



Moving from IMRT QA measurements toward independent computer calculations using control charts

作者：Todd Pawlicki a,* , Sua Yoo b, Laurence E. Court c, Sharon K. McMillan d, Roger K. Rice a, J. Donald Russell e, John M. Pacyniak f, Milton K. Woo g, Parminder S. Basran g, Jason Shoales h, Arthur L. Boyer h

出處：Radiotherapy and Oncology 89 (2009) 330–337

報告者：陳昫名

指導老師：童超塵 老師

目錄

- 說明
 - 背景及目的
 - 材料與方法
 - 機構以及使用配備
 - 管制圖建立以及比較
 - 結果
 - 結論
-

說明

- 強度調控放射治療 (Intensity-Modulated Radiotherapy, IMRT)
 - 傳統的放射線治療
 - 電腦治療計劃系統 (Treatment Planning System)
 - 前列腺癌&頭頸部腫瘤(癌)
-

背景及目的

- IMRT費用非常的高，IMRT QA後有更多人有信心使用，只為了治好疾病。
 - 本研究中有7個機構參予研究，機構間的設備器材幾乎相同。
 - 利用管制圖作為一種工具來描述和證明績效。
 - 不均勻的介質（**inhomogeneous media**）與界面的問題使得劑量上的校正很困難，校正不準確可能會導致治療失敗（由於劑量不足）或是產生副作用（劑量過高），因此這是臨床上極為重要且需迫切解決的問題。
-

材料與方法

- 針對前列腺癌和頭頸部的案件進行了研究並使用治療計劃系統（**TPS**）的點劑量資料，獨立電腦計算和化學治療。
 - 每個機構利用每個 **IMRT** 案例所收集到的放射線劑量數據加以討論或是研究。
 - 使用 **IMSure** 軟體輸出點劑量計算，注量圖，差異圖和伽瑪射線圖。
-

機構以及使用配備(1/3)

Table 1

A summary of the IMRT data and the IMRT QA programs at each institution that participated in this study

Institution #	# HN cases	# Prostate cases	TPS	Linac	Measurement QA
1	7	19	Pinnacle; Eclipse	Varian	Water equivalent phantom and ion chamber
2	0	27	Eclipse	Varian	Water equivalent phantom and ion chamber
3	6	13	Eclipse	Varian	Water equivalent phantom and ion chamber
4	6	15	Pinnacle	Varian	Water equivalent phantom and ion chamber
5	17	0	Pinnacle	Elekta; Siemens	Water equivalent phantom and ion chamber
6	52	40	Eclipse	Varian	Water equivalent phantom and MapCheck
7	34	50	Eclipse	Varian	Water equivalent phantom and ion chamber

機構以及使用配備(2/3)

- TPS-Eclipse&Pinnacle：當病人完成 固定 模具並執行電腦斷層掃描定位後，影像資訊會經由院內及科內網路傳 至 電腦治療計畫系統。先由醫師 在電腦治療系統工作站中 圈劃出腫瘤區域及周邊危及器官，並訂下治療目標後，再由醫學劑量師與醫學物理師執行電腦治療計畫 設計，計畫完成後醫師與執行該電腦治療計畫之劑量師或物理師 會一同討論， 確認 該治療計畫符合治療目標， 能達到良好的腫瘤控制率並同時降低正常組織併發症機率。
-

機構以及使用配備(3/3)

- **Linac-Elekt&Varian**：直線加速器的原理為高能電子於加速管中利用微波加速後撞擊靶區，以產生高能光子射束。
-

管制圖建立以及比較(1/3)

- 使用X-Rm管制圖分析(X-Rm Control Chart)，應用在抽樣數為1 (每日一件 甚至每月一件等狀況) 之環境

管制圖建立以及比較(2/3)

- 比較phantom measurement to the TPS output using the metric

$$X_M = [(D_{Meas} - D_{TPS}) / D_{Meas} * 100]_{Phantom}$$

- 比較the IMSure result to the TPS output using the patient-specific data and called IMSure QA metric

$$X_I = [(D_{IMSure} - D_{TPS}) / D_{IMSure} * 100]_{Patient}$$

[以下使用機構3之10個case範例說明管制圖](#)

管制圖建立以及比較(3/3)

measurement vs. TPS_{phantom}

IMSure vs. TPS_{patient}

process target, $P_T = \bar{X}$

process ability, $P_A = 2.66 * m\bar{R}$

$P_T=0\%$ 是最完美的狀況

滿足臨床的規格，則 $P_A < \pm 5\%$

結果(1/10)

- 一般來說，在IMRT QA中前列腺比頭部和頸部的臨床規格更加的好。
 - 對於前列腺的情況下，**measurement QA**能夠滿足臨床規範（5%）在6個機構中有4個。同樣，對於**IMSure QA**，6個機構有3個能夠滿足臨床規範，剩下未達到臨床規格則須改進。（綠色）
 - **IMSure QA**優於**measurement QA**在這些機構中有5個；3個機構為頭頸部的個案和2個機構的前列腺個案。（紅色）
-

結果(2/10)

institution	measurement vs. TPS _{phantom}		IMSure vs. TPS _{patient}	
	P _A	P _T	P _A	P _T
頭頸部				
1	5.4	1.3	5.7	3.4
2	-	-	-	-
3	9.2	-0.1	5.4	-0.3
4	9.8	-0.9	7.4	-1.4
5	5.3	2.7	8.9	-2.3
6	5.1	-1.4	9.1	-2.8
7	6.7	0.4	6.6	0.5
平均	6.916667	0.333333	7.183333	-0.48333

單位:百分比

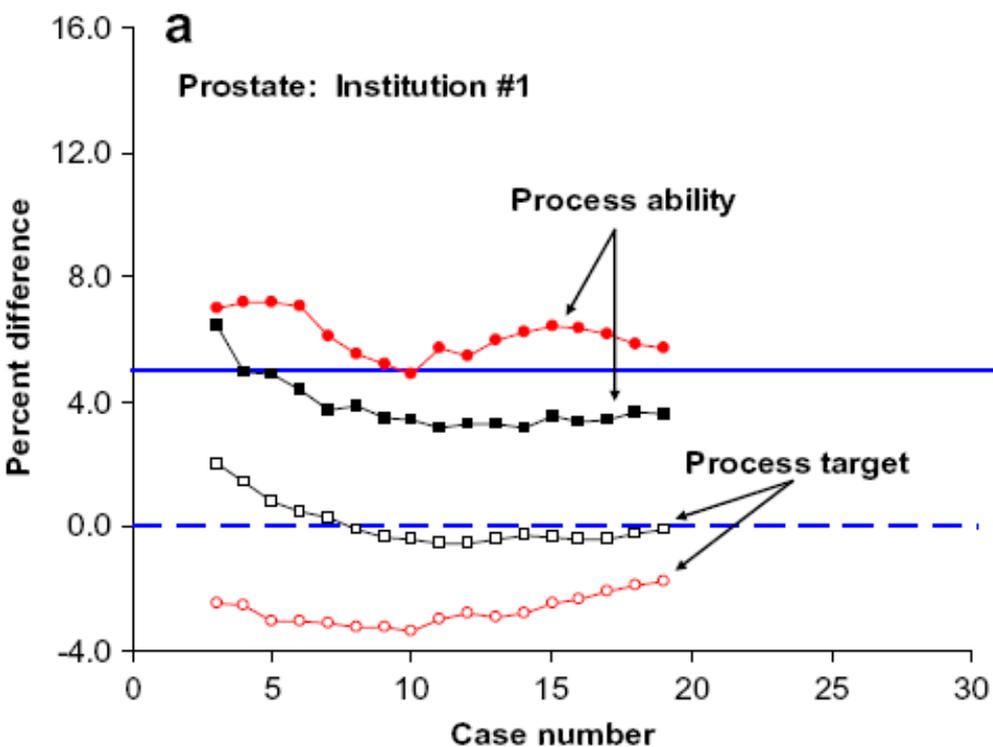
結果(3/10)

institution	measurement vs. TPS _{phantom}		IMSure vs. TPS _{patient}	
	P _A	P _T	P _A	P _T
前列腺				
1	3.6	-0.1	5.7	-1.8
2	1.8	0.3	3.1	-1.6
3	6.6	1.0	6.4	3.1
4	2.1	1.4	2.4	-0.5
5	-	-	-	-
6	7.3	-1.3	3.3	0.9
7	4.7	1.4	5.3	0.6
平均	4.35	0.45	4.366667	0.116667

單位:百分比

結果(4/10)

- Measurement vs. TPS, Phantom – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- Measurement vs. TPS, Phantom – Process target ($P_T = \bar{X}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process target ($P_T = \bar{X}$)

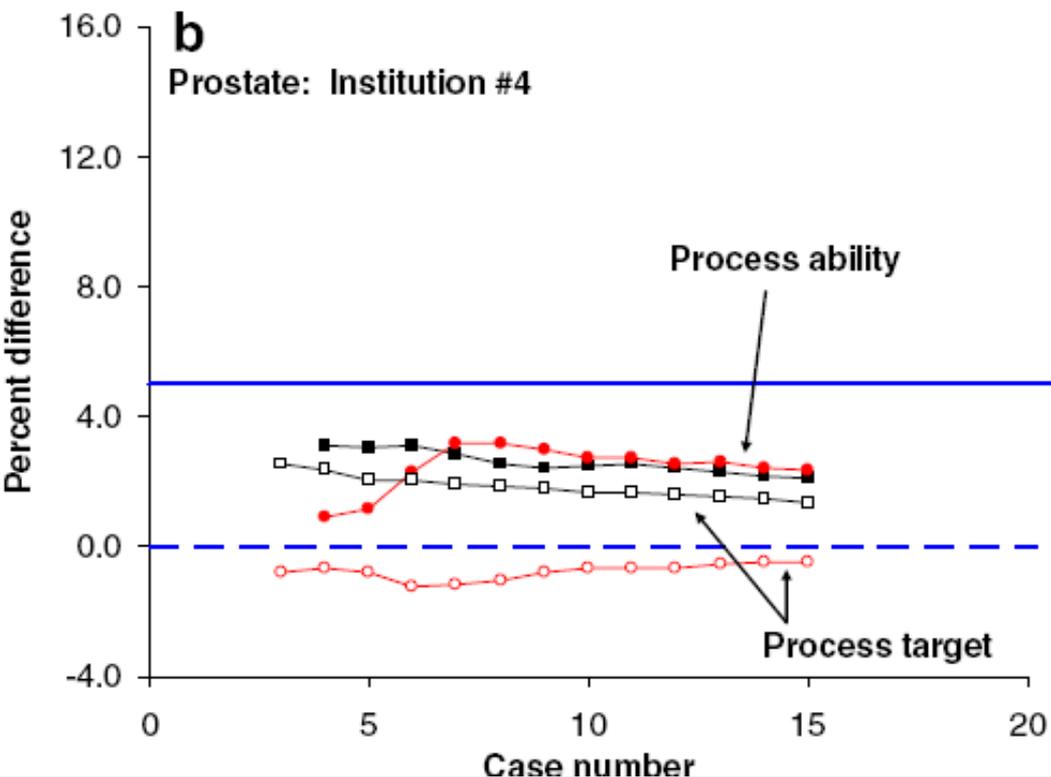


- 圖中，IMSure的製程能力超出臨床規格的範圍，且製成目標也偏低。(實心紅色線)
- 相對的Meas則在臨床規格範圍內，且製程目標也介於0%附近。(空心黑色線)

- IMRT QA目標為0%由虛線表示，臨床規格則由實線表示，目標為5%

結果(5/10)

- Measurement vs. TPS, Phantom – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- Measurement vs. TPS, Phantom – Process target ($P_T = \bar{X}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process target ($P_T = \bar{X}$)

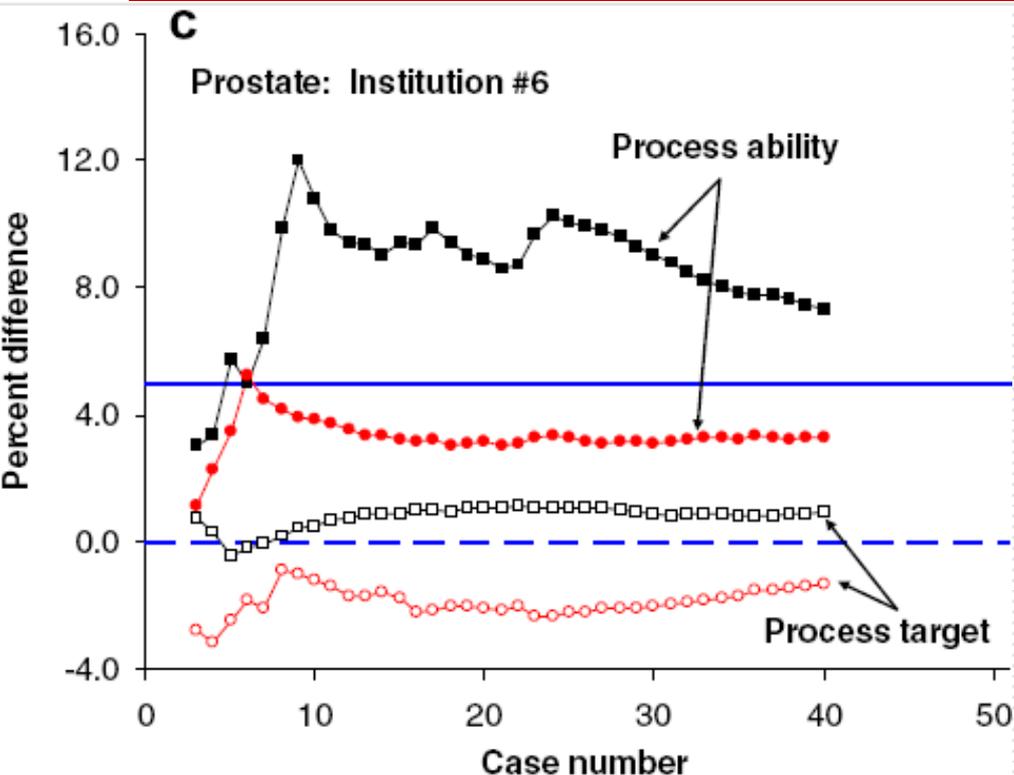


□ IMSure以及Meas
都在臨床規格範圍
內。(紅色&黑色實
心線)

□ IMRT QA目標為0%由虛線表示，臨床規格則由實線表示，目標為5%

結果(6/10)

- Measurement vs. TPS, Phantom – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- Measurement vs. TPS, Phantom – Process target ($P_T = \bar{X}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process target ($P_T = \bar{X}$)

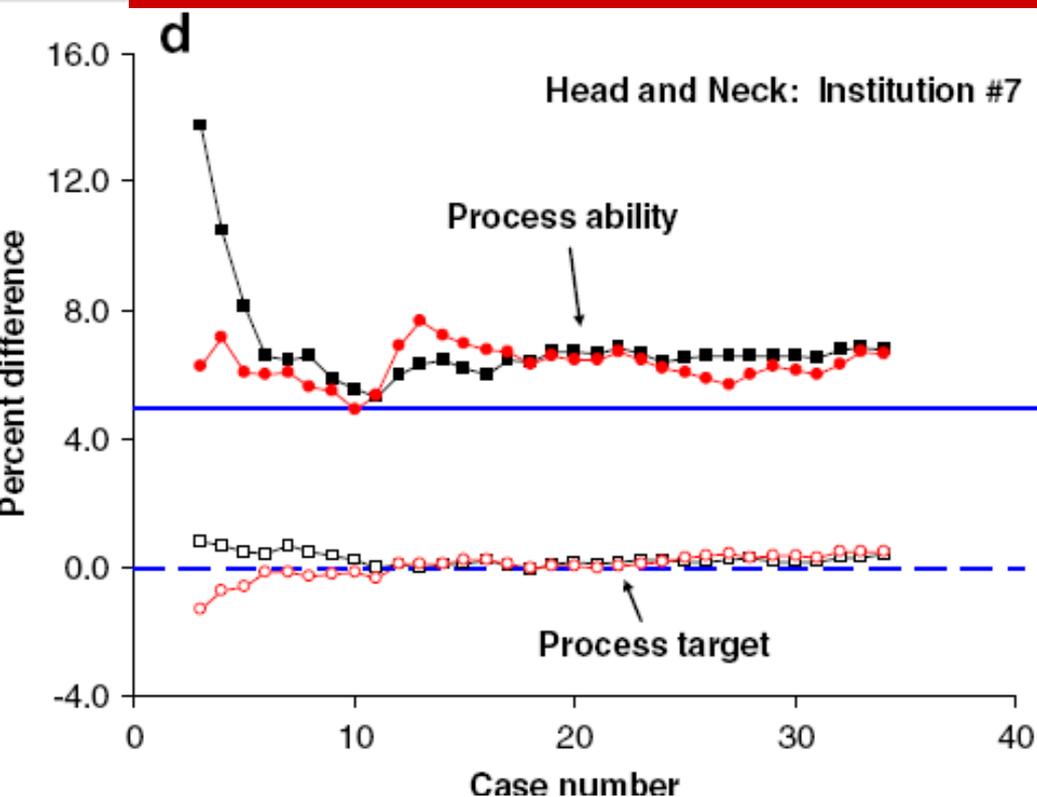


□ Meas的製程能力完全超出臨床規格(黑色實心線)，但製程目標卻逼近IMRT QA目標0%(黑色空心線)，表示此治療方法不是很理想。

□ IMRT QA目標為0%由虛線表示，臨床規格則由實線表示，目標為5%

結果(7/10)

- Measurement vs. TPS, Phantom – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- Measurement vs. TPS, Phantom – Process target ($P_T = \bar{X}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process ability ($P_A = 2.66 \cdot m\bar{R}$)
- IMSure vs. TPS, Patient – Process target ($P_T = \bar{X}$)



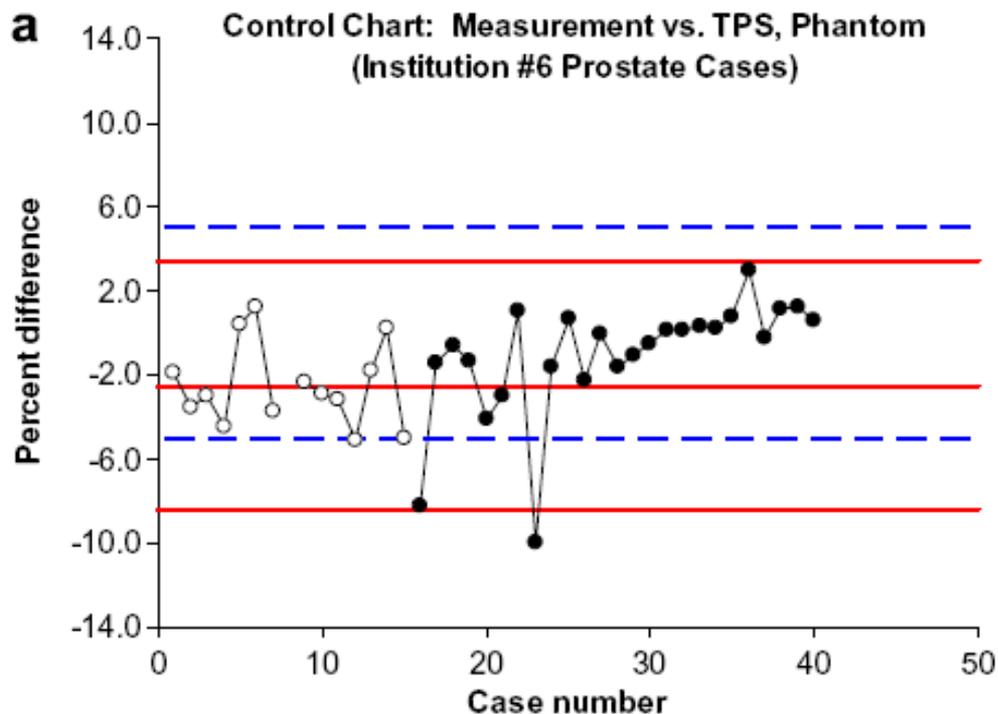
□ IMSure以及Meas完全超出臨床規格的界線，但兩者的製程目標卻都逼近IMRT QA目標0%。

□ IMRT QA目標為0%由虛線表示，臨床規格則由實線表示，目標為5%

結果(8/10)

- QA流程實施不同的設施，會有不同的能力，以滿足臨床規範。
 - 針對機構6之資料顯示，多數個案都超出臨床規格，可能存在系統誤差，因此排除已知問題的個案，重新計算管制圖。
-

結果(9/10)

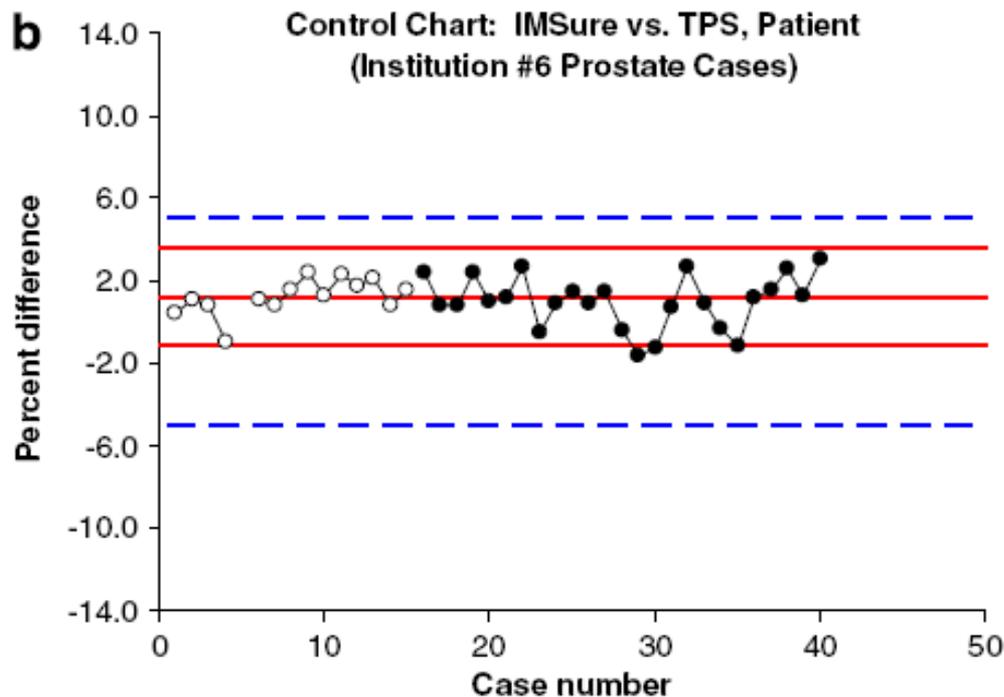


□ 16和23案例明顯表示出可能存在系統誤差，應進行調查。

□ 臨床規格由虛線表示

□ $P_T = -2.5\%$

結果(10/10)



□ 即使IMRT QA的情況略有控制範圍以外的，如點 29，30或35，仍然可以進行治療，而需要時間來發現問題。

- 臨床規格由虛線表示
- $P_T = 1.2\%$

結論

- 為了有更佳的治療品質，必須不斷的改進治療流程及方法，管制圖只是用來評量績效，必須隨時更新管制界限，才能真正提升治療品質。
-

The end

機構3管制圖範例(1/6)

- 此為機構3之10個範例解說
- 個別差異百分比X直接從IMRT QA case獲得
- mR為moving range， $R_i = |X_i - X_{i-1}|$

Case #	Measurement vs. TPS		IMSure vs. TPS	
	X (%)	mR (%)	X (%)	mR (%)
1	0.00		1.39	
2	0.50	0.50	-3.84	5.23
3	-0.25	0.75	-2.50	1.34
4	4.40	4.65	4.34	6.84
5	0.35	4.05	3.19	1.15
6	2.44	2.09	3.14	0.05
7	-0.86	3.30	3.63	0.48
8	3.52	4.38	2.89	0.74
9	-1.01	4.53	3.88	1.00
10	0.65	1.66	7.37	3.49

機構3管制圖範例(2/6)

measurement vs. TPS(1~5 case)

- Center line

$$\bar{X} = 1.00\%$$

- Upper limit

$$\bar{X} + 2.660 * m\bar{R} = 1.00 + 2.660 * 2.49 = 7.61\%$$

- Lower limit

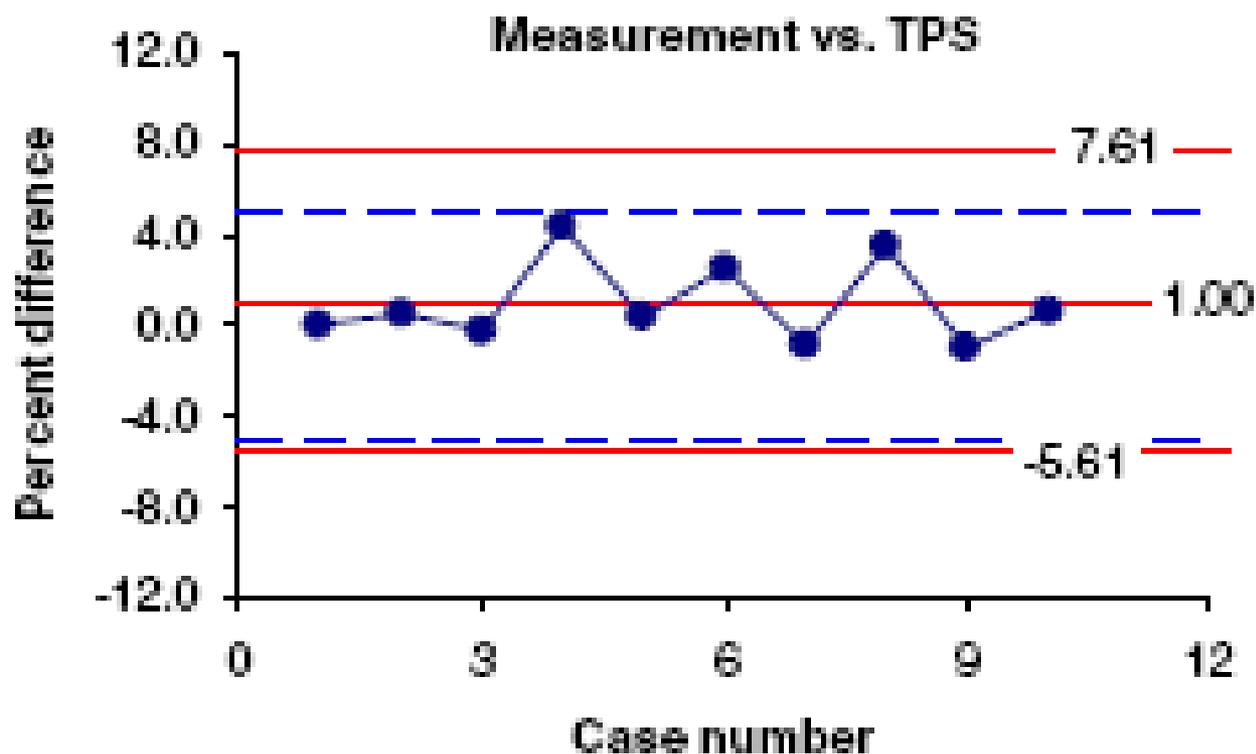
$$\bar{X} - 2.660 * m\bar{R} = 1.00 - 2.660 * 2.49 = -5.61\%$$

- 2.66值為查表(計量值管制界限係數表)，當n=2時
-

機構3管制圖範例(3/6)

measurement vs. TPS(1~5 case)

□ 臨床規格為中心線的 $\pm 5\%$ (虛線)



機構3管制圖範例(4/6)

IMSure vs. TPS(1~5 case)

□ Center line

$$\bar{X} = 0.52\%$$

□ Upper limit

$$\bar{X} + 2.660 * m\bar{R} = 0.52 + 2.660 * 3.64 = 10.20\%$$

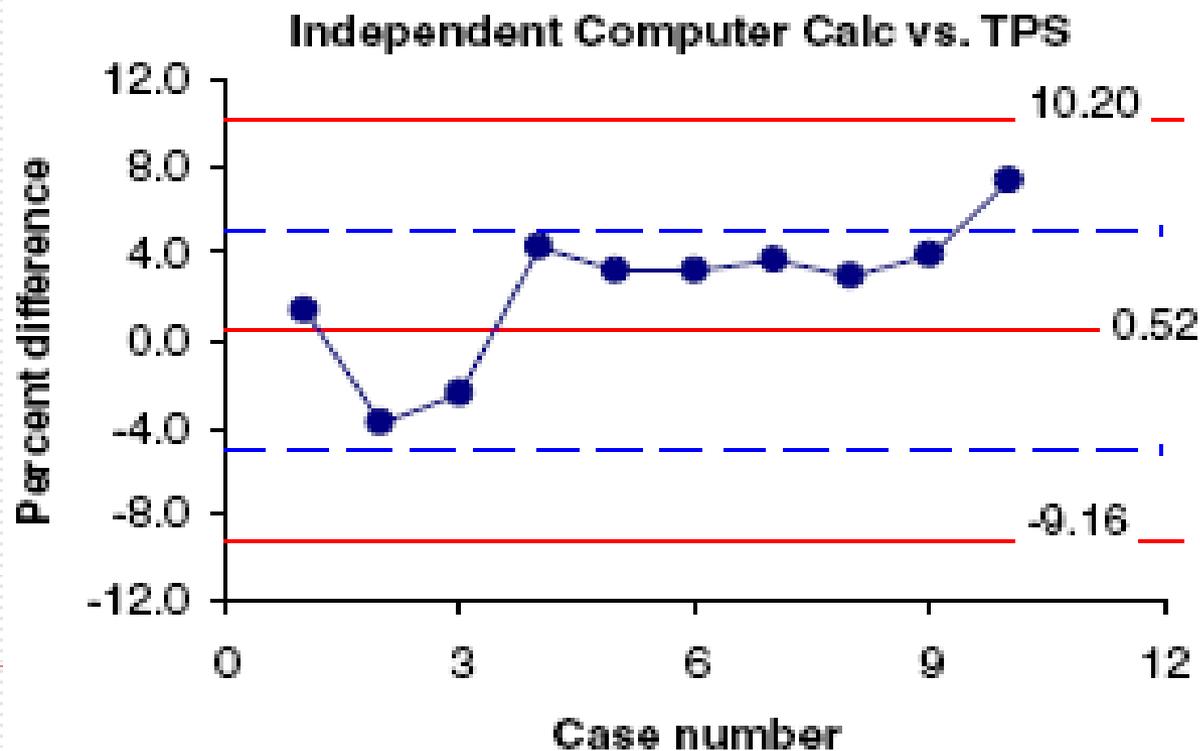
□ Lower limit

$$\bar{X} - 2.660 * m\bar{R} = 0.52 - 2.660 * 3.64 = -9.16\%$$

機構3管制圖範例(5/6)

IMSure vs. TPS(1~5 case)

□ 臨床規格為中心線的 $\pm 5\%$ (虛線)



機構3管制圖範例(6/6)

measurement vs. TPS(1~5 case)

- process target is $Pt=1.0\%$
- process ability is
 $Pa=(7.61 + 5.61)/2 = 6.6\%$.

IMSure vs. TPS(1~5 case)

- process target is $Pt=0.5\%$
- process ability is
 $Pa=(10.2+9.16)/2=9.7\%$



強度調控放射治療 (Intensity-Modulated Radiotherapy, IMRT)

- 屬於新一代的放射治療技術，在醫師畫出腫瘤治療目標區和正常組織，並限定放射治療劑量和體積-劑量比之後，交由高速超級電腦工作站，利用先進的電腦傳輸系統與運算能力，以「逆向運算」和微光子束（**beamlet**）的方式，根據腫瘤本身形狀以及周邊組織相關位置，調節放射劑量分布，將高劑量區集中於腫瘤，達成降低正常組織傷害的目的。
-

傳統的放射線治療

- 傳統的放射線治療是在X光的透視下，根據腫瘤及其相關組織與骨頭的相對位置訂定治療的範圍，由於用人腦將電腦斷層的二維影像轉換成立體影像的能力有限，因此傳統的放射線治療的照射角度多半以前後左右為主。
-

電腦治療計劃系統 (Treatment Planning System)

- 早期的治療，因未經過電腦計劃容易造成劑量不均，增加副作用。目前設備好的治療中心均有使用電腦計劃系統來增加治療品質。
-

前列腺癌&頭頸部腫瘤(癌)

- ❑ 前列腺癌：前列腺的惡性腫瘤，若其中有細胞的基因突變導致增殖失控，就成為癌症
 - ❑ 鼻咽癌(Nasopharynx)
 - ❑ 口腔癌, 口咽癌(Oropharynx), 下咽癌(Hypopharynx), 喉癌：
 - ❑ 鼻腔癌和副鼻竇癌(Nasal Cavity and Paranasal Sinuses)
 - ❑ 唾液腺腫瘤(Salivary Gland)
-