

穿戴式智聯網下背痛肌電監測系統之研發III

陳俊廷^a, 謝穎^a, 蕭諭璟^a, 林政立^b, 林呈鳳^c, 方晶晶^a

^a國立成功大學機械工程學系, ^b國立成功大學附設醫院骨科部, ^c國立成功大學物理治療學系

動機與目的

下背痛為現代普遍症狀，而下背肌群疲勞為下背痛主成因而一[1]，當人們過於專注工作時，易因姿勢不良肌群間發生代償作用，使肌群疲勞無力，導致下背痛發生率上升，人們常等到下背痛發生後才去治療，但痊癒後又無適當預防措施，而陷於下背痛復發的循環。物理治療師積極於調整人們活動中的姿勢，達到阻絕下背痛循環。但這樣改善僅限於物理治療師的監督下，能做到有效預防，一般人較難做到自主且定時地注意自身姿勢，因此較容易再次陷入下背痛循環。

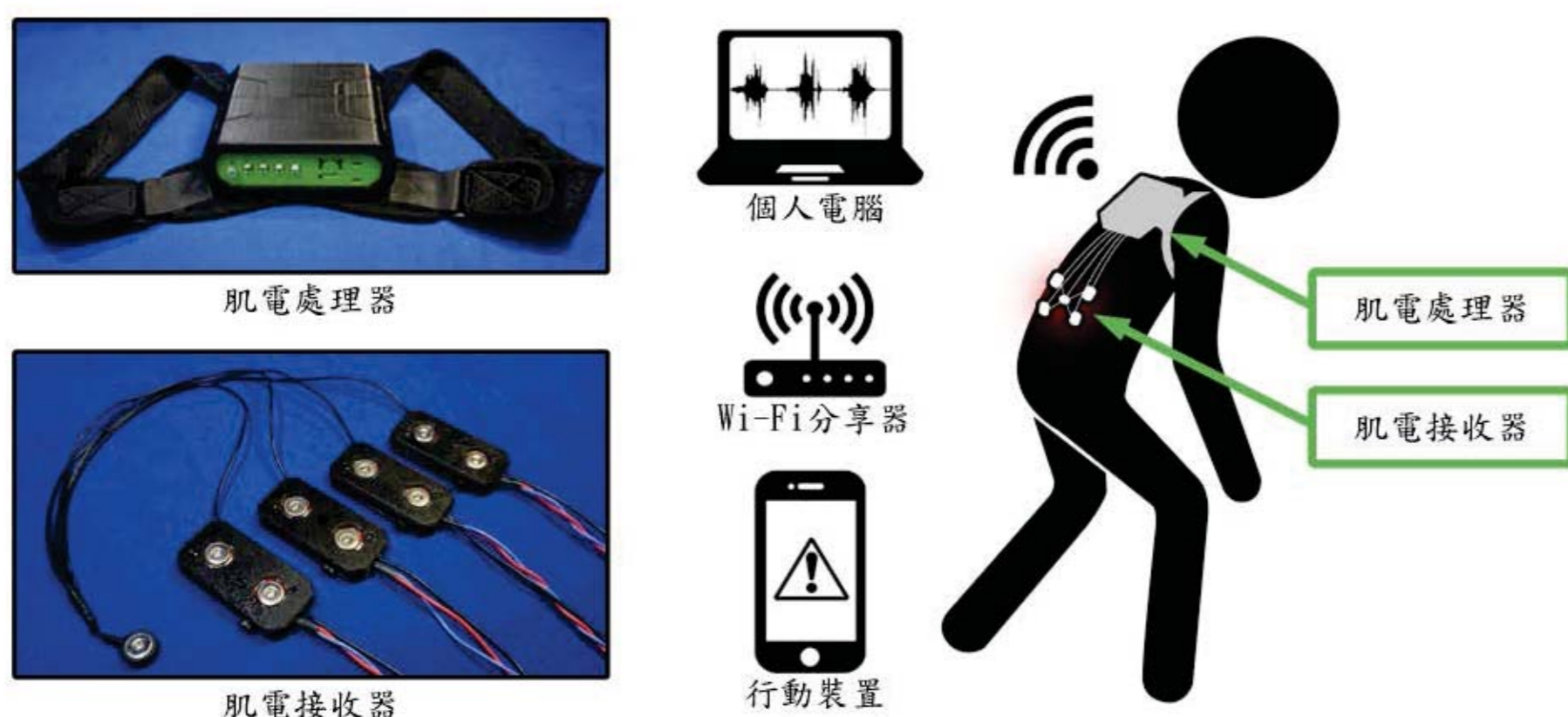
本研究期望透過即時顯示下背肌群疲勞程度，提醒使用者適時地放鬆或改變姿勢，於下背肌群疲勞前起到預防作用，進而阻斷下背痛復發循環。基於前兩年開發成果，整合硬軟體與通訊介面，建構穿戴式智聯網下背痛肌電系統，驗證接收訊號可行性、穩定與重複性，第三年開發預警行動裝置APP軟體、建立下背肌群疲勞程度預警，並探討系統估計下背肌群疲勞程度合理性與臨床意義。

[1] Roy, S. H., De Luca, C. J., and Casavant, D. A., "Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain," Spine, Vol.14, No.9, pp.992-1001, 1989.



系統與無線傳輸架構

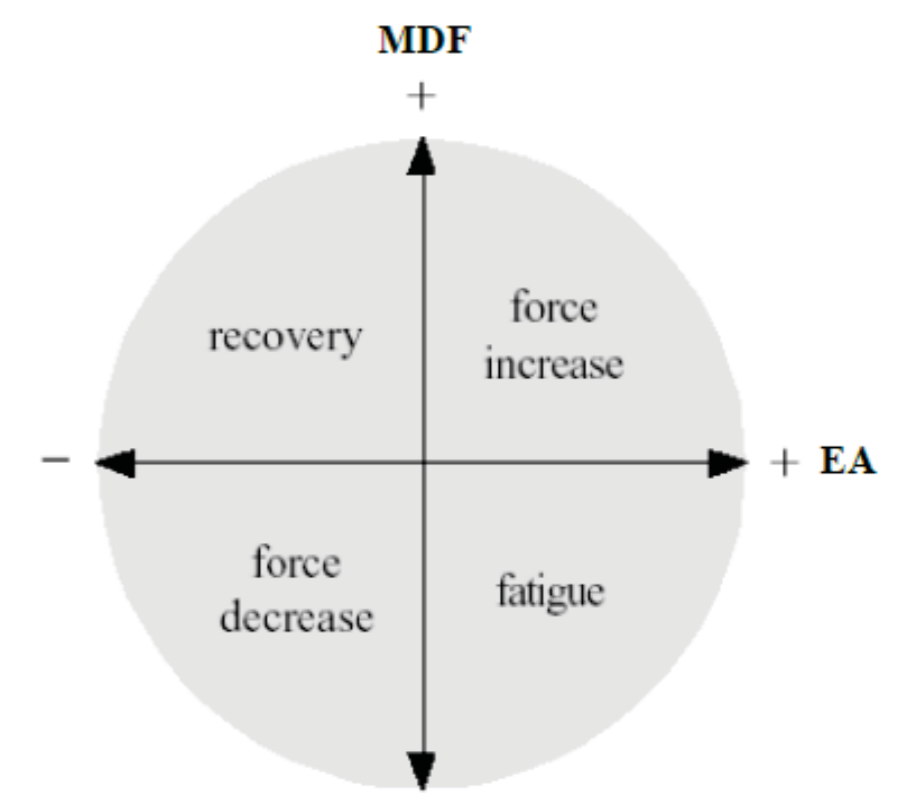
系統硬體包含Wi-Fi分享器、個人電腦與行動裝置，以及自製穿戴式的肌電接收器加上肌電處理器。整個系統都在Wi-Fi分享器的區域網路範圍內，因此穿戴式裝置與個人電腦或行動裝置之間採取無線的資料傳輸方式。



肌電訊號與疲勞關聯

根據振幅頻率聯合分析法(JASA)，對肌電訊號時域和頻域變化綜合考量，能更好地反映肌群疲勞真實情況[2]。圖中不同象限代表四種肌電訊號特徵值變化分別對應的肌群真實生理狀態：

1. 肌電活動性增加、頻域往高頻移動：
表示目標肌群施力正在增加；
2. 肌電活動性降低、頻域往低頻移動：
表示目標肌群施力正在減少；
3. 肌電活動性降低、頻域往高頻移動：
表示目標肌群正在從疲勞中恢復；
4. 肌電活動性增加、頻域往低頻移動：
表示目標肌群正在趨向疲勞。



[2] Lowery, M. M., Vaughan, C. L., Nolan, P. J., and O'Malley, M. J., "Spectral compression of the electromyographic signal due to decreasing muscle fiber conduction velocity," IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Vol.8, No.3, pp.353-361, 2000.

下背肌群疲勞程度評估

以振幅頻率聯合分析法為基礎，綜合中位數頻率(MDF)的下降程度與方均根(RMS)的上升程度作為下背肌群疲勞程度的估計。

$$Level_{Fatigue_MDF} = \left\lceil \left| \frac{MDF - MDF_{MAX}}{MDF_{MAX}} \right| \times 10 \right\rceil$$

$$Level_{Fatigue_RMS} = \left\lceil \left| \frac{RMS - RMS_{MIN}}{RMS_{MIN}} \right| \times 10 \right\rceil$$

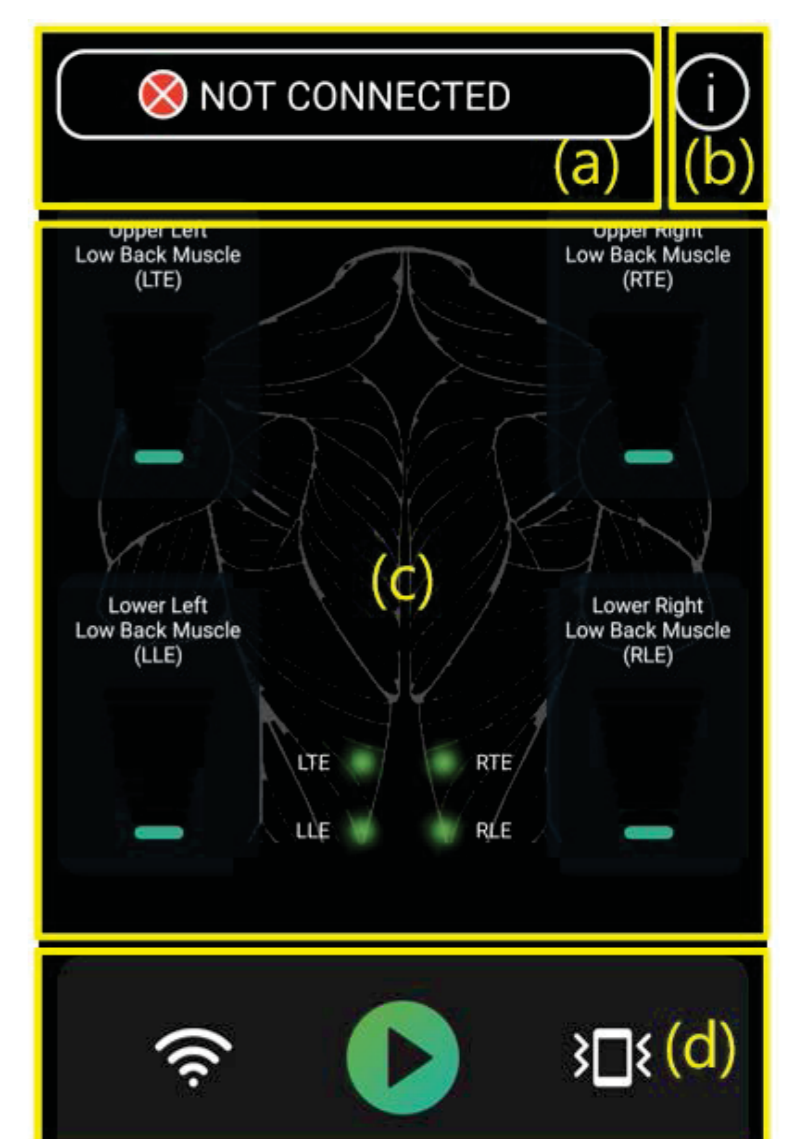
$$Level_{Fatigue} = \left\lceil (Level_{Fatigue_MDF} + Level_{Fatigue_RMS}) / 2 \right\rceil$$

若Level_{Fatigue}達到第十級，則表示Level_{Fatigue_MDF}或Level_{Fatigue_RMS}反映下背肌群已達最嚴重的疲勞程度。如果是方均根與中位數頻率同時下降或同時上升，只是代表下背肌群施力正在增加或減少，並非下背肌群疲勞趨勢發生變化，因此疲勞程度於此兩狀況則會維持不變。

行動裝置疲勞警示軟體

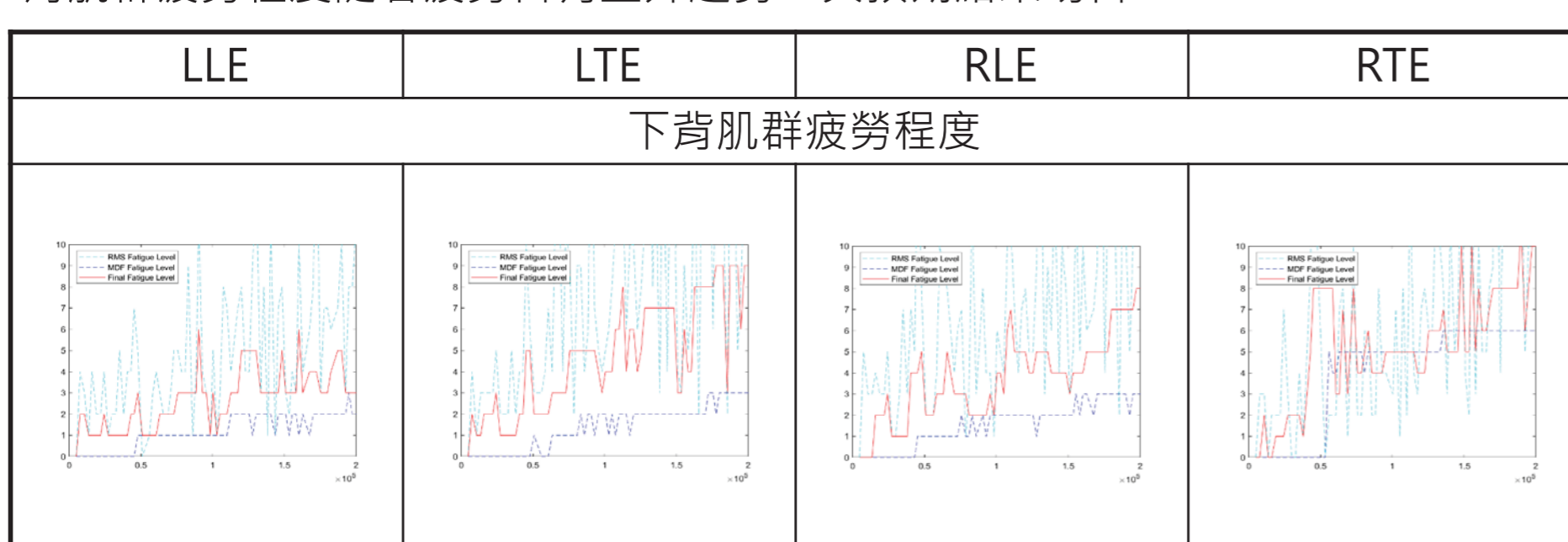
處理後的肌電訊號以Wi-Fi無線傳輸的方式傳至行動裝置，於行動裝置端的疲勞警示軟體會依肌電訊號計算出肌電特徵值來判斷使用者下背疲勞的狀態並顯示其疲勞程度。

行動裝置將於疲勞程度達五格時開始有低頻率的震動警示，達十格時則有高頻率的震動警示來提醒使用者適時地放鬆下背肌群，以避免痠痛過度累積。



下背肌群疲勞測試實驗

目的為測試穿戴本系統的受試者其下背肌群於動態等長伸縮並趨近於疲勞的過程中，系統所評估的肌群疲勞程度是否符合預期趨勢。將請受試者進行抬背動作，直到疲勞無法再進行。共招募6名受試者進行實驗，實驗結果所有受試者下背肌群疲勞程度隨著疲勞皆有上升趨勢，與預期結果吻合。



結果與討論

本系統專門用以監測個人的下背肌群疲勞程度，並對採集之肌電訊號進行特徵值運算，於使用者行動裝置圖像式呈現個人下背肌群疲勞程度，未來可規劃於行動裝置上呈現肌群目前的生理狀態，呈現於振幅頻率聯合分析法四個象限的相對位置。相較於市售肌電監測系統目前大多應用於實驗室或大型醫院等場域，且需要專業人員協助下才能操作，及解讀肌電訊號趨勢中所反映之肌群生理狀態變化，本系統的使用者不需對肌電訊號相關的繁雜學問有所瞭解，只需閱讀本系統提供操作說明即可簡單上手，提供一般人於日常生活中時刻監測自身下背肌群疲勞程度，進行適當地放鬆以減少下背痛的發生率。

本研究透過呈現下背肌群疲勞程度，讓使用者主動進行適時地下背肌群放鬆，以達到預防下背肌群疲勞所衍生的下背痛，未來可望於下背肌群程度增強時，穿戴式系統則以震動或是電刺激等來活化、放鬆下背肌群，進而達到全自動的穿戴式下背肌群疲勞監測與刺激活化系統。