

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

臺灣核子醫學診療應用發展趨勢分析
Nuclear medicine practice and trend in Taiwan

計畫編號：111A004

受委託機關(構)：中華民國核醫學學會

計畫主持人：顏若芳

研究期程：中華民國 111 年 3 月至 111 年 12 月

研究經費：新臺幣 肆拾捌 萬元

報告日期：111 年 11 月 30 日

目 錄

中文摘要	3
ABSTRACT	5
壹、計畫緣起與目的	7
貳、研究方法與過程	9
一、資料蒐集	9
二、統計分析	9
參、主要發現與結論	10
一、台灣核醫診療使用量趨勢	10
二、台灣放射免疫分析使用量趨勢	19
三、台灣住院碘 131 治療使用量趨勢	27
四、台灣核醫藥物/放射性同位素使用量趨勢	29
五、台灣核醫部門人力分布情形	31
六、台灣核醫部門設備分布情形	32
七、討論	33
八、結論與建議	36
肆、參考文獻	38

中文摘要

本研究旨在瞭解台灣核子醫學診療使用分佈情形及發展趨勢，利用全民健康保險研究資料庫 2014 年至 2020 年間的核醫就醫紀錄，分析核醫診療使用趨勢及醫療資源分布情形。結果顯示，2014 至 2020 年間平均每年核醫診療量為 452,280 次，核醫總量隨時間顯著增加，年增量為 18,422 次。壓力與重分布心肌灌注斷層掃描是最常進行且增加最為快速的檢查項目，平均每年執行 155,724 次，佔所有核醫診療的 34.4%，並以每年平均 6,594 次逐年增加。反之，放射免疫分析使用量每年平均為 2,658,927 次，從 2014 年 2,681,647 次減少至 2020 年 2,587,650 次，每年平均減少 27,311 次，甲狀腺刺激素放射免疫分析是最常進行的檢查項目，佔全部放射免疫分析量的 16.0%。估計 2014 至 2020 年間，台灣核醫藥物使用量每年平均為 5,657 Ci，從 2014 年 4,568 Ci 增加至 2020 年 5,567 Ci，每年平均增加 193 Ci，使用量最多的核醫藥物依序為 Tc-99m MDP、Tc-99m RBC 及 F-18 FDG，分別佔總量的 53.6%、12.1%及 8.7%。2022 年全台核醫部門的醫事人力配置，以放射師人數為最多(328 人)，其次為醫師(196 人)、護理師(144 人)、醫檢師(73 人)、藥師(39 人)及加速器人員(25 人)。核醫設備則以雙頭 SPECT 居多(83 台)，其次為 SPECT/CT(55 台)及傳統 PET/CT(36 台)。本研究深入分析國內核醫

領域（體內造影與體外放射免疫分析）的應用與發展趨勢，以及核醫人力及設備分布情形，期能提供未來五至十年間台灣核醫診療的市場預測，以做為核醫部門規劃人力設備與研發製造核醫藥物的重要參考依據。

關鍵字：核子醫學診療、全民健康保險研究資料庫、放射免疫分析、核醫藥物

Abstract

The purpose of this study is to investigate the utilization and trend of nuclear medicine practice in Taiwan according to the National Health Insurance Research Database from 2014 to 2020. It was found that the average annual nuclear medicine utilization during 2014-2020 were 452,280, and the total number of nuclear medicine practice increased significantly over time, with an annual increment of 18,422. Stress and redistribution myocardial perfusion imaging was the most frequently performed and fastest-increasing examination, with an average of 155,724 per year, accounting for 34.4% of all nuclear medicine practice, and an average increasing of 6,594 per year. In addition, the average use of radioimmunoassay was 2,658,927 per year, which decreased from 2,681,647 in 2014 to 2,587,650 in 2020, with an average reduction of 27,311 per year. Thyroid-stimulating hormone radioimmunoassay was performed most frequently, accounting for 16.0% of the total. It is estimated that from 2014 to 2020, the average annual radioactivity of radiopharmaceuticals in Taiwan is 5,657 Ci, increasing from 4,568 Ci in 2014 to 5,567 Ci in 2020, with an average annual increase of 193 Ci. The most used radiopharmaceuticals were Tc-99m MDP, Tc-99m RBC and F-18 FDG, accounted for 53.6%, 12.1% and 8.7% of the total, respectively. In 2022, the number of radiological technologist (328 people) is the largest number of medical staff in nuclear medicine departments in Taiwan, followed by physician (196 people), nurses (144 people), medical examiners (73 people), pharmacists (39 people) and accelerator personnel (25 people). The majority of nuclear medicine equipment is double-head SPECT (83 sets), followed by SPECT/CT (55 sets) and traditional PET/CT (36 sets). This study deeply analyzes the application and development trend of the domestic nuclear medicine

field (in vivo imaging and in vitro radioimmunoassay), as well as the distribution of nuclear medicine manpower and equipment, and could predict the market trend of nuclear medicine in Taiwan in the future. It is an important reference for nuclear medicine departments to plan manpower and equipment, as well as to develop and manufacture radiopharmaceuticals.

Keywords: nuclear medicine practice, national health insurance research database, radioimmunoassay, radiopharmaceuticals

壹、計畫緣起與目的

核醫造影技術目前已廣泛地應用於臨床診斷及新藥研發上，不論在腦神經造影、腫瘤造影及心血管造影等領域中，皆扮演著舉足輕重的角色[1, 2]。根據聯合國原子輻射效應科學委員會 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR) 的估計，醫療輻射是人造輻射的主要來源，全球每年約有 36 億次的醫療輻射診療過程，包括放射診斷、核子醫學與放射治療等，貢獻超過 90% 的人造輻射劑量且逐年增加中[3]。核子醫學在台灣雖然僅貢獻醫療輻射總有效劑量的 13.6%[4]，但在生理及功能方面的診斷具有不可取代的地位，尤其是近年來分子影像的興起，更為核子醫學開啟了嶄新的一頁。

我們先前分別就 1997 至 2010 年間，以及 2000 年至 2013 年間的台灣的核醫診療健保使用情形進行統計分析，發現核醫使用總量與健保費用總支出隨時間顯著增加，但各種診療項目則有不同的增減趨勢，這些變化趨勢與疾病發生率變化及人口老化有關[5,6]。由於全民健保於 2019 年新增鐳-223 治療，加以人口持續老化，因此有必要持續更新核醫診療最新利用情形與發展趨勢，於是本研究再次利用全民健康保險研究資料庫，分析 2014 年至 2020 年間的核醫診療使用情形。

全民健保從 1995 年開辦以來，絕大多數核子醫學診療即列入給付項目，之後陸續在 2004 年新增淋巴閃爍攝影、全身與局部正子造影，2005 年新增碘-131 癌症追蹤檢查-施打 Thyrogen，2010 年新增氟-18 氟化鈉正子造影及鎝-99m TRODAT-1 腦部多巴胺神經元斷層造影，2019 年新增鐳-223 治療，目前共計 78 種核醫診療項目納入全民健保。此外，衛福部於民國 100 年成立「健康資料加值應用協作中心」

(現更名為「衛生福利資料科學中心」)[7]，將國人就醫資料予以加密以產生具應用價值之集體資訊，以促進公共衛生決策品質、相關學術研究及醫療保健服務業等相關產業研發創新之參考依據。本研究利用此中心的健保資料庫進行分析，深入分析各項核子醫學診療近年來的使用量及分佈情形，並預估核醫診療未來的使用發展趨勢。

貳、研究方法與過程

一、資料蒐集

本研究從衛生福利資料科學中心取得全民健保資料的全民健保處方及治療明細檔_門急診、全民健保處方及治療明細檔_住院、全民健保處方及治療醫令明細檔_門急診、全民健保處方及治療醫令明細檔_住院及全民健保特約醫事機構資料檔，依據醫令代碼挑選出核醫診療項目，擷取 2014 年至 2020 年間全台各地的核醫診療資料進行分析。此外，利用問卷調查自費檢查項目、核醫儀器設備種類、數量，以及醫事人力配置情形。

二、統計分析

利用描述性統計分析各項核醫診療、放射免疫分析、核醫藥物、碘 131 治療，以及核醫部門醫事人力與設備的使用分布情形。利用線性回歸法分析各項核醫診療、放射免疫分析及核醫藥物的年增量與顯著性。所有統計皆以統計軟體 SPSS 19.0 版進行分析。

參、主要發現與結論

一、台灣核醫診療使用量趨勢

2014 至 2020 年間，台灣核醫診療健保使用量每年平均為 452,280 次，從 2014 年 388,753 次增加至 2020 年 494,355 次，每年平均增加 18,422 次，核醫診療項目及次數如表一所示，其中最多的前三項分別為壓力與重分佈心肌斷層灌注掃描、全身骨骼掃描及全身正子造影，每年平均分別為 155,724 次，136,138 次及 39,743 次，分別占全部核醫診療量的 34.4%、30.1%及 8.8%。而增加最為快速的前三項分別為壓力與重分佈心肌斷層灌注掃描、全身正子造影及全身骨骼掃描，每年平均增加 6,594 次、4,671 次及 3,343 次。

2014 至 2020 年間，所有核醫診療門診與住院比例分別為 79%與 21%。除了全身炎症掃描、淋巴閃爍攝影、腎臟掃描及核醫出血檢查於住院執行次數多於門診外，其餘核醫診療皆為門診進行次數多於住院。此外，儘管大部分核醫診療皆已納入全民健保，但仍有部分正子造影為自費檢查，根據中華民國核醫學學會於 2022 年針對全台 78 家醫院的問卷調查結果發現，自費正子造影檢查全年的次數為 15,211 次，即正子造影至今每年的檢查次數應該已突破 7 萬次。另外，值得注意的是碘 131 住院治療有增加的趨勢；而碘 131 門診治療有減少的趨勢。2014-2020 年主要核醫診療項目(診療量前十名)的使用次數變化趨勢如圖一所示，皆為增加的趨勢。

表一、2014-2020 年台灣核醫診療健保使用量趨勢

診療項目		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Average	Change	Percentage	
壓力與重分佈	門診	115583	125974	136506	145963	152103	151621	153674	140203	6470**	90.0%	
心肌斷層灌注	住院	15298	15330	14746	15849	15955	15569	15897	15521	124	10.0%	
掃描 Stress & redistribution myocardial perfusion study with SPECT	全部	130881	141304	151252	161812	168058	167190	169571	155724	6594**	100.0%	34.4%
全身骨骼掃描	門診	97008	96149	99578	104386	108864	109510	110268	103680	2706**	76.2%	
Whole body bone scan	住院	31443	30523	30641	32764	34071	33528	34235	32458	636*	23.8%	
	全部	128451	126672	130219	137150	142935	143038	144503	136138	3343**	100.0%	30.1%
全身骨骼掃描 (Tc-99m 缺貨申報)	門診	80665	82368	89653	94415	98414	98532	99304	91907	3464**	77.5%	
	住院	23129	22321	25076	28237	29420	29048	29880	26730	1359**	22.5%	
	全部	103794	104689	114729	122652	127834	127580	129184	118637	4823**	100.0%	26.2%
全身正子造影	門診	19155	21944	25758	29715	33178	36017	39260	29290	3424**	73.7%	
Whole body PET scan	住院	7076	7819	8734	10368	12251	12504	14425	10454	1247**	26.3%	
	全部	26231	29763	34492	40083	45429	48521	53685	39743	4671**	100.0%	8.8%

核子斷層檢查 術 SPECT	門診	8563	10568	12408	14336	16022	17751	19706	14193	1836**	67.5%	
	住院	5242	5841	6260	7008	7572	7623	8387	6848	511**	32.5%	
	全部	13805	16409	18668	21344	23594	25374	28093	21041	2347**	100.0%	4.7%
全身炎症掃描	門診	2658	2942	2972	3112	3491	3476	3309	3137	126**	26.9%	
Whole body	住院	7857	8119	8464	8749	9024	8723	8592	8504	141*	73.1%	
inflammation scan	全部	10515	11061	11436	11861	12515	12199	11901	11641	268*	100.0%	2.6%
心室搏出分率	門診	4908	7376	7188	8677	8825	7362	7236	7367	306	67.6%	
及心室壁活動	住院	3466	3608	3565	3803	3731	3375	3143	3527	-45	32.4%	
測定 Ventricular ejection fraction measurement	全部	8374	10984	10753	12480	12556	10737	10379	10895	261	100.0%	2.4%
鎇-99m	門診	5521	6156	7112	8533	9528	10254	9956	8151	854**	87.0%	
TRODAT-1 腦	住院	823	953	1082	1312	1435	1443	1456	1215	115**	13.0%	
部多巴神經元 斷層造影	全部	6344	7109	8194	9845	10963	11697	11412	9366	969**	100.0%	2.1%
唾腺閃爍攝影	門診	7063	7362	7345	8027	8598	9165	8603	8023	338**	95.6%	
Sialoscintigraph	住院	362	362	346	382	354	405	361	367	3	4.4%	

y	全部	7425	7724	7691	8409	8952	9570	8964	8391	341**	100.0%	1.9%
淋巴閃爍攝影	門診	1986	2037	2266	2927	3332	3701	3809	2865	352**	36.7%	
Lymphoscintog	住院	3555	3898	4285	4791	5849	6093	6176	4950	493**	63.3%	
ram	全部	5541	5935	6551	7718	9181	9794	9985	7815	845**	100.0%	1.7%
碘-131 治療	門診	4811	6144	6254	4839	4176	4038	2484	4678	-473*	64.4%	
I-131I treatment	住院	2329	2446	2584	2552	2555	2662	2949	2582	80**	35.6%	
	全部	7140	8590	8838	7391	6731	6700	5433	7260	-393	100.0%	1.6%
壓力心臟功能	門診	4002	5678	6574	8272	6908	5547	5340	6046	145	93.4%	
檢查 Stress	住院	425	466	374	521	509	363	323	426	-13	6.6%	
cardiac function	全部	4427	6144	6948	8793	7417	5910	5663	6472	132	100.0%	1.4%
study												
碘-131 癌症追	門診	5849	5624	5354	5480	5107	4841	4966	5317	-159**	87.0%	
蹤檢查 I-131	住院	769	828	924	829	776	683	776	798	-14	13.0%	
cancer work-up	全部	6618	6452	6278	6309	5883	5524	5742	6115	-174**	100.0%	1.4%
動態腎/泌尿功	門診	4054	4169	4450	4421	4480	4472	4103	4307	27	74.6%	
能測定	住院	1652	1542	1436	1487	1507	1412	1219	1465	-53*	25.4%	
Dynamic	全部	5706	5711	5886	5908	5987	5884	5322	5772	-25	100.0%	1.3%
renal/urinary												

function study												
全身腫瘤掃描	門診	3013	3301	3797	4501	4732	5720	6950	4573	628**	79.3%	
Whole body	住院	1000	1079	1145	1296	1224	1272	1317	1190	50**	20.6%	
tumor scan	全部	4013	4380	4942	5797	5956	6992	8267	5764	678**	100.0%	1.3%
靜態核醫心臟	門診	2372	3458	3820	4103	4269	4579	4775	3911	353**	80.3%	
功能檢查	住院	887	890	897	950	925	1049	1122	960	37**	19.7%	
Resting cardiac	全部	3259	4348	4717	5053	5194	5628	5897	4871	391**	100.0%	1.1%
function study												
鎂-99m 甲狀腺	門診	3959	3545	3491	3340	3555	3119	3132	3449	-116*	94.2%	
掃描 Tc-99m	住院	230	235	202	188	230	190	215	213	-3	5.8%	
thyroid scan	全部	4189	3780	3693	3528	3785	3309	3347	3662	-120*	100.0%	0.8%
副甲狀腺掃描	門診	2440	2491	2673	3008	3525	3899	3854	3127	282**	91.9%	
Parathyroid	住院	285	263	226	249	312	282	316	276	7	8.1%	
scan	全部	2725	2754	2899	3257	3837	4181	4170	3403	290**	100.0%	0.8%
腎臟掃描 Renal scan	門診	1638	1480	1539	1450	1526	1311	1226	1453	-56*	43.6%	
	住院	2045	2028	2036	2044	1850	1699	1482	1883	-90**	56.4%	
	全部	3683	3508	3575	3494	3376	3010	2708	3336	-147**	100.0%	0.7%
心室搏出分率	門診	4191	4725	4977	3577	1856	836	45	2887	-833**	89.7%	

測定 Ventricular ejection fraction measurements	住院	483	606	572	396	170	74	16	331	-102**	10.3%	
	全部	4674	5331	5549	3973	2026	910	61	3218	-935**	100.0%	0.7%
腦質斷層灌注 掃描 Cerebral perfusion scan with SPECT	門診	1287	1032	1514	2637	2971	3648	3567	2379	483**	78.2%	
	住院	550	310	435	764	875	822	873	661	86*	21.7%	
	全部	1837	1342	1949	3401	3846	4470	4440	3041	570**	100.0%	0.7%
肺灌注檢查 Lung perfusion scan	門診	914	1140	1465	1766	1880	1973	2276	1631	220**	55.1%	
	住院	1102	1283	1279	1477	1287	1462	1411	1329	46*	44.9%	
	全部	2016	2423	2744	3243	3167	3435	3687	2959	266**	100.0%	0.7%
三相骨骼掃描 Three-phase bone scan	門診	1482	1666	1573	1641	1644	1594	1692	1613	19	54.5%	
	住院	1287	1225	1363	1446	1424	1275	1400	1346	17	45.5%	
	全部	2769	2891	2936	3087	3068	2869	3092	2959	37	100.0%	0.7%
靜脈檢查 Venography	門診	1127	1178	1379	1580	1855	1684	2215	1574	169**	54.8%	
	住院	1429	1435	1583	1862	1132	728	902	1296	-123	45.2%	
	全部	2556	2613	2962	3442	2987	2412	3117	2870	46	100.0%	0.6%
介入性動態腎 泌尿功能測定	門診	1417	1478	1444	1484	1474	1376	1363	1434	-12	85.2%	
	住院	273	290	233	212	232	258	252	250	-4	14.8%	

Dynamic renal/urinary function study after intervention	全部	1690	1768	1677	1696	1706	1634	1615	1684	-16	100.0%	0.4%
核醫出血檢查 Bleeding scan	門診	377	352	372	371	334	338	267	344	-14*	21.9%	
	住院	1184	1279	1236	1264	1241	1101	1277	1226	-2	78.1%	
	全部	1561	1631	1608	1635	1575	1439	1544	1570	-16	100.0%	0.3%
肺通氣檢查 Lung ventilation study	門診	422	503	729	870	828	769	726	692	55	62.5%	
	住院	364	400	410	451	398	473	408	415	9	37.5%	
	全部	786	903	1139	1321	1226	1242	1134	1107	64	100.0%	0.2%
鐳-223 治療 Ra-223 treatment ^s	門診	-	-	-	-	-	533	1533	1033	1000	95.7%	
	住院	-	-	-	-	-	22	69	46	47	4.3%	
	全部	-	-	-	-	-	555	1602	1079	1047	100.0%	0.2%
碘-131 甲狀腺 掃描及 24 小時 攝取量測定	門診	815	788	778	781	909	882	769	817	6	95.8%	
	住院	46	23	30	47	35	30	35	35	-1	4.1%	
	全部	861	811	808	828	944	912	804	853	5	100.0%	0.2%

I-131 thyroid
scan and 24 hrs
uptake

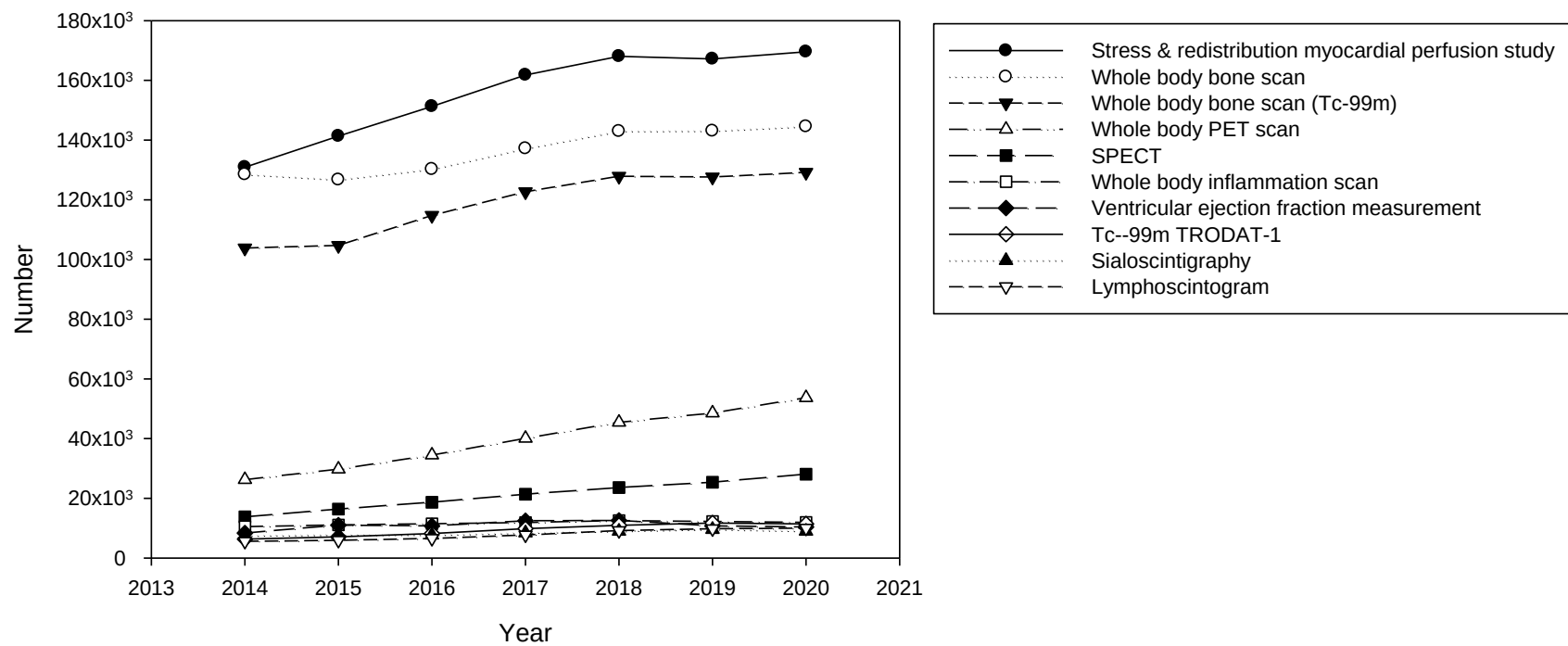
碘-131 癌症追	門診	248	508	742	866	760	654	694	639	58	85.3%	
蹤檢查-施打	住院	73	109	109	135	131	100	116	110	4	14.7%	
Thyrogen	全部	321	617	851	1001	891	754	810	749	62	100.0%	0.2%
	門診	3034	3240	3222	3376	3669	3731	4130	2751	168**	59.9%	
其他	住院	1126	1080	981	1078	1042	1076	1370	1843	28	40.1%	
	全部	4160	4320	4203	4454	4711	4807	5500	4594	196**	100.0%	1.0%
	門診	301334	322440	344872	369703	384377	386650	392222	357371	15735**	79.0%	
全部¶	住院	87419	88429	89918	97266	100525	98673	102133	94909	2687**	21.0%	
	全部	388753	410869	434790	466969	484902	485323	494355	452280	18422**	100.0%	100.0%

§鐳-223 治療自 2019 年始納入全民健保給付項目

¶不含全身骨骼掃描(Tc-99m 缺貨申報)及核子斷層檢查術(SPECT)

*p<0.05

**p<0.01



圖一、2014-2020 年主要核醫診療次數變化趨勢

二、台灣放射免疫分析使用量趨勢

2014 至 2020 年間，台灣放射免疫分析(RIA)健保使用量每年平均為 2,658,927 次，從 2014 年 2,681,647 次減少至 2020 年 2,587,650 次，每年平均減少 27,311 次，放射免疫分析項目及次數如表二所示，其中最多的前三項分別為甲狀腺刺激素放射免疫分析、游離甲狀腺素放射免疫分析及胚胎致癌抗原分析，每年平均分別為 425,609 次，327,956 次及 280,347 次，分別占全部放射免疫分析量的 16.0%、12.3%及 10.5%。而變化最為快速的前三項分別為甲型胎兒蛋白分析、B 型肝炎表面抗原放射免疫分析及游離甲狀腺素放射免疫分析，每年平均減少 12,980 次、減少 9,886 次及增加 9,040 次。

2014-2020 年，所有 RIA 門診與住院比例分別為 89.6%與 10.4%，且所有 RIA 檢查項目在門診進行次數皆多於住院。主要放射免疫分析項目(檢查量前十名)的變化趨勢如圖二所示，其中甲狀腺刺激素放射免疫分析、游離甲狀腺素放射免疫分析、甲促素結合體抗體、CA-199 腫瘤標記、甲狀腺球蛋白及去氧核糖核酸抗體為增加的趨勢；甲型胎兒蛋白及甲狀腺原氨酸放射免疫分析為減少的趨勢。

表二、2014-2020 年 RIA 使用量趨勢

檢查項目		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Average	Change	Percentage	
甲狀腺刺激素	門診	371706	385757	401700	384525	386058	400165	411400	391616	4723*	92.0%	
放射免疫分析	住院	32833	33281	34425	31722	32606	35236	37851	33993	612	8.0%	
TSH	全部	404539	419038	436125	416247	418664	435401	449251	425609	5335*	100.0%	16.0%
游離甲狀腺素	門診	269746	286286	308771	292547	301261	315639	326329	300083	7890**	91.5%	
放射免疫分析	住院	25023	26027	27677	25331	27808	30557	32690	27873	1149*	8.5%	
Free T4	全部	294769	312313	336448	317878	329069	346196	359019	327956	9040**	100.0%	12.3%
胚胎致癌抗原 CEA	門診	249760	242549	249786	247845	239975	237735	242744	244342	-1445	87.2%	
	住院	34292	35024	34594	36392	36179	36310	39245	36005	679**	12.8%	
	全部	284052	277573	284380	284237	276154	274045	281989	280347	-766	100.0%	10.5%
甲型胎兒蛋白 AFP	門診	276977	276742	263001	260083	235763	215268	209404	248177	-12603**	93.9%	
	住院	17099	17037	16329	16985	15960	14222	15581	16173	-376*	6.1%	
	全部	294076	293779	279330	277068	251723	229490	224985	264350	-12980**	100.0%	9.9%
甲促素結合體	門診	105601	102326	113930	121919	127879	128265	127207	118161	4665**	96.9%	
抗體 Ab-TSH	住院	3064	3032	3143	3630	4142	4397	4714	3732	309**	3.1%	
receptor	全部	108665	105358	117073	125549	132021	132662	131921	121893	4975**	100.0%	4.6%
CA-199 腫瘤	門診	83971	82466	90435	98571	101987	93416	98983	92833	2803*	83.1%	

標記	住院	15904	15934	16128	18669	21814	20890	22742	18869	1289**	16.9%	
CA-199	全部	99875	98400	106563	117240	123801	114306	121725	111701	4092*	100.0%	4.2%
甲狀腺原氨酸	門診	75302	72326	73046	72274	67966	64965	57317	69028	-2634**	87.3%	
放射免疫分析	住院	11946	10930	10621	9533	8954	9095	9229	10044	-481**	12.7%	
T3	全部											
(Triiodothyronine)		87248	83256	83667	81807	76920	74060	66546	79072	-3115**	100.0%	3.0%
甲狀腺球蛋白	門診	54623	59050	63033	67964	76090	86344	98921	72289	7162**	97.6%	
Thyroglobulin	住院	1445	1520	1847	1637	1784	1933	2280	1778	116**	2.4%	
	全部	56068	60570	64880	69601	77874	88277	101201	74067	7278**	100.0%	2.8%
攝護腺特異抗	門診	70168	71174	73233	76547	66865	58745	58316	67864	-2385	94.3%	
原 PSA	住院	4054	4090	4226	4300	4194	3916	4033	4116	-15	5.7%	
(prostate	全部											
specific		74222	75264	77459	80847	71059	62661	62349	71980	-2400	100.0%	2.7%
antigen)												
去氧核糖核酸	門診	43785	46778	52628	57050	61094	63823	68754	56273	4195**	92.9%	
抗體 Anti-ds	住院	3217	3440	4167	4517	4747	4648	5555	4327	357**	7.1%	
DNA	全部	47002	50218	56795	61567	65841	68471	74309	60600	4552**	100.0%	2.3%

甲狀腺素放射	門診	64425	62638	58508	54569	54970	51118	47474	56243	-2765**	94.1%	
免疫分析 T4	住院	4630	4421	3685	3299	3070	2840	2742	3527	-337**	5.9%	
(Thyroxine)	全部	69055	67059	62193	57868	58040	53958	50216	59770	-3102**	100.0%	2.2%
CA-125 腫瘤	門診	48611	48540	49015	50643	43957	38383	39162	45473	-1918*	87.2%	
標記	住院	7072	7087	7028	7152	6565	6069	5788	6680	-226**	12.8%	
CA-125	全部	55683	55627	56043	57795	50522	44452	44950	52153	-2145*	100.0%	2.0%
皮質素放射免	門診	30366	32433	32487	29556	26244	26240	25137	28923	-1225*	56.5%	
疫分析	住院	26969	27703	25886	19675	17718	18324	19397	22239	-1772*	43.5%	
Cortisol 註：游	全部	57335	60136	58373	49231	43962	44564	44534	51162	-2998**	100.0%	1.9%
離皮質素												
CA-153 腫瘤	門診	51203	49341	48010	46671	43461	40045	41177	45701	-1900**	91.1%	
標記	住院	4192	4113	4074	4407	4150	5078	5346	4480	195*	8.9%	
CA-153	全部	55395	53454	52084	51078	47611	45123	46523	50181	-1705**	100.0%	1.9%
微 白 蛋 白	門診	52116	54881	52257	49688	44005	46178	39139	48323	-2306**	99.5%	
Microalbumin	住院	539	473	249	131	107	88	101	241	-79**	0.5%	
	全部	52655	55354	52506	49819	44112	46266	39240	48565	-2386**	100.0%	1.8%
Intact 副甲狀	門診	51174	50960	47543	45579	40276	36426	34473	43776	-3087**	91.7%	
腺素放射免疫	住院	4250	4089	4137	3869	3848	3637	3823	3950	-88**	8.3%	

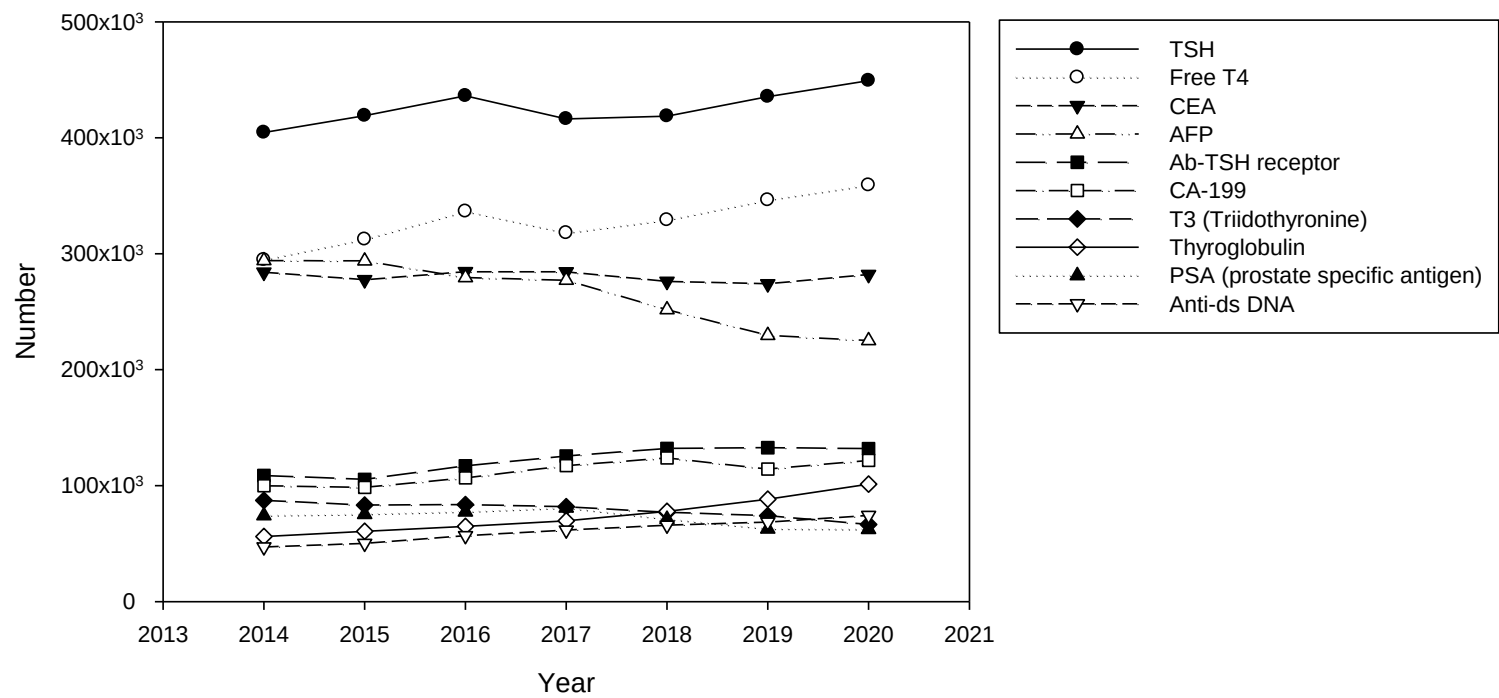
分析 Intact PTH	全部	55424	55049	51680	49448	44124	40063	38296	47726	-3175**	100.0%	1.8%
血漿腎活素活性放射免疫分析 PRA	門診	21566	25035	25287	27799	30916	32214	35326	28306	2188**	79.3%	
	住院	6214	6622	6678	7213	8004	8285	8734	7393	436**	20.7%	
	全部	27780	31657	31965	35012	38920	40499	44060	35699	2624**	100.0%	1.3%
醛類脂醇放射免疫分析 Aldosterone	門診	20882	24169	24769	26487	29307	31274	35025	27416	2184**	77.2%	
	住院	6994	7451	7408	7986	8667	8784	9457	8107	404**	22.8%	
	全部	27876	31620	32177	34473	37974	40058	44482	35523	2588**	100.0%	1.3%
鐵蛋白放射免疫分析 Ferritin	門診	39291	40175	36341	28306	25616	22393	21520	30520	-3557**	89.5%	
	住院	4170	4303	3953	3453	3144	2742	3346	3587	-228*	10.5%	
	全部	43461	44478	40294	31759	28760	25135	24866	34108	-3785**	100.0%	1.3%
B 型肝炎表面抗原放射免疫分析 HBsAg	門診	42082	41622	34411	23700	15991	11061	705	24225	-7274**	75.2%	
	住院	14977	14019	11482	7678	4601	3139	145	8006	-2612**	24.8%	
	全部	57059	55641	45893	31378	20592	14200	850	32230	-9886**	100.0%	1.2%
睪丸脂醇放射免疫分析 Testosterone	門診	31134	31992	32374	30786	29496	31473	31141	31199	-139	98.2%	
	住院	505	493	490	580	643	631	605	564	26*	1.8%	
	全部	31639	32485	32864	31366	30139	32104	31746	31763	-113	100.0%	1.2%
催乳激素放射	門診	33022	33171	30646	28081	26845	25614	24761	28877	-1560**	95.1%	

免疫分析	住院	1537	1609	1612	1483	1420	1343	1471	1496	-32	4.9%	
PRL (prolactin)	全部	34559	34780	32258	29564	28265	26957	26232	30374	-1593**	100.0%	1.1%
濾胞刺激素放	門診	28228	26303	26682	26269	23223	22573	22007	25041	-1056**	93.3%	
射免疫分析	住院	1923	1718	1967	2108	1728	1640	1580	1809	-50	6.7%	
FSH	全部	30151	28021	28649	28377	24951	24213	23587	26850	-1107**	100.0%	1.0%
血清促腎上腺 皮質素	門診	13877	15684	17248	18277	17684	18988	18111	17124	705*	65.5%	
	住院	8082	8577	9471	9091	8451	9172	10338	9026	247	34.5%	
	全部	21959	24261	26719	27368	26135	28160	28449	26150	953**	100.0%	1.0%
維生素 B12	門診	15814	17572	18436	19830	18484	16950	12940	17147	-350	78.9%	
放射免疫分析	住院	4450	5497	5725	5060	3928	4277	3208	4592	-284	21.1%	
Vitamin B12	全部	20264	23069	24161	24890	22412	21227	16148	21739	-624	100.0%	0.8%
游離攝護腺特	門診	22813	21314	20218	20717	19319	18421	18967	20253	-650**	94.0%	
異抗原 Free	住院	1128	1047	1102	1295	1412	1481	1575	1291	89**	6.0%	
PSA	全部	23941	22361	21320	22012	20731	19902	20542	21544	-560**	100.0%	0.8%
黃體化激素放	門診	22976	21553	21571	20203	16661	15287	15987	19177	-1371**	91.5%	
射免疫分析	住院	1864	1665	1913	2047	1688	1666	1575	1774	-38	8.5%	
LH	全部	24840	23218	23484	22250	18349	16953	17562	20951	-1410**	100.0%	0.8%

二氫基春情素	門診	23425	22868	23448	18088	14010	13955	14033	18547	-1980**	96.1%	
放射免疫分析	住院	794	740	813	812	738	698	647	749	-21	3.9%	
Estradiol (E2)	全部	24219	23608	24261	18900	14748	14653	14680	19296	-2001**	100.0%	0.7%
葉酸放射免疫	門診	13526	15507	16064	14442	15081	13669	10541	14119	-486	76.8%	
分析 Folic	住院	4154	5064	5292	4650	3647	3890	3093	4256	-256	23.2%	
acid	全部	17680	20571	21356	19092	18728	17559	13634	18374	-742	100.0%	0.7%
甲狀腺球蛋白	門診	16150	17503	19634	18218	16271	16895	18904	17654	131	97.4%	
抗體	住院	344	396	458	479	523	549	562	473	36**	2.6%	
Ab-thyroglobu lin	全部	16494	17899	20092	18697	16794	17444	19466	18127	168	100.0%	0.7%
其他	門診	153414	154685	151944	145964	121002	105486	107618	134302	-9526**	84.4%	
	住院	30248	30268	31108	27727	20202	17127	16674	24765	-2782**	15.6%	
	全部	183662	184953	183052	173691	141204	122613	124292	159067	-12308**	100.0%	6.0%
全部	門診	2397734	2433400	2476456	2423198	2337757	2299008	2313523	2383011	-23575*	89.6%	
	住院	283913	287670	287688	272911	262442	262664	274127	273899	-3736	10.3%	
	全部	2681647	2721070	2764144	2696109	2600199	2561672	2587650	2658927	-27311*	100.0%	100.0%

*p<0.05

**p<0.01



圖二、2014-2020 年主要 RIA 檢查次數變化趨勢

三、台灣住院碘 131 治療使用量趨勢

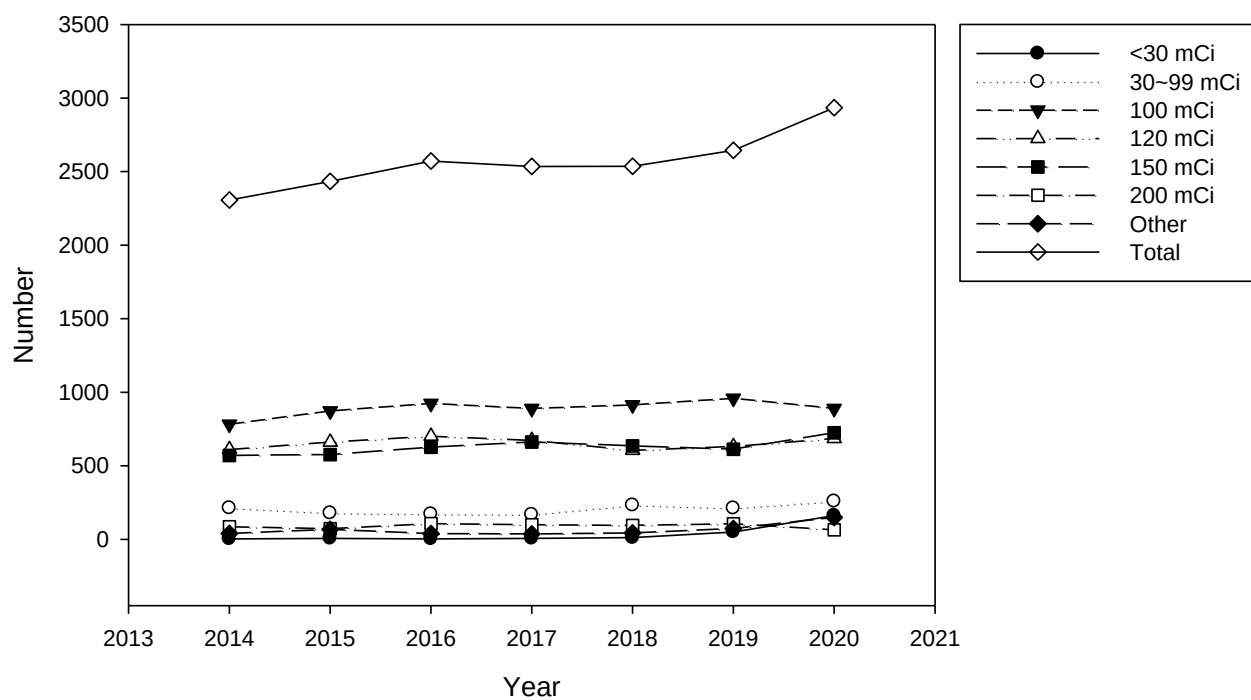
2014 至 2020 年間，台灣住院碘 131 治療每年平均為 2,566 次，從 2014 年 2,307 次增加至 2020 年 2,934 次，每年平均增加 80 次(表三)，治療給予劑量主要為 100、120 及 150 mCi，分別占全部給予劑量的 34.7%、25.4%及 24.5%。其中小於 30 mCi 及 150 mCi 有顯著增加趨勢，平均每年分別增加 20 次及 19 次。2014-2020 年 I-131 住院治療劑量變化趨勢如圖三所示。

表三、2014-2020 年住院 I-131 治療量趨勢

Dose (mCi)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Average	Change	Percentage
<30	3	6	3	7	12	50	161	35	20*	1.3%
30~99	213	178	172	168	232	212	259	205	9	8.0%
100	783	873	924	890	914	959	890	890	17	34.7%
120	611	661	701	672	605	631	686	652	2	25.4%
150	571	576	626	662	635	613	725	630	19*	24.5%
200	86	72	107	99	95	106	64	90	0	3.5%
Other	40	68	39	37	43	73	149	64	12	2.5%
Total	2307	2434	2572	2535	2536	2644	2934	2566	80**	100.0%

*p<0.05

**p<0.01



圖三、2014-2020 年 I-131 住院治療劑量變化趨勢

四、台灣核醫藥物/放射性同位素使用量趨勢

依據美國核醫學會(SNM)標準作業指南建議的核醫藥物給藥活度，以及中華民國核醫學會於 2022 年針對全台家醫院核醫部門進行的問卷調查(註一)，佐以各項核醫診療的使用量進行核醫藥物使用量估計(不含放射免疫分析)。估計 2014 至 2020 年間，台灣核醫藥物使用量每年平均為 5657 Ci，從 2014 年 4568 Ci 增加至 2020 年 5567 Ci，每年平均增加 193 Ci，核醫藥物種類及使用量如表四所示，使用量最多的核醫藥物依序為 Tc-99m MDP、Tc-99m RBC 及 F-18 FDG，分別占總量的 53.6%、12.1%及 8.7%，使用量成長最快速的核醫藥物則依序為 Tc-99m MDP、F-18 FDG 及 Tc-99m TRODAT-1。Tc-99m MDP、F-18 FDG、I-131、Tl-201、Tc-99m TRODAT-1、Ga-67、Tc-99m pertechnetate、Tc-99m ECD、Tc-99m MIBI Tc-99m phytate、Tc-99m MAA、Tc-99m mebrofenin 及 RA-223 使用量有顯著增加趨勢；Tc-99m DMSA 使用量有顯著減少趨勢。

註一：依據問卷，心肌灌注掃描藥物 Tl-201 及 Tc-99m MIBI 以分別占 82.6%及 17.4%進行估算；全身炎症掃描藥物 Ga-67 及 F-18 FDG 以分別占 87%及 13%進行估算。

表四、2014-2020 年核醫藥物/放射性同位素使用量(Ci)趨勢

<i>Radiopharmaceuticals</i>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Average	Change	Percentage
Tc-99m MDP	2639	2607	2680	2824	2940	2935	2975	2800	68.7 **	53.6%
Tc-99m RBC	518	662	690	749	675	581	557	633	-2.1	12.1%
F-18 FDG	299	340	393	457	517	554	610	453	53.0 **	8.7%
I-131	300	313	333	330	322	330	355	326	6.7 *	6.2%
Tl-201	270	292	312	334	347	345	350	322	13.6 **	6.2%
Tc-99m TRODAT-1	159	178	205	246	274	292	285	234	24.1 **	4.5%
Tc-99m pertechnetate	95	94	92	97	104	104	100	98	1.7 *	1.9%
Ga-67	65	69	74	82	85	91	99	81	5.6 **	1.5%
Tc-99m ECD	42	31	45	78	88	103	102	70	13.1 **	1.3%
Tc-99m MIBI	41	42	44	50	59	64	63	52	4.5 **	1.0%
Tc-99m DTPA aerosol	31	36	46	53	49	50	45	44	2.6	0.8%
Tc-99m MAG3	30	30	30	30	31	30	28	30	-0.2	0.6%
Tc-99m DMSA	29	28	29	28	27	24	22	27	-1.1 **	0.5%
Tc-99m MAA	16	18	20	23	22	21	24	20	1.1 **	0.4%
Tc-99m DTPA	19	19	20	20	20	20	18	19	0	0.4%
Tc-99m phytate	12	13	14	16	19	20	21	16	1.6 **	0.3%
F-18 NaF	2	3	2	1	2	2	2	2	-0.1	0.0%
Tc-99m mebrofenin	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.1 **	0.0%
RA-223	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.03 *	0.0%
Total	4568	4776	5030	5419	5582	5567	5657	5228	192.9 **	100.0%

*p<0.05

**p<0.01

五、台灣核醫部門人力分布情形

2022 年全台設有核醫部門的醫院共計有 78 家(註二)，醫學中心 23 家、區域醫院 46 家及地區醫院 9 家。人力配置情形如表五所示，以放射師人數最多(328 人)，其次為醫師(196 人)、護理師(144 人)、醫檢師(73 人)、藥師(39 人)及加速器人員(25 人)。醫事人員無論總數或平均數皆以醫學中心為最多，其次為區域醫院及地區醫院，而僅醫學中心有訓練住院醫師。

註二:柳營奇美及永康奇美醫院未回覆人力配置故不採計

表五、2022 年台灣各級醫院核醫部門人力分布一覽表

		總數			平均數		
		醫學中心(N=23)	區域醫院(N=46)	地區醫院(N=9)	醫學中心	區域醫院	地區醫院
主治醫師	教授	11	7	0	0.5±0.6	0.2±0.4	0.0±0.0
	副教授	4	0	0	0.2±0.5	0.0±0.0	0.0±0.0
	助理教授	18	5	2	0.8±0.8	0.1±0.3	0.1±0.4
	講師	21	13	1	0.9±1.0	0.3±0.5	0.1±0.4
	無教職	31	43	9	1.3±1.2	0.9±0.7	1.0±0.9
住院醫師	R1	8	0	0	0.3±0.5	0	0
	R2	9	0	0	0.4±0.6	0	0
	R3	6	0	0	0.3±0.4	0	0
	R4	4	0	0	0.2±0.4	0	0
	其他	4	0	0	0.2±0.4	0	0
醫事人員	放射師	172	135	21	7.5±4.1	2.9±1.5	2.6±0.9
	護理師	67	64	13	2.9±1.2	1.4±1.0	1.6±0.7

人 醫檢師	52	19	2	2.3±2.5	0.4±1.0	0.3±0.7
員 藥師	28	11	0	1.2±1.0	0.2±0.7	0.0±0.0
加速器人員	21	4	0	0.9±1.8	0.1±0.6	0.0±0.0

六、台灣核醫部門設備分布情形

2022 年台灣核醫設備以雙頭 SPECT 居多(83 台)，其次為 SPECT/CT(55 台)及傳統 PET/CT(36 台)。核醫設備以醫學中心最為齊全、數量也最多，其次為區域醫院及地區醫院(表六)。

表六、2022 年台灣各級醫院核醫部門設備分布一覽表

	醫學中心 (N=23)	區域醫院 (N=46)	地區醫院 (N=9)	全部(N=78)
單頭 SPECT	2	0	0	2
雙頭 SPECT	31	45	7	83
SPECT/CT	30	22	3	55
CZT 心臟掃描儀	14	1	0	15
CZT 全身掃描儀	1	0	0	1
傳統 PET/CT	14	17	5	36
數位 PET/CT	13	8	2	23
PET/MRI	2	0	0	2
骨密度儀	4	4	0	8
同位素治療病房	21	13	4	38
同位素治療病床	24	17	4	45
同位素門診治療室	4	3	0	7
同位素門診治療床	4	5	0	9

七、討論

由於全民健保屬於強制性的全國保險制度，在 2014 年至 2020 年之間的納保率皆已達 99.6% 以上 [8]，除了少數自費如正子造影檢查外，納保人所有健保給付的核醫診療資料皆紀錄於健保資料庫中，因此利用此資料庫可以避免因為小樣本或地域性人口學差異所造成的偏差，使本篇研究足具代表性地評估國人在這 7 年間的核醫使用情形及趨勢。此外，本研究首度針對台灣放射免疫分析使用量進行統計，發現整體放射免疫分析使用量高於核醫造影，但有逐年減少的趨勢。

台灣醫師密度在 2020 年為每千名人口 2.2 人 [9]，依據世界衛生組織的分類標準屬於健康照護等級第一級的國家，即每千名人口擁有一名以上的醫師。根據聯合國原子輻射效應科學委員會 2008 年報告 (UNSCEAR 2008 Report)，健康照護等級第一級國家於 1997 至 2007 年間的核子醫學年平均使用率介於每千人口 0.4 次至 52.8 次，平均 22.1 次 [3]，本研究顯示台灣在 2020 年的核醫使用率為每千人 21 次(494,355 次/23,561,236 人)，與第一級國家的使用率相當。

吾人先前的研究發現，2000 至 2013 年間平均每年核醫診療健保使用量為 272,066 次，核醫總使用量隨時間顯著增加，年增量為 12,617 次。全身骨骼掃描是最常進行的檢查項目，平均每年 95,008

次，佔所有核醫診療的 34.8%；而壓力與重分佈心肌灌注斷層掃描則增加最為快速，以每年平均 6,222 次增加[6]。本次研究則發現，2014 至 2020 年間平均每年核醫診療量增加為 452,280 次，而壓力與重分佈心肌斷層灌注掃描的檢查次數首度於 2014 年超越全身骨骼掃描，且自 2014 年後，心肌斷層灌注掃描次數皆高於全身骨骼掃描次數，且持續拉大差距。此外，心肌灌注掃描在 2014 至 2020 年間每年平均 155,724 次，兩倍於 2000 至 2013 年間的每年平均 72,363 次。推測其原因有兩個：一為冠狀動脈心臟病(冠心病)發生率持續增加；二為心肌斷層灌注掃描逐漸成為冠心病的 "gate keeper"，可減少不必要的心導管檢查情形。

本研究發現在台灣最常進行的核醫診療項目為壓力與重分佈心肌灌注斷層掃描，其次為全身骨骼掃描，分別佔所有檢查的 34.4% 及 30.1%，此現象與其他國家核醫的使用情形相似。日本於 2017 年進行的第八次全國性調查發現，最常使用的核醫檢查為骨骼掃描及心肌灌注掃描，分別佔所有檢查的 32.3% 及 24.1% [10]。根據 Delbeke 等人於 2011 年針對美國核醫實務的研究發現，心肌灌注掃描及骨骼掃描分別佔所有核醫檢查的 50% 及 17% [11]。可見此兩項核醫檢查對疾病診斷的重要性，全身骨骼掃描主要用於偵測及追蹤癌症骨骼轉移，而心肌灌注掃描則用於診斷缺血性心臟病，特別是用來鑑別心肌缺血或梗塞壞死的情形。因此，這兩項檢查的高使用率也反應

出癌症及缺血性心臟病在全球的高盛行率。

整體而言，台灣核醫診療的內容在過去這 20 年間有明顯的改變，此與台灣人口結構變化有關，特別是人口老化，65 歲以上的人口從 2000 年的 1,921,308 人（占全人口 8.6%）增加至 2020 年的 3,787,315 人（占全人口 16.1%），40 歲以下的人口則從 2000 年的 14,188,099 人（占全人口 63.7%）減少至 2020 年的 10,688,535 人（占全人口 45.4%）[12]，致使針對年輕族群的核醫診療如甲狀腺掃描及腎臟掃描明顯減少，而以中老年為主的核醫診療如壓力與重分佈心肌斷層灌注掃描、全身正子造影、全身骨骼掃描及鎝-99m TRODAT-1 腦部多巴神經元斷層造影則明顯增加，顯示人口高齡化確實是整體核醫診療量增加與診療內容改變的原因之一。

2014 至 2020 年間，台灣住院碘 131 治療每年平均為 2,566 次，從 2014 年 2,307 次增加至 2020 年 2,934 次，每年平均增加 80 次，治療給予劑量主要為 100、120 及 150 mCi，分別占全部給予劑量的 34.7%、25.4%及 24.5%。其中小於 30 mCi 及 150 mCi 有顯著增加趨勢，然而依照台灣原子能法規，只有大於 30 mCi (含)才需要住院接受治療，是否因為碘 131 治療病床不足，導致分次治療或分次申報值得深入追蹤探討。此外，Ra-223 是繼 I-131 後唯一的治療用同位素，於 2019 年起納入健保給付項目，用於治療去勢抗性前列腺癌（castration-resistant prostate cancer），合併有症狀的骨轉移且尚未有

臟器轉移者。2019-2020 兩年間即有 1,047 次的快速增長，值得持續追蹤觀察其發展趨勢。

從目前核醫藥物的分佈可以看出，以反應爐生產的藥物仍然占多數，尤其是 Tc-99m 為主的藥物占了 77% 以上，並且有增加的趨勢。台灣的 Tc-99m 藥物主要倚賴進口 Mo-99/Tc-99m 滋生器製作，滋生器的原料 Mo-99 目前則由九個國家的醫用反應爐供應，由於反應爐運作時間多半已超過五十年之久，基於維護費用與成本考量，位於加拿大的 Mo-99 最大供應廠 Chalk River 反應爐，自 2016 年起減少供應，並於 2018 年關閉 [13]，如此一來勢將增加購買成本，健保署自 2010 年起即針對全身骨骼掃描 Tc-99m 全球缺貨取得成本增加時，醫院得多申報 750 點做為因應，但仍有必要積極研發以迴旋加速器製備的藥物來取代反應爐生產的藥物以降低衝擊。

八、結論與建議

本研究結合了產(醫院)、官(衛生福利資料科學中心)、學(中華民國核醫學學會與慈濟科技大學)，對於台灣核醫診療應用發展趨勢，包括體內造影與體外放射免疫分析，以及核醫人力設備分布進行全面深入的調查，研究成果對於核醫藥物開發製備與規劃核醫人力設備具有重要的參考價值。建議將來持續針對國內核醫診療應用定期調查分析，使核醫人才培訓、核醫藥物製備開發及核醫設備購

置都能達到最佳的狀態，以提供國人高品質的核醫服務。

肆、參考文獻

1. Mao-Chin Hung, Yi-Cheng Tsai, Chih-Hao Kao, Yen-Ting Chi. The utilization of nuclear medicine for patients with neurodegenerative diseases in Taiwan. *Annals of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 2018; 31: 67-74.
2. Mao-Chin Hung, Yu-Yi Huang. Three nuclear medicine diagnostic procedures and breast cancer mortality in women. A population-analysis in Taiwan based upon National Health Insurance database. *Hellenic Journal of Nuclear Medicine* 2019; 22: 121-124.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume1 Annex A: Medical radiation exposures. 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York: United Nations; 2010.
4. Chen TR, Tyan YS, Teng PS, Chou JH, Yeh CY, T W E, et al. Population dose from medical exposure in Taiwan for 2008. *Med Physics* 2011; 38:3139-3148.
5. Hung MC, Hwang JJ, Liu SS, Kao CH. The Longitudinal trend in the utilization of nuclear medicine for theranostics in Taiwan. *Ann Nucl Med Mol Imaging* 2014;27: 12-22.
6. Hung MC, Huang YY, Cheng CY, Lin LF, Yang CH. Nuclear Medicine Practice with National Health Insurance in Taiwan, 2000 ~ 2013. *Annals of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 30:62-71, 2017.
7. 衛生福利部統計處
<https://dep.mohw.gov.tw/dos/cp-5119-59201-113.html>
8. 行政院:國內指標-全民健康保險實質納保率

<https://www.gender ey.gov.tw/GECDB/>

9. 中華民國醫師公會全國聯合會

https://www.tma.tw/stats/index_NYearInfo.asp?/2020.html

10. Nishiyama Y, Kinuya S, Kato T, Kayano D, Sato S, Tashiro M, Tatsumi M, Hashimoto T, Baba S, Hirata K, Yoshimura M, Yoneyama H. Nuclear medicine practice in Japan: a report of the eighth nationwide survey in 2017. *Ann Nucl Med*. 2019 Oct;33(10):725-732.

11. Delbeke D, Segall GM. Status of and trends in nuclear medicine in the United States. *J Nucl Med*. 2011 Dec;52 Suppl 2:24S-8S.

12. 中華民國內政部戶政司全球資訊網

<https://www.ris.gov.tw/app/portal/346>

13. 林昆儒：面對放射藥物缺乏衝擊，核醫準備好了嗎？

<https://sites.google.com/a/cgmh-mi.com/kelnm/nucitechblog/2015-06-10-Accelerating-Nuclear-Medicine-with-Cyclotron-Produced-99mTc>. Updated Jun. 21, 2015. Accessed Nov. 14, 2016.