

步行影響身體質量指數變化之模擬研究：體重控制班個案分析

Walking to Affect BMI Changes: A Case Simulation of Body weight Control Group

黃國平¹、黃心儀²

Hwang Kevin P.、Hwang Janet V.

¹ 國立成功大學交通管理科學系 副教授

² 台南科技大學應用外語系 大學部

摘要

本研究首先藉文獻整理年齡、體重與熱量攝取基礎需要及單位步行時間消耗熱量之關係，建立步行影響體重變化、身體質量指數之系統動態模型。其次利用台南市新興國小體重控制班高年級男生及該校學區範圍模擬學生藉助步行通勤上學由肥胖減重至標準體重所需時間；得到若一天來回步行約 46 分鐘，則一年過後，因步行便可以減少體重 8 公斤。模擬並得到該校目前為期兩個月每週三次的減重控制班成效，只要要求體重過重學童一週五天每天額外步行 18 分鐘，便可以在同樣的兩個月內達到相同效果。步行有明顯健康促進之效果，可以在日常生活作習中達到降低體重的目的，且不必讓體重過重同學因為參加體重控制班而被標記。

After literature review, and compiling data and formulas relevant with basal metabolism calorie consumption, and weight conversion from unburned calorie this research develops a dynamic model to test the possibility and the scale in weight control through walking to school program. The before and after data of a weight control group from Tainan's Hsin-hsing elementary school is used to simulate the scale and to test the hypothesis. Evidence shows that weight control program can

be substituted by walking to school program. An obese 6-grade boy can lose 8 kilograms in a year after spending 46 minutes walking to school 200 days a year. It also reveals that to achieve the same effect of losing 1 kilogram after joining the weight control program in two months, one can choose spending an extra 18 minutes walking to school 5 days a week to gain the same effect. It is therefore proven theoretically that the calorie burned by walking to school is significant to make a difference in weight control. Walking to school is a good health promotion program.

關鍵字：步行上學 (Walk to School)、身體質量指數 (Body Mass Index)、體重控制 (Weight Control)、健康促進 (Health Promotion)

壹、前言

預防肥胖並建立早期健康習慣和增加規律身體活動有很大之相關(Kaplan et al., 1996; Garrigue et al., 2006)，而童年身體活動的習慣可能是成人身體活動的決定因素之一，所以鼓勵兒童參與身體活動並將之發展成習慣後帶入成年期，養成終生運動的作法，對將來促使個體擁有良好的健康體適能與健康具有重大影響(David et al., 1997; Hoefler et al., 2001; Humpel et al., 2002)。

一、背景與動機

現今社會進步，大部分現代人皆仰賴著交通工具上下班通勤，學童也不例外(Gaffron, 2003; Timperio et al., 2004; Julie, 2005)，基於大環境的考量，仰賴交通工具對學童的安全而言的確較安全，卻也無形中增長學童靜態的生活型態，大大減少身體活動量(Gaffron, 2003; Timperio et al., 2004; Julie, 2005)，造成年輕學子的體適能逐漸下降，進而影響心肺功能並造成肥胖(Sherman et al., 1994; Kaplan et al., 1996; David et al., 1997; Hoefler et al., 2001)。

根據 2001~2002 年台灣地區國民營養健康狀況調查結果顯示，我國國小學童的生活型態仍以坐著上課為主(行政院衛生署，民 95)，這樣的生活型態，也部分反映在學生肥胖比率的上升(台閩地區中小學校學生身體發育測量結果，民 91)，而預防肥胖並建立早期健康習

慣和增加規律的身體活動有很大之相關(Merom et al., 2003)。

教育部於民國 88 年頒佈的「提升學生體適能中程計畫(333 計畫)」中指出，學校應增加學生體育活動時間、拓展學生參與運動之機會。就教育單位的學校而言，拓展身體活動機會，其層面應普及全體學生，且必須是固定規律性的實施方式，才有其價值。因此，在學校體育課程及學校作息時間之外，能增加全體學童參與身體活動且每週有固定規律實施之機會者，就屬學童在上、下課交通中的身體活動了。

根據國外學者(Cooper et al., 2003, 2005)研究顯示，走路或騎腳踏車上學的學童較其他搭乘交通工具上學的學童有顯著較高的身體活動，世界衛生組織歐洲區域推動「走路上學(walk to school)」(2002)(Anderson, 1997)計畫，獲得許多國家的參與及回響，台灣地區也積極推動促進學生身體活動之計畫(臺北市政府交通局，民 93；台北國際無車日網站，民 96)，以達到學生「生活動態化、動態生活化」的境界。

二、對象與目的

根據前述的研究動機，本研究透過台南市政府教育局之協助得到台南市新興國小體重控制班男同學 30 人，女同學 6 人之計劃前後量測體重，並因為高年級同學因為課程之緣故活動率較低年級同學為低，肥胖比例亦較高，因此為控制研究對象變異，選取以高年級的男同學共 24 人為例進行後續分析。

此外本研究設定目的如下：

- 1、建立步行消耗熱量的系統動態模型，並套用在新興國小體重控制班成員，以了解步行減重之可能及與身體質量指數變化的關係。
- 2、推估體重控制班中的個別學童，若要恢復標準體重，應建立何等步行習慣，以檢測步行控制體重的可行性。
- 3、推估若以步行取代減重控制，應付出多少時間，可達到相同成效，據以研判家長與學生之可接受性。

貳、資料蒐集與使用數據

一、新興國小

台南市新興國小位於台南市新興路 22 號，共有六個年級 64 班，學生總人數 1975 人。學區範圍包括南區 6 個里：廣州里、金華里、新興里、大成里、再興里、田寮里，圖 1 黑線所圍即為新興國小學區。

在此學區中走路距離最長約 1.5 公里，不包括等紅綠燈時間所需步行時間約 23 分鐘。

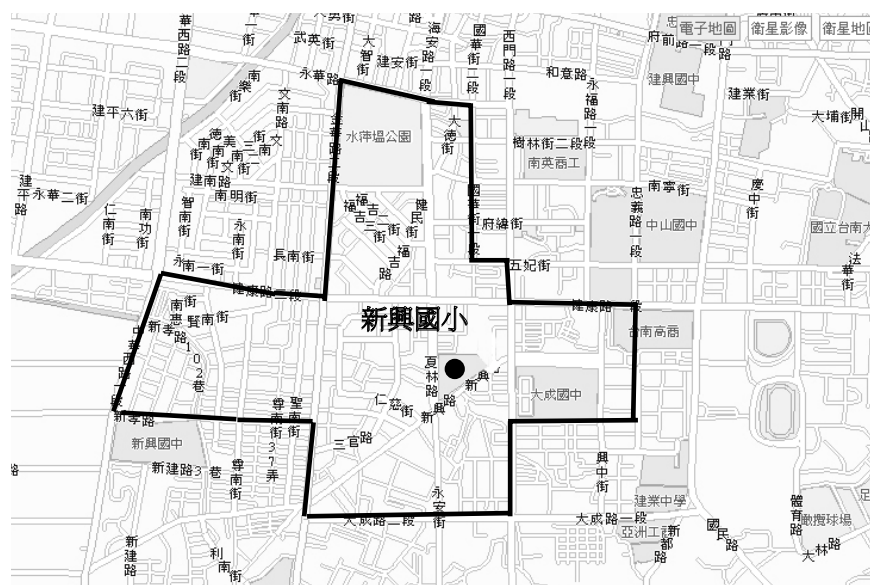


圖 1：新興國小學區圖

二、BMI 值之意義

「身高體重比」這個概念，是由 19 世紀中期的比利時通才凱特勒最先提出。目前國內外學界幾乎一致認同「身體質量指數」(Body Mass Index, 簡稱 BMI) 最具實用性，也是一項世界衛生組織認可的計算方法，BMI 指數愈高，患上肥胖與相關疾病的發病率也就愈高(Twells et al., 2007; Matheson et al., 2008)。

由於個人的體型骨架不同，為了同時顧及身高和體重的相互影響，身體質量指數採用的計算公式如下： $BMI = \text{體重 (kg)} / \text{身高 (m)}^2$ 比較有利於健康與壽命的理想 BMI 值為 $22 + 10\%$ ，男女皆同，BMI 偏高或偏低的民眾，都不比 BMI 介於 22-25 之間的民眾來的長壽，也較容易得到疾病(Whitney et al., 1998; Parikh et al., 2007)。此顯示維持理想體重的重要性。通常年輕者適用較低的 BMI 值，年長者適用較高的 BMI 值(Whitney et al., 1998; Delgado-aros et al., 2004)。許多研究報告指出，過高的 BMI 將使某些特定疾病的風險大幅提高，例如：高血壓、心臟血管疾病、關節炎、女性不孕症等。BMI 愈高，罹患疾病的機率愈高，尤其當身體質量指數超過 24，與肥胖相關疾病的危險因素便開始增加(Whitney et al., 1998; Kyle et al., 2003)。

表 1：各年齡層肥胖定義

年齡(歲)	男性			女性		
	過輕 (BMI<=)	過重 (BMI>=)	肥胖 (BMI>=)	過輕 (BMI<=)	過重 (BMI>=)	肥胖 (BMI>=)
2	15.2	17.7	19.0	14.9	17.3	18.3
3	14.8	17.7	19.1	14.5	17.2	18.5
4	14.4	17.7	19.3	14.2	17.1	18.6
5	14.0	17.7	19.4	13.9	17.1	18.9
6	13.9	17.9	19.7	13.6	17.2	19.1
7	14.7	18.6	21.2	14.4	18.0	20.3
8	15.0	19.3	22.0	14.6	18.8	21.0
9	15.2	19.7	22.5	14.9	19.3	21.6
10	15.4	20.3	22.9	15.2	20.1	22.3
11	15.8	21.0	23.5	15.8	20.9	23.1
12	16.4	21.5	24.2	16.4	21.6	23.9
13	17.0	22.2	24.8	17.0	22.2	24.6
14	17.6	22.7	25.2	17.6	22.7	25.1
15	18.2	23.1	25.2	18.0	22.7	25.3
16	18.6	23.4	25.6	18.2	22.7	25.3
17	19.0	23.6	25.6	18.3	22.7	25.3
18	19.2	23.7	25.6	18.3	22.7	25.3
>18	19.2	23.7	25.6	18.3	22.7	25.3

資料來源：行政院衛生署(民 95)

三、研究對象基本資料

新興國小於 95 年度開學後實施體重控制班，共有 36 位學生進行約 2 個月的控制課程，內容利用每週三天的早自習，每天做 40 分鐘運動，在此期間並有 3 堂營養師的課教導飲食觀念。而在 36 位學生中，高年級同學為 30 人，佔 83.33%，詳細資料如表 2 和表 3。

表 2：高年級女生資料

年級	受訓前			最後紀錄			BMI 改變量
	身高	體重	BMI	身高	體重	BMI	
五	147.1	73.1	33.78	149.5	71.5	31.99	-1.79
五	147.9	64.4	29.44	148.7	62.8	28.40	-1.04
六	155.9	71.7	29.50	156.2	69.8	28.61	-0.89
六	160.0	66.3	25.90	160.5	68.6	26.63	0.73
六	150.6	68.1	30.03	151.7	65.7	28.55	-1.48
六	154.7	69.3	28.96	155.6	68.5	28.29	-0.66
平均	152.7	68.8	29.60	153.7	67.8	28.75	-0.86

表 3：高年級男生資料

年級	受訓前			最後紀錄			BMI 改變量
	身高	體重	BMI	身高	體重	BMI	
五	148.7	59.3	26.82	149.1	51.9	23.35	-3.47
五	153.0	74.2	31.70	157	71.8	29.13	-2.57
五	140.7	54.8	27.68	143.8	52.3	25.29	-2.39
五	149.8	69.8	31.11	151.7	67.9	29.51	-1.60
五	146.0	58.5	27.44	147.4	56.5	26.00	-1.44
五	145.4	58.2	27.53	147.3	57.5	26.50	-1.03
五	141.2	56.3	28.24	142.7	55.3	27.16	-1.08
五	150.6	62.0	27.34	153	61.2	26.14	-1.19
五	151.4	63.0	27.48	153.7	63.2	26.75	-0.73
五	163.2	83.2	31.24	164.1	81.5	30.26	-0.97
五	144.6	57.3	27.40	146.9	57.2	26.51	-0.90
五	154.9	65.9	27.47	157.5	64.9	26.16	-1.30
六	158.7	67.6	26.84	161.1	67.2	25.89	-0.95
六	141.7	56.2	27.99	142.9	54.6	26.74	-1.25
六	157.0	67.0	27.18	158.5	65.3	25.99	-1.19
六	164.8	74.6	27.47	166.7	74.7	26.88	-0.59
六	150.2	65.7	29.12	153.6	64.7	27.42	-1.70
六	146.4	66.3	30.93	148.3	64.6	29.37	-1.56
六	156.3	68.0	27.83	160.2	68.9	26.85	-0.99
六	148.3	58.1	26.42	150.7	58.5	25.76	-0.66
六	160.1	82.0	31.99	162.1	79.9	30.41	-1.58
六	156	69.1	28.39	157.9	68.6	27.51	-0.88
六	163.5	80.7	30.19	166	83.3	30.23	0.04
六	166.7	82.3	29.62	167.7	82.2	29.23	-0.39
平均	152.47	66.7	28.56	154.58	65.6	27.29	-1.27

資料來源：台南市新興國小(民 95)

四、每人每天維生基礎卡路里

熱量是體力的來源，不可缺少，但吸收過量就會儲存在體內轉化成脂肪，造成肥胖。卡路里 Kilocalorie(千卡)，是計算熱量的單位，一千卡是指使一升的水升高溫度攝氏一度所需的能量。在各種食物及飲料中，除了水以外，幾乎每樣都含有卡路里。減肥時每日所吸收的卡路里，應比所需消耗的少 200-300 kcal(Whitney et al., 1998; Johnson et al., 2006)。例如一個青春期的女孩每日所需的卡路里約為 1,200 kcal，那麼她每日吸收的卡路里要控制在 1,000 kcal 左右。

每人每天需要多少熱能是因人而異的，與年齡、性別、工作性質及活動有關，如表 4、5。

不同年齡，所需的卡路里也不同，如表 6。發育中的兒童、青少年需要較多熱能；而隨著年齡增長，成人所需的能量會逐漸減少。另一方面，每人每天所需的卡路里亦按氣溫而異，在天氣寒冷的日子，每天所需的卡路里會提高。

表 4：女性每天應攝取卡路里

	小形骨架 (153cm 以下)	普通骨架 (156-165cm)	大形骨架 (165cm 以上)
勞動型	1500 ~ 1800 kcal	1600 ~ 1900 kcal	1800 ~ 2000 kcal
微動型	1200 ~ 1500 kcal	1400 ~ 1600 kcal	1600 ~ 1800 kcal
靜止型	1000 ~ 1200 kcal	1200 ~ 1400 kcal	1400 ~ 1600 kcal

註：勞動型：運動員、記者、清潔工人等
 微動型：寫作、售貨員、發育中青少年
 靜止型：學生、文職人士、老人

資料來源：<http://hk.geocities.com/letskeepfit/energy.htm> (2008)

表 5：男性每天應攝取卡路里

	小形骨架 (153cm 以下)	普通骨架 (156-165cm)	大形骨架 (165cm 以上)
勞動型	1900 ~ 2100 kcal	2100 ~ 2300 kcal	2200 ~ 2400 kcal
微動型	1700 ~ 1900 kcal	1800 ~ 2100 kcal	2000 ~ 2200 kcal
靜止型	1500 ~ 1700 kcal	1600 ~ 1800 kcal	1800 ~ 2000 kcal

資料來源：<http://hk.geocities.com/letskeepfit/energy.htm> (2008)

表 6：不同年齡所需的卡路里

	男	女
10 歲	2200 kcal	2100 kcal
13 歲	2700 kcal	2400 kcal
16-18 歲	3100 kcal	2200 kcal
18-35 歲	2800 kcal	2000 kcal
35-55 歲	2500 kcal	1800 kcal
55-75 歲	2100 kcal	1500 kcal

資料來源：<http://hk.geocities.com/letskeepfit/energy.htm> (2008)

本研究因為以高年級男童為對象，年齡約為 11~12 歲，屬於小型骨架，在缺乏周全之飲食資料下，藉由表 6 和表 7，設定其在飲食控制條件下，每天攝取卡路里為 1,900 kcal。

五、採用之熱量消耗基礎量及相關公式

整理文獻得到計算熱量消耗的數據，Harris-Benedict 基礎代謝率公式(Harris and Benedict, 1919; Whitney, Cataldo and Rolfes, 1998)及食物熱效應比例(Westerterp and Arnold, 2003)與脂肪轉換因子(Suranovic et al., 2002)如下：

每年攝取卡路里=每天攝取卡路里*天數

每年基礎熱量消耗=(基礎代謝率+食物熱效應)*天數

男性基礎代謝率=66+13.7*體重+5*身高-6.8*年齡

食物熱效應=10%*每天攝取卡路里

一公斤脂肪=7700 大卡（脂肪轉換因子）

參、模型

一、心智模形

本研究首先構建圖 2 之模型，建立學校如果透過體重控制或廣泛的走路上學相關政策，督促學生步行上下學，以測試達到減重的可能效果，與需要步行的程度。

二、計算卡路里剩餘

卡路里剩餘模型中，每年所攝取的卡路里為「每天攝取的卡路里/男性」乘以「天數」(一年 365 天)，基礎熱量消耗部份，分為男性基礎代謝率和食物熱效應。食物熱效應係指進食後體內代謝加快，約佔每天攝取卡路里的量的 10%(Westertep and Arnold, 2003)，將基礎代謝率加上食物熱效應，再乘以天數即可得「每年基礎消耗熱量」。

「每年攝取卡路里」減掉「每年基礎消耗熱量」，即為「每年卡路里剩餘」，將每年卡路里剩餘流出，可得到「累積卡路里剩餘」。再將「每年卡路里剩餘」除以「脂肪轉換因子」，即為每年「增加體重」，如圖 3。

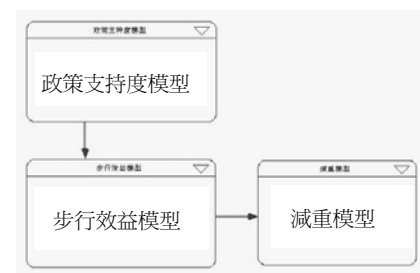


圖 2：心智模型

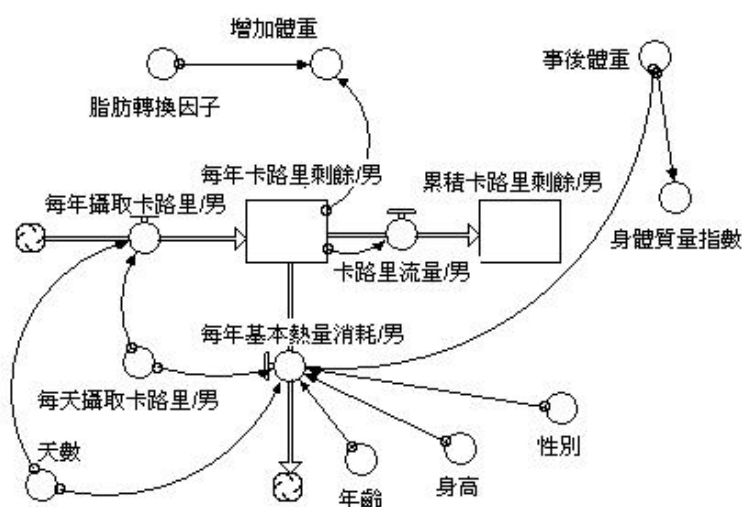


圖 3 每年卡路里剩餘計算模型(男性)

模式中「每天攝取卡路里/男」以設定的每天攝取 1,900 kcal 代入；「脂肪轉換因子」以一公斤脂肪等於 7,700 大卡(Suranovic et al., 2002)；年齡部份簡化國小五、六年級以 12 歲代入；身高部份則以新興國小減重班五、六年級學童的平均身高 152.47 公分代入。

三、步行消耗熱量模型

步行消耗熱量模型中，「步行消耗卡路里/年」=每天步行時間 × 每年步行就學天數 × 步行單位卡路里消耗 × 一年中平均體重(簡化以事後體重替代)。將「步行消耗卡路里/年」流出可得「步行消耗累積卡路里」，再將每年步行所消耗的卡路里除以脂肪轉換因子，可求出「每年因步行減少體重」。「每天步行時間」經由實地調查該學區最長路徑約 1.5 公里，單趟步行上學時間最長約 23 分鐘，來回約 46 分鐘，以此最大值代入模型，「每年步行就學天數」採用學校一年上學天數 200 天代入，「步行單位卡路里消耗」採用每小時每公斤消耗熱量 6kcal(Sharkey, 2002)。

四、體重減少模型

體重減少量模型中，「當年體重」為「初始體重」加上「總增加體重」(年累積剩餘卡路里轉換體重)，再將當年體重除以身高的平方即為「身體質量指數」。初始體重以新興國小五六年級減重班男性學童平均體重 66.67 公斤作為計算基準。

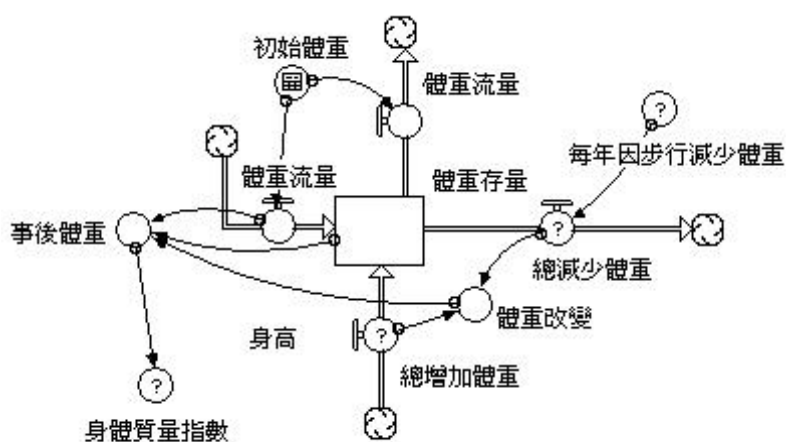


圖 4：體重減少量計算程序

五、步行反推模型

減重模型中，輸入期望減少的重量除以步行卡路里消耗單位，再除以初始重量，可換算出每天需要步行的時間，由於本研究對象為新興國小減重班學生，部分學生 BMI 達到肥胖的標準，因此測試若將其 BMI 值降至過重的標準以下，透過平均身高 152.47 公分與平均體重 66.67 公斤，得到應期望減少體重 17.85 公斤。

肆、分析

將新興國小體重控制班資料帶入系統後，操作結果分析如下：

一、步行效益成果

以新興國小體重控制高年級男學生為例，由身高、體重平均值計算出身體質量指數為 $28.68(\text{kg}/\text{m}^2)$ ，屬於肥胖範圍。另外根據新興國小學區範圍假設學區內走路至學校，單趟約需步行 23 分鐘，一天來回約需步行 46 分鐘(不含等紅綠燈時間)。則一年過後，因步行可以減少 7.97 公斤，因每日熱量攝取而增加 2.36 公斤，總計一年下來體重減為 61.07 公斤，身體質量指數則降至 $26.27(\text{kg}/\text{m}^2)$ ，雖仍屬肥胖範圍，但已明顯下降許多。如果繼續持續到第四年身體質量指數可降至 25.55，漸漸趨向健康水準，模擬結果如表 7。

表 7：男學童步行效益表

years	Boy calorie in a day	Add weight	Walk lose W	After W in that year	BMI
0	1,900.00	0.00	0.00	66.67	28.68
1	1,900.00	2.36	7.97	61.07	26.27
2	1,900.00	6.00	7.30	59.77	25.71
3	1,900.00	6.84	7.14	59.47	25.58
Final	1,900.00	7.04	7.11	59.41	25.55

Untitled Teble (1)

體重增減如圖 5，步行減少之體重在第一年最多，且第一年因攝取熱量而增加之體重最少，故體重於實行步行後的第一年下降最多。第二年之後，由於因步行體重逐漸減少，模型並未設定攝取熱量可能相對減少，體重減少，步行消耗熱量降低故步行後體重之降低趨勢也逐漸趨於平緩。

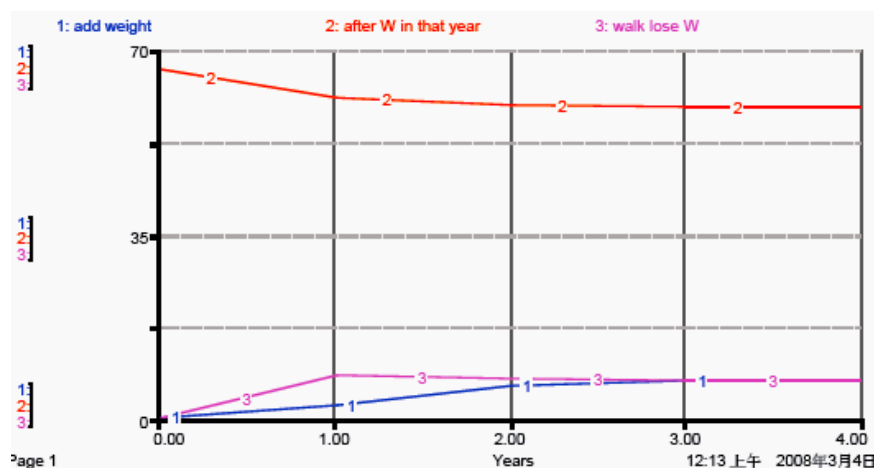


圖 5：男學童步行效益圖(每日步行 46 分鐘)

二、反推所需步行時間

欲瞭解每日應步行多久，使身體質量指數從原來的肥胖程度，有效下降成爲正常體重。首先計算出欲使身體質量指數達到正常標準，所需減少體重爲 17.85 公斤，將此值帶入反推模型中，可得表 8 成果。可知當期望新興國小體重控制班中高年級男學童，減少 17.85 公斤時，以步行每公斤體重每小時平均消耗 6.0 大卡熱量而言，每日應步行 103.08 分鐘，一年後便可減重 17.85 公斤；以此一幅度的步行時間、學區範圍與國小學生與家長配合意願而言，現實環境下似乎比較難以達成。

表 8：欲減至標準體重(減重 17.85 公斤)每天必須步行時間

years	after W in that year	expect lost W	Expect calorie	spend time
0	66.67	17.85	137,445.00	103.08

三、欲達到體重控制班兩個月實施成效，應步行之時

欲瞭解新興國小體重控制班高年級男學生，若不參加爲期兩個月的體重控制班，但仍依循控制班建議控制攝取熱量 1,900 kcal，則每日應步行多久，一年後可達到同樣效果。由體重控制班資料可知，他們前後約減重了 1 公斤，故帶入期望減少體重 1 公斤，模擬計算結果如表 9。按減重模型的假設，欲達到體重控制班兩個月之成效，則每天除現況交通方式外只需額外步行 3.16 分鐘，持續一年便可達成；加以轉換得到每天額外步行 18.96 分鐘，便可以在同樣的兩個月內達到目前控制班前後減重 1 公斤的效果。因此相對於體重控制班的效果而言，適當且有恆的增加每日步行量，即可達到。由於 7,700 大卡即可轉換成 1 公斤體重，相當於每天 248-257 大卡，因此固然步行可以減重，但是若不減少熱量的攝取，步行的效益很快便會被額外攝取的熱量抵銷殆盡。

表 9：每天須額外步行時間(期望減少 1 公斤)

Years	after W in that year	expect lost W	expect calorie	spend time
0	66.67	1.00	7,700.00	3.16
1	61.07	1.00	7,700.00	3.45
2	59.77	1.00	7,700.00	3.53
3	59.47	1.00	7,700.00	3.55
Final	59.41	1.00	7,700.00	3.55

四、敏感度分析結果—一年之步行果效

(一) 敏感度分析一：步行時間之影響

表 10：每天步行時間影響 BMI 變化效果

步行時間	每日攝取熱量(kcal)	攝取熱量體重增加	步行減少體重	一年後體重	BMI 值
15 分鐘	1900	2.36	3.38	65.66	28.24
31 分鐘	1900	2.36	6.98	62.06	26.69
46 分鐘	1900	2.36	10.36	58.68	25.24

總計一年下來，每日步行 46 分鐘可減至 58.68 公斤，步行 31 分鐘可減至 62.06 公斤，步行 15 分鐘可減至 65.66 公斤，整體而言，步行時間越長，減重效果越顯著。因此可以根據個人生活條件設定步行可能數量與減重目標值，以確保目標可以達成。

(二) 敏感度分析二：每單位消耗熱量之影響

表 11：單位熱量消耗影響 BMI 變化效果

每單位消耗熱量之運動	每日攝取熱量(kcal)	攝取熱量體重增加	減少體重	一年後體重	BMI 值
3 大卡	1900	2.36	5.18	63.86	27.47
6 大卡	1900	2.36	10.36	58.68	25.24
10 大卡	1900	2.36	17.26	51.77	22.27
13 大卡	1900	2.36	22.44	44.60	20.04

註：騎腳踏車以每小時 9 公里的速度每單位(每公斤每小時)消耗熱量約 3 大卡；步行每單位消耗熱量約 6 大卡，騎腳踏車以每小時 21 公里的速度每單位消耗熱量約 10 大卡，以每小時 16 公里的速度跑步每單位消耗熱量約 13 大卡。

不論每單位消耗熱量為多少，步行或運動後體重與身體質量指數皆於第一年時可以明顯下降。至於強度較高的運動，相對較難持久(Manson et al., 1999)效果也不一定較好，所以由表 10 可以認知國外推動步行上學在妥適性上較高的理由。

(三) 敏感度分析三：每日卡路里攝取之影響

表 12：每日攝取熱量影響 BMI 變化效果

每日卡路里攝取量(kcal)	攝取熱量體重增加	減少體重	一年後體重	BMI 值
1700	0.00	10.36	56.31	24.22
1900	2.36	10.36	58.68	25.24
2100	10.90	10.36	67.21	28.91

國小六年級體重控制班學童若每日僅攝取 1,700 大卡時，步行一年後的體重能夠下降為 56.31 公斤，BMI 值為 24.22；攝取卡路里為本研究初始設定值之 1,900 大卡時，第一年攝取熱量會增加 2.36 公

斤，步行後的體重為 58.68 公斤，BMI 值為 25.24；攝取卡路里為 2,100 大卡時，第一年攝取熱量會增加 10.9 公斤，由於攝取的卡路里過多，導致步行對於體重的改變幾乎沒有效果。所以說每日所攝取的卡路里數，對模式整體而言是相當重要的。

五、研究意涵

有關 BMI 值過高對健康負面影響與體重控制方式等的個別研究，即使近期仍相當的多(Kyle et al., 2003; Delgado-aros et al., 2004; Johnson et al., 2006; Parikh et al., 2007)，實證研究步行對 BMI 與對健康的個別研究也很多(David et al., 1997; Hoefler et al., 2001; Cooper et al., 2003, 2005)。國人普遍知道運動對身體健康的幫助，然而國人普遍不知道一般非健走的步行也可以視為運動，對健康有幫助；國外研究也沒有就步行量、規律性與體重或 BMI 值的變化建立統整模型作為分析的基礎，推敲其原因可能與從事此類研究者多屬於醫學或公共衛生的學者有關，在該領域中多仰賴實證而少仰賴模擬進行推估。所以在缺乏實證資料的環境下，本研究可以彌補研究環境資料不足或無法進行實證研究的缺憾，作為策略分析或研擬策略的基礎。譬如 2003 年 Gaffron 對英國地方政府推動步行、騎乘腳踏車的研究，或是 2006 年 Garrigue 等的研究，便可以利用本研究的模型推估效益，並比較理論效益與實證效益的落差。

因此從理論彙整的角度，本研究指出國內公共衛生與教育的行政部門如能加以整合，對於部分國人體重過重的現象，尤其是中小學生體重過重的現象，確實可以藉助簡便易行但是持續有恆的步行達到改進的效果。將感覺予以理論證實乃為本研究的實質意涵。

伍、結論與建議

一、結論

本論文以系統動態模型呈現體重、身高、熱量攝取、消耗、步行間的互動關係，並藉助台南市新興國小減重班高年級同學兩個月平均減重一公斤效果的背景資料模擬分析，確認適當的通勤上下學步行量，如每天較現在額外步行 18.96 分鐘，每週五天，在兩個月的時間內便可以達到同樣的運動減重效果。體重控制班因為要短期內達到 BMI 值下降的目的，得每週花三天共 120 分鐘運動，參加同學並可能顯得與眾不同，因此若不想藉參與體重控制班減重，步行上學不失

為好方法。

減重不僅對學童重要，在台灣似乎也是成人的一項全民運動，本研究的結果對照國外藉助步行、騎乘腳踏車等綠色運輸通勤的實證研究(Hu et al., 2001; Wagner et al., 2001; Dickinson et al., 2003)也證實減重不一定得藉助醫學或健康中心，不必花費昂貴代價，持之以恆在每天的交通運輸行為中多走一點，便可以達到目的。而像捷運、公車等大眾運輸，乘坐者必須步行到捷運站或是公車站候車，無法像自小客車可以開車由自己家門直接到達目的地，在步行的減重健康效益上，反倒較自行開車有益。

二、建議

國外許多研究探討如何塑造環境鼓勵民眾步行、少開車(Sallis et al., 2002; Merom et al., 2003; Timperio et al., 2004; Julie, 2005)，台灣地處亞熱帶，高溫潮濕、季節性的梅雨以及社會治安、交通安全、道路障礙、空氣污染等均影響民眾步行或鼓勵子女步行的意願，因此有關社會與建築環境上的細緻議題，未來可以進一步加以檢討、測試何種實體及社會環境可以逐步引導民眾願意嘗試步行、享受步行所帶來的身體健康。

此外本研究因為取得減重控制班的樣本較少，且缺乏行政權力，無法進行實驗比較，故僅能藉模擬推估，所以結果的有效性僅屬於學理推估，未來如能實證比較，可以更具說服力。在模型操作上因為缺乏減重班高年級同學身高變化，所以未能反應身高增加對降低 BMI 值的貢獻，此為研究的限制，亦表示實際 BMI 值的降低在考慮身高變化下，會較本論文推估者還略高。

參考文獻

1. 世界衛生組織 歐洲區域步行與腳踏車主題網站
http://www.euro.who.int/transport/modes/20021009_1
2. 台北國際無車日網站：<http://www.dot.taipei.gov.tw/>
3. 台閩地區中小學校學生身體發育測量結果，教育部體育司。
http://www.edu.tw/EDU_WEB/EDU_MGT/PHYSICAL/EDU7663001/importance/910728-1.htm?FILEID=85976&open
4. 行政院衛生署(民 95)，國民健康局網站：<http://www.bhp.doh.gov.tw/>
5. 臺北市政府交通局(民 93)，臺北市腳踏車政策 132。
6. Anderson, T. (1997), *The Greening of Urban Transport: Planning for Walking and Cycling in Western Cities*, England: Wiley.

7. Cooper, A.R., Page, A.S., Foster, L.J. and Qahwaji, D. (2003) Commuting to school: Are children who walk more physically active? *American Journal of Preventive Medicine*, Volume 25, Issue 4, 273-276
8. Cooper, A.R., Andersen, L.B., Wedderkopp, N., Page, A.S. and Froberg, K. (2005) Physical Activity Levels of Children Who Walk, Cycle, or Are Driven to School *American Journal of Preventive Medicine*, Volume 29, Issue 3, 179-184
9. David, S., James, S., Lloyd, J. K., Frederick, L. T., Stephen, B. T., Richard, A. G., and Suzanne, M. H. (1997), "Guidelines for School and Community Programs to Promote Lifelong Physical Activity Among Young People," *Mobility and Mortality Report*, Vol.46, RR-6.
10. Delgado-aros, S., Cremonini, F., Castillo, J.E., Chial, H.J., Burton, D.D., Ferber, I. and Camilleri, M. (2004) Independent influences of body mass and gastric volumes on satiation in humans *Gastroenterology*, Vol.126, Iss. 2, 432-440
11. Dickinson, J. E., Kingham, S., Copsey, S., and Pearlman, Hougie D. J. (2003), "Employer Travel Plans, Cycling and Gender: Will Travel Plan Measures Improve the Outlook for Cycle to Work in UK?" *Transportation Research Part D*, Vol. 8, pp.53-67.
12. Gaffron, P. (2003), "The Implementation of Walking and Cycling Policies in British Local Authorities," *Transport policy*, Vol.10, pp.235-244.
13. Garrigue, E, Pillard, F, de Glisezinski, I, Harant, I, Crampes, F, and Riviere, D. (2006), "Physical Activity and Obesity," *Science & Sports*, Vol. 21, Sp. Iss. 1, pp. 12-19.
14. Harris, J., Benedict, Arthur and Francis (1919), *A Biometric Study of Basal Metabolism in Man*, Washington, D.C., The Carnegie Institution.
15. Hoefler, W. R., McKenzie, T. L., Sallis, J. F., Marshall, S. J., and Conway, T. L. (2001), "Parental Provision of Transportation for Adolescent Physical Activity." *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 21, pp.48-51.
16. Hu, G., Pekkarinen, H., Hanninen, O., Tian, H., and Guo, Z. (2001), "Relation between Commuting, Leisure Time Physical Activity and Serum Lipids in a Chinese Urban Population," *Annals of Human Biology*, Vol. 28, pp.412-421.
17. Humpel, N., Owen, N., Leslie, E. (2002), "Environmental Factors Associated with Adults Participation in Physical Activity: A Review," *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 22, pp.188-199.
18. Johnson, J.B., Laub, D.R., and John, S. (2006) The effect on health of alternate day calorie restriction: Eating less and more than needed on alternate days prolongs life *Medical Hypotheses*, Vol. 67, Issue 2, 209-211

19. Julie B. (2005), "Creating a Walkable Community," Northwest Public Health, spring/summer, pp.14-15.
20. Kaplan G. A, Strawbridge W. J., and Cohen, R. D. (1996), "Natural History of Leisure-time Physical Activity and Its Correlates: Associations with Mortality from all Causes and Cardiovascular Diseases over 28 Years," American Journal of Epidemiology, Vol. 144, pp.793-97.
21. Kyle, U.G., Schutz, Y., Dupertuis, Y.M. and Pichard, C. (2003) Body composition interpretation: Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index Nutrition, Vol. 19, Issues 7-8, 597-604.
22. Manson, J. E., Hu, F. B., Rich-Edwards, J. W., Colditz, G. A. Stampfer, M. J., Willett, W. C., Speizer, F. E., and Hennekens, C. H. (1999), "A Prospective Study of Walking as Compared with Vigorous Exercise in the Prevention of Coronary Heart Disease in Women," New England Journal of Medicine, Vol. 341, pp.650–658.
23. Matheson, F.I., Moineddin, R. and Glazier, R.H. (2008) The weight of place: A multilevel analysis of gender, neighborhood material deprivation, and body mass index among Canadian adults Social Science & Medicine, Vol. 66, Issue 3, 675-690
24. Merom, D., Bauman, A., Vita, P. and Close, G. (2003) An environmental intervention to promote walking and cycling—the impact of a newly constructed Rail Trail in Western Sydney Preventive Medicine Vol. 36 No. 2, 235-242
25. Parikh, R.M., Joshi, S.R., Menon, P.S. and Shah, N.S. (2007) Index of central obesity – A novel parameter Medical Hypotheses, Vol. 68, Issue 6, 1272-1275
26. Sallis, J. F., Kraft, K., and Linton, L.S. (2002), "How the Environment Shapes Physical Activity: A Transdisciplinary Research Agenda," American Journal of Preventive Medicine, Vol. 22, pp.208.
27. Sharkey, B. J. (2002), Physiology of Fitness, Champaign Illinois, Human Kinetics Book, pp. 31-42.
28. Sherman, S. E, D'Agostino, R. B, and Cobb, J. L. (1994), "Physical Activity and Mortality in Women in the Framingham Heart Study," American Heart Journal, Vol. 128, pp.879-84.
29. Suranovic, S., Goldfarb, R.S. and Leonard, T.C. (2002) An Economic Analysis of Weight Change, Overeating and Dieting mimeo, Department of Economics, George Washington University.
30. Timperio, A., Crawford, D., Telford, A., and Salmon, J. (2004), "Perceptions about the Local Neighborhood and Walking and Cycling

among Children,” *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 38, pp.39-47.

31. Twells, L., Knight, J., Alaghebandan, R., MacDonald, D., Bridger, T. and Chen, Y. (2007) Obesity and its Impact on a Provincial Health System in Canada *Annals of Epidemiology*, Vol.17, Issue 9, 739
32. Wagner, A., Simon, C., Ducimetiere, P., Montaye, M., Bongard, V., Yarnell, J., Bingham, A., Hedelin, G., Amouyel, P., Ferrieres, J., Evans, A., and Arveiler, D. (2001), “Leisure-time Physical Activity and Regular Walking or Cycling to Work are Associated with Adiposity and 5y Weight Gain in Middle-aged Men: The PRIME Study,” *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, Vol. 25, pp.940-948.
33. Westerterp, Klass R., and Kester, Arnold D.M. (2003), “Physical Activity in Confined Conditions as an Indicator of Free-living Physical Activity,” *Obesity Research*, Vol. 11, pp.865-868.
34. Whitney, E., Corinne, C., and Sharon R. (1998). *Understanding Normal and Clinical Nutrition*, 5th edition, Belmont, CA: West Wadsworth.