

*Teflon Environmental
Toxicity Assessment*

鐵氟龍
環境毒素檢測
2.0

全氟及多氟烷基物質PFASs
(Per- and Polyfluoroalkyl substances)



安生診所
ANDERSON CLINIC



安生診所
ANDERSON CLINIC



ESSENSE AI
元萃數據
科技股份有限公司

客戶資訊

檢體號碼： 24ASN0001	類別： PMSPFAS01	報告編號： 24ASN0001
姓名： Y069776001	項目： PFASs檢測	收件日期： 2024/1/26
性別： Male	病歷號： -	報告日期： 2025/1/9

套組說明 [1, 2]

全氟及多氟烷基物質 (Per- and polyfluorinated alkyl substances, PFASs) 亦稱為「永遠的汙染物(Persistent chemicals)」，為國際長期關注的環境毒物，其廣泛存在於食品及環境中，如空氣、土壤以及水源，並直接或間接汙染飲用水甚至食物(圖二)。

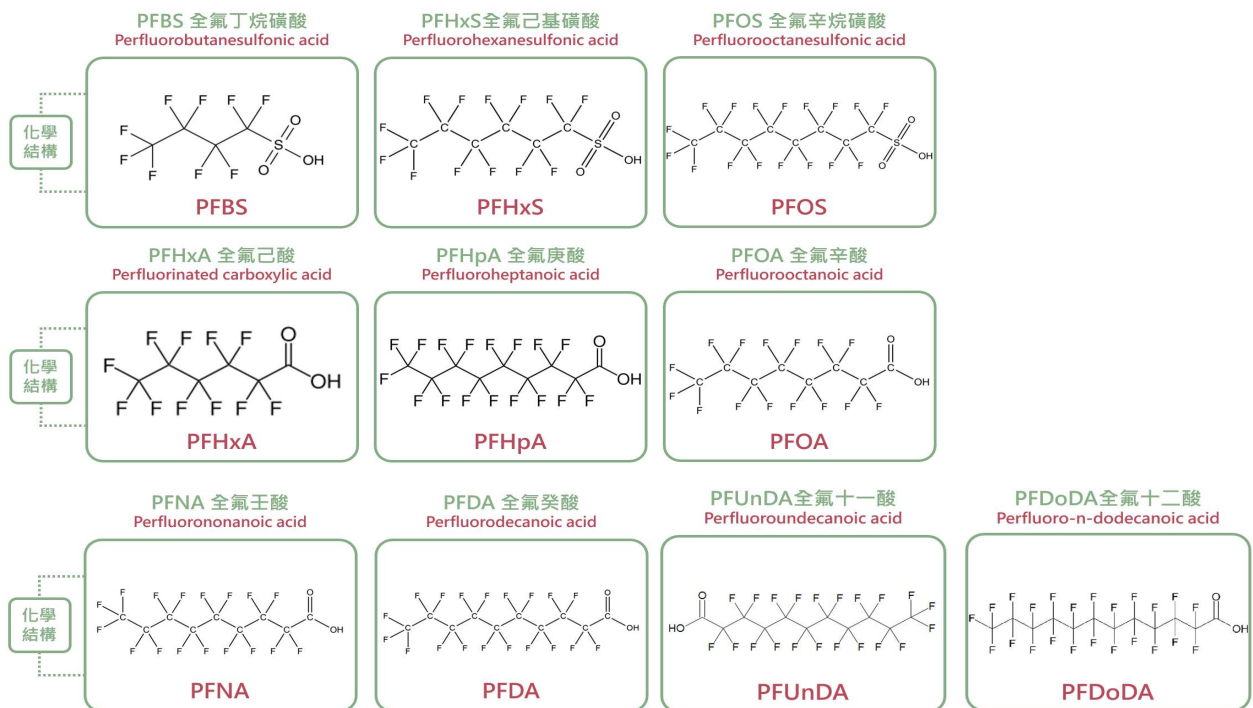
PFASs具有高穩定性之碳-氟鍵結構(表一)，賦予其獨特的物化性質，如:疏水性、疏油性、熱穩定性。由於PFASs化學結構中其結構具有高穩定性，使材料具備耐熱、防水和防沾黏之特性[1]。然而，PFASs會在環境中累積，並通過生物累積及生物放大性的影響，而由食入、吸入及皮膚滲入進入體內，並累積於血液中。

由於PFASs半衰期長，長期暴露於PFASs可能會對人體健康造成威脅，從近期研究指出，部分開發中國家，其人口血液可偵測到PFASs之殘留，並引起各界之健康關注。

十種PFASs之半衰期—PFBS：21.9~87.6天[3]；PFHxS：7.3年~8.5年[4]；PFOS：4~7.5年[5]；PFHxA：14~49天[3]；PFHpA：1.27年[6]；PFOA：1.2~14.9年[7]；PFNA：3.5年[3]；PFDA：7.1年[6]；PFUnDA：156天[6]；PFDoDA：295天[7]。

透過早期檢測血液中之PFASs濃度，便能評估體內是否有殘餘過量之PFASs，進而早期介入健康管理方案，如此一來，便能遠離PFASs長期累積於人體內所造成之健康危害。

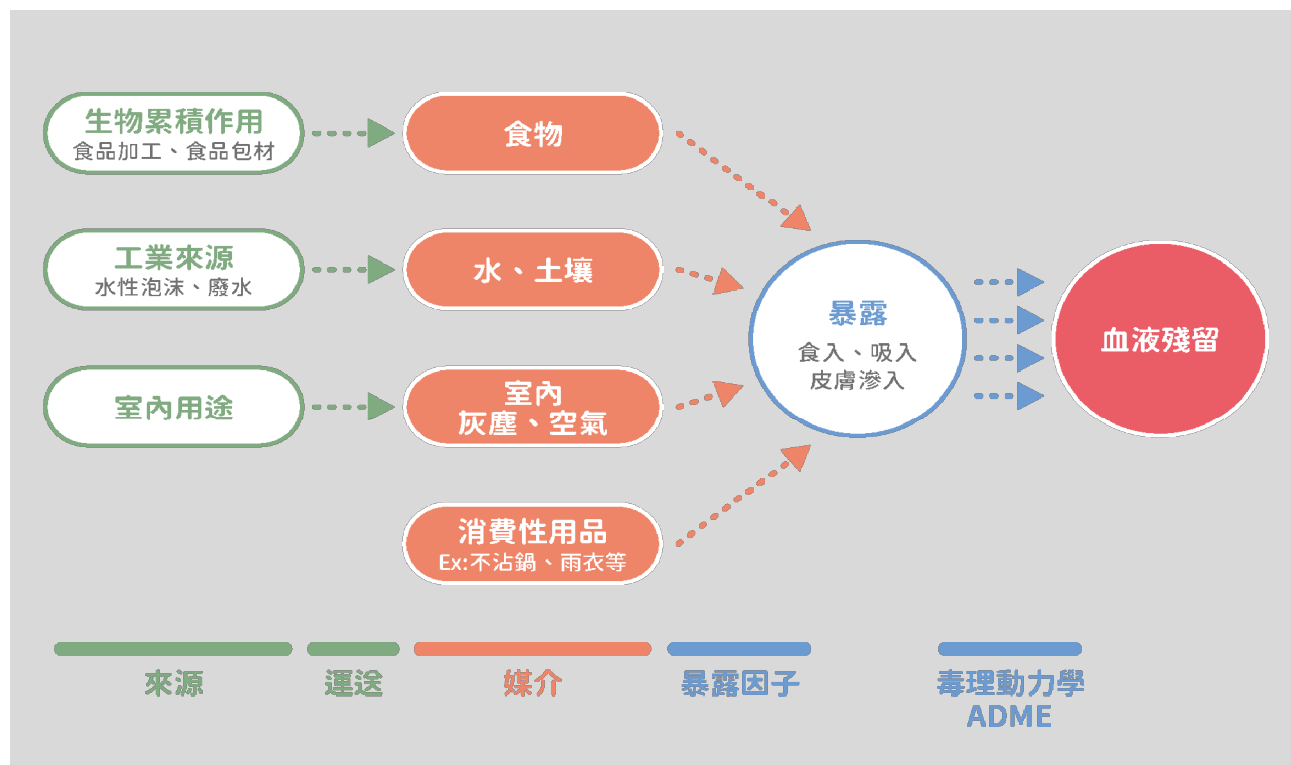
表一 常見PFASs種類之化學結構式^[2]



圖一、可能殘留PFASs之生活用品^[8]



圖二、PFASs暴露來源與其傳遞途徑



檢測結果

全氟及多氟烷基物質 Per- and Polyfluoroalkyl substances, PFASs

檢測項目	檢測值(ng/ml)		參考標準
全氟丁烷磺酸 Perfluorobutane-sulfonic acid (PFBS)	2.00	<p>PFBS</p> <p>0.001 2</p>	<0.001
全氟己基磺酸 Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	22.00	<p>PFHxS</p> <p>0.4 8.4</p>	<0.4
全氟辛烷磺酸 Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)	0.60	<p>PFOS</p> <p>3.5 25.7</p>	<3.5
全氟己酸 Perfluorinated carboxylic acid (PFHxA)	3.90	<p>PFHxA</p> <p>0.05 3.9</p>	<0.05
全氟庚酸 Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	0.30	<p>PFHpA</p> <p>0.001 0.3</p>	<0.001

●：檢測落點

【檢測數據聲明】

檢測結果僅限於個人健康管理之參考數據，不得做為醫師醫囑、診斷或治療之替代依據。受檢者了解於停止、開始或改變原有之治療計畫或醫療處置前，必須事先諮詢醫師或醫事專業人員。

檢測結果

全氟及多氟烷基物質 Per- and Polyfluoroalkyl substances, PFASs

檢測項目	檢測值(ng/ml)		參考標準
全氟辛酸 Perfluorooctanoic acid (PFOA)	0.40	 PFOA ▲ 1.6 ▲ 7.7	<1.6
全氟壬酸 Perfluorononanoic acid (PFNA)	1.30	 PFNA ▲ 0.3 ▲ 2.1	<0.3
全氟癸酸 Perfluorodecanoic acid (PFDA)	1.07	 PFDA ▲ 0.1 ▲ 1.07	<0.15
全氟十一酸 Perfluoroundecanoic acid (PFUnDA)	1.80	 PFUnDA ▲ 0.1 ▲ 1.8	<0.1
全氟十二酸 Perfluoro-n-dodecanoic acid (PFDoDA)	0.22	 PFDoDA ▲ 0.003 ▲ 0.22	<0.003

●：檢測落點

【檢測數據聲明】

檢測結果僅限於個人健康管理之參考數據，不得做為醫師醫囑、診斷或治療之替代依據。受檢者了解於停止、開始或改變原有之治療計畫或醫療處置前，必須事先諮詢醫師或醫事專業人員。

報告說明

全氟及多氟烷基物質 Per- and Polyfluoroalkyl substances, PFASs

檢測項目	說明
全氟丁烷磺酸 Perfluorobutane-sulfonic acid (PFBS)	<p>全氟及多氟烷基物質(Per- and Polyfluoroalkyl substances, PFASs)是指一群化學結構上的碳-氫鍵被碳-氟鍵所取代之人工合成有機氟化合物，由於PFASs其結構為雙極性之分子，其本身具有高穩定性之防水與防油特質，因此被廣泛應用於日常用品中，包括：食品包材、雨衣、化妝品、鍋具塗層、殺蟲劑及家具等多種地方。</p> <p>PFBS、PFHxS、PFOS、PFHxA、PFHpA、PFOA、PFNA、PFDA、PFUnDA及PFDoDA為十種常見的PFASs，於鍋具塗層、飲用水、食品包材、雨具及化妝品等處皆有殘留PFASs的可能性，並透過環境吸入以及攝食飲水等途徑進入到人體中。</p> <p>PFBS為PFOS的替代物質，因為短鏈PFAS被認為毒性較低且生物累積性較低。隨著長鏈PFAS的逐步淘汰，PFBS的使用增加，因此仍屬於持久性有機污染物(POP)，對人體和環境可能具有潛在風險。PFBS的毒性研究顯示，其對甲狀腺功能、腎臟健康以及其他系統可能產生影響[9]。</p> <p>PFHxA是當今使用的短鏈含氟調聚物產品的雜質以及環境和生物暴露的化合物，作為長鏈全氟化合物(如PFOA和PFOS)的替代品，PFHxA在含氟化學工業中的使用日益增加，因此儘管目前環境中檢測到的PFHxA水平相對較低，但其作為含氟表面活性劑和含氟化合物降解產物的持續釋放可能導致未來濃度升高[7]。</p> <p>PFHpA是許多不同長鏈PFAS的降解產物之一。它已經在水道、雨水、空氣、土壤、野生動物和人類體內被發現，並且遍布全球。對身體的多個器官造成影響，對於生殖毒性、肝臟損傷、內分泌干擾及腎臟損傷皆有相關關聯性報導[10, 11]。</p> <p>故人體若暴露於PFASs污染的環境中，可能會有長期的健康危害。從近期的研究顯示，PFASs累積於人體之濃度與癌症[12]、腎臟疾病[13]、肝臟疾病[14]、內分泌系統干擾[15]、氧化壓力與發炎反應[16]以及心血管疾病[17, 18]之間具有顯著相關性。</p>
全氟己基磺酸 Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	
全氟辛烷磺酸 Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)	
全氟己酸 Perfluorinated carboxylic acid (PFHxA)	
全氟庚酸 Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	
全氟辛酸 Perfluorooctanoic acid (PFOA)	
全氟壬酸 Perfluorononanoic acid (PFNA)	
全氟癸酸 Perfluorodecanoic acid (PFDA)	
全氟十一酸 Perfluoroundecanoic acid (PFUnDA)	
全氟十二酸 Perfluoro-n-dodecanoic acid (PFDoDA)	

報告製作：_____

報告審核：_____

PFASs之健康影響

檢測項目	
全氟丁烷磺酸 Perfluorobutane-sulfonic acid (PFBS)	全氟己基磺酸 Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)
全氟辛烷磺酸 Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)	全氟庚酸 Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)
全氟辛酸 Perfluorooctanoic acid (PFOA)	全氟壬酸 Perfluorononanoic acid (PFNA)
全氟癸酸 Perfluorodecanoic acid (PFDA)	全氟十二酸 Perfluoro-n-dodecanoic acid (PFDoDA)
腎臟損傷	由於PFAS可能啟動過氧化物酶體增植物受體並誘導氧化應激，隨後擾亂內皮通透性，因此容易造成腎功能損害、影響尿液生成與排泄、尿酸滯留、尿蛋白上升等。其PFAS目標化合物為PFOA、PFOS、PFNA、PFHxS、PFDoDA、PFDA [19, 20]。

檢測項目	
全氟己基磺酸 Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	全氟辛烷磺酸 Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)
全氟辛酸 Perfluorooctanoic acid (PFOA)	全氟壬酸 Perfluorononanoic acid (PFNA)
膽固醇代謝失衡	PFASs的暴露影響肝臟的膽固醇生成與代謝，導致代謝紊亂，進而增加心血管疾病風險。其PFAS目標化合物為PFOA、PFOS、PFNA、PFHxS [21]。

PFASs之健康影響

檢測項目		
全氟丁烷磺酸 Perfluorobutane-sulfonic acid (PFBS)	全氟己基磺酸 Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	全氟辛烷磺酸 Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)
全氟庚酸 Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	全氟辛酸 Perfluorooctanoic acid (PFOA)	全氟壬酸 Perfluorononanoic acid (PFNA)
全氟十一酸 Perfluoroundecanoic acid (PFUnDA)	全氟癸酸 Perfluorodecanoic acid (PFDA)	全氟十二酸 Perfluoro-n-dodecanoic acid (PFDoDA)
內分泌系統 干擾	PFAS暴露易導致睪丸發育不全，伴隨間質細胞增生與聚集，進一步降低睪固酮水平降低並影響生育能力。其影響甲狀腺激素的PFAS目標化合物為：PFOA、PFNA、PFHxS；影響賀爾蒙的PFAS目標化合物為PFOS、PFUnDA、PFDoDA [22]。	

PFASs之健康管理方案

1

選用無 PFASs 殘留之生活用品

/ 不沾鍋具、飲品盛裝容器等 /



2

減少一次性免洗餐具使用

/ 紙餐盒、紙杯、速食店餐盒 /



3

飲食介入

/ 國民飲食指南、我的健康餐盤 /

◆ 國民飲食指南 ◆

水份補充 + 規律運動

全穀雜糧類 1.5-4碗 	蔬菜類 3-5份 	水果類 2-4份
	豆魚蛋肉類 3-8份 	乳品類 1.5-2杯(1杯240毫升)
		油脂與堅果種子類 油脂3-7茶匙及 堅果種子類1份

◆ 我的健康餐盤 ◆



蔬菜類
菜比水果多一點
當季且1/3選深色

豆魚蛋肉類
豆魚蛋肉一掌心
豆>魚>蛋>肉類

全穀雜糧類
飯跟青菜一樣多
至少1/3為未精製
全穀雜糧之主食

水果類
每餐水果拳頭大
在地當季多變化

乳品類
每天早晚一杯奶
每天1.5-2杯(1杯240毫升)

油脂與堅果種子類
堅果種子一茶匙
每餐1茶匙(相當於大姆指第一節大小)
約杏仁果2粒、腰果2粒或核桃1粒

1

調節免疫力

- ✓ 鋅
- ✓ 維生素A、C、D、E
- ✓ 硒
- ✓ 益生菌

2

抗發炎、抗氧化

- ✓ 魚油
- ✓ 維生素A、C、D、E
- ✓ 益生菌
- ✓ 類胡蘿蔔素
- ✓ 鋅、硒

3

穩固新陳代謝

- ✓ 益生菌
- ✓ 多元不飽和脂肪酸(PUFA)
- ✓ 苦瓜胜肽
- ✓ 植化素
(Ex:白藜蘆醇、槲皮素、肉桂)
- ✓ 膳食纖維

4

心血管保護

- ✓ 多元不飽和脂肪酸(PUFA)
- ✓ 維生素C、E、葉酸
- ✓ CoQ10輔酵素
- ✓ 植化素
(Ex:白藜蘆醇、槲皮素、肉桂)

參考文獻 Reference

- 1 Savvaides, T., Koelmel, J. P., Zhou, Y., Lin, E. Z., Stelben, P., Aristizabal-Henao, J. J., ... & Godri Pollitt, K. J. (2021). Prevalence and implications of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in settled dust. *Current Environmental Health Reports*, 8(4), 323-335.
- 2 National library of medicine. National center for biotechnology information. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- 3 Xu, Y., Fletcher, T., Pineda, D., Lindh, C. H., Nilsson, C., Glynn, A., ... & Li, Y. (2020). Serum half-lives for short-and long-chain perfluoroalkyl acids after ceasing exposure from drinking water contaminated by firefighting foam. *Environmental health perspectives*, 128(7), 077004.
- 4 Gómez-Canela, C., Fernández-Sanjuan, M., Farrés, M., & Lacorte, S. (2015). Factors affecting the accumulation of perfluoroalkyl substances in human blood. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 1480-1486.
- 5 Nilsson, S., Thompson, J., Mueller, J. F., & Bräunig, J. (2022). Apparent half-lives of chlorinated-perfluorooctane sulfonate and perfluorooctane sulfonate isomers in aviation firefighters. *Environmental Science & Technology*, 56(23), 17052-17060.
- 6 Wallis, D. J., Kotlarz, N., Knappe, D. R., Collier, D. N., Lea, C. S., Reif, D., ... & Hoppin, J. A. (2023). Estimation of the Half-Lives of Recently Detected Per-and Polyfluorinated Alkyl Ethers in an Exposed Community. *Environmental Science & Technology*, 57(41), 15348-
- 7 Anderson, J. K., Luz, A. L., Goodrum, P., & Durda, J. (2019). Perfluorohexanoic acid toxicity, part II: Application of human health toxicity value for risk characterization. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 103, 10-20.
- 8 Holder, C., DeLuca, N., Luh, J., Alexander, P., Minucci, J. M., Vallero, D. A., ... & Cohen Hubal, E. A. (2023). Systematic evidence mapping of potential exposure pathways for per-and polyfluoroalkyl substances based on measured occurrence in multiple media. *Environmental science & technology*, 57(13), 5107-5116.
- 9 Poothong, S., Thomsen, C., Padilla-Sanchez, J. A., Papadopoulou, E., & Haug, L. S. (2017). Distribution of novel and well-known poly-and perfluoroalkyl substances (PFASs) in human serum, plasma, and whole blood. *Environmental science & technology*, 51(22), 13388-13396.
- 10 Fenton, S. E., Ducatman, A., Boobis, A., DeWitt, J. C., Lau, C., Ng, C., ... & Roberts, S. M. (2021). Per-and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current state of knowledge and strategies for informing future research. *Environmental toxicology and chemistry*. 40(3). 606-630.
- 11 Xie, L. N., Wang, X. C., Su, L. Q., Ji, S. S., Dong, X. J., Zhu, H. J., ... & Zhu, Y. (2022). Serum concentrations of per-/polyfluoroalkyl substances and its association with renal function parameters among teenagers near a Chinese fluorochemical industrial plant: A cross-sectional study. *Environmental Pollution*. 302. 119020.
- 12 Bartell, S. M., & Vieira, V. M. (2021). Critical review on PFOA, kidney cancer, and testicular cancer. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 71(6), 663-679.
- 13 Blake, B. E., Pinney, S. M., Hines, E. P., Fenton, S. E., & Ferguson, K. K. (2018). Associations between longitudinal serum perfluoroalkyl substance (PFAS) levels and measures of thyroid hormone, kidney function, and body mass index in the Fernald Community Cohort. *Environmental pollution*. 242. 894-904.
- 14 Zhang, J., Hu, L., & Xu, H. (2024). Dietary exposure to per-and polyfluoroalkyl substances: Potential health impacts on human liver. *Science of The Total Environment*, 907, 167945.
- 15 Obiako, P. C., Ayisire, S. O., & Sayes, C. M. (2024). Impact of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorobutanoic acid (PFBA) on oxidative stress and metabolic biomarkers in human neuronal cells (SH-SY5Y). *Environment International*, 190, 108864.
- 16 Huang, M., Jiao, J., Zhuang, P., Chen, X., Wang, J., & Zhang, Y. (2018). Serum polyfluoroalkyl chemicals are associated with risk of cardiovascular diseases in national US population. *Environment international*. 119. 37-46.
- 17 Meneguzzi, A., Fava, C., Castelli, M., & Minuz, P. (2021). Exposure to perfluoroalkyl chemicals and cardiovascular disease: experimental and epidemiological evidence. *Frontiers in endocrinology*, 12, 706352.

參考文獻 Reference

- 18 Fenton, S. E., Ducatman, A., Boobis, A., DeWitt, J. C., Lau, C., Ng, C., ... & Roberts, S. M. (2021). Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current state of knowledge and strategies for informing future research. *Environmental toxicology and chemistry*, 40(3), 606-630.
- 19 Olsen, G. W., Burris, J. M., Ehresman, D. J., Froehlich, J. W., Seacat, A. M., Butenhoff, J. L., & Zobel, L. R. (2007). Half-life of serum elimination of perfluorooctanesulfonate, perfluorohexanesulfonate, and perfluorooctanoate in retired fluorochemical production workers. *Environmental health perspectives*, 115(9), 1298-1305.
- 20 Guaricci, A.I., et al., Assessment and management of heart failure in patients with chronic kidney disease. *Heart Failure Reviews*, 2024. 29(2): p. 379-394.
- 21 Jensen, A.A. and H. Leffers, Emerging endocrine disruptors: perfluoroalkylated substances. *International journal of andrology*, 2008. 31(2): p. 161-169.
- 22 Roth, K., et al., Exposure to a mixture of legacy, alternative, and replacement per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) results in sex-dependent modulation of cholesterol metabolism and liver injury. *Environment international*, 2021. 157: p. 106843.
- 23 Yu, C. H., Weisel, C. P., Alimokhtari, S., Georgopoulos, P. G., & Fan, Z. T. (2021). Biomonitoring: a tool to assess PFNA body burdens and evaluate the effectiveness of drinking water intervention for communities in New Jersey. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 235. 113757.
- 24 F Cicero, A., Tartagni, E., & Ertek, S. (2014). Nutraceuticals for metabolic syndrome management: from laboratory to benchside. *Current vascular pharmacology*, 12(4), 565-571.
- 25 Shasha, H. O. U., Huijuan, Z. H. U., Linna, X. I. E., & Ying, Z. H. U. (2020). Research advances in exposure level of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in human body. *Journal of Environmental Hygiene*, 10(2), 218-225.
- 26 Medoro, A., Davinelli, S., Colletti, A., Di Micoli, V., Grandi, E., Fogacci, F., ... & Cicero, A. F. (2023). Nutraceuticals as modulators of immune function: a review of potential therapeutic effects. *Preventive Nutrition and Food Science*, 28(2), 89.
- 27 Barteková, M., Adameová, A., Görbe, A., Ferenczyová, K., Pecháňová, O., Lazou, A., ... & Giricz, Z. (2021). Natural and synthetic antioxidants targeting cardiac oxidative stress and redox signaling in cardiometabolic diseases. *Free Radical Biology and Medicine*, 169, 446-477.
- 28 Anand, S., & Bharadvaja, N. (2022). Potential benefits of nutraceuticals for oxidative stress management. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 32(2), 211-220.
- 29 衛生福利部國民健康署。國民飲食指南。(2018)
- 30 衛生福利部國民健康署。我的健康餐盤。(2018)



與您一起探索身體密碼，
樂活您的人生！



安生診所
ANDERSON CLINIC