

六分鐘行走測試與折返行走測試於COPD個案 運動能力測試的應用

何瓊芳^{1*} 馬素華²

¹康寧大學護理科助理教授 ²國立臺東大學身心整合與運動休閒產業學系教授

摘要：慢性阻塞性肺病穩定期的個案管理，特別強調給予運動訓練。適當的運動訓練，能夠增進慢性阻塞性肺病個案的尖峰攝氧量、減少呼吸困難、倦怠感、住院率與死亡率，進而增進其運動能力及改善健康相關的生活品質。但是慢性阻塞性肺病個案對運動的耐受度較差，約有51%個案有活動受限狀況，而活動受限又限制其運動能力，形成惡性循環。因此個案在運動訓練前，應先做個體性的運動測試，瞭解其運動的能力及評估訓練的限制，以決定適當的運動訓練強度。慢性阻塞性肺病病人的運動測試結果是預後的重要指標。目前常用的功能性運動測試主要為六分鐘行走測試及增速性折返行走測試，兩者都是以行走的距離來評估個案的運動能力。國內護理相關雜誌發表的文章，大多以六分鐘行走測試來評估慢性阻塞性肺病病人的運動能力，較少關於增速性折返行走測試。本文主要目的在介紹此兩種運動測試的做法、優點、缺點與應用，以做為進行慢性阻塞性肺病人運動測試的臨床指引。

關鍵詞：慢性阻塞性肺病、六分鐘行走測試、增速性折返行走測試。

前 言

慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是肺臟及呼吸道對有害微粒或氣體的漸進性、慢性發炎反應，而造成的持續地呼氣氣流受阻病況。典型的症狀包括：呼吸困難、慢性咳嗽、有痰，這些症狀常常因為細菌、病毒感染、環境汙染或者不明原因而惡化(Global Initiative for Chronic

Obstructive Lung Disease [GOLD], 2015)。目前全世界約有6.5億人口罹患中、重度COPD，2012年時，全球有超過三百萬人死於COPD，約占全球死因別死亡率的6%，估計到2030年，將成為全球第三大死因的疾病(World Health Organization, 2015)。在我國40歲以上成人COPD之盛行率約為15.80%–17.70%(台灣胸腔暨重症加護醫學會，2012)，即國人平均每六人就有一人罹患COPD，目前是台灣十大主要死因第七名(衛生福利部統計處，2015)。

COPD雖然無法治癒，但是戒菸、藥物、肺部復健、手術等治療，有助於減緩疾病的進展和減輕症狀。穩定期COPD的個案管理特別強調，應給予運動訓練以增強個案的運動耐受度(exercise tolerance)。運動訓練能夠減輕COPD個案的焦慮及憂鬱程度(Bentsen, Wentzel-Larsen, Henriksen, Rokne, & Wahl, 2013)、降低住院率及死亡率(Puhan et al., 2011)、增加尖峰攝氧量(peak oxygen uptake, $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$)、減少急性症狀惡化次數、改善健康相關的生活品質(Liu et al., 2008)、增加運動耐受度、減少呼吸困難、倦怠感(GOLD, 2015)。

但是COPD個案對運動的耐受度較差，有51% COPD個案有活動受限狀況(Canadian Institute for Health Information, Canadian Lung Association, Health Canada, Statistics & Canada, 2001)，且僅有25%的COPD病人達到每週運動5次以上、每天至少累積30分鐘以上中度活動的標準(Donaire-Gonzalez et al., 2013)。

接受刊載：105年1月25日 doi:10.6224/JN.63.4.107

*通訊作者地址：何瓊芳 11485台北市內湖區康寧路三段75巷137號 電話：(02) 26321181–204

E-mail：can32957@gmail.com

引用格式 何瓊芳、馬素華(2016)·六分鐘行走測試與折返行走測試於COPD個案運動能力測試的應用·*護理雜誌*，63(4)，107–115。[Ho, C. F., & Maa, S. H. (2016). Application of the 6-minute walking test and shuttle walking test in the exercise tests of patients with COPD. *The Journal of Nursing*, 63(4), 107–115.] doi:10.6224/JN.63.4.107

個案因運動無耐力而不敢活動，而活動受限又限制其運動能力 (exercise capacity)，形成惡性循環。此外每位個案因身體狀況不同，所需之運動強度應有所不同，當運動強度不夠時無法達到健康效益，太強時易引起氣喘發作或不適，造成個案更加害怕運動。因此運動訓練前，必須先評估個案在心臟血管、肺部及肌肉骨骼等系統可能有的限制 (Singh et al., 2014)，先做個別性的運動測試，以瞭解其運動的能力及評估訓練的禁忌，再決定適當的運動強度。另外，運動測試結果也是COPD病人預後的重要指標 (Canavan et al., 2015; Holland, Spruit, & Singh, 2015; Singh et al., 2014)。

運動測試可依強度分為極限運動 (maximal exercise) 測試及低限運動 (submaximal exercise) 測試兩種。極限運動測試因為消耗較多體能，臨床上許多個案常因身體功能受限，而無法達到極限運動施測時所需的運動量，也較需考量測試時的安全性，故對COPD等體能較差者，常以低限運動測試來評估其運動功能 (Singh et al., 2014)。

運動測試時，一般以最大攝氧量 (maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2\max}$) 或尖峰攝氧量 ($\dot{V}O_{2\text{peak}}$) 為公認的心肺適能指標。 $\dot{V}O_{2\max}$ 是一個人海平面上從事最激烈運動時，組織細胞每分鐘所能消耗或利用氧氣的最高值，是判斷個人有氧運動能力及心肺能力的最佳指標，並可藉以設定耐力運動訓練強度。測量 $\dot{V}O_{2\max}$ 通常是在實驗室裡，讓個案在跑步機或腳踏車上，逐漸增加運動強度直到「疲憊」為止。整個測試過程，以氣體分析儀連續採氣分析 (gas analysis) 每分鐘的攝氧量，通常在運動的最後一分鐘為 $\dot{V}O_{2\max}$ ，以每公斤體重每分鐘 (毫升/公斤/分鐘) 的攝氧量來表達。 $\dot{V}O_{2\max}$ 即使運動量不斷增加，人體氧氣利用達到極限後會呈現高原期或下降。 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 指的是人體進行特定運動時所利用的最大氧氣量，此值未必與 $\dot{V}O_{2\max}$ 相等，尤其當受試者因為腳痠痛、胸痛、喘不過氣、或缺乏動機等因素而停止運動測試時， $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 就會比預期之 $\dot{V}O_{2\max}$ 小 (James, Sandals, Draper, & Wood, 2007)。因此，COPD病人運動測試時所測值，建議應以 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 為最大運動耐受度指標。

目前COPD病人常用的運動測試有兩種：六分鐘行走測試 (6-minute walking test, 6MWT) 或增速性折返行走測試 (incremental shuttle walking test, ISWT)，兩者都是場域行走測試 (field walking tests)，是以行

走距離的長短，來評估個案的運動能力及預後指標 (Holland et al., 2015; Singh et al., 2014)，但6MWT為低限運動測試，而ISWT為極限運動測試。ISWT雖然發展已近25年，但國內護理相關雜誌發表的文章多以6MWT評估COPD運動能力 (黃、李、謝、黃、楊，2005; Cho et al., 2009)，並無相關ISWT的研究發表。本文主要目的在介紹COPD個案兩種運動測試的做法、優點、缺點與應用，以做為進行COPD個案運動測試的參考。

六分鐘行走測試

六分鐘行走測試是以 $\dot{V}O_{2\max}$ 為基礎，是源於十二分鐘行走測試，非常適用於評估個案的運動能力。Cooper (1968) 評估150位健康年輕人在跑步機上12分鐘跑步的最大距離與其 $\dot{V}O_{2\max}$ 的關係，發現兩者高度相關 ($r = .89$)。McGavin、Gupta及McHardy (1976) 則首度用12分鐘行走測試，評估慢性支氣管炎病人的運動耐受度，12分鐘跑步的距離與 $\dot{V}O_{2\max}$ 中度相關 ($r = .52$)。但Butland、Pang、Gross、Woodcock及Geddes (1982) 認為，12分鐘對體能受限者來說時間太長，於是對30位COPD個案做2、6、12分鐘行走測試，發現三種測試的結果彼此之間高度相關：6、12分鐘行走測試 ($r = .96$)，2、12分鐘行走測試 ($r = .86$) 及2、6分鐘行走測試 ($r = .89$)，表示可運用6或2分鐘行走測試以評估病人的運動能力。但研究也發現，行走時間較長時，運動耐受度的區辨性也較佳，故2分鐘行走測試比較不能區別研究對象之間的差異，建議以6MWT取代12分鐘行走測試。

6MWT是低限運動、耐力測試型態 (Canavan et al., 2015)，與肺功能、健康生活品質呈正相關，與死亡率呈負相關 (Wise & Brown, 2005)。在測試過程中，個案依照自己的走路速度，在固定100英呎 (約30公尺) 的平面，盡其可能行走六分鐘，並計算行走距離，期間個案可以減緩速度或者停下來休息，也不需要任何先前訓練 (Canavan et al., 2015; Holland et al., 2015)。美國胸腔協會也認為，自我配速 (self-paced) 的6MWT主要是評估低限運動能力，因為多數個案在測試過程中，並無法達到極限的運動能力，當個案出現胸痛、無法忍受的呼吸困難、腳部痠攣、搖晃欲倒、冒汗及外觀看來蒼白時，即應立即停止 (American Thoracic Society, 2002)。

6MWT運用於慢性肺部個案的重複信度佳，組內相關係數 (Intraclass Correlation Coefficient, ICC) 介於 .72-.99 之間 (Singh et al., 2014)，最小臨床重要差異 (minimal clinically important difference, MCID) 是臨床上應用於判斷介入措施後，個案改變/差異是否具有臨床重要意義的最小閾值，6MWT的MCID需達到54公尺以上 (95% CI [37, 71]公尺; Wise & Brown, 2005)，才具臨床意義。

折返行走測試

折返行走測試 (shuttle walking test, SWT) 最早源自於 Léger 及 Lambert 於 1982 年，為測試運動員體能而發展出一多階段的 20 公尺折返跑步測試 (20 m multistage shuttle run test, 20 m MST)。受試者需在相距 20 公尺終點線間配速折返跑步，剛開始速度由 8.5 公里/小時開始，之後每小時速度增加 0.5 公里，當個案無法跟上行走速度時即停止測試，並計算行走距離來推算其 $\dot{V}O_{2\max}$ ，結果發現 20 公尺折返跑步距離、 $\dot{V}O_{2\max}$ 及 10 公里路跑，三者之間均呈高度相關 (Paliczka, Nichols, & Boreham, 1987)。因此是一有效的心肺耐力試驗，可用來預測受試者 10 公里長跑的表現。

折返行走測試後來發展出增速性折返行走測試 (ISWT) 及耐力性折返行走測試 (endurance shuttle walking test, ESWT) 兩種，這兩種折返行走測試是以 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 為基礎，分述如下：

表一

增速性折返行走測試信度與效度

文獻作者 年代/國家	研究對象	信度	效度
Singh et al. 1992/英國	COPD 個案	三次相隔一週的 ISWTD 再測信度相關性高 ($r = .98-.99$)	—
Dowson et al. 2001/英國	肺氣腫個案	第二次與第三次 ISWT 的再測信度高 ($r = .90$)	與跑步機運動測試有良好相關性 ($r = .70$)
Onorati et al. 2003/義大利	COPD 個案	—	ISWT 和 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ ($r = .86$)、 $\dot{V}_{E\text{peak}}$ ($r = .74$) 呈現強相關，也和腳踏車測功儀的 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 呈現強相關
Campo et al. 2006/加拿大	COPD 個案	ICC 為 .88，再測信度高	和 6 分鐘、12 分鐘行走測試的相關性高 ($r = .82, .74$)
de Camargo et al. 2014/巴西	非囊狀纖維化支氣管擴張個案	兩次相隔 30 分鐘的 ISWTD 再測信度高 (ICC 為 .99)	ISWTD 與 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ ($r = .72$)、每日行走步數 ($r = .61$) 相關

註：COPD = chronic obstructive pulmonary disease；ISWTD = distance of incremental shuttle walking test (增速性折返行走測試距離)；ISWT = incremental shuttle walking test (增速性折返行走測試)；ICC = intraclass correlation coefficient (組內相關係數)； $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ = peak oxygen uptake (尖峰攝氣量)； $\dot{V}_{E\text{peak}}$ = peak minute ventilation (尖峰每分鐘換氣量)。

一、增速性折返行走測試 (ISWT)

增速性折返行走測試是極限運動測試型態 (Canavan et al., 2015; Holland et al., 2015)，由 Singh、Morgan、Scott、Walters 及 Hardman (1992) 發展，個案行走時需依照外在配速 (externally paced) 音樂節奏行走，速度分為 12 級，每級時間為 1 分鐘，剛開始速度相當緩慢，由 0.5 公尺/秒 (30 公尺/分) 開始，即使是較重度的氣流阻塞個案也能測試，之後每分鐘速度增加 10 公尺 (0.17 公尺/秒)，總計 1,020 公尺。當個案太喘而無法維持所需速度，或無法在規定時間內完成一次折返時即停止測試，並計算行走距離 (Canavan et al., 2015; Singh et al., 1992)。ISWT 的距離和預測的 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ 呈線性相關，因此可運用個案所行走距離的長短來預測其 $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (Onorati et al., 2003; Parreira et al., 2014)。

ISWT 運用於 COPD 個案之運動測試，再測信度介於 .88-.99 間 (見表一)，因為漸進增加運動強度，因此能更精細的偵測出個案的極限運動能力。ISWT 的最小臨床重要差異 (MCID) 為 ≥ 47.5 公尺以上 (5 折返; Singh et al., 2014)。

二、耐力性折返行走測試 (ESWT)

由於日常生活活動強度以低限強度活動為主，故評估個案的運動耐力 (endurance capacity) 較極限運動能力更為重要。Reville、Morgan、Singh、Williams 和 Hardman (1999) 發展出耐力性折返行走測試，以評估 COPD 個案的運動耐力。ESWT 和 ISWT 模式相

同，採10公尺的折返行走距離，要個案依照外在配速音樂節奏行走，但ESWT的運動強度是固定的，需先依據個案由ISWT時的極限運動能力而決定，再以ESWT評估個案在此最大運動強度下能行走多長時間，最長檢測時間為20分鐘(Canavan et al., 2015; Revill et al., 1999)，因此是檢測個案極限運動的耐力。COPD個案於ESWT運動耐力的強度為預測 $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$ 的70–85%(Revill et al., 1999)，或以ISWT測試時極限速度的85%來計算(Hill et al., 2012)。ESWT做為支氣管擴張劑使用前後的最小臨床重要差異(MCID)，差異值需大於65秒或85公尺以上(Pepin et al., 2011)。

綜合上述，ISWT是時間固定，在12分鐘測試時間內折返行走於10公尺長度的平面距離，但強度漸進增加，目的在測試個案的極限運動能力，行走距離的長短為個案的運動能力指標。而ESWT是運動強度固定，是檢測個案在極限運動下之運動耐力，行走時間的長短為個案的耐力指標。對於COPD個案，ISWT提供一個症狀受限性(symptom limited)、極限運動能力的標準化、漸進性的運動測試方法，而ESWT則可做為運動訓練強度的耐力基礎。

三、增速性折返行走的測試方式

Singh等(1992)發展之增速性折返行走測試在測試時，是請個案聽錄音帶配合音樂行走，國內Liu等(2008)將音樂節奏輔以電腦視覺，在平地處量測

一段10公尺長的直線距離，每隔一公尺置放一標示距離終點之三角錐，並在兩端終點處各置放一台電腦，施測流程如下：

開始測試前，先跟個案解釋ISWT之目的及流程，請個案配合電腦螢幕倒數之節奏速率折返行走，起點至折返點相距10公尺，也就是每一折返(shuttle)為10公尺。行走速度分為12等級，每級時間為一分鐘，每一分鐘會小幅增加0.17公尺/秒。剛開始行走的速度相當緩慢，第一級音樂配速時速由0.5公尺/秒(1.8公里/小時)開始，個案需於1分鐘內折返1–3段，即行走0–30公尺，也就是20秒需一次折返，個案若能行走第12級時，因速度已增加至2.37公尺/秒(8.53公里/小時)，於1分鐘內最高可折返14圈，整個測試總共累計折返行走了89–102段，第12級行走距離高達881–1,020公尺(如表二；Singh et al., 1992)。在測試過程中不提供任何口語鼓勵，但在每等級速度增加時，可提醒個案應跟上行走節奏速度。

ISWT測試過程中，個案全程配戴可攜式脈搏血氧機(pulse oximeter)，監測心跳及血氧飽和度(pulse oxygen saturation, SpO₂)至穩定狀態。當個案出現下列狀況時則，應停止測試並計算所行走的距離：(一)因為太喘無法維持所需速度時；(二)若無法在規定時間內完成一次折返，也就是當提示音響起時，個案距離終點指標處還有50公分以上時；(三)已達到預期最大心跳率(maximal heart rate)的85%。

表二

增速性折返行走測試等級

MET	等級	速度			折返數(shuttle)		距離 (公尺)
		公尺/秒	公里/小時	英哩/小時	每等級折返數 ^a	總折返數 ^b	
3.2	1	0.50	1.80	1.12	3	1–3	0–30
3.4	2	0.67	2.41	1.50	4	4–7	31–70
3.6	3	0.84	3.03	1.88	5	8–12	71–120
3.9	4	1.01	3.63	2.26	6	13–18	121–180
4.2	5	1.18	4.25	2.64	7	19–25	181–250
4.6	6	1.35	4.86	3.02	8	26–33	251–330
5.0	7	1.52	5.47	3.40	9	34–42	331–420
5.5	8	1.69	6.08	3.78	10	43–52	421–520
6.0	9	1.86	6.69	4.16	11	53–63	521–630
6.6	10	2.03	7.31	4.54	12	64–75	631–750
7.1	11	2.20	7.92	4.92	13	76–88	751–880
7.7	12	2.37	8.53	5.30	14	89–102	881–1,020

註：MET = metabolic equivalent (代謝當量)。

^a共12等級，若完成該等級測試，個案共折返幾次之次數；^b由測試開始，個案總共折返幾次之次數。

四、應用增速性折返行走於發展 COPD 運動訓練方案

藉由 ISWT 評估個案極限運動能力後，醫護人員可以依據 ISWT 所得的行走距離預估 $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$ ，並依此換算成符合目標運動強度的音樂節奏，教導個案每日配合音樂節奏行走。步驟如下：

(一) 評估病人 ISWT 的行走距離

(二) 由 ISWT 的行走距離推估預估尖峰攝氧量 ($\dot{V}O_{2\text{ peak}}$; Revill et al., 1999)。公式一：

$$\dot{V}O_{2\text{ peak}} (\text{ml/min/Kg}) = 4.19 + (0.025 \times \text{ISWT 的距離})$$

例如：A 個案 ISWT 測試的行走距離為 460 公尺，則 $\dot{V}O_{2\text{ peak}} = 4.19 + (0.025 \times 460 \text{ 公尺}) = 16.19 (\text{ml/min/Kg})$

(三) 計算運動訓練的最大強度

運用所計算出的 $\dot{V}O_{2\text{ peak}} \times 70\text{--}85\%$ ，即可推估個案運動訓練的最大強度 (Hill et al., 2012; Revill et al., 1999)。如 A 個案運動訓練之最大強度為 $16.19 (\text{ml/min/Kg}) \times 70\text{--}85\% = 11.33\text{--}13.76 (\text{ml/min/Kg})$ 。

(四) 推估行走耐力運動訓練的速率

將耐力運動訓練強度轉換成時速，如個案預訓練的耐力運動強度為 80% 的 $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$ ，計算其運動訓練之最大強度為 $16.19 (\text{ml/min/Kg}) \times 80\% = 12.95 \text{ ml/min/Kg}$ ，再依據 Revill 等 (1999) 所發展之行走速率轉換圖，可將 80% 的 $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$ 運動強度轉換成時速約為 4.9 公里/小時的行走速率。Liu 等 (2008) 將行走耐力運動速率分為 16 級，速率由 2.25–6.0 公里/小時 (如表三)，每一等級速度增加 0.25 公里/小時，因此可由第 11 級開始訓練。

(五) 將運動速率轉換成步頻

步頻為每分鐘行走的步數 (步數/分鐘)，再運用個案每折返一圈 (10 公尺) 的行走速率及步數，推算出適合個案行走步頻的音樂節奏 (Liu et al., 2008)，如公式二：

$$\text{步頻節奏 (beat/min)} = [\text{速率 (Km/h)} \times 100 \times \text{折返一圈步數}] / 60$$

例如 A 個案行走每一折返的步數為 14 步時，則其步頻節奏為 $[4.9 (\text{Km/h}) \times 100 \times 14] / 60 = 111 (\text{beat/min})$ ，個案只要依照音樂節奏每分鐘配速行走 111 下，即能輕而易舉的達成有效的極限運動強度。

六分鐘行走測試與增速性折返行走測試之比較

一、運動耐力相較於運動能力的評估

Johnson (2004) 認為 6MWT 對正常的健康者，尤其較年輕者而言，只能算是一種低限強度運動測試，因為 6MWT 是個案決定自己的走路速度，個案

表三

居家行走運動速率分級

等級	公里/小時 (Km/h)
1	2.25
2	2.50
3	2.75
4	3.00
5	3.25
6	3.50
7	3.75
8	4.00
9	4.25
10	4.50
11	4.75
12	5.00
13	5.25
14	5.50
15	5.75
16	6.00

必須加快走路的速度以增加走路的距離，而 ISWT 則是強行規定走路速度，因為每分鐘漸速增強速度，比較傾向於極限運動能力之評估。同樣的，ZuWallack (2000) 也認為 6MWT 因為是個案自我調速，較適於評估重度 COPD 個案的運動耐力，而 ISWT 是漸進性增加運動強度，當個案感覺不適或跟不上速度時即停止測試，是症狀限制性運動測試型態，因此較能評估出個案極限運動能力。

ISWT 及 ESWT 均為極限運動訓練型態，但 ESWT 對運動訓練後成效改變較 ISWT 敏感，故 Singh (2007) 建議，ESWT 及 ISWT 應該相輔相成做為運動訓練之指標，先以 ISWT 評估個案的極限運動能力，再以 ESWT 做為耐力運動訓練強度之基準。

二、測試結果的正確性與測試的安全性

Singh 等 (1992) 認為 6MWT 因為易受到個案動機影響，對某些擔心運動引發呼吸困難的個案，較易低估其運動能力；而 ISWT 因為是漸進性增加運動測試強度，較能階層性反應出個案心肺功能，對於最大心跳率及 Borg 自覺呼吸困難指數達成也較 6MWT 顯著。

Onorati 等 (2003) 認為，日常活動的強度、期間及特性不同，很少像 6MWT 因為是自我調速，個案怕引發活動時呼吸困難而不敢以極限速度行走，因此測試時的攝氧量 (oxygen consumption, $\dot{V}O_2$)、

二氧化碳排放量(CO_2 output, $\dot{V}\text{CO}_2$)、每分鐘換氣量(minute ventilation, \dot{V}_E)及心跳均呈現穩定狀態(steady state)。而ISWT是漸進性增加測試運動強度,更能夠客觀且重複性的評估,且ISWT的行走距離和 $\dot{V}\text{O}_{2\text{ peak}}$ 、 $\dot{V}\text{O}_2$ 、 $\dot{V}\text{CO}_2$ 、每分鐘換氣量(minute ventilation, \dot{V}_E)、尖峰每分鐘換氣量(peak minute ventilation, $\dot{V}_E\text{ peak}$)及心跳呈線性相關,因此對於中、重度COPD(第一秒用力呼氣容積[forced expiratory volume in 1 second, $\text{FEV}_{1\text{I}}$] < 80% 預測值)個案而言,ISWT反而比6MWT能更正確的評估出個案運動訓練的最大強度及換氣障礙的程度。

但Vagaggini等(2003)比較住院的重度COPD個案(平均 $\text{FEV}_{1\text{I}}$ %為 $48 \pm 14\%$)於出院前其ISWT與6MWT之差異,研究結果顯示6MWT的距離雖然較長,但和ISWT的距離呈顯著相關($r = .85$),此外兩種測試結束時個案的收縮壓、心跳、呼吸、氧合

及自覺呼吸困難(Borg ratings of perceived exertion on dyspnea)、下肢疲憊(Borg ratings of perceived exertion on leg fatigue)、第一秒用力呼氣容積($\text{FEV}_{1\text{I}}$)、用力呼氣肺活量(forced vital capacity)及總肺活量(total lung capacity)並無顯著差異,亦即ISWT雖然測試的是極限運動能力,但並不會比6MWT增加個案的心肺負擔,因此對COPD個案是有效且安全的運動能力試驗。

綜合上述文獻可知,ISWT與6MWT行走距離彼此相關性高,兩種測試方式之比較詳見表四。6MWT及ISWT兩者均為場域行走測試,但ISWT須外在配速,屬於極限運動測試型態,測試時不會受到施測者鼓勵及病人本身動機或情緒而影響行走距離的長短,因此較能客觀且標準化的評估出個案運動的極限能力,心臟負荷也不會比6MWT大,是COPD運動評估的較佳測試方式。

表四
折返行走測試與六分鐘行走測試之比較

比較項目	ISWT	6MWT
測試方法	於12分鐘內,請個案漸速性的外在配速(external pacing),折返行走於10公尺平面距離,測試時間內個案不可自行中斷或休息。	於6分鐘內,在固定長度平面距離下,依個案自行調整所能達到的最快速度(self-pacing)行走,測試時間內個案可自行中斷休息或繼續行走。
速度調整	外在配速,行走速度不會受到施測者口語鼓勵或個人情緒動機影響。	個案自我調速行走,易受到施測者口語鼓勵或個案自我動機而影響行走距離的長短。
運動強度	症狀限制測試,漸進增加強度引發最大運動表現,故屬於較極限強度的運動測試型態。	非症狀限制(non-symptom limited)測試,個案通常為避免引發不適而選擇以自覺較舒適的速度行走,故屬於低限運動測試型態。
心肺負荷	較能階層性反應個案心肺功能,對於最大心跳率達成也較6MWT顯著, $\dot{V}\text{O}_2$ 、 $\dot{V}\text{CO}_2$ 、 \dot{V}_E 及心跳成線性增加。	$\dot{V}\text{O}_2$ 、 $\dot{V}\text{CO}_2$ 、 \dot{V}_E 及心跳呈現指數形式增加達到穩定狀態。
最小臨床重要差(MCID)	≥ 47.5 公尺	≥ 54 公尺
停止測試標準	1.個案因為太喘而無法配合行走所需速度時。 2.個案無法跟上節奏行走,未能在規定時間內完成一次折返。 3.個案已達到預期最大心跳率的85%時。	1.六分鐘測試時間到 2.嚴重呼吸困難產生
優點	1.漸進性增加運動強度,不需一開始就盡力行走,較能評估出個案運動能力。 2.採外在配速而減少施測者影響。 3.漸速性階層評估,每層級行走速率固定,較能客觀且標準化評估,安全性也較高。 4.症狀受限性測試,較自我調速易鑑別出症狀。	1.因為個案是自我調速行走,較不易受到病人活動能力的限制。 2.完全不需要任何設備、簡單易執行。
缺點	個案行走測試時需要具備簡單播音設備播放音樂。	1.對動機差或害怕喘的個案,較易低估其體能程度。 2.易受施測者口語鼓勵或個案自我動機而影響。

註: ISWT = incremental shuttle walking test; 6MWT = 6-minute walking test; MCID = minimal clinically important difference; $\dot{V}\text{CO}_2$ = CO_2 output (二氧化碳排放量); $\dot{V}\text{O}_2$ = oxygen consumption (攝氧量); \dot{V}_E = minute ventilation (每分鐘換氣量)。

結 論

6MWT及ISWT兩者都是以行走距離的長短來評估個案運動能力的測試方法。6MWT是依照自己的走路速度行走，易受個人動機或施測者言語鼓勵而影響，因此對某些因擔心喘而不敢盡全力行走的個案，可能會低估其運動能力。ISWT是依照外在音樂節奏的速度行走，漸進增加運動強度，能夠客觀地、階層性評估個案心肺功能，簡單、易執行，還可以作為提供運動處方的基礎。建議臨床醫護人員在執行COPD個案運動測試時，可以嘗試用ISWT評估COPD個案的極限運動能力。

參考文獻

- 台灣胸腔暨重症加護醫學會 (2012, 10月) · 慢性阻塞性肺病 (慢阻肺) 2012 診治指引 · 取自 <http://web.tygh.gov.tw/chest/2012E/COPD2012..pdf> [Taiwan Society of Pulmonary and Critical Care Medicine. (2012, October). *Diagnosis and treatment guidelines of chronic obstructive pulmonary disease*. Retrieved from <http://web.tygh.gov.tw/chest/2012E/COPD2012..pdf>]
- 黃千惠、李志偉、謝文億、黃敬偉、楊治國 (2005) · 慢性阻塞性肺病病人的六分鐘行走測試：呼氣末正壓呼吸對呼吸困難的影響 · *物理治療*, 30(5), 199–206。 [Huang, C. H., Lee, C. W., Hsieh, W. Y., Wong, C. W., & Yang, G. G. (2005). Six-minute walk test in patients with moderate to severe COPD: The effect of positive end expiratory pressure breathing on dyspnea. *Formosan Journal of Physical Therapy*, 30(5), 199–206.]
- 衛生福利部統計處 (2015, 7月) · 民國103年死因統計結果分析 · 取自 http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=5488 [Department of Statistics, Ministry of Health and Welfare, Taiwan, ROC. (2015, July). *Analysis of cause of death statistics, 2014*. Retrieved from http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=5488]
- American Thoracic Society. (2002). ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(1), 111–117. doi:10.1164/ajrcm.166.1.at1102
- Bentsen, S. B., Wentzel-Larsen, T., Henriksen, A. H., Rokne, B., & Wahl, A. K. (2013). Anxiety and depression following pulmonary rehabilitation. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 27(3), 541–550. doi:10.1111/j.1471-6712.2012.01064.x
- Butland, R. J., Pang, J., Gross, E. R., Woodcock, A. A., & Geddes, D. M. (1982). Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *British Medical Journal*, 284(6329), 1607–1608. doi:10.1136/bmj.284.6329.1607
- Campo, L. A., Chilingaryan, G., Berg, K., Paradis, B., & Mazer, B. (2006). Validity and reliability of the modified shuttle walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(7), 918–922. doi:10.1016/j.apmr.2006.03.005
- Canadian Institute for Health Information, Canadian Lung Association, Health Canada, Statistics & Canada. (2001, September). *Respiratory disease in Canada*. Retrieved from https://secure.cihi.ca/free_products/RespiratoryComplete.pdf
- Canavan, J. L., Jones, S. E., Kon, S. S. C., Nolan, C. M., Man, W. D.-C., & Maddocks, M. (2015). Field tests of exercise capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Clinical Pulmonary Medicine*, 22(1), 1–7. doi:10.1097/CPM.000000000000074
- Cho, H. Y., Lan, C. C., Chen, Y. J., Wu, M. F., Lin, M. C., Hsiao, H. F., & Huang, C. C. (2009). Predictors of change in exercise capacity after simple outpatient-based pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Respiratory Therapy* (In Chinese.), 8(2), 27–38. doi:10.6269/JRT.2009.8.2.03
- Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: Correlation between field and treadmill testing. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 203(3), 201–204. doi:10.1001/jama.1968.03140030033008
- de Camargo, A. A., Amaral, T. S., Rached, S. Z., Athanazio, R. A., Lanza, F. C., Sampaio, L. M., ... Dal Corso, S. (2014). Incremental shuttle walking test: A reproducible and valid test to evaluate exercise tolerance in adults with noncystic fibrosis bronchiectasis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(5), 892–899. doi:10.1016/j.apmr.2013.11.019
- Donaire-Gonzalez, D., Gimeno-Santos, E., Balcells, E., Rodríguez, D. A., Farrero, E., de Batlle, J., ... Garcia-Aymerich, J. (2013). Physical activity in COPD patients:

- Patterns and bouts. *European Respiratory Journal*, 42(4), 993–1002. doi:10.1183/09031936.00101512
- Dowson, L. J., Newall, C., Guest, P. J., Hill, S. L., & Stockley, R. A. (2001). Exercise capacity predicts health status in α_1 -antitrypsin deficiency. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 163(4), 936–941. doi:10.1164/ajrccm.163.4.2007048
- Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. (2015, January). *Pocket guide to COPD diagnosis, management, and prevention—A guide for health care professionals*. Retrieved from <https://baptisthealth.net/en/physicians/documents/online%20cme/2016/pocket%20guide%20to%20copd%20diagnosis%20managementprevention%20a%20guide%20for%20health%20care%20professionals%202015.pdf>
- Hill, K., Dolmage, T. E., Woon, L., Coutts, D., Goldstein, R., & Brooks, D. (2012). A simple method to derive speed for the endurance shuttle walk test. *Respiratory Medicine*, 106(12), 1665–1670. doi:10.1016/j.rmed.2012.08.011
- Holland, A. E., Spruit, M. A., & Singh, S. J. (2015). How to carry out a field walking test in chronic respiratory disease. *Breathe*, 11(2), 128–139. doi:10.1183/20734735.021314
- James, D. V. B., Sandals, L. E., Draper, S. B., & Wood, D. M. (2007). Relationship between maximal oxygen uptake and oxygen uptake attained during treadmill middle-distance running. *Journal of Sports Sciences*, 25(8), 851–858. doi:10.1080/02640410600875226
- Johnson, J. E. (2004). Which exercise test should be used for patients with symptomatic COPD? *Chest*, 126(3), 668–670. doi:10.1378/chest.126.3.668
- Léger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_2$ max. *European Journal of Applied Physiology*, 49(1), 1–12. doi:10.1007/BF00428958
- Liu, W. T., Wang, C. H., Lin, H. C., Lin, S. M., Lee, K. Y., Lo, Y. L., ... Kuo, H. P. (2008). Efficacy of a cell phone-based exercise programme for COPD. *European Respiratory Journal*, 32(3), 651–659. doi:10.1183/09031936.00104407
- McGavin, C. R., Gupta, S. P., & McHardy, G. J. R. (1976). Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. *British Medical Journal*, 3(1), 822–823. doi:10.1136/bmj.1.6013.822
- Onorati, P., Antonucci, R., Valli, G., Berton, E., De Marco, F., Serra, P., & Palange, P. (2003). Non-invasive evaluation of gas exchange during a shuttle walking test vs. a 6-min walking test to assess exercise tolerance in COPD patients. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3), 331–336. doi:10.1007/s00421-003-0803-9
- Paliczka, V. J., Nichols, A. K., & Boreham, C. A. (1987). A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *British Journal of Sports Medicine*, 21(4), 163–165. doi:10.1136/bjism.21.4.163
- Parreira, V. F., Janaudis-Ferreira, T., Evans, R. A., Mathur, S., Goldstein, R. S., & Brooks, D. (2014). Measurement properties of the incremental shuttle walk test: A systematic review. *Chest*, 145(6), 1357–1369. doi:10.1378/chest.13-2071
- Pepin, V., Laviolette, L., Brouillard, C., Sewell, L., Singh, S. J., Revill, S. M., ... Maltais, F. (2011). Significance of changes in endurance shuttle walking performance. *Thorax*, 66(2), 115–120. doi:10.1136/thx.2010.146159
- Puhan, M. A., Gimeno-Santos, E., Scharplatz, M., Troosters, T., Walters, E. H., & Steurer, J. (2011). Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011(10), CD005305. doi:10.1002/14651858.CD005305.pub3
- Revill, S. M., Morgan, M. D. L., Singh, S. J., Williams, J., & Hardman, A. E. (1999). The endurance shuttle walk: A new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, 54(3), 213–222. doi:10.1136/thx.54.3.213
- Singh, S. J., Morgan, M. D. L., Scott, S., Walters, D., & Hardman, A. E. (1992). Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*, 47(12), 1019–1024. doi:10.1136/thx.47.12.1019
- Singh, S. J., Puhan, M. A., Andrianopoulos, V., Hernandez, N. A., Mitchell, K. E., Hill, C. J., ... Holland, A. E. (2014). An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: Measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*, 44(6), 1447–1478. doi:10.1183/09031936.00150414
- Singh, S. (2007). Walking tests and pulmonary rehabilitation. *Physiotherapy*, 93(3), 173–174. doi:10.1016/j.physio.2007.07.001

- Vagaggini, B., Taccola, M., Severino, S., Marcello, M., Antonelli, S., Brogi, S., ... Paggiaro, P. L. (2003). Shuttle walking test and 6-minute walking test induce a similar cardiorespiratory performance in patients recovering from an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration*, 70(6), 579–584. doi:10.1159/000075202
- Wise, R. A., & Brown, C. D. (2005). Minimal clinically important differences in the six-minute walk test and the incremental shuttle walking test. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 2(1), 125–129. doi:10.1081/COPD-200050527
- World Health Organization. (2015, March). *Chronic obstructive pulmonary disease (COPD): Fact sheet*. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs315/en/>
- ZuWallack, R. (2000). Outcome assessment. In J. E. Hodgkin, B. R. Celli, & G. L. Connors (Eds.), *Pulmonary rehabilitation guidelines to success* (3rd ed., pp. 363–387). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.

Application of the 6-Minute Walking Test and Shuttle Walking Test in the Exercise Tests of Patients With COPD

Chiung-Fang Ho^{1*} • Suh-Hwa Maa²

¹PhD, RN, Assistant Professor, Department of Nursing, University of Kang Ning; ²PhD, RN, Professor, Department of Somatics and Sports Leisure Industry, National Taitung University.

ABSTRACT: Exercise training improves the management of stable chronic obstructive pulmonary disease (COPD). COPD patients benefit from exercise training programs in terms of improved $\dot{V}O_2$ peak values and decreased dyspnea, fatigue, hospital admissions, and rates of mortality, increasing exercise capacity and health-related quality of life (HRQOL). COPD is often associated with impairment in exercise tolerance. About 51% of patients have a limited capacity for normal activity, which often further degrades exercise capacity, creating a vicious circle. Exercise testing is highly recommended to assess a patient's individualized functions and limitations in order to determine the optimal level of training intensity prior to initiating an exercise-training regimen. The outcomes of exercise testing provide a powerful indicator of prognosis in COPD patients. The six-minute walking test (6MWT) and the incremental shuttle-walking test (ISWT) are widely used in exercise testing to measure a patient's exercise ability by walking distances. While nursing-related articles published in Taiwan frequently cite and use the 6MWT to assess exercise capacity in COPD patients, the ISWT is rarely used. This paper introduces the testing method, strengths and weaknesses, and application of the two tests in order to provide clinical guidelines for assessing the current exercise capacity of COPD patients.

Key Words: chronic obstructive pulmonary disease, 6-minute walking test, incremental shuttle walking test.

Accepted for publication: January 25, 2016

*Address correspondence to: Chiung-Fang Ho, No. 137, Lane 75, Kangning Rd. Sec. 3, Neihu District, Taipei City 11485, Taiwan, ROC.

Tel: +886 (2) 2632-1181 ext. 204; E-mail: can32957@gmail.com