

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：糖尿病探究——PID 之數據分析

一、摘要

近年來糖尿病為國人十大死因之一，且糖尿病患者施打傳統胰島素時有諸多缺點與不便，但若將注射與血糖數值監控結合，就能精準施打胰島素。本篇先簡單介紹何謂糖尿病、胰島素、低 GI 飲食和連續性血糖監測，再利用 Excel 進行 Proportion Integral Derivative(以下簡稱 PID)運算、數據分析，並以高低 Glycemic index(以下簡稱 GI)值食物造成的血糖值進行 PID 運算，輸出視覺化的圖。而 PID 控制產生的數據可以讓胰島素幫浦知道該施打的劑量，這些都可以讓糖尿病患者更準確的施打胰島素，進而穩定血糖在一定的範圍內，避免血糖過高或過低而造成危險。

二、探究題目與動機

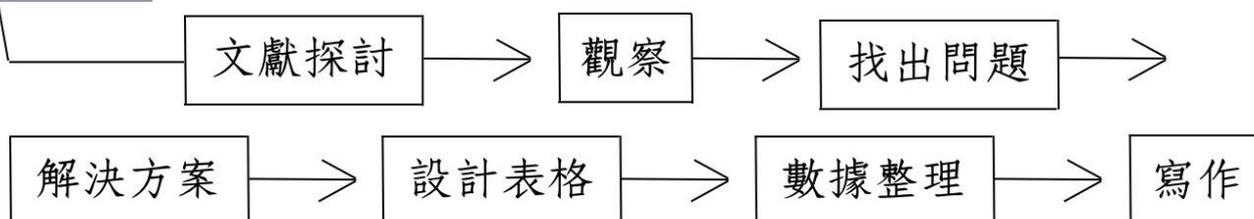
有一次在議題探究課程中，看到國家衛生研究院統計的「2019 台灣糖尿病年鑑」，發現糖尿病盛行率已經超過 11%，患者人數也已經超過 230 萬人，且人數不會降低，只會日漸增加。看到糖尿病如此嚴重，我們開始關心糖尿病議題，發現了傳統胰島素注射會造成低血糖和皮下腫起有硬塊，於是我們想解決這個問題，查閱資料過後發現胰島素幫浦可以解決以上兩個問題。因此我們非常好奇胰島素幫浦的運作。要了解胰島素幫浦的運作，首先要了解連續血糖監測、PID 運算。同時組員也發現食用高低 GI 食物對糖尿病患者的血糖值變化有很大的關連性。因此在組員們強大的好奇心下，我們開始著手研究。

三、探究目的與假設

- (一)了解何謂糖尿病、低 GI 飲食、連續性血糖監測以及胰島素幫浦中的 PID。
- (二)利用食物中的葡萄糖含量，代入設計好的 PID 運算，得出相對應的血糖變化圖。
- (三)透過 PID 運算得到精確胰島素施打量，解決糖尿病患者對於施打劑量以及施打時機的問題。

四、探究方法與驗證步驟

探究方法



- (一)了解何謂糖尿病、低 GI 飲食、連續性血糖監測以及胰島素幫浦中的 PID。
 - 1.糖尿病：胰島素不足或是身體對胰島素的反應能力不足，無法被利用的葡萄糖含量就會增加，導致血糖上升。當血糖上升到一定程度時，身體便會無法吸收，葡萄糖便會從尿液流出。
 - 2.低 GI 飲食：

(1)介紹：GI的定義為，食用完100克基準食物（葡萄糖或白麵包）後，將其血糖上升曲線面積當作基準值，也就是GI值100。再將食用完包含100克醣類的受試食物後，其血糖上升曲線面積和基準食物的面積作對照，進而得出受試食物的GI值。

(2)GI值分類：GI值越低者，食物中醣類被消化吸收的速度越慢，血糖增加的速度也較慢，因此曲線面積較平緩；GI值越高者則相反。

①高升糖指數食物：GI值 >70

②中升糖指數食物： $70 > \text{GI值} > 55$

③低升糖指數食物：GI值 <55

(3)與糖尿病的關係：糖尿病患者為血液中血糖值過高，而GI值較低的食物能使人體單位時間內血糖增加較慢。因此對糖尿病患者來說，食用低GI食物能有效減緩單位時間內產生的血糖，使胰島素有更多時間吸收多餘血糖，以減緩患者因血糖值過高而產生的併發症；也能避免胰島素對增加的血糖不敏銳，使糖尿病更為嚴重。

(4)低GI食物特徵：低GI食物為了達到單位時間內吸收的醣類較少，通常有以下特徵：

①纖維含量高

②需咀嚼較多次

③原形食物

④含糖量較少

⑤非液體狀或勾芡狀。

3. 連續性血糖監測：

(1)介紹：將血糖感應器插入皮下，利用感應器上的軟針，測量由血管擴散到組織液中的血糖。血管中的血糖越高，擴散到組織液中的葡萄糖濃度也越高，再以葡萄糖氧化酶氧化組織間的葡萄糖，測定出組織液中的血糖變化。五分鐘為一週期，一天288次的血糖數據。具自動化與連續性，大幅降低了低血糖的發生率，將儀器直接放入血管，以侵入的方式達到一定的準確率。

(2)限制：測量範圍40~400 mg/dL，一旦超過便無法測得，所以若超過範圍，須先解決低血糖或是高血糖的問題，才適合繼續做連續性血糖監測。

(3)比較：大量且連續性的數據，能夠更準確的掌握血糖的動態變化，讓患者立即針對當下的血糖狀況做出相對應的措施。數據的視覺化也將患者在各等級血糖的時間比例明白的顯示出來。

(4)目的：評估病患高血糖或低血糖的時間點、頻率、嚴重性、應對方式、原因...等。

4. 胰島素幫浦：

(1)認識：模擬胰臟，用一個軟管來注射胰島素。

(2)好處：即時監控、避免低血糖的發生、用藥精準。

5. PID 運算：

(1)介紹：利用三個數學方式來控制數值在我們所期望的範圍。

(2)原理：

①P (Proportion)：現在的值減去期望的值，考慮現在的誤差。

②I(Integral)：所有的誤差值加起來，考慮之前的誤差。

③D(Derivative)：這次的誤差值減去上次的誤差值，考慮未來的誤差。

(二)利用食物中的葡萄糖含量，代入設計好的 PID 運算，得出相對應的血糖變化圖：本次數據分析為針對糖尿病患者，利用 PID 運算，呈現出高低 GI 食物影響人體的血糖差異。

1.選擇的食物種類：研究團隊設計了兩組情況加以對照，分別為「食用高 GI 食物一天的血糖值變化」以及「食用低 GI 食物一天的血糖值變化」，以下為兩組食用食物的各項數據。

(高 GI 組)

	食用的食物	GI 值	食用總克數	含碳水化合物克數 (每 100 克食物)
早餐	蚵仔麵線	85	150	62.3
午餐	白稀飯	86	200	41
	紅蘿蔔	80	100	8.9
	西瓜	85	100	8
晚餐	白飯	85	200	41
	馬鈴薯	90	100	15.8
	麻糬	90	100	65.7
	文旦	80	100	8.4

(低 GI 組)

	食用的食物	GI 值	食用總克數	含碳水化合物克數 (每 100 克食物)
早餐	小籠包	39	150	15.9
午餐	小麥	41	140	69.2
	肉包	42	120	46.1
	小番茄	13	100	7.4
晚餐	冬粉	33	160	87.5
	水餃	40	90	23.1
	葡萄柚	25	100	8.9

2.胰島素幫浦模擬表格設計：(表格原型為 Youtube 阿簡老師的 excel 表格)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	目標血糖	100										
2												
3												
4							GI 值	80	單位葡(公克)	8.4		
5							量(公克)	100	總葡	8.4	單位(U)血糖下降	10
6							糖攝取	3.333333333	時間	2.52	一劑(U)	300
7	時間	血糖值	P比例	I積分	D微分	血糖控制(胰島	外在環境改變	補充(食物)	消耗	胰島素需求	禮來速效型(U)	劑
8		0	100	0		0	-0.001979167					
9	5	99.99802083	0.001979167	0.001979167	0.001979167	0.003938542	-0.001979167					
10	10	99.99998021	1.97917E-05	0.001998958	-0.001959375	0.001978969	-0.001979167					
11	15	99.99998001	1.99896E-05	0.002018948	1.97917E-07	0.001939383	-0.001979167					
12	20	99.99994023	5.97728E-05	0.002078721	3.97832E-05	0.002037548	-0.001979167					
13	25	99.99999861	1.39137E-06	0.002080112	-5.83814E-05	0.001979347	-0.001979167					
14	30	99.99999879	1.21133E-06	0.002081323	-1.80045E-07	0.001978559	-0.001979167					

(1)紫色方框(設計)：計算血糖在每單位時間內所升高的血糖值。

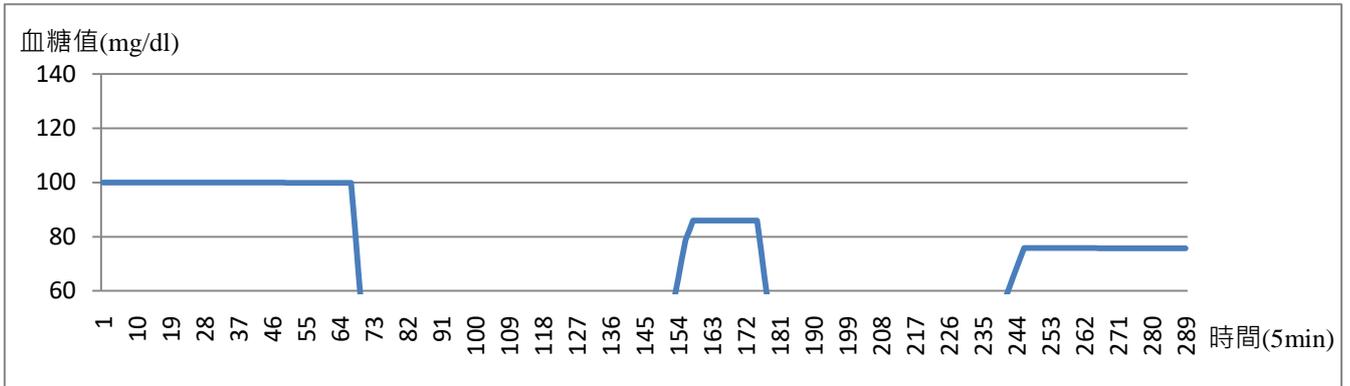
(2)藍色方框(設計)：計算消化食物的時間。

(3)橘色方框(原型)：PID 控制，維持血糖值穩定，並計算出血糖控制的量。

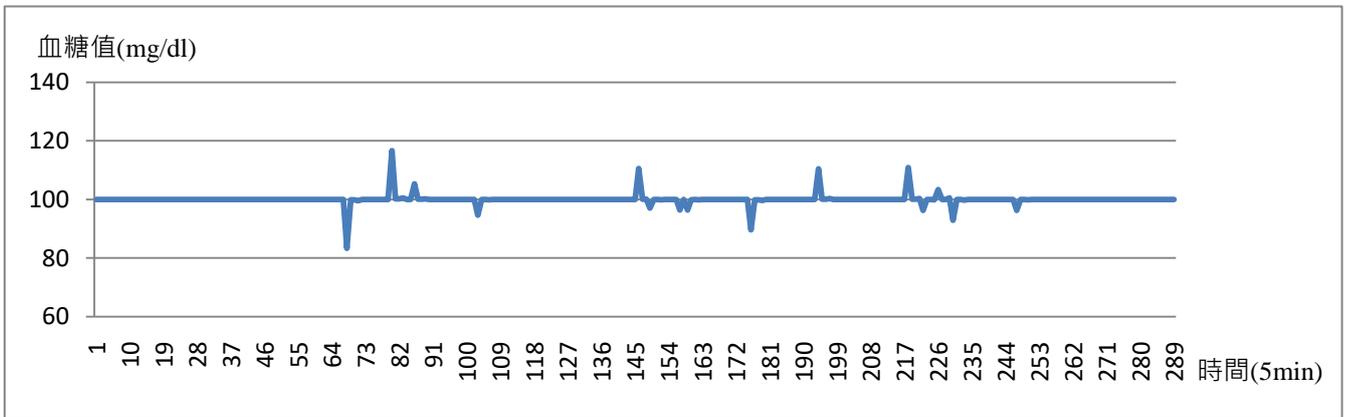
3.數據分析：

(1)PID 控制比較：綜合以下兩張圖可得知，有用 PID 計算時的一整天血糖值變化才是在正常值範圍內，因此將 PID 運算用在糖尿病患者須施打的胰島素劑量上，對血糖穩定成效大有幫助。

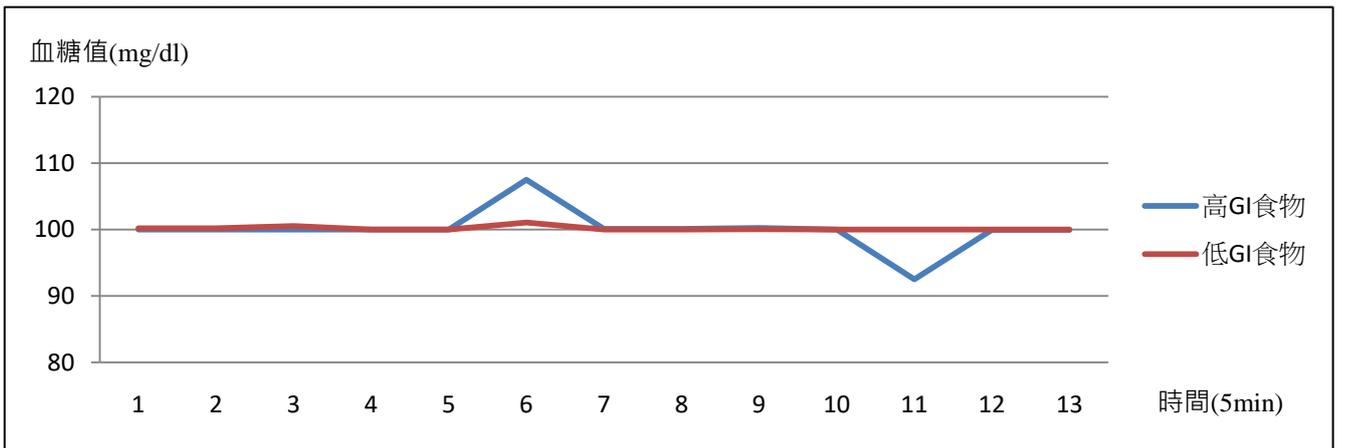
(a)未使用 PID 控制的血糖值的曲線變化：血糖值過低，已死亡。



(b)已使用 PID 控制的血糖值的曲線變化：血糖值皆在 80~120 範圍內，屬正常範圍。



(2) 攝取高低 GI 食物的血糖值變化之比較：由下圖可知食用高 GI 食物時血糖值較不平穩，易有大幅度波動。食用低 GI 食物時血糖值則是較平穩，且無大幅度波動。



(三)透過 PID 運算得到較精確的胰島素施打量，解決糖尿病患者施打劑量以及施打時機的問題。

1.胰島素製劑：

(1)介紹：胰島素製劑可以分為速效 (時效最短) 胰島素、短效 (時效短) 胰島素、中效胰島素、長效胰島素以及預混型胰島素。若胰島素可維持作用的時間越長，越無法配合飲食去調整劑

量，有可能發生睡眠中血糖過低而暈厥或吃完飯後胰島素劑量不夠等問題。因此本次 PID 數據分析中的胰島素製劑採用「禮萊」廠牌的速效型胰島素，作用持續時間為 2~5 小時，較易改變輸入劑量。

(2)轉換：一單位(U)胰島素約可降 10 血糖值，此劑共含 300 單位。

2. 胰島素幫浦模擬表格設計：(表格原型為 Youtube 阿簡老師的 excel 表格)

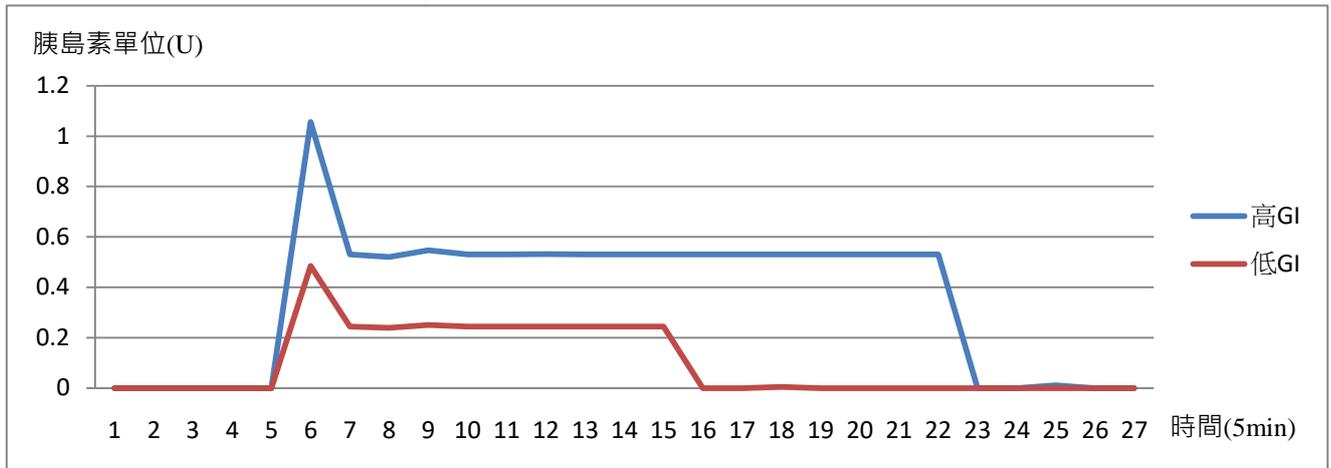
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	目標血糖	100										
2												
3												
4						GI值	80 單位葡(公克)	8.4				
5						量(公克)	100 總葡	8.4 單位(U)血糖下降	10			
6						糖攝取	3.333333333 時間	2.52 一劑(U)	300			
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
7	時間	血糖值	P比例	I積分	D微分	血糖控制(胰島	外在環境改變	補充(食物)	消耗	胰島素需求	禮來速效型(U)	劑
8	0	100	0			0	-0.001979167		0.001979167			
9	5	99.99802083	0.001979167	0.001979167	0.001979167	0.003938542	-0.001979167		0.001979167			
10	10	99.99998021	1.97917E-05	0.001998958	-0.001959375	0.001978969	-0.001979167		0.001979167			
11	15	99.99998001	1.99896E-05	0.002018948	1.97917E-07	0.001939383	-0.001979167		0.001979167			
12	20	99.99994023	5.97728E-05	0.002078721	3.97832E-05	0.002037548	-0.001979167		0.001979167			
13	25	99.99999861	1.39137E-06	0.002080112	-5.83814E-05	0.001979347	-0.001979167		0.001979167			
14	30	99.99999879	1.21133E-06	0.002081323	-1.80045E-07	0.001978559	-0.001979167		0.001979167			

(1)K8~：協助計算每單位時間施打的胰島素單位。

(2)L8~：計算一天需要打多少劑

3.數據分析：

(1)攝取高 GI 食物後所需胰島素量之比較：由下圖可知食用高 GI 食物後若想回到原先穩定的血糖值，所需注射的胰島素較多；食用完低 GI 食物後，需注射的胰島素則較少。



五、結論與生活應用

一、結論：

- 1.PID 控制可使血糖值趨近或達到所期望的值。
- 2.低 GI 食物相較於高 GI 食物而言，能使血糖值波動較小。
- 3.低 GI 食物相較於高 GI 食物而言，所需施打的胰島素製劑較少。

二、生活運用：

- 1.PID 控制：在生活中處處可見，如恆溫熱水器、平衡車、掃地機器人、無人機。
- 2.PID 監控血糖值：可用於糖尿病患，透過患者 PID 監控的數據，精準知道胰島素應施打量的量，避免注射過多導致低血糖。

參考資料

1. 《如何治療糖尿病》/作者：王星凡
2. 《臺灣胰島素注射指引》/中華民國糖尿病衛教學會
3. 胰島素注射/張婉珍衛教師、林時逸主任/台中榮民總醫院
4. 《年輕糖尿病的診斷、分類及流行病學趨勢/蘇景傑、羅福松醫師
5. 《認識糖尿病》中華自然醫學研究 第二卷 第一期 民國一〇八年六月 29-34
6. 加護病房中血糖監測的現在與未來/林世鐸/中華民國糖尿病衛教學會會訊 7 卷 1 期 (2011/03) , c1-4
7. 連續血糖監測於糖尿病衛教的臨床應用/葉桂梅護理師/中華民國糖尿病衛教學會會訊 13 卷 2 期 (2017/06) , 13-18 頁
8. 連續性血糖監測應用與判讀技巧/林嘉鴻/中華民國糖尿病衛教學會會訊 13 卷 3 期 (2017/09) , 2-5 頁
9. 運用連續性血糖監測系統調整第 1 型糖尿病 治療策略的經驗談/姜和均醫師/中華民國糖尿病衛教學會會訊 16 卷 1 期 (2020/03) , 23-34 頁
10. 測量血糖的新趨勢：即時性連續血糖監測 (Real-time CGM)/黃俊達、李淳權/內科學誌 31 卷 1 期 (2020/02) , 30-39 頁
11. 完整認識食物升糖指數 (GI) /長庚雜誌/長庚科技大學保健營養系系主任 劉珍芳
12. 控制血糖飲食原則低 GI 飲食法/歐陽鍾/ <http://dx.doi.org/10.6454/HW.201002.0029>
13. 糖尿病血糖控管不可不知的飲食觀念 - 低 GI 飲食 / 劉兆坤 / <http://dx.doi.org/10.29599/ZHWHGX.201112.0006>
14. 衛生福利部食品藥物管理署 FDA 食品藥物消費者專區整合查詢服務