1. 標題
2. 目錄

標題 1

目錄 2

致謝 3

中文摘要 5

ABSTRACT 6

CONTENTS 7

Chapter 1 Introduction 8

1.1 Motivation 8

1.2 Background survey 8

1.2.1 Algorithm 8

1.2.2 Data structure 8

LIST OF FIGURES 10

LIST OF TABLES 11

Reference 12

1. ㄌig.1ㄌig.1致謝
2. 中文摘要
3. ABSTRACT
4. CONTENTS

Contents

[標題 i](#_Toc527976914)

[目錄 ii](#_Toc527976915)

[ㄌig.1ㄌig.1致謝 iii](#_Toc527976916)

[中文摘要 iv](#_Toc527976917)

[ABSTRACT v](#_Toc527976918)

[CONTENTS vi](#_Toc527976919)

[LIST OF FIGURES vii](#_Toc527976920)

[LIST OF TABLES viii](#_Toc527976921)

[2.1 研究動機與目的 8](#_Toc527976922)

[2.2 論文架構 8](#_Toc527976923)

[第二章　研究背景 1](#_Toc527976924)

[2.1 肌電訊號 1](#_Toc527976925)

[2.1.1 肌電訊號量測 1](#_Toc527976926)

[2.1.2 表面式肌電訊號量測 2](#_Toc527976927)

[2.2 EMG應用於肢體角度預測 4](#_Toc527976928)

[2.2.1 大肢體角度預測 4](#_Toc527976929)

[2.2.2 手腕角度預測 4](#_Toc527976930)

[2.3 sEMG訊號特徵 5](#_Toc527976931)

[Reference 6](#_Toc527976932)

1. LIST OF FIGURES

Fig. 1.1 9

1. LIST OF TABLES

Table. 1.1 9

# 緒論

## 研究動機與目的

隨著醫療科技的進步，幫助截肢病人回歸正常生活的義肢，從傳統的被動逐漸轉為現代的仿生主動；傳統義肢由仍能正常活動的前肢帶動，無法做出細微的動作；現代的主動仿生義肢解析肌電訊號帶動馬達做出預設的多個動作。

近年來許多研究者以EMG訊號實現比例肌電控制（Proportional myoelectric control），讓使用者能做出更精密的動作，控制小腿、前臂、手腕甚至手指的活動角度。如何精準地解析EMG訊號並推測肢體移動角度，成為新一代仿生義肢的研究主題，我們也以此為主要研究方向。

本論文將各式訊號分離方法，套用於過去無法輕易分離的EMG訊號，增加對於手腕動作比例肌電控制的預測準確率。

## 論文架構

# 研究背景

## 肌電訊號

肌電訊號是肌肉收縮時產生的電信號。當人體令肌肉收縮時，和肌肉纖維共同組成運動單元（Motor unit）的運動神經元（Motor neuron），透過肌肉纖維傳送脈衝。當脈衝傳至肌肉纖維，肌肉纖維的細胞膜（Sarcolemma）去極化（Depolarize），離子在細胞內外的濃度改變造成電位改變，此電位變化被稱為動作電位（Motor unit action potential）。大量肌肉纖維共同產生動作電位被稱為肌電訊號。

由於來源的複雜性，肌電訊號為高斯分布，大小通常為數毫伏[1]。肌電訊號頻帶在0至500赫茲之間，因此歐盟規劃的SENIAM計畫（Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles）建議在取樣時，其取樣頻率須至少為1000赫茲，解析度建議在14位元以上[2]。

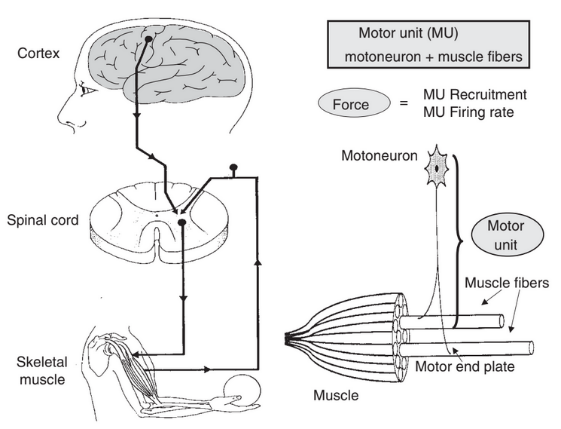


圖 1 - 人體動作控制機制示意圖

### 肌電訊號量測

肌電訊號量測（Electromyography，EMG）泛指量測肌肉收縮時產生的肌電信號的各種方法。

早在二十世紀初期，科學家便發現肌肉張力伴隨著EMG訊號的活動強度增強而增加，並依此研究人體構造[3]。現在的EMG訊號分析應用包括步態分析[4]、疲勞分析[5]、運動神經細胞疾病診治[6]和義肢控制[7]–[11]。在某些肌肉等長收縮（Isometric contraction）時，EMG訊號的大小和肌肉張力呈現線性關係[12]，但多數情況下並非如此。再者，EMG訊號的量測會受肌肉長度、疲勞、帶氧量影響，因此EMG訊號和肌肉張力具有高度非線性關係[1]。

肌電訊號量測分為侵入式和表面式。侵入式EMG利用針電極（Needle electrode）穿刺皮膚，能夠量測到單一運動單元所產生的動作電位。因能夠準確的量測特定肌群，侵入式EMG常被應用於運動神經疾病的診斷上。操作者必須擁有生理、解剖上的知識，其量測品質和操作者的技術有極大關係，再加上使用時病患有不適應感並容易造成感染，因此多在專業醫療環境中使用[13]。一般應用上，表面式EMG的使用較為廣泛，也是此論文的研究重點。

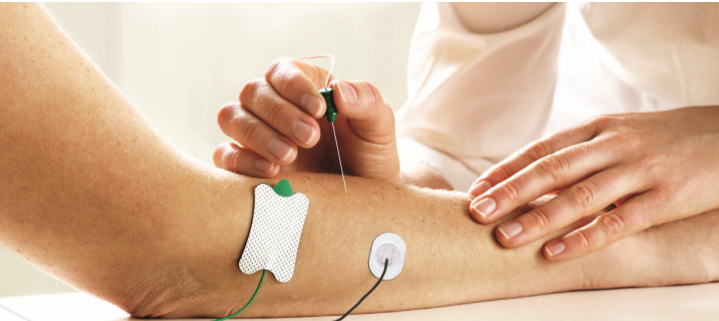


圖 2 - 侵入式EMG

### 表面式肌電訊號量測

表面式肌電訊號量測（Surface Electromyography，sEMG）利用黏貼於皮膚表面的電極量測源自於肌肉深處的肌電訊號。

表面式EMG電極離EMG訊號較遠，量測時只能瞄準單一肌肉群。視電極位置，量測到的動作電位甚至可能源於多個肌肉群。這是由於人體肌肉在傳導EMG訊號時，其等效電路為一組複雜的空間導體（Volume conductor）。從訊號處理角度來看，sEMG訊號容易受多個肌肉群交擾（Cross-talk）[14]，使得其分析又較侵入式EMG困難。

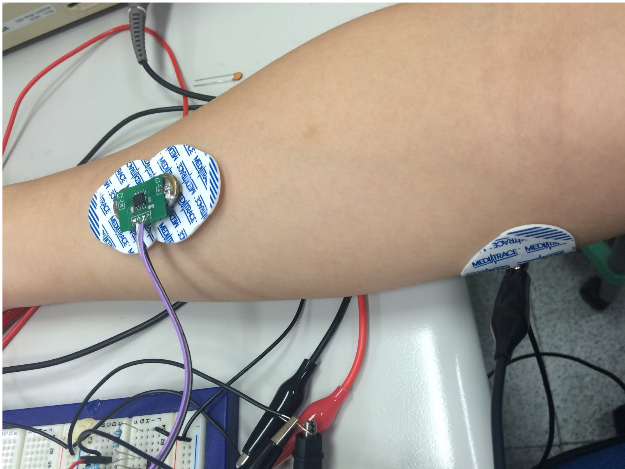
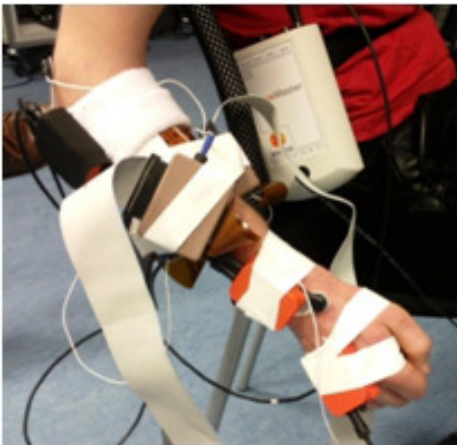
　　　　　

　　圖 3 - 雙極式sEMG電極　　　　　　圖 4 - 表面式EMG陣列[15]

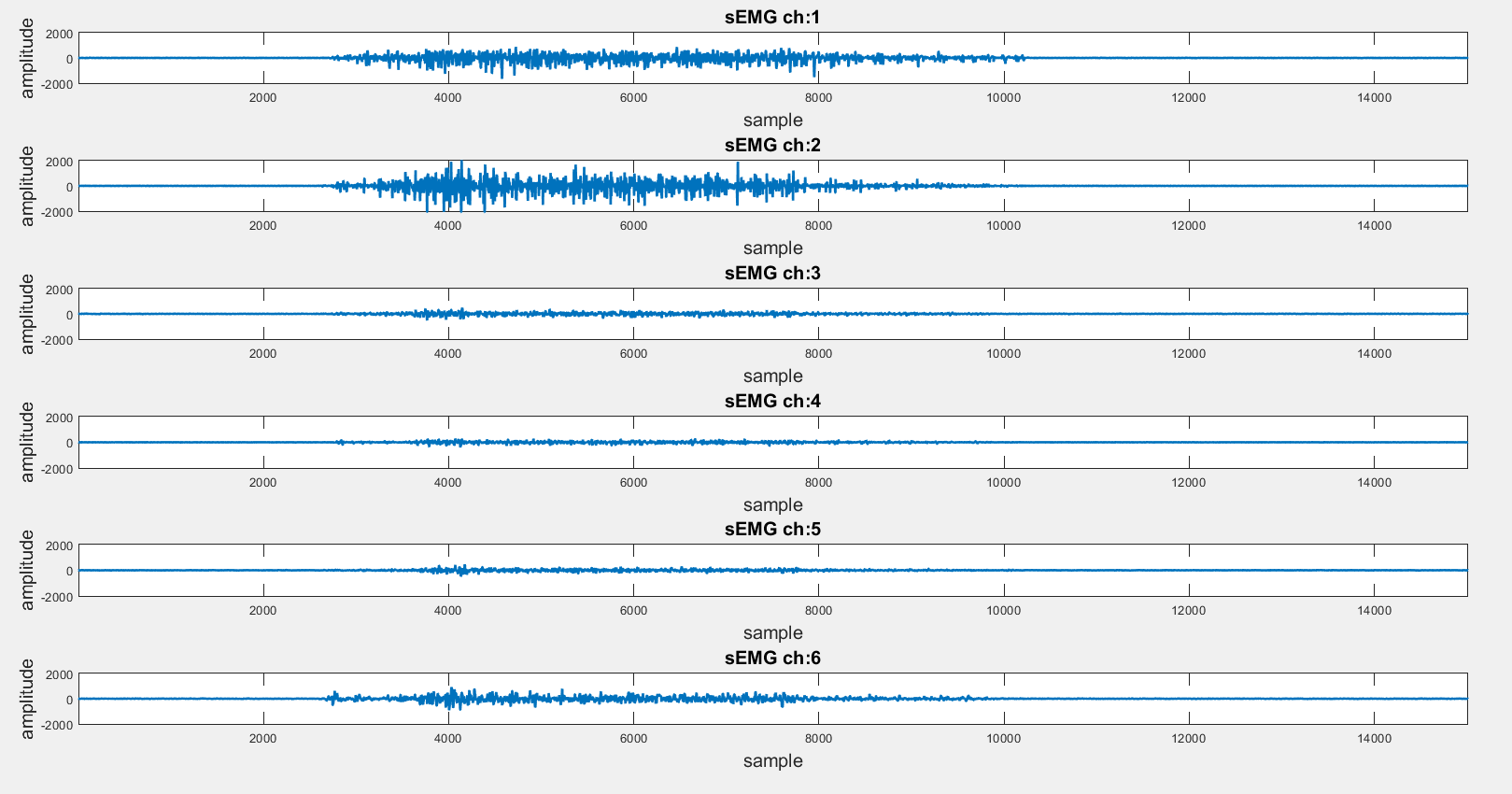


圖 5 - sEMG交擾

表面式EMG電極配置可以分為陣列式和雙極式。陣列式電極由數十至數百個單極電極組成，其優點是可以用來偵測EMG脈衝訊號在肌肉纖維上的傳導速度（Conduction velocity），此傳導速度可以被用來診斷個是運動神經疾病[16]。其缺點是價格昂貴、周邊設備多且配戴時行動不便。在不需要大量資料的一般應用中並不會使用。

表面式EMG電極通常為雙極（Bipolar）單差（Single differential）配置。將皮膚上的兩點的電位相減，得到的電位差視作該點所量測到的動作電位。此配置能夠將直流等共模雜訊濾除，提升訊號品質[1]。SENIAM計畫建議兩極之前的距離20毫米，並沿著肌肉纖維延伸的方向放置[17]。

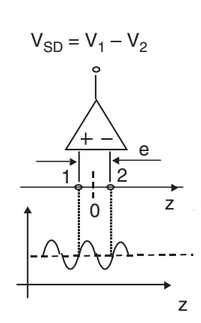


圖 6 - 雙極式sEMG等效電路[1]

## EMG應用於肢體角度預測

隨著EMG訊號量測技術和義肢工藝的進步，近來控制精密義肢成為EMG的熱門研究主題。研究目標也從過去簡單的一維開關控制[18]，轉為多維的比例肌電控制[7], [8]。以下我們將探索先前的研究。

### 大肢體角度預測

大肢體角度預測的研究範圍包括手肘彎曲角度[19]、肩膀旋轉角度[9], [20], [21]以及腿部伸展角度[22]的預測。這類型肢體的肌群較大，且量測上交擾的現象較少，EMG訊號的分析較小肢體角度預測簡單。

Aung與Al-Jumaily[9]利用四通道的sEMG訊號的方均根植和倒傳遞類神經網路（Back-propagation neural network）預測活動時肩膀和手肘的角度；Mamikoglu等[19]以十四通道sEMG結合外部輸入自回歸滑動平均模型（Auto-regressive integrated moving average with exogenous input）預測活動時的手肘角度；在平順的移動時，兩種預測方法都能有高於90%的準確率。

有較於前兩者預測活動時的肢體角度，Castro等[23]試著只用兩通道的sEMG預測手肘非移動時的角度。由於兩通道的sEMG正好能量測手肘伸展會用到的主動肌（Agonist muscle）和拮抗肌（Antagonist muscle），這是正確辨識肢體角度的最少通道數。因其資訊量少，此論文在預測手腕是否在0、45、90度的準確率僅有70%。

### 手腕角度預測

由於需帶動手腕、手掌和手指的動作，人類的前臂有大量的肌肉。肌肉數量多加上層層交疊，手腕角度的預測在近來才有比較高的準確率。

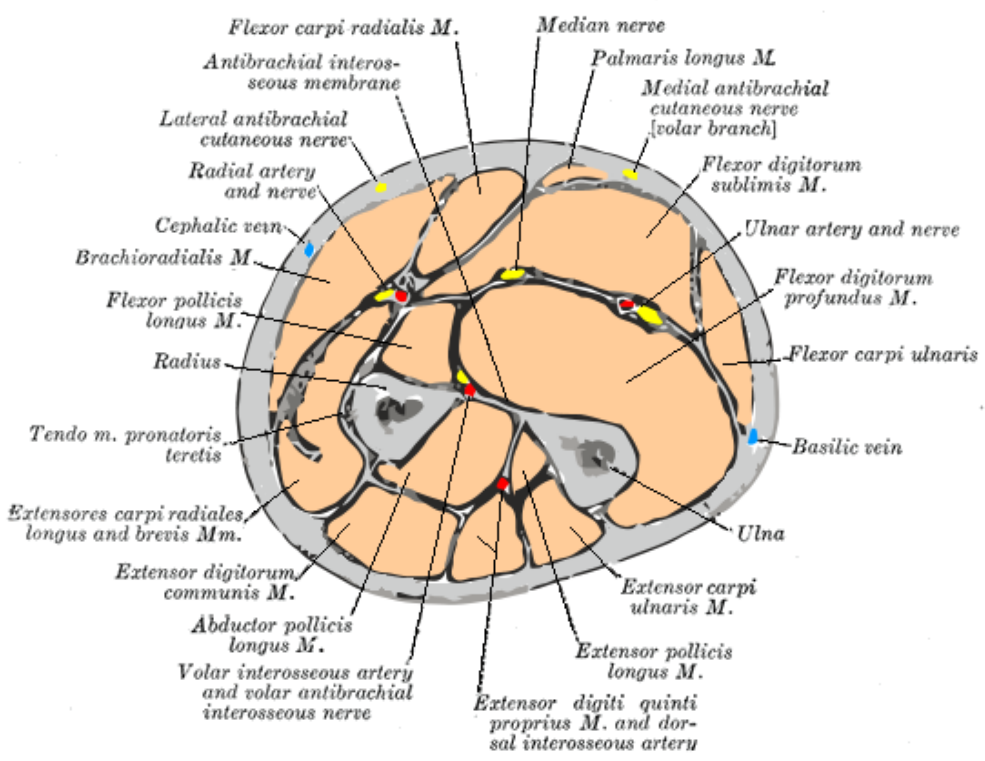


圖 7 - 人類前臂肌肉[24]

手腕的動作可以分為3組：

1. 彎曲（Flexion）和伸展（Extension）：手掌面下，上下移動手掌
2. 撓骨側偏移（Radial deviation）和尺骨側偏移（Ulnar deviation）：手掌面下，左右移動手掌
3. 往外反掌（Supination）和往內反掌（Pronation）：手掌面左，左右旋轉手掌

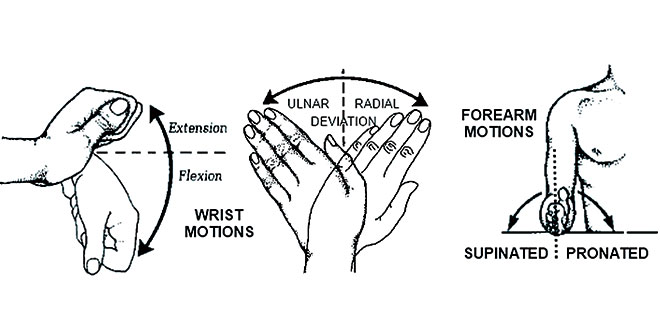


圖 8 – 手腕動作

在手腕角度預測的研究中，手腕的彎曲和伸展是必定探討的動作[10], [11], [15], [21], [25]–[29]；次之是尺骨側偏移和撓骨側偏移[10], [15], [25], [27], [28], [30]；最後則是往外反掌和往內反掌[11], [25], [29], [30]。研究中，預測準確率依此順序降低，而原因我們可以從三者所使用的肌肉分布看出：

1. 彎曲和伸展：
   1. 彎曲
      1. Flexor Carpi Radialis
      2. Flexor Carpi Ulnaris
      3. Flexor Digitorum Superficialis
      4. Flexor Pollicis Longus
   2. 伸展
      1. Extensor Digitorum
      2. Extensor Carpi Radialis
      3. Extensor Carpi Ulnaris
      4. Extensor Pollicis Longus
2. 撓骨側偏移和尺骨側偏移
   1. 撓骨側偏移
      1. Flexor Carpi Radialis
      2. Extensor Carpi Radialis
   2. 尺骨側偏移
      1. Flexor Carpi Ulnaris
      2. Extensor Carpi Ulnaris
3. 往外反掌和往內反掌
   1. 往外反掌
      1. Supinator Muscle
      2. Biceps Brachii
   2. 往內反掌
      1. Pronator Teres
      2. Pronator Quadratus

彎曲和伸展的肌肉（Flexor、Extensor）屬於淺層肌肉，而和彎曲和伸展共用肌肉的撓骨側偏移和尺骨側偏移也因此屬於淺層肌肉[31]。這使得sEMG容易，訊號分析也較簡單[25]。反之，往外反掌和往內反掌所用到的肌肉（Supinator、Pronator）屬於深層肌肉[31]，不易量測，且很難找到確切的放置電極。

儘管如此，由於這些肌肉都位處於手肘附近，我們可以將多個電極以同心圓等距放置於手肘附近，不須精準地找到肌肉的位置。過去的研究利用這種電極配置都能有不錯的效果[11], [30]。

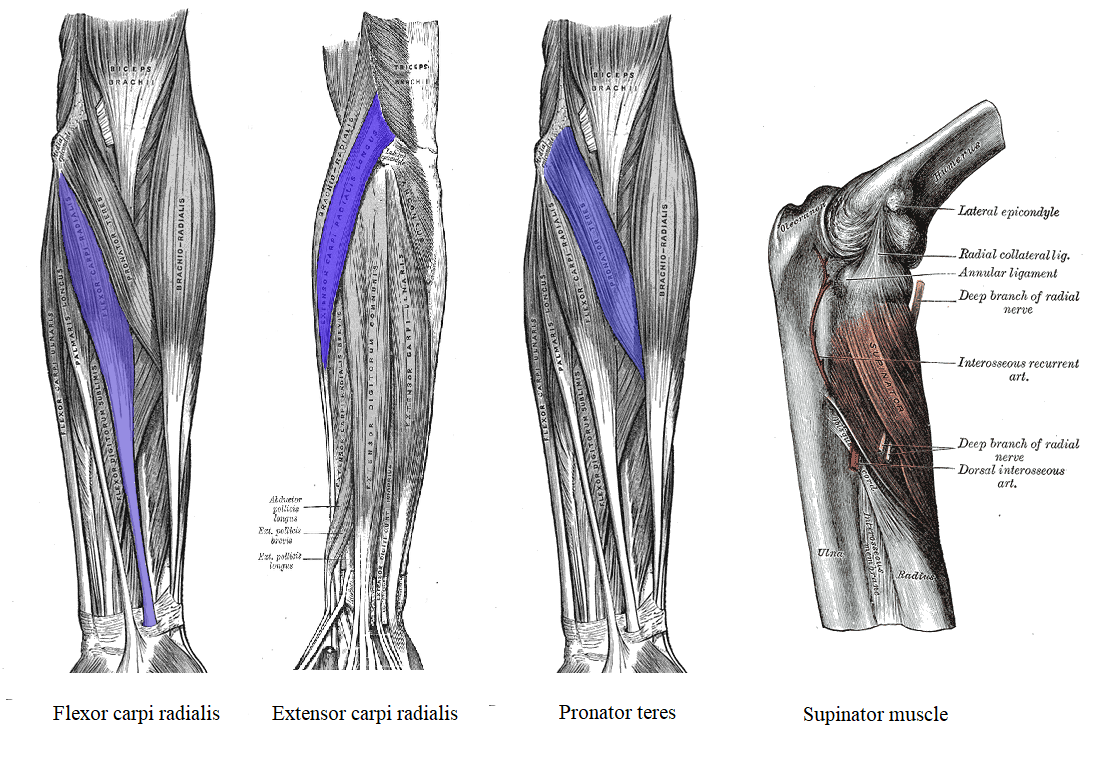


圖 9 – 手腕動作肌肉[24]

此論文中，我們將專注於彎曲和伸展以及往外反掌和往內反掌。這兩種動作的結合讓我們能夠完成生活上大部分的動作，也是手腕角度預測中最易與最難的兩種動作。

Nielsen等[10]

## sEMG訊號特徵

絕對平均數（Mean absolute value，MAV）和平方平均數（Root mean square，RMS）是最常用來擷取EMG訊號振幅的兩個方法[32]。以下我們將分析並

1. Reference