且每日飲水量（中位數 2451 mL）低於 13-15 歲（2594 mL），對照此年齡層之 Hb 濃度中位數歲最高（15.7 g/dL），不排除此切點有高估之虞。WHO 的標準雖然有非裔、居住海拔和抽菸的校正，但無法校正飲食行為的差異，若利用國人專一性的切點則可自動校正，因為飲水量會影響血漿體積，但不改變 RBC 與 Hb 總量。

貧血切點的升高或降低都會改變貧血率的評估結果，因此兩次以 NAHSIT 切點所得的貧血率，除了男性 65-74 歲之外，兩性老年人都低於 WHO 切點之結果，其他年齡層則較高（圖五）。

鐵蛋白切點 FER 是細胞內的儲鐵蛋白質，血清 FER 與肝臟儲鐵量有正比的劑量關係；不過 FER 也是急性發炎分子，會因發炎或疾病而濃度升高，可能掩飾缺鐵問題⁽²⁹⁾。早年的 NAHSIT 與 NHANES 採用的切點是 FER <12 µg/L⁽³⁰⁾，代表儲鐵耗盡，造血組織缺鐵，骨髓的鐵染色為陰性，並伴有小球性貧血、低 FE 與高 TIBC。WHO 2020 建議 5 歲以上的切點為 <15 µg/L，同樣是骨髓的鐵染色為陰性而可確診缺鐵⁽¹³⁾。不過這兩組切點雖然專一性極高（95.9-98%），但靈敏度卻偏低（25-76.7%）^(31, 32)。此外，骨髓陰性鐵染色代表缺鐵已是最嚴重與極端的末段，並不能偵測貧血前的早期缺鐵階段與惡化過程。因此此等切點表示缺鐵的漏診率偏高。

發炎可使鐵蛋白升高約 30%，造成鐵儲存增多的假象，因此評估發炎盛行的族群，WHO 建議 FER 的切點提高到 70 µg/L⁽³³⁾。各國也會設定各自適用的標準，例如中國營養調查就發炎程度而區分，5 歲以上沒有發炎的切點是 25 µg/L，若有發炎則依嚴重程度提高到 32 或 46 µg/L⁽³⁴⁾。近年來另一項新興的策略是探索生理反應性的 FER 切點，這是代表造血細胞內鐵不足以滿足 Hb 的生成之調節反應，細胞分子生理方面，低於此標準時 sTfR 開始升高，而 Hb 開始降低，但骨髓鐵染色未必為陰性。建立此切點方法是利用限制性立方曲線模型（restricted cubic spline model）分析 FER 對應血中 sTfR 或 Hb 的曲線轉折點。根據細胞鐵利

用的分子機制，sTfR 可以代表細胞內鐵的充足程度。sTfR 是運鐵蛋白受體裂解釋入血中的片段，運鐵蛋白受體是紅血球前驅細胞的膜蛋白質，其數量受胞內的鐵量控制，於細胞缺鐵時增多，代表限鐵性造血作用的初期，此時對應的 FER 值可能高於鐵儲存耗盡的切點。利用美國多年度的 NHANES 數據，對照 Hb 而得的生理反應值是育齡婦女 25.3 和兒童 19.9 $\mu\text{g/mL}$ ，對照 sTfR 的生理反應值是育齡婦女約為 24-25.4 $\mu\text{g/L}$ 與兒童約 20 $\mu\text{g/L}$ ；兩項對照的結果相近^(35, 36)，低於此標準時 sTfR 開始升高，並且隨著缺鐵嚴重程度而持續升高，且不會因發炎而變動。NAHSIT 沒有檢測 sTfR，但以 Hb 為對照可得國人有齡婦女的 FER 生理反應值為 25 $\mu\text{g/L}$ ，與美國調查結果相當⁽³⁷⁾。

此外 FER 切點 25-30 $\mu\text{g/L}$ 可同時具有高度的專一性 (94.4-98%) 和靈敏度 (87.7-92%)^(31, 32, 38)。美國 NHANES 指出，提高切點將使缺鐵率升高一倍以上⁽³⁹⁾。近十多年國人調查的缺鐵診斷一向採用 FER <15 $\mu\text{g/L}$ ，可能有數項限制：其一是靈敏度偏低，其二是未考慮族裔的差異，其三是沒有考慮其他的干擾因素如肥胖性慢性發炎⁽⁴⁰⁾或其他慢性疾病⁽⁴¹⁾。因此國人的缺鐵問題可能有低估之虞。

其他指標 FE 與 TIBC 並不單獨用於缺鐵診斷，因為 FE 的靈敏度不如 FER，且個體內變異性 (intraindividual variability) 也高於 FER；TIBC 需鐵儲存耗盡後才會改變，通常應用於輔助鑑定發炎與疾病等干擾因素。TSAT 是 FE 對 TIBC 的百分率，其切點主要是根據 NHANES III 的第 12 百分位，臨床上確知 TSAT <15% 則無法滿足每日造血的需求，長期低落則改變新生紅血球的數目和型態。國人 TSAT 的第 5 百分位 <15% 的只有女性 13-18 歲，其他都較高，似乎反映造血組織供鐵充足，但也可能是亞洲族裔的特點，TSAT 有高於白人的現象，若為後者，則切點值必須進一步的評估。

族裔差異 目前 FER、TSAT 的切點主要根據歐美白人的分布而訂，數個大規模多族裔的調查比較指出，韓人、華人⁽⁴⁰⁾等亞洲族群與白人不同，

前者幾乎沒有鐵過量的基因遺傳，缺鐵率也高於白人，但 FER 和 TSAT 平均值都高於白人，其原因目前不明，有待進一步的探討^(43, 44)。

研究限制 本研究之正常參考人群排除了血液生化指標有缺失值者，資料充足者 (即抽血回應率) 佔體檢總人數之比率因性別與年齡分層而不同，其中 7-9 歲未達 50%，因此其全國代表性不足，故不納入年齡趨勢線 (圖二 & 三)；資料充足率 >50% 為合理母體推論的最低標準，充足率 >60% 為學術分析的建議標準，充足率 >70% 則是理想標準，適用於可靠的母體推論，也是 NHANES 長年維持的體檢抽血率⁽⁴⁵⁾。國人營養調查的主要目標在於監測國人兩性各年齡族群之營養健康狀態，其中血液檢驗項目可以輔助膳食攝取量評估之不足，因此應力求兩性各年齡族群都能達到 60% 以上的回應率，才能進行合理的母體推論而得全國之代表性。本研究所用的 7 歲以上年齡層共 16 組，未達推論標準的有 10 組：兩性的 7-18 歲，男性 19-44 歲，以及女性 75 歲以上。因此，這些年齡層的多項血液營養指標的全國代表性都有不足，代表營養主管單位對台灣之學齡兒童與未成年青少年之營養健康狀況的了解十分受限，並無法掌握國人成長族群的健康問題，以致無法提供有效優化或改善策略。此等限制對個人、家庭、社會的長期發展都相當不利。

國人貧血率的演變

台灣營養調查關於貧血率的評估自 1993 年開始至今。根據歷年的調查結果可知^(46, 47)，成年女性中，19-50 歲有 25.2%，51-64 歲有 16.0%，65 歲以上有 18.8%；成年男性 19-64 歲有 6.6%，65 歲以上有 19.5%。缺鐵貧血率為成年女性 19-50 歲有 6.8%，51-64 歲有 1.3%，65 歲以上有 2.0%；男性 19-64 歲有 0.1%，65 歲以上有 2.5% (表六)。雖然早期的年齡分層與近年的調查不盡相同，但都清楚可見，近二十多年來，貧血的性別與年齡之趨勢變化不大，男性的缺鐵貧血問題極低，女性 13-64 歲的缺鐵貧血問題最為嚴重，近 30 年來並無明顯的改善跡象。

表六 台灣歷年之貧血率與缺鐵貧血率變遷

Table 6. Time trends in the prevalence of anemia and iron deficiency anemia in the Taiwanese population

性別	年齡 ¹	NAHSIT 2017-2020		NAHSIT 1993-2000 ^{2 (46, 47)}	
		貧血率 ³ (%)	缺鐵貧血率 ³ (%)	貧血率 ⁴ (%) ¹	缺鐵貧血率 ⁴ (%)
男性	7-12	8.8	0.0	11.4	0
	13-15	12.0	1.5	7.2	0
	16-18	7.6	0.4	7.2	0
	19-44	8.4	0.2	-	-
	19-50	-	-	6.2	0
	45-64	10.9	0.6	-	-
	51-64	-	-	8.2	1.4
	65-69	13.5	0.6	11.7	2.3
	70-74	-	-	17.5	5.3
	≥ 75	16.4	0.8	21	5.6
	≥ 80	-	-	41.5	8.7
女性	7-12	11.3	0.9	13.2	0.3
	13-15	19.0	8.9	13.7	2.8
	16-18	13.0	7.4	13.7	2.8
	19-44	25.0	17.0	-	-
	19-50	-	-	25.2	15.4
	45-64	14.7	5.6	-	-
	51-64	-	-	16	7.5
	65-69	12.6	0.7	13.5	2.8
	70-74	-	-	15.3	3.2
	≥ 75	21.8	0.3	24.2	3.5
	≥ 80+	-	-	30.7	5.1

¹兩次 NAHSIT 的年齡分層略有不同，「-」代表非該次調查的年齡層。²國民營養現況與老人營養現況^(46, 47)。

³貧血標準採用本研究之血紅素切點，缺鐵標準以 ferritin < 15 µg/L。

⁴NAHSIT 1993-2000 貧血標準採用 WHO，缺鐵標準為 ferritin < 12 µg/L。

結 論

本研究利用 NAHSIT 2017-2020 之血液生化數據，針對紅血球與鐵營養各四項指標，採用 WHO 與 NHANES 的原則和標準，篩選國人性別年齡分層之正常參考人群，提供了台灣兩性專一性的年齡

變化曲線，顯示女性之鐵營養自少年期起就持續低落。與 NAHSIT 2013-2016 之結果比對，再度確認國人貧血切點以男性高於 WHO，而女性則相近；兩項標準都確認女性 13-64 歲的缺鐵貧血率居高，為主要的貧血族群，但兩性的非缺鐵性貧血率也都超過 10%，是不可輕忽的健康問題。

致 謝

本研究獲准使用衛生福利部國民健康署國民營養健康狀況調查計畫之數據。本報告內容不代表衛生福利部國民健康署意見。感謝輔仁大學 DRI 計畫團隊協助申請國民營養健康狀況變遷調查數據之使用。

資 金

不適用。

作者的貢獻

蕭寧馨：研究構思、文獻整理與數據分析設計，結果詮釋，期刊文稿撰寫

張美鈴：數據整理與統計分析，製表與繪圖，結果說明與討論

劉奕方：國健署研修國人膳食營養相關基準計畫之協同主持人，數據申請與統計指導

陳顯宗：文獻收集整理，體檢數據整理與統計分析
全員：審閱與校對文稿，並全體同意投稿台灣營誌

倫理審查並同意參與

不適用。

利益衝突

本研究之數據取得和利用均遵循國民健康署之規範與核備，符合學術倫理，所有作者均沒有利益衝突。

參考文獻

1. World Health Organization: Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. In WHO/NMH/NHD/MNM/11.1. Geneva: World Health Organization; 2011. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-MNM-11.1> (assessed 19 August 2025).
2. GBD 2021 Anaemia Collaborators. Prevalence, years lived with disability, and trends in anaemia burden by severity and cause, 1990-2021: findings from the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Haematol.* 2023;

- 10: e713-e34.
3. Lee S, Son Y, Hwang J, et al. Global, regional and national burden of dietary iron deficiency from 1990 to 2021: a Global Burden of Disease study. *Nat Med.* 2025; 31: 1809-29.
4. Tawfik YMK, Billingsley H, Bhatt AS, et al. Absolute and Functional Iron Deficiency in the US, 2017-2020. *JAMA Netw Open.* 2024; 7: e2433126.
5. Cheung YT, Chan DFY, Lee CK, et al. Impact of iron deficiency on attention among school-aged adolescents in Hong Kong. *Hong Kong Med J.* 2025; 31: 139-47.
6. United Nations: The 17 goals. New York: Department of Economic and Social Affairs; 2021. <https://sdgs.un.org/goals> (assessed 19 August 2025)
7. 國民健康署。國民營養健康狀況變遷調查成果報告 2013-2016 年。2019。 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=3999&pid=11145> (assessed 19 August 2025)。
8. 國民健康署。國民營養健康狀況變遷調查成果報告 2017-2020 年。2022。 <https://www.hpa.gov.tw/EngPages/Detail.aspx?nodeid=3999&pid=15562> (assessed 19 August 2025)。
9. 劉奕方，張美鈴，陳顯宗，蕭寧馨。利用台灣國民營養與健康狀況變遷調查 2013-2016 數據探討國人之血紅素健康範圍與貧血標準參考值。 *台灣營養學會雜誌*。 2025; 49: 38-52。
10. 國民健康署。《106-109 年 國民營養健康調查資料庫使用手冊》2025 修訂版。
11. World Health Organization: Guideline on haemoglobin cutoffs to define anaemia in individuals and populations. Geneva: World Health Organization; 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240088542> (assessed 19 August 2025).
12. Yip R, Johnson C, Dallman PR. Age-related changes in laboratory values used in the diagnosis of anemia and iron deficiency. *Am J Clin Nutr.* 1984; 39: 427-36.
13. World Health Organization: Serum ferritin concentrations for the assessment of iron status in individuals and populations: technical brief. World Health Organization; 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240008526> (assessed 19 August 2025).
14. World Health Organization: Assessing the iron status of populations: including literature reviews, 2nd ed. In Report of a Joint World Health Organization/Centers for Disease Control and Prevention Technical Consultation on the Assessment of Iron Status at the Population Level. Geneva, 2007. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241596107> (assessed 19 August 2025).
15. Mei Z, Cogswell ME, Parvanta I, et al. Hemoglobin and ferritin are currently the most efficient indicators of popu-

- lation response to iron interventions: an analysis of nine randomized controlled trials. *J Nutr.* 2005; 135: 1974-80.
16. 蕭寧馨，劉奕方。鐵：國人膳食營養素建議攝取量表及其說明第八版。衛生福利部國民健康署。2023。
 17. Murphy WG. The sex difference in haemoglobin levels in adults - mechanisms, causes, and consequences. *Blood Rev.* 2014; 28: 41-7.
 18. Bachman E, Travison TG, Basaria S, et al. Testosterone induces erythrocytosis via increased erythropoietin and suppressed hepcidin: evidence for a new erythropoietin/hemoglobin set point. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2014; 69: 725-35.
 19. Warren AM, Grossmann M. Haematological actions of androgens. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2022; 36: 101653.
 20. Azad P, Villafuerte FC, Bermudez D, Patel G, Haddad GG. Protective role of estrogen against excessive erythrocytosis in Monge's disease. *Exp Mol Med.* 2021; 53: 125-35.
 21. Nemeth E, Ganz T. Hepcidin and Iron in Health and Disease. *Annu Rev Med.* 2023; 74: 261-77.
 22. Guo W, Bachman E, Li M, et al. Testosterone administration inhibits hepcidin transcription and is associated with increased iron incorporation into red blood cells. *Aging Cell.* 2013; 12: 280-91.
 23. Bachman E, Feng R, Travison T, et al. Testosterone suppresses hepcidin in men: a potential mechanism for testosterone-induced erythrocytosis. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010; 95: 4743-7.
 24. Lim JS, Seo JH, Kim DH, Lee JA. The hemoglobin values of Korean adolescents show distinctive characteristics in comparison to those of Caucasians and African Americans. *Pediatr Blood Cancer.* 2015; 62: 409-13.
 25. Oh HL, Lee JA, Kim DH, Lim JS. Reference values for serum ferritin and percentage of transferrin saturation in Korean children and adolescents. *Blood Res.* 2018; 53: 18-24.
 26. Sato TT, suno NH, Yanagisawa R, Fujiwara S-i. The effects of upward revision of haemoglobin thresholds for anaemia in blood donations. *Lab Hematol.* 2024; 11: e396.
 27. Khusun H, Yip R, Schultink W, Dillon DH. World Health Organization hemoglobin cut-off points for the detection of anemia are valid for an Indonesian population. *J Nutr.* 1999; 129: 1669-74.
 28. Jimenez C, Melin B, Koulmann N, Allevard AM, Launay JC, Savourey G. Plasma volume changes during and after acute variations of body hydration level in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999; 80: 1-8.
 29. Cappellini MD, Musallam KM, Taher AT. Iron deficiency anaemia revisited. *J Intern Med.* 2020; 287: 153-70.
 30. Expert Scientific Working Group. Summary of a report on assessment of the iron nutritional status of the United States population. Expert Scientific Working Group. *Am J Clin Nutr.* 1985; 42: 1318-30.
 31. Yu D, Huo J, Xie L, Wang L. Meta-analysis of studies on cut-off value of serum ferritin for identifying iron deficiency. *J Hygiene Res.* 2013; 42: 228-35.
 32. Garcia-Casal MN, Pasricha SR, Martinez RX, Lopez-Perez L, Pena-Rosas JP. Serum or plasma ferritin concentration as an index of iron deficiency and overload. *Cochrane Database Syst Rev.* 2021; 5: CD011817.
 33. World Health Organization: WHO guideline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations. World Health Organization; 2020. <https://iris.who.int/items/47948946-8d86-461c-9f31-aa49155337f2> (accessed 19 August 2025).
 34. National Health Commission of the Ministry of Health. the National Hygienic Standard WS/T 465-2015: Method for iron deficiency screen. Beijing: Standards Press of China; 2015. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/yingyang/201505/2bd3ce9e38b043e7911da4ee1caac23d.shtml> (accessed 21 February, 2026).
 35. Mei Z, Addo OY, Jefferds ME, Sharma AJ, Flores-Ayala RC, Brittenham GM. Physiologically based serum ferritin thresholds for iron deficiency in children and non-pregnant women: a US National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) serial cross-sectional study. *Lancet Haematol.* 2021; 8: e572-e82.
 36. Addo OY, Mei Z, Hod EA, et al. Physiologically based serum ferritin thresholds for iron deficiency in women of reproductive age who are blood donors. *Blood Adv.* 2022; 6: 3661-65.
 37. 陳顯宗。開發以生理為依據的血液鐵蛋白閾值與貧血實例驗證及老年人貧血因子探討。碩士論文，實踐大學，食品營養與保健生技學系。2024。
 38. Mast AE, Blinder MA, Gronowski AM, Chumley C, Scott MG. Clinical utility of the soluble transferrin receptor and comparison with serum ferritin in several populations. *Clin Chem.* 1998; 44: 45-51.
 39. Braat S, Pasricha SR. Finding ferritin in the plateaus and valleys of iron deficiency. *Lancet Haematol.* 2021; 8: e539-e40.
 40. Aigner E, Feldman A, Datz C. Obesity as an emerging risk factor for iron deficiency. *Nutrients.* 2014; 6: 3587-600.
 41. Kim JD, Lim DM, Park KY, et al. Serum Transferrin Predicts New-Onset Type 2 Diabetes in Koreans: A 4-Year Retrospective Longitudinal Study. *Endocrinol Metab (Seoul).* 2020; 35: 610-17.
 42. Yenson PR, Yoshida EM, Li CH, Chung HV, Tsang PW.

- Hyperferritinemia in the Chinese and Asian community: a retrospective review of the University of British Columbia experience. *Can J Gastroenterol*. 2008; 22: 37-40.
43. Kang W, Barad A, Clark AG, et al. Ethnic Differences in Iron Status. *Adv Nutr*. 2021; 12: 1838-53.
44. Gordeuk VR, Brannon PM. Ethnic and genetic factors of iron status in women of reproductive age. *Am J Clin Nutr*. 2017; 106: 1594S-99S.
45. McQuillan G, Kruszon-Moran D, Di H, et al. Assessing consent for and response to health survey components in an era of falling response rates: National Health and Nutrition Examination Survey, 2011-2018. *Surv Res Methods*. 2021; 15: 257-268.
46. 行政院衛生署。國民營養現況 1993-1996 國民營養健康狀況變遷調查結果。台北：行政院衛生署；1998。
47. 行政院衛生署。老人營養現況 台灣地區老人營養狀況調查 1999-2000 調查結果。台北：行政院衛生署；2004。

台灣正常參考人群之紅血球與鐵相關指標之年齡性別趨勢與切點：NAHSIT 2017-2020 數據之應用

張美鈴¹ 劉奕方² 陳顯宗² 蕭寧馨^{3*}

¹ 實踐大學食品營養與保健生技學系

² 輔仁大學營養科學系

³ 台灣大學生化科技學系

(收稿日期：115 年 3 月 5 日。接受日期：115 年 5 月 27 日)

摘要 研究目的 利用國人代表性之血液生化數據，統計分析正常參考人群之各項紅血球（血紅素、血比容、紅血球數 RBC 和平均紅血球容積 MCV）與鐵營養（血清鐵 FE、運鐵容量 TIBC、運鐵蛋白飽和度和鐵蛋白）指標之性別年齡趨勢與貧血切點，以供鐵營養評估之應用。

方法 數據取自台灣國民營養調查 NAHSIT 2017-2020，其 7 歲以上血液生化數據完整者，先排除維生素缺乏、發炎與肝腎功能異常者，篩選出台灣之「參考人群」。繼而依指定分項指標，排除非指定項目異常者，以建立分項指標之「正常人群」。利用 SPSS 分析各分項指標之中位數與 95% 範圍，建立性別年齡趨勢曲線，並以血紅素第 5 百分位值為貧血切點，應用於評估國人的貧血與缺鐵貧血率。

結果 國人之紅血球與鐵營養各四項指標均有顯著的性別差異：TIBC 與 MCV 以女性顯著較高，其他指標則以男性較高，不過 13 歲以下的差幅極小。兩性有不同的年齡趨勢。未成年男性的 TIBC 自 15 歲以上顯著下降，其他指標則隨年齡而顯著上升，成年之後則維持平穩或緩緩降低。女性隨著年齡增長，其 RBC 降低，MCV 上升，TIBC 則自 18 歲以上顯著下降；其他指標於 13-44 歲大致維持平穩，而於 45 歲後升高。男性的貧血切點高於 WHO 標準，女性則相當。生育年齡婦女有最高的貧血率（13-25%）與缺鐵貧血率（7.4-17%）。

結論 本研究針對紅血球與鐵營養各四項指標，篩選國人之正常參考人群，提供台灣兩性專一性的年齡變化曲線與貧血切點，並應用於評估國人的貧血率與缺鐵性貧血率。

關鍵詞：國民營養健康狀況變遷調查 2017-2020、紅血球指標、鐵營養指標、性別年齡趨勢、貧血切點、缺鐵性貧血

* 通訊作者：蕭寧馨

通訊地址：台北市羅斯福路四段一號台大生化科技系

電話：0932163697

電子郵件：nsshaw@ntu.edu.tw