

澳門進口海水魚類中甲基汞及脂肪酸的風險-獲益評估

1. 目的

海水魚類食品富含優質蛋白、微量元素、不飽和脂肪酸等多種有益營養素，是本澳市民均衡膳食的重要組成部分。然而，海



洋環境污染可能導致海水魚類受到各種重金屬物質的污染。在各類污染物中，甲基汞容易在海水魚內蓄積，並可對人類神經系統造成損害，食用海水魚可能會帶來甲基汞暴露的健康風險。因此攝入有關食品可能同時為市民健康帶來益處及潛在危害。

是次研究的目的主要是檢測本澳市面常見的供食用的不同品種魚類的總汞和甲基汞含量，以及測定不同種類的水產動物中所含的 EPA、DHA 等營養物質的含量，並根據是次研究檢測到的含量評估進食有關食品給市民帶來的營



養收益和食安風險，以評估現有食安措施的有效性，並給予市民相應的膳食建議，更好地保障市民健康。

2. 背景

2.1 汞與甲基汞

汞（Mercury）俗稱水銀，是地殼天然存在的元素，可通過火山爆發等自然現象而進入環境中，也可通過人類的工業活動，如採礦、燃燒礦物燃料、工業排放、施用肥料或廢棄固體廢料等途徑污染環境。環境中的汞會從海洋環境中被攝入而積聚在水生生物體內，並通過食物鏈累積。

在自然界中，汞主要以三種形態存在，分別是金屬汞、無機汞和有機汞。環境和食品中最常見的一種有機汞是甲基汞（methylmercury），分子式 CH_3Hg ，相對分子量 215.63。在水生生物體內，汞主要是以甲基汞這種有機形態存在。甲基汞可以與水生生物體內的蛋白質緊密結合，並沿食物鏈在其他生物體中蓄積。魚體中的甲基汞濃度遠高於水體，可達水體中甲基汞含量的數萬倍。由於食物鏈的生物放大作用，處於較高營養級的肉食性魚類（例如鱒魚、狗魚、金槍魚、旗魚、鯊魚等）體內甲基汞含量相對較高。

汞進入人類的主要原因是食用被汞污染的食物、接觸汞合金醫療材料，或因從事農業和製造業而接觸到汞。其中，食物是市民攝入汞的主要來源。

2.2 汞的毒性

攝入汞會否影響人體健康，視乎汞的化學形態、攝入途徑（吸入、食入或皮膚接觸）和攝入量而定。食物中所含的汞，可分為無機和有機兩種形態。其中，有機汞的毒性較無機汞強，其對人體健康的損害較嚴重，引起的健康關注亦較高。

研究顯示，魚類、貝類等動物性水產品是一般人群甲基汞暴露的最主要食物來源。

對人體而言，神經系統是受甲基汞影響最敏感的器官。甲基汞可引起人類多種神經系統毒性效應，表現為神經元缺失、共濟失調、視力障礙、聽力受損、癱瘓甚至死亡，中樞神經系統和外周神經系統均可受到損害。

另外，甲基汞具有脂溶性特點，可穿透血腦屏障和胎盤屏障，對胎兒和新生兒神經系統發育產生持續和不可逆的危害。對孕婦來說，甲基汞可通過胎盤進入胎兒體內，並在胎兒的腦部和其他組織積聚，影響腦部發育。

成人攝入過量甲基汞可能會行為失常、顫抖、視力改變、失去聽覺、喪失肌肉協調性及感覺障礙、失憶和智力受損。

2.3 魚類中甲基汞的健康指導值

FAO/WHO 食品添加劑聯合專家委員會(JECFA)對甲基汞的健康指導值進行了分析。2003 年，JECFA 建議確定甲基汞膳食暴露的暫定每週可耐受攝入量（Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI）為每公斤體重 1.6 微克。2007 年，JECFA 再次對不同人群的膳食甲基汞暴露健康指導值提出了針對性的建議，指出育齡期婦女和嬰幼兒等人群對於甲基汞更為敏感，一般成年人膳食中的甲基汞攝入如不超過 2 倍的 PTWI 值，則不會產生神經毒性風險；然而對於育齡期婦女，由於需要達到保護胎兒神經系統發育的目的，甲基汞攝入不應超過 PTWI 值。而

對於嬰兒及兒童，專家委員會則未能訂立任何高於暫定每週可容忍攝入量的水平，而不致為他們帶來發育中的神經毒性的風險。

2.4 食品中甲基汞的限量標準

為預防甲基汞的攝入風險，國際食品法典委員會分別在 2018 年及 2022 年對魚類體內的甲基汞設置了新的最高限量。由於生長時間較長、位於食物鏈上端的肉食性魚類體內的汞含量較高，因此國際食品法典委員會針對某些品種的魚類訂定了甲基汞的國際標準限值，分別為吞拿魚（Tuna）每公斤 1.2 毫克、金眼鯛（Alfonsino）每公斤 1.5 毫克、馬林魚（Marlin）每公斤 1.7 毫克、鯊魚（Shark）每公斤 1.6 毫克、橘棘鯛（Orange roughy）每公斤 0.8 毫克、羽鰂鯛（Pink cusk-eel）每公斤 1.0 毫克。即使魚類的汞含量不超過指導限值，有些消費者的甲基汞攝入量也可能會高於健康指導值，因此，專家委員會認為有需要探討如何進一步減低食品中汞的攝入量。

2.5 魚類中的營養物質 EPA 和 DHA

雖然部分海水魚類含有少量甲基汞，但魚類食品本身含有多種人體必要的營養素，例如奧米加-3 脂肪酸、DHA（二十二碳六烯酸，Docosahexaenoic acid）及 EPA（二十碳五烯酸，Eicosatetraenoic acid），有利腦部發育。EPA 化學式為

$C_{20}H_{30}O_2$ ，分子量為 302.451；DHA 化學式為 $C_{22}H_{32}O_2$ ，分子量為 328.448。EPA 和 DHA 均屬於 n-3 系列的多不飽和脂肪酸。

現有科學證據證實，攝入足夠的脂肪酸（特別是 EPA 和 DHA）對胎兒神經系統發育成熟十分重要。DHA 主要存在於人的大腦灰質部分，主要以磷脂形式存在，是人腦神經細胞膜中主要的脂質成分，是腦細胞優先利用的脂肪酸成分，在視覺和認知功能的發育上發揮著至關重要的作用。DHA 是構成腦細胞膜的關鍵成份和必要物質，對腦細胞突觸的生長和神經傳導網路的形成起著重要作用。此外，DHA 還在人體以磷脂形式大量存在於視網膜細胞中，可加強視網膜細胞與大腦的聯繫，維持視覺正常功能。

在人類飲食中，EPA 和 DHA 主要來源於食用脂肪含量高的魚類和魚油，例如鱈魚肝、青魚、鯖魚、鮭魚、鯡魚、沙丁魚和多種可食用海草和浮游植物；在人類母乳中也存在這些脂肪酸。

聯合國糧食及農業組織/世界衛生組織（WHO/FAO）推薦成年男性和非孕期或哺乳期女性每天補充 250 mg 的 DHA+EPA，而對於孕期和哺乳期女性，每天補充 300 mg DHA+EPA，其中至少有 200 mg 為 DHA。EFSA 推薦 7~24 個月的嬰幼兒每日補充 100 mg 的 DHA，2~18 歲的嬰幼兒及青少年每日補充 250 mg 的 DHA。

3. 研究方法

3.1 檢測及數據整理

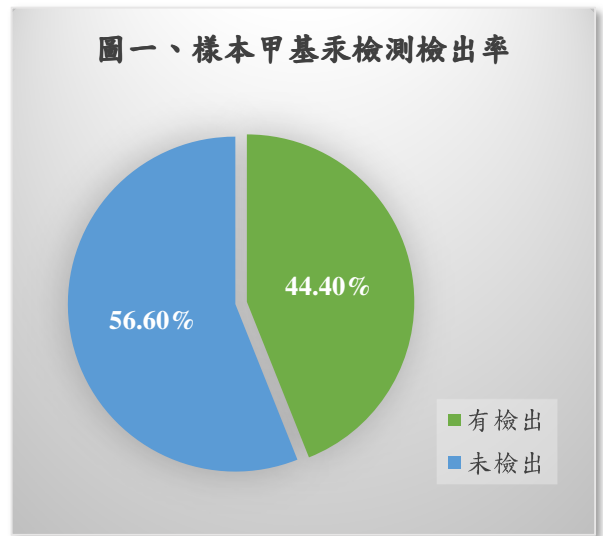
市政署根據本澳海水魚類進口量情況，在市面抽取 20 種常見海水魚（詳見表一），共獲得 143 份樣品，並按品種鑒定分在不同魚類中。採用《食品安全國家標準 食品中總汞及有機汞的測定》(GB 5009.17-2014)和《食品安全國家標準 食品中脂肪酸的測定》(GB 5009.168-2016)對海水魚中總汞、甲基汞、脂肪、脂肪酸等含量進行測定。海水魚總汞檢測方法為《食品安全國家標準 食品中總汞及有機汞的測定》(GB 5009.17-2014)中總汞的測定第二法（冷原子吸收光譜法），檢出限為 0.002 mg/kg、定量限為 0.007 mg/kg，甲基汞的測定採用液相色譜-原子螢光光譜聯用方法（LC-AFS），檢出限為 0.008 mg/kg、定量限為 0.025 mg/kg。海水魚脂肪含量檢測方法為《食品安全國家標準 食品中脂肪酸的測定》(GB 5009.168-2016) 第二法，不飽和脂肪酸（包括 EPA、DHA 等）含量檢測方法為 GB 5009.168-2016 第三法。收集的數據包括樣品的產品名稱（學名及拉丁名）、產地、淨重（g）、照片、購買地址，以及海水魚中不飽和脂肪酸含量(g/100 g 可食部)、EPA、DHA 含量值(mg/100 g 可食部)、樣品中脂肪佔總重量的比例、總汞（mg/kg）含量、甲基汞（mg/kg）含量等信息。其後，委託廣東省公共衛生研究院對 143 份樣品資料數據分析，形成各類海水魚中甲基汞、DHA、EPA 含量均值列表。

表一、抽取的 20 種海水魚名稱對照表

序號	中文名稱	拉丁名
1	大西洋鮭	<i>Salmo salar</i>
2	大黃魚	<i>Larimichthys crocea</i>
3	康氏馬鮫	<i>Scomberomorus commerson</i>
4	日本竹筴魚	<i>Trachurus japonicus</i>
5	卵形鰺鯊	<i>Trachinotus ovatus</i>
6	布氏鰺鯊	<i>Trachinotus blochii</i>
7	銀鰺	<i>Pampus argenteus</i>
8	金線魚	<i>Nemipterus virgatus</i>
9	棘鯛屬魚類	<i>Acanthopagrus</i>
10	紅金眼鯛	<i>Beryx splendens</i>
11	黑棘鯛	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>
12	秋刀魚	<i>Cololabis saira</i>
13	吞拿魚	<i>Tuna</i>
14	鱈魚	<i>Gadus</i>
15	鰈魚	<i>Pleuronichthys cornutus</i>
16	沙丁魚	<i>Sardine</i>
17	鰻鱺	<i>Anguilla japonica</i>
18	劍魚	<i>Xiphias gladius</i>
19	鯖魚	<i>Pneumatophorus japonicus</i>
20	石斑魚	<i>Epinephelus spp</i>

3.2 數據分析

在納入本次評估的樣本資料中，81 個樣本甲基汞檢測數據低於檢出限（LOD），未檢出率為 56.6%。按照 WHO 全球環境監測系統 / 食品污染監測與評估規劃（GEMS/FOOD）第二次會議關於“食品中低水平污染物可信評價”中對未檢出數據的處理原則，本次評估對低於 LOD 的甲基汞檢測值賦予 0 和 LOD 值代入計算。



3.3 風險-獲益評估

研究採用由聯合國糧食及農業組織/世界衛生組織（WHO/FAO）提出的風險-獲益定量評估模型開展評估。根據該模型，母親在懷孕期間從魚類攝入甲基汞、DHA 及 EPA 對兒童智商的影響，可以量化。為了量度有關影響，可以通過檢測不同魚類中含有的甲基汞、DHA 及 EPA 的平均含量，根據 WHO 的模式進行利弊分析。該模型評估孕婦、乳母食用海水魚帶來的 DHA 攝入和甲基汞暴露對新生兒和嬰幼兒神經發育影響，以 IQ 值增長效應為評價指標。

基於進口常見海水魚樣本中甲基汞、DHA、EPA 含量資料，並結合《中國居民膳食指南》(2016) 水產品推薦量以及參考 2018 年~2020 年香港地區 18 歲及以上成年人海水魚消費量數據，採用 FAO/WHO 提出的海水魚攝入的風險-獲益定

量評估模型，對本澳常見進口海水魚攝入進行風險和獲益的綜合評估。

同時，對於孕婦、乳母或育齡婦女的海水魚消費量數據，本評估採用 WHO/FAO 的評估方法，以 3 個海水魚假設消費量水平進行分析，分別為：100 g/周、200 g/周、400 g/周。評估攝入該等魚種的風險-獲益效應（即 IQ 值淨增長效應），估算每個魚種的每週最佳食用量，即為追求達到最大 IQ 值增長效應每週需要食用的量（g/周）；以及評估在不同攝入量水平食用不同魚種的甲基汞暴露所帶來的健康風險。

4. 結果

4.1 甲基汞及脂肪酸檢測值

分析結果顯示，以樣本而言，143 個海水魚樣本的總汞和甲基汞含量分別介乎未檢出至每公斤 2.5 毫克，及未檢出至每公斤 2.3 毫克；樣本含量中位數分別為每公斤 28 微克及 15.5 微克；含量平均值分別為每公斤 104.7 微克及 122.3 微克。其中，136 個樣本的總汞含量低於每公斤 0.5 毫克，佔總數的 95.1%；而甲基汞含量低於每公斤 0.5 毫克的樣本 140 個，佔總數的 97.9%。

就本次評估納入的 20 種本澳常見進口海水魚而言，各個魚類品種的平均 DHA+EPA 含量範圍為每公斤 0.20 至 27.93 毫克，而各品種甲基汞平均含量範圍為每公斤未檢出至 0.948 毫克。甲基汞含量平均值最高的魚類品種為劍魚（含量

均值為每公斤 0.948 毫克)，其次是鱈魚（含量均值為每公斤 0.224 毫克）及吞拿魚（含量均值為每公斤 0.086 毫克）。

4.2 消費不同魚種的甲基汞暴露

基於不同海水魚消費量水平（100 g/周、200 g/周、400 g/周）進行甲基汞暴露評估，除了劍魚等少數品種之外，大部分海水魚未超過 JECFA 指定的健康指導值（PTWI=1.6 $\mu\text{g}/\text{kg bw}$ ），提示甲基汞暴露風險較低，詳見表二。石斑魚等 17 種魚不同攝入水平的甲基汞暴露量最高僅佔健康指導值的 6.9%，食用這些海水魚導致的甲基汞暴露健康風險較低。

其中，有個別魚種的甲基汞暴露風險需要關注。劍魚甲基汞含量最高，消費量為 100 g/周、200 g/周、400 g/周時，甲基汞暴露量分別為 1.580 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{周}$ 、3.160 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{周}$ 、6.320 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{周}$ ，分別佔 PTWI 值的 98.8%、197.5%、395.9%，接近或超過甲基汞的健康參考值（膳食暴露的暫定每週可耐受攝入量，PTWI，1.6 $\mu\text{g}/\text{kg bw}$ ）；鱈魚不同攝入水平的甲基汞暴露量分別佔 PTWI 值的 23.3%、46.6%、93.2%；吞拿魚為 5.4%、18.0%、36.0%（詳見表二）。根據 JECFA 建議，一般成年人膳食甲基汞攝入如不超過 2 倍的 PTWI 值，則不會產生神經毒性風險；對於育齡期婦女，甲基汞攝入不應超過 PTWI 值，以達到保護胎兒神經系統發育的目的。因此，建議一般成年人攝入劍魚每週不應超過 200 克，而對於育齡期婦女或乳母，膳食

攝入劍魚則不應超過每週 100 克。

表二、基於不同海水魚消費水平的甲基汞暴露量($\mu\text{g/kg bw/周}$)

魚種	n	MeHg 含量	海水魚消費水平		
		($\mu\text{g/g}$)	100 g/周	200 g/周	400 g/周
劍魚	5	0.948	1.580	3.160	6.320
鱈魚	8	0.224	0.373	0.745	1.491
吞拿魚	6	0.086	0.144	0.288	0.576
石斑魚	8	0.016~0.017	0.026~0.028	0.052~0.055	0.103~0.110
鰻鱺	8	0.009~0.012	0.015~0.020	0.031~0.041	0.062~0.082
康氏馬鮫	5	0.007~0.012	0.012~0.020	0.025~0.041	0.049~0.081
金線魚	8	0.009~0.012	0.015~0.020	0.030~0.040	0.061~0.081
秋刀魚	5	0.010~0.012	0.017~0.020	0.035~0.040	0.070~0.081
棘鰓魚類	8	0.003~0.010	0.005~0.016	0.009~0.033	0.018~0.065
鰺魚	8	0.006~0.010	0.009~0.016	0.019~0.032	0.038~0.065
紅金眼鯛	8	0.006~0.010	0.009~0.016	0.018~0.032	0.037~0.063
鯖魚	8	0.007~0.009	0.012~0.015	0.023~0.030	0.046~0.060
黑棘鯛	5	0.002~0.009	0.004~0.014	0.007~0.029	0.015~0.057
大黃魚	8	0.005~0.009	0.008~0.014	0.015~0.028	0.030~0.057
布氏鰨鰩	8	0~0.008	0~0.013	0~0.027	0~0.053
卵形鰨鰩	8	0~0.008	0~0.013	0~0.027	0~0.053
大西洋鮭	8	0~0.008	0~0.013	0~0.027	0~0.053
日本竹筴魚	5	0~0.008	0~0.013	0~0.027	0~0.053

沙丁魚	8	0~0.008	0~0.013	0~0.027	0~0.053
銀鯧	8	0~0.008	0~0.013	0~0.027	0~0.053

4.3 消費不同魚種的脂肪酸攝入量

分別以 100 g/周、200 g/周、400 g/周的消費水平，計算食用不同海水魚的 DHA+EPA 攝入量，每日攝入水平見表三：

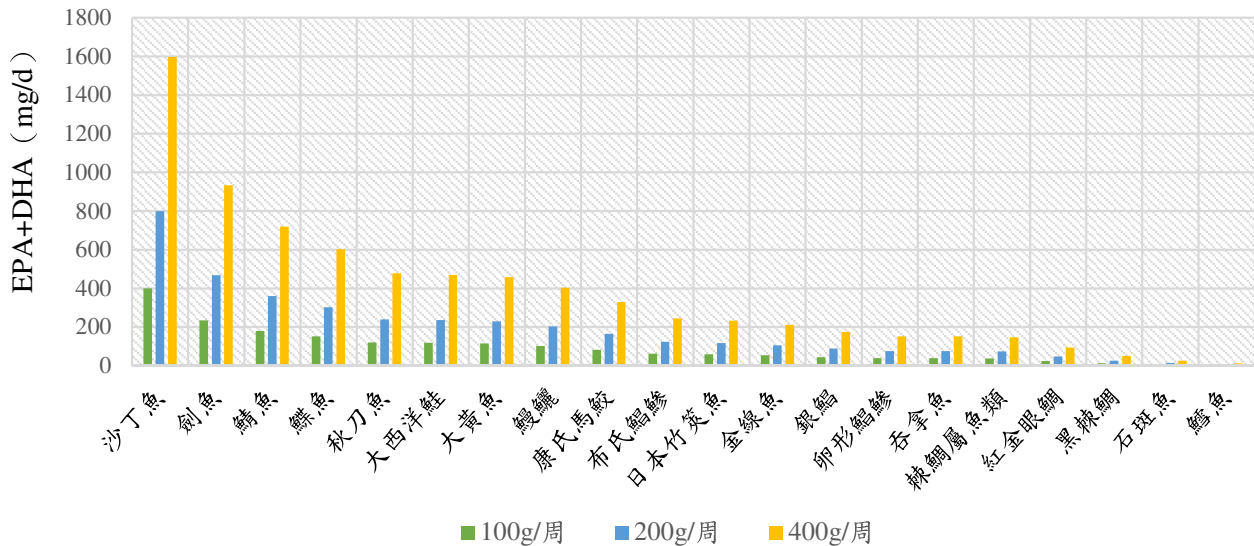
- ① 海水魚消費量為 100 g/周時，有 12 種（佔 60%）海水魚 DHA+EPA 每天攝入量 < 100 mg/d，有 7 種（佔 35%）攝入量為 100~249 mg/d，有 1 種（5%）攝入量 ≥ 300 mg/d。
- ② 海水魚消費量為 200 g/周時，有 8 種（佔 40%）海水魚 DHA+EPA 每天攝入量 < 100 mg/d，有 8 種（佔 40%）攝入量為 100~249 mg/d，有 4 種（20%）攝入量 ≥ 300 mg/d。
- ③ 海水魚消費量為 400 g/周時，有 4 種（佔 20%）海水魚 DHA+EPA 每天攝入量 < 100 mg/d，有 7 種（佔 35%）攝入量為 100~249 mg/d，有 9 種（45%）攝入量 ≥ 300 mg/d。

根據 WHO/FAO 推薦的成年男性和非孕期或哺乳期女性的 DHA+EPA 每天補充量為 250 mg，而孕期和哺乳期女性的 DHA+EPA 每天補充量為 300 mg，食用沙丁魚、劍魚、鯖魚、鰵魚等幾個魚種較容易達到推薦的脂肪酸攝入量。

表三、基於不同海水魚消費水平的 DHA+EPA 攝入量 (mg/d)

魚種	n	EPA+DHA	海水魚消費水平		
		(mg/g)	100 g/周	200 g/周	400 g/周
沙丁魚	8	27.93	399.04	798.09	1596.18
劍魚	4	16.33	233.23	466.46	932.92
鯖魚	8	12.58	179.77	359.53	719.06
鰵魚	8	10.54	150.52	301.05	602.09
秋刀魚	5	8.36	119.36	238.72	477.45
大西洋鮭	8	8.21	117.32	234.63	469.27
大黃魚	8	8.01	114.48	228.96	457.91
鰻鱺	8	7.06	100.81	201.62	403.23
康氏馬鮫	5	5.73	81.93	163.85	327.71
布氏鰺鯪	8	4.28	61.12	122.24	244.48
日本竹筴魚	5	4.07	58.11	116.21	232.42
金線魚	8	3.68	52.64	105.27	210.54
銀鰺	8	3.06	43.70	87.40	174.80
卵形鰺鯪	8	2.63	37.59	75.18	150.36
吞拿魚	3	2.63	37.54	75.09	150.18
棘鰓屬魚類	8	2.56	36.50	73.00	146.00
紅金眼鯛	8	1.64	23.43	46.87	93.73
黑棘鰓	5	0.87	12.46	24.92	49.85
石斑魚	8	0.45	6.44	12.87	25.75
鱈魚	7	0.20	2.87	5.74	11.48

圖二、基於不同海水魚消費水平的DHA+EPA攝入量



4.4 消費不同魚種所獲得的 IQ 值淨增長效應

經計算，當消費量為 100 g/周時，食用沙丁魚 IQ 值淨增長效應接近或達到最大值 (IQ 值增長 5.8)；消費量為 200 g/周時，食用沙丁魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚、大西洋鮭、大黃魚 6 種海水魚，IQ 值淨增長效應可獲得接近或達到最大值；消費量為 400 g/周時，食用沙丁魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚、大西洋鮭、大黃魚、鰻鱺、康氏馬鮫、布氏鰻鱺、日本竹筴魚、金線魚 11 種海水魚，IQ 值淨增長效應可獲得接近或達到最大值(詳見表四)。因此，上述魚類適合育齡女性、孕婦或乳母食用。

在本次評估中，鱈魚的 DHA+EPA 檢測值較低，而甲基汞檢測值相對較高，其 IQ 值淨增長效應在不同的消費水平均為負值 (-0.270~-1.079)；劍魚消費量為 400 g/周時，其 IQ 值淨增長效應也為負值 (-0.078)，提示可能對嬰兒智力造成不

良影響。因此，不建議育齡女性、孕婦或乳母食用。

表四、消費不同魚種所獲得的 IQ 值淨增長效應

魚種	100 g/周	200 g/周	400 g/周
沙丁魚	5.788~5.800	5.775~5.800	5.750~5.800
鯖魚	4.804~4.807	5.772~5.778	5.745~5.757
劍魚	4.331	2.861	-0.078
鰵魚	4.019~4.025	5.770~5.782	5.740~5.765
秋刀魚	3.180~3.183	5.763~5.768	5.725~5.735
大西洋鮭	3.132~3.144	5.775~5.800	5.750~5.800
大黃魚	3.055~3.061	5.774~5.786	5.747~5.772
鰻鱺	2.683~2.687	5.365~5.375	5.724~5.743
康氏馬鮫	2.177~2.184	4.353~4.368	5.724~5.754
布氏鰺鯪	1.626~1.638	3.251~3.276	5.750~5.800
日本竹筴魚	1.545~1.557	3.090~3.114	5.750~5.800
金線魚	1.392~1.397	2.784~2.793	5.567~5.586
銀鯧	1.159~1.171	2.317~2.342	4.635~4.685
卵形鰺鯪	0.995~1.007	1.99~2.015	3.980~4.030
棘鯛屬魚類	0.963~0.974	1.926~1.948	3.852~3.896
吞拿魚	0.872	1.745	3.489
紅金眼鯛	0.613~0.619	1.226~1.239	2.453~2.478
黑棘鯛	0.321~0.331	0.641~0.661	1.283~1.322
石斑魚	0.147~0.148	0.294~0.297	0.588~0.594

鱈魚	-0.270	-0.539	-1.079
----	--------	--------	--------

4.5 海水魚每週最佳食用量

在不考慮甲基汞對健康影響的情況下，基於 DHA+EPA 攝入獲得的最高 IQ 增長值（5.8）計算海水魚每週最佳食用量（**Optimal X**），最佳食用量越低，提示該魚種的消費更容易獲得 DHA+EPA 帶來的收益。以《中國居民膳食指南 2016》的水產品每天推薦量 40-75 g/d（即 280-525 g/周）為參考，如某個魚種的最佳食用量不超過推薦量的最大值，可認為就 IQ 增長效益而言有較好的食用價值。

在 20 個品種中，沙丁魚、劍魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚、大西洋鮭、大黃魚、鰻鱺、康氏馬鮫、布氏鰲鮓、日本竹筴魚、金線魚、銀鮠等 11 種海水魚每週最佳食用量的範圍為 54.2~495.2 g/周，在中國居民膳食指南對水產品推薦量範圍內。

卵形鰲鮓、吞拿魚、棘鯛屬魚類、紅金眼鯛、黑棘鯛、石斑魚、鱈魚 7 種海水魚每週最佳食用量為 575.7~7542.2 g/周，均高於中國居民膳食指南對水產品推薦量最高值（525 g/周），尤其是黑棘鯛（1736.6 g/周）、石斑魚（3362.1 g/周）、鱈魚（7542.2 g/周），詳見表五。

表五、海水魚每週最佳食用量和每週最大允許食用量(g/周)

魚種	Optimal X	AWI
沙丁魚	54.2	12000~

劍魚	92.8	101.3
鯖魚	120.4	10741.3~13837.8
鰵魚	143.8	9922.5~16916.3
秋刀魚	181.3	7947~9160.3
大西洋鮭	184.5	12000~
大黃魚	189.0	11294.1~21333.3
鰻鱺	214.7	7836.7~10378.4
康氏馬鮫	264.2	7868.9~12973
布氏鰺鯊	354.1	12000~
日本竹筴魚	372.5	12000~
金線魚	411.2	7917.5~10520.5
銀鰺	495.2	12000~
卵形鰺鯊	575.7	12000~
吞拿魚	576.4	1112.0
棘鰓屬魚類	592.9	9846.2~34909.1
紅金眼鰺	923.6	10092~17415
黑棘鰺	1736.6	11162.8~43636.4
石斑魚	3362.1	5818.2~6193.5
鱈魚	7542.2	429.3

注：Optimal X 為每週最佳食用量，AWI 為每週最大允許食用量。

4.6 風險獲益特徵描述

本次評估納入的澳門常見進口海水魚共 20 種，DHA+EPA 平均含量範圍為

0.20~27.93 mg/g，甲基汞平均含量範圍為未檢出~948.0 µg/kg。對甲基汞暴露風險和 DHA+EPA 攝入獲益評估採用了海水魚消費量的 3 個假設水平（100 g/周、200 g/周、400 g/周），在這 3 個不同的消費水平下，除劍魚外，其他 19 種海水魚均未超過 JECFA 制定的 PTWI 值（1.6 µg/kg bw）；劍魚的甲基汞每週暴露量分別為：1.580 µg/kg bw、3.160 µg/kg bw、6.320 µg/kg bw，所致甲基汞暴露量的 PTWI 值佔比分別為 98.8%、197.5%、395.9%，需要重點關注；鱈魚所致甲基汞暴露量的 PTWI 值佔比分別為 23.3%、46.6%、93.2%，吞拿魚所致甲基汞暴露量的 PTWI 值佔比分別為 5.4%、18.0%、36.0%；其餘 17 種海水魚甲基汞檢出量較低，食用這些海水魚導致健康暴露風險比較低。

應用 WHO/FAO 提出的以 IQ 值為健康終點的風險-獲益定量評估模型，綜合分析食用海水魚帶來的甲基汞暴露風險和 DHA+EPA 攝入獲益的淨健康效應，結果顯示：在 100 g/周、200 g/周、400 g/周的消費水平，食用不同海水魚對新生兒和嬰幼兒 IQ 值的淨增長效應範圍依次為-0.270~5.800、-0.539~5.800、-1.079~5.800。孕婦和乳母食用鱈魚和劍魚可致新生兒和嬰幼兒 IQ 值的淨增長效應出現負值，其餘 18 種海水魚均可給新生兒和嬰幼兒的神經發育帶來一定益處，並且不同海水魚對 IQ 值的淨增長效應存在較大的差異。

當沙丁魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚、大西洋鮭、大黃魚、鰻鱺、康氏馬鮫、布氏鯧鰺、日本竹筴魚、金線魚 11 種海水魚的消費量為 400 g/周時，可促使新生兒

和嬰幼兒獲得較高的 IQ 值淨增長效應，並且甲基汞暴露風險較低。而 400 g/周海水魚消費量在《中國居民膳食指南 2016》對水產品的推薦量範圍內（280~525 g/周）^[22]，屬於可達到的合理消費水平，普通人群食用這些海水魚在推薦量範圍內即可獲得較高的健康效益，推薦食用。

本次評估探索了在膳食平衡的基礎上，考慮 DHA+EPA 的健康效應與甲基汞的健康危害，對澳門進口常見海水魚的食用價值進行分類的方法，並提出推薦性建議，具體如下：

等級	品種	消費建議
I類 (12種)	沙丁魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚、大西洋鮭、大黃魚、鰻鱺、康氏馬鮫、布氏鰲鮓、日本竹筴魚、金線魚、銀鮠	優先推薦。 理由：孕婦、乳母在平衡膳食狀況下食用這些魚種，對新生兒和嬰幼兒的 IQ 增長有較大的收益，且甲基汞暴露風險低。
II類 (6種)	卵形鰲鮓、棘鯛屬魚類、紅金眼鯛、黑棘鯛、石斑魚、吞拿魚	一般推薦。 理由：①消費量高於《中國居民膳食指南》推薦量才能獲取最高 IQ 增長效益，適量食用還可以獲取優質蛋白、多種維生素和礦物質；②甲基汞暴露有一定的健康風險，建議避免長期、大量食用，以降低甲基汞暴露風險。
III類 (2種)	劍魚、鱈魚	不推薦。 理由：孕婦、乳母在平衡膳食狀況下食用這些魚種，對新生兒和嬰幼兒的 IQ 增長收益較低，而甲基汞暴露風險較高。

5. 結論與建議

① 人攝入汞的量取決於食物中的汞含量及人對該食物的食用量。利用檢測所得

的海水魚類樣本中的含量，結合本澳消費量數據，估計本澳市民攝入海水魚所致的甲基汞暴露風險總體較低，本澳進口量最大的 20 種海水魚類食品總體的食用安全性較高。

- ② 本次評估採集的 20 種海水魚中，沙丁魚等 17 種海水魚所致的甲基汞暴露量健康風險較低，未超過 JECFA 制定的 PTWI 值，並含有豐富營養物質，推薦食用。劍魚、鱈魚及吞拿魚的甲基汞含量相對較高，對於有飲食偏好、長期大量消費這些魚種的人群可能帶來較高的甲基汞暴露風險，建議針對上述海水魚類的甲基汞含量擴大檢測數量或開展持續監測，有必要時發佈消費警示，以保障消費者的食用安全。
- ③ 根據食用量的不同，攝入不同品種的海水魚的營養獲益有所不同。海水魚食用量較低時，沙丁魚的營養收益最大；食用量中等時沙丁魚、鯖魚等 6 種海水魚的營養收益較高；而食用量較高時，食用沙丁魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚等 11 種海水魚的營養收益均可達到最大值。
- ④ 研究數據表明，對孕婦或乳母而言，在平衡膳食的情況下，食用沙丁魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚、大西洋鮭、大黃魚、鰻鱺、康氏馬鮫、布氏鯧鰺、日本竹筴魚、金線魚、銀鯧等 12 種海水魚，可促使新生兒和嬰幼兒獲得較高的 IQ 值淨增長效應，並且甲基汞暴露風險較低，總體而言綜合健康收益和食用價值較高，適宜給予市民推薦性建議。

⑤ 給消費者的建議：

- 保持均衡並多元化的飲食，以免因偏食而攝入過量金屬污染物。
- 魚類含有多種人體所需的營養素，例如 OMEGA-3 脂肪酸、優質蛋白質等，宜適量進食多種魚類。
- 孕婦、計劃懷孕的婦女和幼童等容易受汞影響的人群，在選擇魚類時，應避免進食體型較大的肉食性魚類或其他汞含量較高的魚類，包括劍魚、鱈魚及吞拿魚等。另外，宜選擇食用沙丁魚、鯖魚、鰵魚、秋刀魚、大西洋鮭、大黃魚、鰻鱺、康氏馬鮫、布氏鯧鰺、日本竹筴魚、金線魚、銀鯧等。
- 選購魚類食品時，關注食品標籤及所食用的魚類品種。

⑥ 給業界的建議：

- 向可靠的供應商採購食物。
- 妥善保存貨源資料，如有需要可追溯源頭。
- 向顧客提供所售賣和供應的魚類品種，以及魚製品所使用的魚類品種資料。

2023 年 12 月