

# 大學生性別、心肺功能與心率變異的相關性

蔡忠昌<sup>1</sup> 陳怡瑜<sup>2</sup>

<sup>1</sup>臺灣 彰化市 500 國立彰化師範大學體育學系

<sup>2</sup>臺灣 彰化市 500 國立彰化師範大學運動健康研究所

本研究目的在探討大學年齡層族群性別、三分鐘登階測驗表現與心率變異之間的相關性。研究對象為 120 名大學學生 (年齡:  $19.8 \pm 1.5$  歲; 身高:  $167.7 \pm 8.7$  公分; 體重:  $56.9 \pm 8.0$  公斤), 男女各 60 名。每名受測者均安排在早上 9-11 點間進行測量, 先以腕式生理監視器進行心率變異分析, 再利用三分鐘登階測驗評估心肺功能。研究數據分別進行獨立樣本  $t$  考驗以及皮爾森積差相關分析。本研究結果顯示: 男生心率變異分析中的低頻比例(LF%)與低頻/高頻比值(LF/HF)高於女生, 高頻比例(HF%)則低於女生。另外, 受測者三分鐘登階測驗表現與所有心跳間期的標準偏差(standard deviation of the NN interval, SDNN)、相鄰正常心跳間期差值超過 50 毫秒的百分比(proportion of differences of adjacent RR intervals > 50 ms, pNN50)、相鄰正常心跳間期差值平方和的均方根(root mean square successive differences, RMSSD)、總功率(total power, TP)、高頻功率(high frequency, HF)與低頻功率(low frequency, LF)均呈顯著正相關, 其中, pNN50 與體力指數的相關最高。本研究結論顯示男生的交感神經活性大於女生, 副交感神經活性則相對低於女生。心肺功能越佳者, 其心率變異程度越大, 顯示休息時副交感神經功能較佳。

關鍵詞: 心率變異分析, 三分鐘登階測驗, 交感神經, 副交感神經

## 壹、緒論

### 一、研究背景

人體每一心跳的時間由於持續受到自主神經中交感與副交感神經的影響, 每跳與每跳之間常有數毫秒到數十毫秒不等的差異, 此一現象稱為心率變異(heart rate variability)。根據 Malik et al. (1996)報告所建立的標準, 心率變異分析可分為時域分析(time domain analysis)與頻域分析(spectral domain analysis)兩種。時域分析中所有心跳間期的標準偏差(standard deviation of the NN interval, SDNN)、相鄰正常心跳間期差值超過正常心跳間期差 50 毫秒的百分比(proportion of differences of adjacent RR intervals > 50 ms, pNN50)、相鄰值平方和的均方根(root mean square successive differences, RMSSD)越大, 表示副交

感神經的作用較強。頻域分析將心跳間期數據經快速傅利葉轉換(fast Fourier transform, FFT)後所得高頻(high frequency, HF)功率參數則為副交感神經活性的指標，低頻(low frequency, LF)功率則與交感神經的活性有關(Seals, 2006)，不過，也有研究指出低頻功率和感壓反射的敏感度有關(Moak et al., 2007)，因此低頻數值可能和副交感神經的活性也有關聯。

近年來，心率變異分析普遍應用於運動與健康科學的研究（許瑞顯，2008），相關橫向的研究顯示心率變異率和個人的身體活動量或是體能(physical fitness)有關，身體活動量較低、坐式生活型態、體能較差或是肥胖者，其心率變異的總功率通常較低(Felber Dietrich et al., 2008; Nagai & Moritani, 2004)。相反的，身體活動量較高者其心率變異分析中高頻比值則較高(Buchheit, Platat, Oujaa, & Simon, 2005)。此外，縱向的研究也顯示運動訓練能夠改變心率的變異程度，例如 Gamelin, Berthoin, Sayah, Libersa, and Bosquet (2007)的研究，顯示 10 名年輕健康受測者經過 12 個星期的運動訓練後，其心率變異參數 TP 和 LF 顯著增加，SDNN、pNN50、HF 等數據也增加，但未達顯著水準。Martinmaki, Hakkinen, Mikkola, and Rusko (2008)針對 10 名平均年齡 36.8 歲壯年人的研究，也顯示 14 個星期低強度的耐力訓練後，受試者所有心率變異參數均顯著增加，此外，也有其他研究顯示運動訓練會增加心率變異高頻功率和總功率數值(Amano, Kanda, Ue, & Moritani, 2001; Nagai & Moritani, 2004)。以上研究顯示運動能夠提升副交感神經與整體自主神經活性，是運動有益健康的可能生理因素之一。

年齡與性別對於心率變異率也有不同的影響。年齡越大，心率變異率越小，顯示交感神經對於心跳的調控活性隨著年齡增加而升高(Bigger et al., 1995; Umetani, Singer, McCraty, & Atkinson, 1998; Zhang, 2007)。性別對於心率變異影響的研究結果則較不一致，Antelmi et al. (2004)針對 653 名 14-82 歲沒有心臟疾病研究對象的報告，顯示男性心率變異頻域分析 LF 數值高於女性，HF 則顯著低於女性，這說明該研究中男性受測者的心跳受到較多交感神經的影響，女性受測者的心跳則受到較多副交感神經的影響。Bigger et al.針對 40-69 歲族群的研究，也顯示男性心率變異頻域分析數值 LF 數值高於女性，但是 HF 則和女性相似。Umetani et al.針對 260 名 10-99 歲族群的研究則顯示女性在時域分析數據 SDNN 和 pNN50 等均比男性低，此一結果顯示年輕女性的副交感神經活性較低，與上述研究不同。另一針對青少年族群研究顯示性別對於心率變異並無影響(Brunetto, Roseguini, Silva, Hirai, & Guedes, 2005)。此外，Zhang指出男女心率變異分析參數的差異隨著年齡老化逐漸下降。

臺灣年輕族群的身體活動量與體能水準日趨下降，16-24 歲族群有規律身體活動習慣者的比例約只有 10-14%，完全不運動的比例逐年增加(Ku, Fox, McKenna, & Peng, 2006)。針對體適能檢測的研究則顯示許多大學生族群的心肺耐力明顯變差（黃建賓、林金杉、汪在莒，2004）。就國民健康而言，年輕族群心肺耐力的下降是個警訊，因為

心肺功能變差會影響健康，而且此一影響可能延續到老年，因此，隨時注意個人心肺功能的優劣，對於健康的維持有其重要性。然而，對於一般大眾而言，心肺功能的評估如最大耗氧量、登階或是跑走測驗，都必須運動身體，因而往往影響其主動受測意願。近年來，如何以間接測量方法預測心肺功能一直受到運動科學研究者的重視，如 Wier, Jackson, Avers, and Arenare (2006)指出腰圍、脂肪率、身體質量指數等數值可應用於預測最大耗氧量。Stahn, Terblanche, Grunert, and Strobel (2006)的研究則顯示以生物電阻法所估計的肌肉質量也和最大耗氧量有高度相關。根據前面有關心率變異與運動的文獻探討可知，心率變異數值和心肺功能有一定程度的關聯，因此，各項心率變異指標與心肺耐力相關性值得進一步探討。

## 二、研究目的

本研究目的在探討臺灣地區男女大學學生心肺功能和心率變異參數的相關性，並比較各項心率變異指標與心肺耐力相關性的差異。研究結果除了可以釐清臺灣地區年輕族群自主神經功能與心肺功能之間的關聯外，也能提供以健康促進訴求推廣運動的研究基礎。

## 貳、方法

### 一、研究對象

本研究受測者為來自同一大學之學生，經招募後自願參加，並均為健康無疾病者，其中男生與女生各 60 名，共計 120 名（年齡， $19.8 \pm 1.5$  歲；身高， $167.7 \pm 8.7$  公分；體重， $56.9 \pm 8.0$  公斤）（表一）。

表一 受測者基本資料、身體質量指數與體力指數

	全部(N=120)	女生(n=60)	男生(n=60)
年齡(y)	$19.8 \pm 1.5$	$19.9 \pm 1.5$	$19.8 \pm 1.4$
身高(cm)	$167.7 \pm 8.7$	$160.9 \pm 5.9$	$174.5 \pm 5.1^*$
體重(kg)	$56.9 \pm 8.0$	$52.2 \pm 6.8$	$61.5 \pm 6.3^*$
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$20.2 \pm 1.9$	$20.1 \pm 2.0$	$20.2 \pm 1.8$
體力指數	$62.9 \pm 12.0$	$57.8 \pm 10.3$	$67.9 \pm 11.5^*$

註：數值以平均值±標準差表示，\* $p < .05$ 。

### 二、測量方法與步驟

所有受測者在研究進行前，均確認無煙酒習慣，並叮囑在測量前一晚避免熬夜與食用任何刺激性食物或飲料，例如酒或咖啡等。測量時間安排在早上 9-11 點之間進行，以排除生物節律的干擾。在確認受測者 1 小時前無身體不適等異常現象後，進行身高體重測量，接著戴上腕式生理監視器（心律大師，ANSWatch Model TS-0411，臺灣科學地公司）。此一監視器的測量信度在研究前曾以心電儀器確認，各項心率測量數值與心

電儀測得數據經變異數分析，組內相關係數(intraclass correlation coefficient, ICC)均達 0.99 以上，測量信度達顯著水準。受試者安靜平躺於診察床 5 分鐘以上，在血壓與脈波穩定之後，依序進行休息 5 分鐘心率數據擷取與三分鐘登階測驗。

心率變異分析是利用電腦軟體(ANSWatch Manager Pro)計算心跳間期數據，分析過程中由儀器直接排除因移動、咳嗽等造成的不規則心跳（孫德銓等，2006）。此軟體分析是根據 Malik et al. (1996)報告，計算所有心跳間期的 SDNN、RMSSD 和 pNN50。頻域分析法則將心跳間期作快速傅立葉轉換，根據頻譜曲線積分所得總面積為總功率(TP)，依頻率再區分為極低頻(very low frequency, VLF, 0-0.04 Hz)、低頻(low frequency, LF, 0.04-0.15 Hz)與高頻(high frequency, HF, 0.15-0.4 Hz)等頻譜數值。由於個體間心率變異功率數值偏差較大，為了降低偏差以利進行統計分析，在心率變異的研究中常將這些功率數值以自然對數轉換(Martinmäki & Rusko, 2008)後進行後續分析。另外，為排除極低頻功率的影響，將低頻與高頻頻率功率標準化(normalized units, n.u.)，即低頻或高頻功率除以總功率減去極低頻功率後的百分比（ $LF\% = \frac{LF}{TP - VLF} \times 100\%$  與  $HF\% =$

$$\frac{HF}{TP - VLF} \times 100\%$$

)(Malik et al., 1996)。

3 分鐘登階測驗則修改自教育部（2007）網站所公佈，登階箱高度 35 公分，頻率為每分鐘上下 24 次，登階 3 分鐘後，受測者靜坐休息 1 分鐘後，以心率錶(Polar RS400, Finland)記錄受測者恢復期第 1 分鐘心跳率(HR1)、第 2 分鐘心跳率(HR2)、第 3 分鐘心跳率(HR3)，並計算體力指數，其公式如下：體力指數=運動持續時間（秒） $\times 100 / (HR1 + HR2 + HR3)$ 。

### 三、統計分析

本研究以獨立樣本  $t$  考驗檢定男女心率變異參數的差異，以皮爾森積差相關分析受測者體力指數與心率變異參數之間的相關程度。所有資料以 SPSS 12.0 中文版統計軟體分析，研究統計顯著水準訂為 $\alpha=0.05$ 。

## 參、結果

### 一、男女基本資料比較

受測者基本資料、體脂肪百分比與體力指數如表一。男生與女生在身高、體重、與體力指數有顯著差異( $p<.05$ )，身體質量指數(BMI)則無差異。

## 二、男女心率變異參數之比較

男女受測者在心率變異分析上的數值呈現部分差異，如表二所示。時域分析參數經  $t$  檢定未達顯著。頻域分析參數方面，女生的 LF% 顯著較男生低，HF% 則顯著較男生高，也因此女生的 LF/HF 比值較男生顯著為低。功率分析三個數據 TP(lnms<sup>2</sup>)、LF(lnms<sup>2</sup>) 與 HF(lnms<sup>2</sup>) 在男女之間則沒有顯著差異。

表二 男女心率變異參數比較

心率變異參數	女生(n=60)	男生(n=60)
SDNN (ms)	66.47±43.31	69.47±53.97
RMSSD (ms)	84.67±74.19	75.57±83.78
pNN50 (%)	35.12±25.62	32.67±24.12
TP (lnms <sup>2</sup> )	8.06±1.11	8.13±0.99
LF (lnms <sup>2</sup> )	6.10±1.04	6.47±1.08
HF (lnms <sup>2</sup> )	6.69±1.33	6.50±1.11
LF/HF	0.79±0.73	1.29 ±1.25*
LF% (n.u.)	38.17±18.38	49.17±17.31*
HF% (n.u.)	61.68±18.50	51.33±16.60*

註：數值以平均值±標準差表示，\* $p<.05$ 。

## 三、體力指數與心率變異參數之相關分析

受測者體力指數與心率變異分析參數之間的相關分析結果如表三。全部或是男生受測者的體力指數與大部分心率變異參數，即 SDNN、RMSSD、pNN50、TP、LF、HF 等均呈現顯著正相關，但是和 LF/HF、LF% 及 HF% 相關性未達顯著。女生受測者的體力指數則是和 pNN50、TP、LF、HF 等呈現顯著正相關，其中，pNN50 與體力指數的相關係數最高。

表三 體力指數與心率變異參數之相關性

心率變異參數	體力指數與心率變異參數之相關係數		
	女生(n=60)	男生(n=60)	全部(N=120)
SDNN (ms)	.251	.299*	.265*
RMSSD (ms)	.250	.294*	.224*
pNN50 (%)	.429*	.477*	.389*
TP (lnms <sup>2</sup> )	.346*	.372*	.337*
LF (lnms <sup>2</sup> )	.282*	.267*	.316*
HF (lnms <sup>2</sup> )	.294*	.307*	.237*
LF/HF	-.163	-.012	.045
LF% (n.u.)	-.066	-.086	.060
HF% (n.u.)	.066	.083	-.057

\* $p<.05$

## 肆、討論

### 一、討論

本研究受測者三分鐘登階的表現與心率變異時域分析參數 pNN50、SDNN、RMSSD 和頻域分析參數 HF、LF 與 TP 功率呈現正相關，整體看來，研究結果顯示心肺功能較佳者其休息時的心跳受到副交感神經較多的影響。此一結果與 Buchheit and Gindre (2006) 的研究相似，該研究也顯示  $\dot{V}O_{2max}$  較高者其心率變異分析數值 SDNN、RMSSD、pNN50、TP、LF 和 HF 均較  $\dot{V}O_{2max}$  較低者高。由於 3 分鐘登階的表現與個人的心肺功能相關（林建得、陳坤樺、洪睿聲，2004），因此由本研究男女受測者中，心肺功能越佳者其 SDNN、pNN50、RMSSD 與 HF 較高的結果可推論，心肺功能較佳者其休息時的心跳受到副交感神經的調控較多。此外，本研究心肺功能較佳者其自主神經活性指標 TP 也較高，顯示心肺功能越好的受測者整體自主神經的調控也較佳。至於心肺功能越佳受測者，其交感神經活性指標 LF 功率也較高的結果所代表的意義則需進一步討論。

Moak et al. (2007) 的報告指出 LF 功率數值反應的不是一般所認為的交感神經活性，而是感壓反射的敏感程度。感壓反射指的是在血壓升高時，由主動脈和頸動脈血壓接受器將血壓升高訊息傳至延腦心血管中樞，經由降低交感神經與增加副交感神經的作用，以調控心臟與血管使血壓下降的反射機制。由此看來，LF 功率越高，也有可能代表的是感壓反射的敏感程度較高，副交感神經的活性較佳。此一論點也符合一些心率變異的研究結果，例如 Monahan (2007) 的報告指出感壓反射的敏感程度隨年齡增加而下降，Kuo et al. (1999) 有關臺灣地區各年齡族群心率變異的研究則顯示 LF 功率數值也隨著年齡增加而下降，這些研究顯示 LF 功率數值確實和感壓反射敏感度有一定程度的關聯。因此，若以此論點解釋本研究結果，則心肺功能越好者 LF 功率較高所代表的意義是這些受測者感壓反射的敏感程度較高，休息時越能夠藉由副交感神經的作用以降低心跳及血壓所致。不過也有研究仍然認為 LF 功率較高和交感神經活性較高有關，例如 Nagai and Moritani (2004) 有關日本學童的研究顯示身體活動量較高的兒童，其心率變異頻域分析數值 TP、LF 和 HF 功率均較不活動的兒童高，他們認為 LF 功率較高代表身體活動量較高的兒童交感神經活性較高，而此一差異可以增加細胞代謝，降低脂肪的堆積，對於兒童的健康有正面的影響。以上討論顯示，LF 數值所代表的意義並不一致，有待更進一步的研究釐清。

心肺功能和個人身體活動量或運動習慣有關，運動過程中心血管系統必須增加工作以因應身體肌肉系統所需，由於心血管系統與身體其他器官的作用都受到自主神經中的調控，運動過程中交感與副交感神經的作用勢必改變以協調各生理系統的運作。因此，身體活動或是運動除了能夠增進心肺功能之外，長期下來也會改變交感和副交感神經的調控機制，常見的變化是休息時副交感神經活性增加，休息心跳率下降，心率變異分析

數值因而跟著改變。Rennie et al. (2003)指出中高強度的身體活動會降低休息時個體的心跳並改變其心率變異，而休息時心跳較低的可能機制是竇房結產生的節律電位頻率變低，以及心房到心室傳導時間變長所致(Stein, Medeiros, Rosito, Zimerman, & Ribeiro, 2002)。由於竇房結的放電頻率隨時受到交感神經與副交感神經的影響，休息時副交感神經較強對於心跳間期的延長作用便會增強，心率變異程度也就變大，而這可能是本研究心肺功能較佳的男女受測者心率變異數值不同於心肺功能較差者的可能原因之一。

本研究男女受測者心率變異分析 SDNN、RMSSD、pNN50、HF、LF 與 TP 功率數值並無差異，僅在 LF%、HF%和 LF/HF 等數值呈現顯著差異。如同緒論所述，性別對於心率變異影響的研究結果並不一致，Zhang (2007)指出心率變異在年輕族群中差異較大，在老年族群中則不明顯。Kuo et al. (1999)有關臺灣地區 40-79 歲族群心率變異的研究，顯示 40-59 歲族群男女在 LF%、HF%和 LF/HF 等數值同樣地呈現顯著差異，不過和本研究結果不同的是，40-49 歲族群中男性高頻(HF)功率高於女性。由本研究中男女受測者心率變異的差異來看，男性 LF/HF 比值和 LF%顯著高於女性，LF 功率也高於女性，女性的 HF%顯著高於男性，HF 功率也高於男性，顯示本研究男性受測者休息時心跳受到交感神經的影響較多，女性則是副交感神經較多。造成此差異的原因可能為解剖上的差異，男性交感神經節數目較多(Ettinger et al., 1996)，因此交感神經的作用自然較強，另一可能原因則是內分泌上的差異，由於女性荷爾蒙能夠增強乙醯膽鹼的作用(Du, Dart, & Riemersma, 1994)，因此對於以乙醯膽鹼作為傳導物質的副交感神經影響也就較大，女性的副交感神經的活性相對較高。

心率變異分析數值與三分鐘登階表現相關性的比較方面，男女受測者中相關係數最高的都是 pNN50 (表三)，Buchheit and Gindre (2006)的研究中利用多元回歸分析方法顯示，心率變異參數與最大耗氧量顯著相關數值為 pNN50、RMMSD 和 HF，兩個研究結果均顯示 pNN50 與心肺耐力相關測量數值有較高的相關性。pNN50 為相鄰正常心跳間期差值超過 50 毫秒的百分比，百分比越高代表休息時每一下心跳之間的心跳間期落差越多。由於休息時主要是副交感神經作用主宰心跳節奏(Seals, 2006)，因此心肺功能較好的男女受測者 pNN50 百分比較高，顯示本研究心肺功能較好的受測者其休息時心跳確實是受到較多副交感神經的影響。根據上述，再加上心率變異分析屬於非侵襲性(non-invasive)方法，測量過程也不需運動等特性，pNN50 百分比可以應用於心肺耐力的初步預測。至於 LF %、HF %和 LF/HF 等數值和三分鐘登階表現的相關性沒有顯著差異，則可能是這三個數值為相對數值，個體間的差異在計算過程中降低，因而與體力指數的相關性未能顯現出來。

## 二、結論

本研究中大學年齡層族群，不管是男性或是女性，心率變異分析結果顯示心肺功能

越佳者，其休息時心跳受到較多副交感神經的影響，整體自主神經的調控也較佳，顯示心肺功能的增加有助於提升休息時副交感神經的作用，是運動有益健康的可能機制之一。男女受測者的心率變異分析數值有部分差異，顯示男生的交感神經活性大於女生，副交感神經活性則相對低於女生。另外，pNN50 與體力指數相關較高，可供作為未來初步預測心肺耐力之指標。

### 三、研究限制

本研究礙於受測者的招募與測量時間等因素，在研究對象與方法上各有其限制之處。第一，本研究僅以同一大學有意願學生為研究對象，雖然受測者事實上來自臺灣各地區，但本研究結果無法推論至臺灣地區所有大學或是年輕族群。第二，三分鐘登階測驗並非最大運動測試方法，雖然根據林建得等（2004）的研究，本研究採用 35 公分登階箱高度與每分鐘上下 24 次的測量與最大耗氧量的相關係數為 0.610，並具顯著性，不過在代表心肺功能的意義上仍有些許不足的地方。

### 參考文獻

- 林建得、陳坤寧、洪睿聲（2004）。登階測驗與身體組成預測最大攝氧量。《臺灣醫學》，8 卷 2 期，175-183 頁。
- 孫德銓、郭益源、梁楊鴻、湯勝輝、林裕峰、張永賢（2006）。新型腕式生理監視器—心律大師之簡介及其中西醫學應用。2006 年工程科技與中醫藥學術研討會大會論文集，臺中市，中國醫藥大學。
- 教育部（2007，10 月 11 日）。三分鐘登階測驗。資料引自教育部體適能網站<http://www.fitness.org.tw/TW/measure06.html>
- 許瑞顯（2008）。心率變異度之簡介及其在運動科學上之應用。《大專體育》，94 期，139-145 頁。
- 黃建賓、林金杉、汪在莒（2004）。逢甲大學大一新生體適能調查研究。《逢甲大學社會學報》，9 期，203-230 頁。
- Amano, M., Kanda, T., Ue, H., & Moritani, T. (2001). Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1287-1291.
- Antelmi, I., De Paula, R. S., Shinzato, A. R., Peres, C. A., Mansur, A. J., & Grupi, C. J. (2004). Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *American Journal of Cardiology*, 93(3), 381-385.
- Bigger, J. T., Jr., Fleiss, J. L., Steinman, R. C., Rolnitzky, L. M., Schneider, W. J., & Stein, P.



- K. (1995). RR variability in healthy, middle-aged persons compared with patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction. *Circulation*, 91(7), 1936-1943.
- Brunetto, A. F., Roseguini, B. T., Silva, B. M., Hirai, D. M., & Guedes, D. P. (2005). Effects of gender and aerobic fitness on cardiac autonomic responses to head-up tilt in healthy adolescents. *Pediatric Cardiology*, 26(4), 418-424.
- Buchheit, M., & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: Respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), H451-H458.
- Buchheit, M., Simon, C., Charloux, A., Doutreleau, S., Piquard, F., & Brandenberger, G. (2005). Heart rate variability and intensity of habitual physical activity in middle-aged persons. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(39), 1530-1534.
- Du, X. J., Dart, A. M., & Riemersma, R. A. (1994). Sex differences in the parasympathetic nerve control of rat heart. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 21(6), 485-493.
- Ettinger, S. M., Silber, D. H., Collins, B. G., Gray, K. S., Sutliff, G., Whisler, S. K., et al. (1996). Influences of gender on sympathetic nerve responses to static exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(1), 245-251.
- Felber Dietrich, D., Ackermann-Liebrich, U., Schindler, C., Barthelemy, J. C., Brandli, O., Gold, D. R., et al. (2008). Effect of physical activity on heart rate variability in normal weight, overweight and obese subjects: Results from the SAPALDIA study. *European Journal of Applied Physiology*, 104(3), 557-565.
- Gamelin, F. X., Berthoin, S., Sayah, H., Libersa, C., & Bosquet, L. (2007). Effect of training and detraining on heart rate variability in healthy young men. *International Journal of Sports Medicine*, 28(7), 564-570.
- Ku, P. W., Fox, K. R., McKenna, J., & Peng, T. L. (2006). Prevalence of leisure-time physical activity in Taiwanese adults: Results of four national surveys, 2000-2004. *Preventive Medicine*, 43(6), 454-457.
- Kuo, T. B., Lin, T., Yang, C. C., Li, C. L., Chen, C. F., & Chou, P. (1999). Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. *American Journal of Physiology*, 277(6, Pt. 2), H2233-H2239.
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., et al. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354-381.

- Martinmaki, K., Hakkinen, K., Mikkola, J., & Rusko, H. (2008). Effect of low-dose endurance training on heart rate variability at rest and during an incremental maximal exercise test. *European Journal of Applied Physiology*, 104(3), 541-548.
- Martinmäki, K., & Rusko, H. (2008) Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 102(3), 353-360.
- Moak, J. P., Goldstein, D. S., Eldadah, B. A., Saleem, A., Holmes, C., Pechnik, S., et al. (2007). Supine low-frequency power of heart rate variability reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervation. *Heart Rhythm*, 4(12), 1523-1529.
- Monahan, K. D. (2007). Effect of aging on baroreflex function in humans. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 293(1), R3-R12.
- Nagai, N., & Moritani, T. (2004). Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 28(1), 27-33.
- Rennie, K. L., Hemingway, H., Kumari, M., Brunner, E., Malik, M., & Marmot, M. (2003). Effects of moderate and vigorous physical activity on heart rate variability in a British study of civil servants. *American Journal of Epidemiology*, 158(2), 135-143.
- Seals, D. R. (2006). The autonomic nervous system. In C. M. Tipton, M. N. Sawka, C. A. Tate, and R. L. Terjung (Eds.), *ACSM's advanced exercise physiology* (pp. 197-245). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams, and Wilkins .
- Stahn, A., Terblanche, E., Grunert, S., & Strobel, G. (2006). Estimation of maximal oxygen uptake by bioelectrical impedance analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 96(3), 265-273.
- Stein, R., Medeiros, C. M., Rosito, G. A., Zimmerman, L. I., & Ribeiro, J. P. (2002). Intrinsic sinus and atrioventricular node electrophysiologic adaptations in endurance athletes. *Journal of the American College of Cardiology*, 39(6), 1033-1038.
- Umetani, K., Singer, D. H., McCraty, R., & Atkinson, M. (1998). Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: Relations to age and gender over nine decades. *Journal of the American College of Cardiology*, 31(3), 593-601.
- Wier, L. T., Jackson, A. S., Avers, G. W., & Arenare, B. (2006). Nonexercise models for estimating  $\dot{V}O_{2max}$  with waist girth, percent fat, or BMI. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(3), 555-561.
- Zhang, J. (2007). Effect of age and sex on heart rate variability in healthy subjects. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 30(5), 374-379.

## Correlation among Sex, Cardiopulmonary Capacity and Heart Rate Variability in College Students

**Jong-Chang Tsai<sup>1</sup> and Yi-Yu Chen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Physical Education, National Changhua University of Education, Changhua 500, Taiwan  
and

<sup>2</sup>Graduate Institute of Sports & Health, National Changhua University of Education, Changhua 500, Taiwan

### Abstract

**Purpose:** This study was aimed to discern the correlations among sex, cardiopulmonary function and heart rate variability in young adults. **Methods:** 120 college students were recruited in this study. Each subject was asked to arrive to laboratory between 9:00-11:00 a.m., to complete two measurements including heart rate variability analysis by wrist monitor of heart rate and cardio-respiratory function by 3-minute step test. The data were analyzed by *t*-test and Pearson product-moment correlation coefficient. **Results:** The LF% and LF/HF of males were higher than that of females, while the HF% of males was significantly lower than that of females. Cardio-respiratory endurance evaluated by 3-min step test was positively correlated with the SDNN, pNN50, RMSSD, TP, HF, and LF. The pNN50 is most related to the 3-min step test score in respect to other HRV indexes. **Conclusion:** The activities of sympathetic nervous system in males were higher than those in females, and the activities of parasympathetic nervous system in males were lower than those in females. Individuals with better cardio-respiratory function might have higher HRV and better modulation of autonomic function.

**Key words:** HRV analysis, 3-minute step test, sympathetic nerve, parasympathetic nerve