

體感式復健遊戲實作—以沾黏性肩關節囊炎為例

Implementation of a Motion Sensing Rehabilitation Game for Adhesive Capsulitis by Kinect Azure

林峻安¹ 朱中華² 王雨涵³

LIN, CHUN-AN¹ CHU, CHUNG-HUA² WANG, YU-HAN³

¹ 國立臺中科技大學 多媒體設計系研究所 研究生

¹ National Taichung University of Science & Technology of Multimedia Design Student

E-mail : julian135707@gmail.com

² 國立臺中科技大學 多媒體設計系研究所 教授

² National Taichung University of Science & Technology of Multimedia Design Professor

E-mail : chchu@nutc.edu.tw

³ 國立臺中科技大學 多媒體設計系研究所 助理教授

³ National Taichung University of Science & Technology of Multimedia Design Assistant Professor

E-mail : han@nutc.edu.tw

摘要

本篇論文使用了 Kinect Azure 深度感測器及 Unity 開發一套體感式復健遊戲。主要將此遊戲運用於沾黏性肩關節囊炎(Adhesive Capsulitis)的病患，使用遊戲的方式協助他們進行肢體復健。透過互動式的遊戲設計，提升沾黏性肩關節囊炎病患對於復建的主動性及熱忱。復健過程中為了動作之確實，動作需物理治療師指導其正確動作，除往返醫院之交通成本之外，枯燥乏味的復健過程，也使病患疲於復建，這使復健無法達到應有的成果，造成病患對於復建之排斥，並運用 Kinect Azure 深度感測器偵測身體之關節，準確計算沾黏性肩關節囊炎病患之關節角度，開發一款具互動回饋之體感復健遊戲，透過遊戲的方式增加病患對於復建的動力，在最開始及結束畫面紀錄病患之患部最大開合角度，每次遊戲中統計其關節最大開合角度，使病患依實際狀況選擇難度關卡，進而透過適當的強度進行復健。

關鍵字：Kinect Azure、骨架關節偵測、體感式復健遊戲、沾黏性肩關節囊炎、嚴肅遊戲

Abstract

This research Kinect Azure depth sensor with Unity to develop a motion sensing rehabilitation game. This research is mainly used for patients with Adhesive Capsulitis to assist them in physical rehabilitation. The interactive game design enhances the initiative and enthusiasm of patients for rehabilitation, make the rehabilitation is no longer boring and tedious, and improve the efficiency of patient rehabilitation. In order to confirm the movement during the rehabilitation process, the physical therapist must guide the correct movement. In addition to the transportation cost to the hospital, the tedious rehabilitation process also makes the patient tired of rehabilitation, which makes the rehabilitation impossible. The expected results have resulted in patients' rejection of rehabilitation. Therefore, this research designed this motion sensing rehabilitation game in cooperation with the Rehabilitation Department of Tung's General Hospital. It uses the Kinect Azure depth sensor to track the joints of the body, accurately calculates the joint angle of patients with adhesive capsulitis, and develops an interactive game. The maximum angle of the patient's affected part is recorded in the beginning and the end of the game. The patient could chooses the difficulty level according to the actual situation, and then performs rehabilitation with appropriate intensity.

Keywords: Kinect Azure, Motion Sensing Rehabilitation Game, Adhesive Capsulitis, Serious Game

壹、前言

本研究使用了 Kinect Azure 深度感測器及 Unity 開發一套體感復健遊戲。主要將此遊戲運用於沾黏性肩關節囊炎(Adhesive Capsulitis)的病患，使用遊戲的方式協助他們進行肢體復健。運用 Kinect Azure 深度感測器之骨架追蹤技術偵測身體之關節，準確計算沾黏性肩關節囊炎病患之關節角度，開發一款具互動回饋之體感復健遊戲。

1.1 研究背景

粘黏性關節囊炎 (Adhesive Capsulitis) 在臺灣又稱五十肩，好發於五十歲以上而得名，最早由 Codman(1934)稱為冰凍肩 (Frozen Shoulder)，病因是肩部關節囊發炎造成沾黏所致，使關節活動度下降，造成病患疼痛及活動限制。其可分為「原發性」及「續發性」兩種(Lundberg, 1969)，原發性粘黏性關節囊炎與年齡高度相關，原因不明；續發性粘黏性關節囊炎則與外傷等引起關節活動度下降所致。而在糖尿病、心血管疾病及甲狀腺疾病病患身上，粘黏性關節囊炎好發率是一般人的二至五倍。

當病患粘黏性關節囊炎發作時，會因為疼痛而不敢活動，這樣會造成關節更容易沾黏。治療粘黏性關節囊炎的首要目標是即為中斷其循環，進一步則為需要恢復肩關節的活動度。初期疼痛發生時，關節受限不明顯，可透過止痛藥來減輕疼痛程度，至於物理治療亦有同樣的效果。而注射類固醇於局部關節腔可立即減輕發炎之程度，不僅可以緩解疼痛，並可阻止關節持續惡化。當關節活動度已明顯受限時，僅使用止痛療法並不能恢復肩關節的靈活度。這時候必須搭配復健運動治療，主動以及被動的活動肩關節，展開已經沾黏的部位，使其患部活動的角度範圍逐漸增加(臺中榮民總醫院，2017)。粘黏性關節囊炎復健治療是希望病患透過復健過程的治療，使病患受限之患部能夠恢復其功能，讓其可以正常的生活，並能夠回歸家庭及職場，這就是復健醫療實質意義。但若單純仰賴被動之復健活動，恢復之效果有限，須病患自主性的主動活動其患部關節，將有效並快速的恢復其功能，物理治療師多會指導病患主動式的復健運動，但是無法精準掌控病患在家進行居家復健以及自主運動時執行之效果，而病患也常因復建過程枯燥乏味而僅有被動的進行復健。

隨著科技的日新月異，體感設備技術越來越成熟，新一代的 Kinect Azure 深度感測器透過其人體追蹤骨架技術可以抓取人體共 32 個關節點之動作 (Microsoft, 2019)，透過此技術可以更精準地判斷病患復健動作是否正確無誤，有許多過去的研究使用 Kinect v2 作為復健治療讓復健過程變得更加有互動性，使病患復健的效果提高了許多，並可透過程式紀錄病患居家復健時之數據。

1.2 研究動機與目的

復健是恢復正常生活之重要治療，而復健往往是需要長時間地進行，且需持之以恆地做，復健對病患而言是個漫長且枯燥的過程，訓練的過程通常需要病患重複並持續做相同的動作，容易使病患難以保持高度的興趣、缺乏持續治療的動力，造成復建效果不確實，且傳統復健都侷限在醫院，而病患在復健室以外無物理治療師在旁指導的地方常因不確定動作是否正確或怠於復健，導致復健時間延長，導致復健成效不彰，因此如何有效提高病患自主性主動復健的意願，為復健過程艱難的課題。

基於上述的原因，詹德彥、謝婕琳、羅巧欣、莊孟慈(2012)歸納出以下五點：

- (1) 病患居家復健知識不足，造成二次傷害
- (2) 偏遠地區病患來回醫院不方便
- (3) 無物理治療師在旁督促，病患常延誤復健時機
- (4) 病患進行主動復健時，不確定動作是否正確
- (5) 病患復健效果不彰

針對以上問題，本研究與童綜合醫院復健科合作，設計一款體感式復健遊戲，將復建的過程化為遊戲，對病患而言可以大大增進其復建的意願及熱忱，並透過新一代的 Kinect Azure 深度感測器追蹤人體骨架中 32 個關節點之動作可以使復建的精準度大幅度提升，結合 Unity 設計一款具有分級難度的互動式體感遊戲，使復健過程化為病患的遊戲過程，「在娛樂中復健」不僅兼顧其娛樂性也使復建的動作更加精確，使復健成效更為提升。

1.3 研究範圍與限制

本篇論文研究是以 Kinect Azure 結合 Unity3D 設計一款體感式復健遊戲，將透過基於過去 Kinect 運用於復健遊戲之研究，使用新一代 Kinect Azure 身體骨架追蹤 (Body Tracking SDK) 抓取病患身體骨架並化為遊戲中的角色來進行遊戲中之互動，使用更精準的偵測方式使復健效率更為提升。

為了使研究的目標明確並在整理測試結束後較容易進行分析統整，因而本研究的範圍與限制可大致分為三部分：界定病患嚴重程度、骨架抓取及復健成效。

1.3.1 界定病患嚴重程度

粘黏性關節囊炎為三個階段：

第一階段，也稱為疼痛期：約持續六週到九個月不等，病患的疼痛會慢慢出現。疼痛嚴重時，肩膀會無法活動。

第二階段，也稱為冰凍期：疼痛會漸漸的改善，但仍然會有僵硬的現象。此階段會持續四到九個月。

第三階段，也稱為解凍期：肩膀的活動情形會慢慢恢復正常。一般會持續 5 至 26 週(Nevaiser, 1987)。

粘黏性關節囊炎病患嚴重程度不一，因此如何界定其遊戲中之遊戲難度為難題，設計出不同的難度使嚴重程度不一的病患能在遊戲中配合適當的強度進行復健為遊戲設計之關鍵。

1.3.2 骨架抓取

由於粘黏性關節囊炎受限模式是根據歸納出來的結果，意思是假如肩關節活動角度卡住乃因關節囊裡面的不同面向所造成的，通常受限最多的角度會是屈曲(flexion)、接下來是外展(abduction)，之後是內旋(internal rotation)，最後是外旋(external rotation)，因此需透過 Kinect Azure body tracking 技術捕捉 32 個身體關節點，並鎖定在肩關節之細節歸納出四個運動方向之 X, Y, Z 軸向量變動為精準測量病患復健數據之關鍵。

1.3.3 復健成效

本研究與童綜合醫院復健科合作，目的在於設計出體感式復健遊戲對粘黏性關節囊炎病患有效的幫助其復健成效，因此將每次遊戲開始及結束時捕捉病患之肩關節開合角度之數據資料綜合分析出結果，並且分為實驗組與對照組進行比較，找出對病患最為有效的復健遊戲方式乃遊戲設計之關鍵。

1.4 研究流程與架構

本研究分為五個階段來進行，如圖 1.所示，依序為緒論、相關文獻探討、設計體驗、設計改善方法、預期結果。

1. **緒論**：主要內容為探討研究背景與動機、確認研究目的，簡明研究範圍以及此研究方法的限制與如何解決的方法，並大致說明本研究的流程與架構。
2. **相關文獻探討**：本研究包含粘黏性關節囊炎、復健治療、Kinect Azure 身體骨架追蹤技術，探討相關的文獻內容，參考或修改其研究方法與系統設計，並敘述如何將其應用在本研究當中。
3. **遊戲設計**：本章節將介紹體感式復健遊戲的具體設計規劃，在開始遊戲設計前，為與現實粘黏性關節囊炎病患狀況貼切，我們與專家訪談諮詢有關粘黏性關節囊炎相關知識、復健知識、設計遊戲式復健該具備之功能及內容之探討，接著訪談病患關於病症狀況，設計出遊戲的流程架構，及會使用之身體

骨架追蹤技術以及難度設置，就病患復健的需求進行規劃上的內容分析討論。

4. **受試者測試並訪談**：根據遊戲訪談完尋找出問題點，並研究預防改善其因素以進行實驗，將使用 Kinect Azure 深度感測器及遊戲開發平台 Unity3D 來進行，收集受試者測試完後訪談的回饋，統計分析後進行後續遊戲的設計與改良。
5. **結論與未來方向探討**：探討體感式復健遊戲對粘黏性關節囊炎病患之復健流程成效，並透過受試者的回饋設想未來方向。

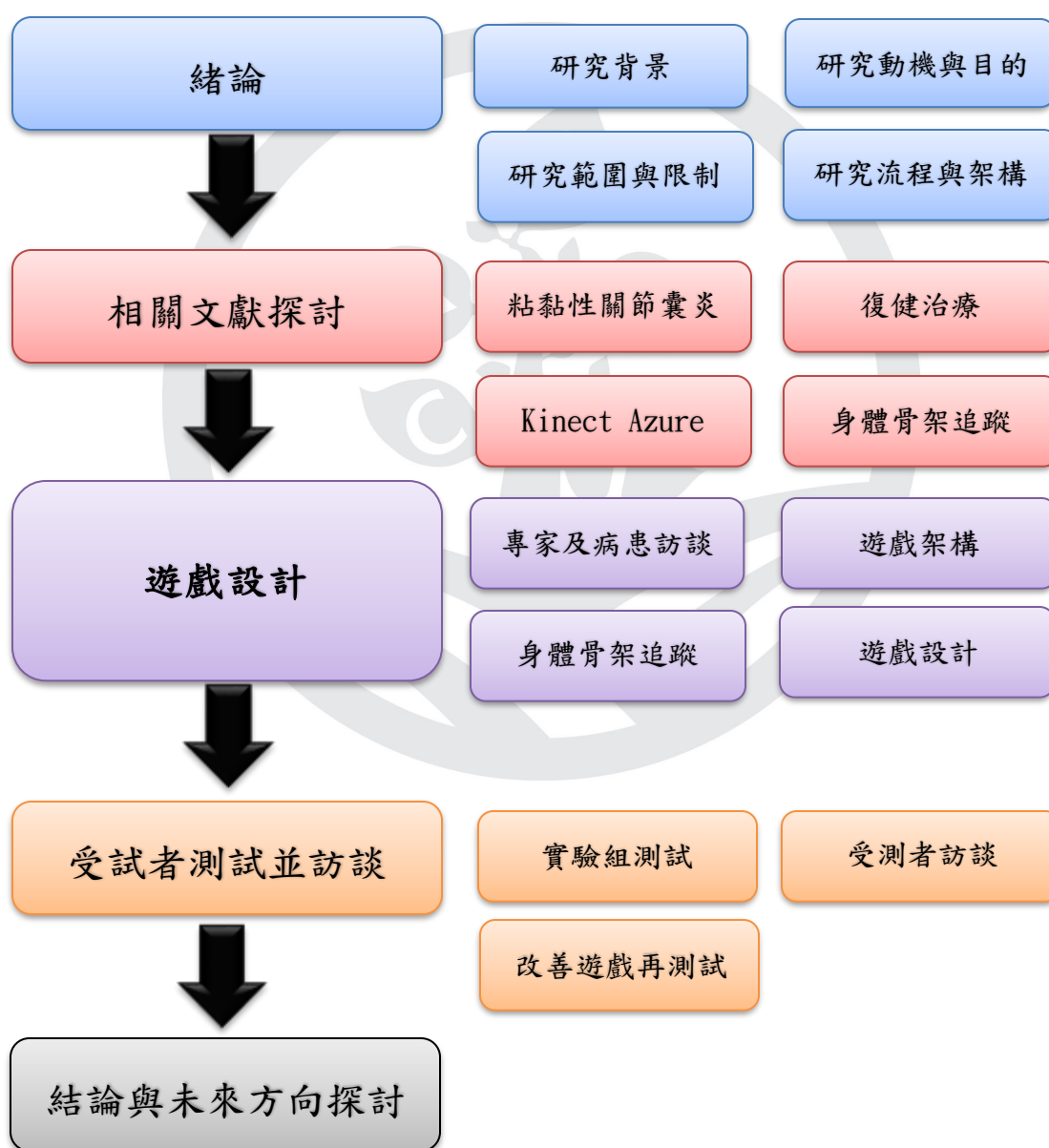


圖 1. 研究流程與架構

貳、文獻探討

本篇論文使用了 Kinect Azure 深度感測器及 Unity 開發一套體感式復健遊戲。主要將此遊戲運用於沾黏性肩關節囊炎(Adhesive Capsulitis)的病患，使用遊戲的方式協助他們進行肢體復健。透過互動式的遊戲設計，提升沾黏性肩關節囊炎病患對於復建的主動性及熱忱，讓復健不再枯燥且乏味，使病患之復建效率提升。因此本章節將探討粘黏性關節囊炎、復健治療、Kinect Azure 身體骨架追蹤技術，探討相關的文獻內容，參考或修改其研究方法與系統設計，並敘述如何將其應用在本研究當中。

2.1 粘黏性肩關節囊炎

粘黏性肩關節囊炎(adhesive capsulitis)，在臺灣因好發於 50 歲上下因此又稱五十肩或稱冰凍肩(frozen shoulder)，因肩關節囊及肩關節周圍的結締組織發炎僵硬，造成主動與被動關節的活動度喪失。冰凍肩(frozen shoulder)這個詞最早由 1934 年 Codman 提出，因緩慢發作的肩關節疼痛，無法側睡在患側，高舉及外旋角度受限，無法展開如被冰凍住而得名。

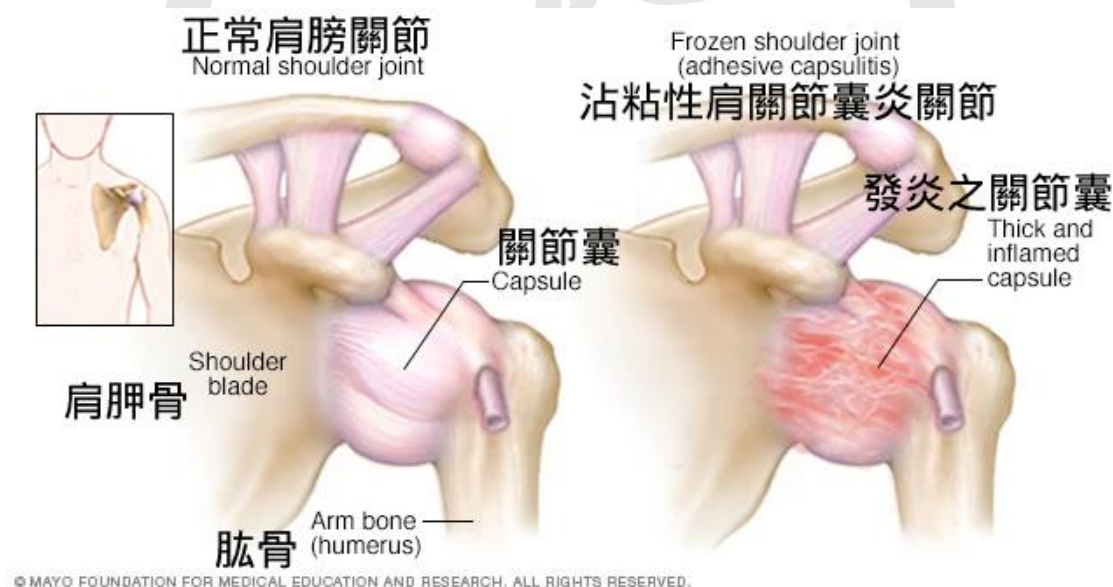


圖 2. 粘黏性肩關節囊炎示意圖

以上圖片參考資料來源：Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER, 2020).

Retrieved from : <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/frozen-shoulder/symptoms-causes/syc-20372684>

Lundberg (1969)將病因來源分為二類：(1)原發性(idiopathic)，由不明原因引起；(2)次發性(secondary)，因其他之因素引起，如外傷、術後固定不動、骨折、肌腱發炎或全身性疾病等。其盛行率約為2%-5%，而患有甲狀腺疾病及糖尿病之病患發生率又更高；好發年齡介於40-65歲之間，其中女性較多，且罹患過粘黏性肩關節囊炎的病患對側肩膀罹病的機率會增加(Ewald, 2011; Kelley et al., 2009; Tasto & Elias, 2007)。

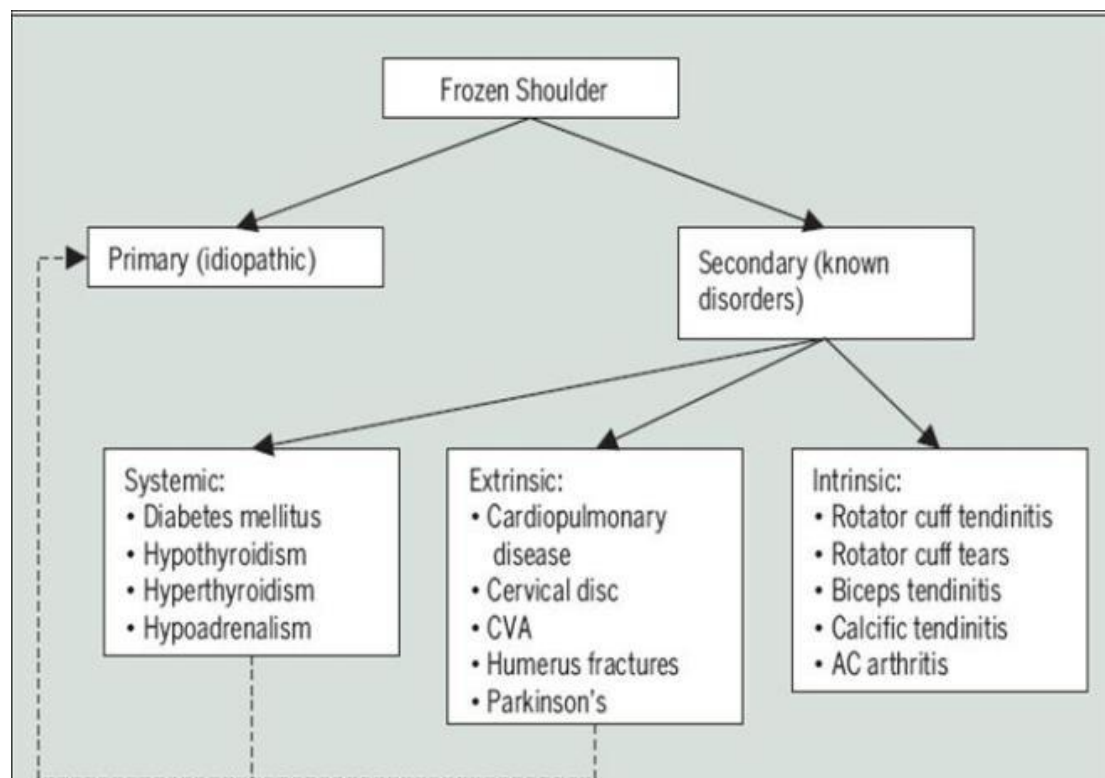


圖 3. 粘黏性肩關節囊炎病因分類

以上圖片參考資料來源：Kelley et al., 2009

粘黏性肩關節囊炎分為三個時期：(1)疼痛期(freezing stage)，症狀以極劇疼痛為主，在夜間之疼痛明顯，病患可能痛到影響睡眠，漸漸地肩關節活動度開始受到影響；(2)冰凍期(frozen stage)，此時疼痛較為緩解，病患仍時常覺得肩膀僵硬，肩關節角度受限明顯；(3)緩解期(throwing stage)，病患仍會感到僵硬但是不痛，肩關節活動角度逐漸進步。病程約18-24個月，但有10%-15%的人會有持續疼痛以及肩關節角度受限的狀況；在經過四年的追蹤後，仍然有41%的病患以上症狀，其中有6%仍然有嚴重疼痛及肩關節活動角度受限(Hand et al., 2008)。

A summary of the three phases of frozen shoulder.

	Freezing	Frozen	Thawing
Duration	2-9 mth	4-12 mth	5-26 mth
Signs and symptoms	Gradual onset of diffuse, severe shoulder pain that worsens at night	Pain begins to subside but there is a characteristic progressive loss of range in motion	Gradual return of range of motion
Conservative treatment	<ul style="list-style-type: none"> • Patient education • Medications: nonsteroidal anti-inflammatory drugs, oral or intra-articular glucocorticoids • Physical therapy 		
Physical therapy at each stage	<ul style="list-style-type: none"> • Gentle stretching exercises • Modalities: heat/ice pack 	<ul style="list-style-type: none"> • Maintain stretching exercises • Strengthening exercises: isometric/static • Modalities: heat/ice pack 	<ul style="list-style-type: none"> • Maintain stretching exercises • Strengthening exercises that progress from isometric/static to resistance-based

圖 4. 粘黏性肩關節囊炎病症三階段

以上圖片參考資料來源：Chan HBY, Pua PY, How CH. Physical therapy in the management of frozen shoulder. Singapore Med J. 2017

2.2 粘黏性肩關節囊炎治療方式

治療方式以保守療法為主，美國頂尖骨科醫學院「特殊手術醫院（Hospital for Special Surgery）」提出，粘黏性肩關節囊炎治療的目標是減少潛在的發炎，並避免肩膀逐漸僵硬。非手術的保守治療通常是第一選擇，對於早期診斷出的粘黏性肩關節囊炎效果較佳；至於手術治療則是第二選擇，常用於較嚴重、或是非手術治療效果不佳的患者案例。非手術治療中包括服用抗發炎藥物、止痛藥物。有些醫師可能推薦注射皮質類固醇（corticosteroid），對於粘黏性肩關節囊炎早期病患，有助於減緩疼痛，並增加肩膀可活動的範圍（許嘉麟，2019）。

此外，物理治療也是重要的一個部分，漸進式伸展能夠幫助恢復肩膀的可活動範圍。而實際針對病例該如何進行治療，需由物理治療師進行評估以及個人化的復健建議。

至於手術治療，麻醉下實施徒手矯正（Manipulation under anesthesia，簡稱MUA），是病患接受麻醉後，醫師會將病患的肩膀進行大範圍的活動，藉此分開沾黏的結痂組織，以恢復肩關節的活動度。而關節鏡與關節囊擴張術（arthroscopy and capsular release）通常使用在肩關節逐漸僵硬、疼痛症狀減緩的病患。在接受麻醉之後，醫師會在肩膀上切出小切口，透過關節鏡等器材分析肩膀內的狀況，並針對其中的發炎與結痂組織進行治療。在接受手術後，病患也需要持續進行物理治療，以幫助肩膀復原。

在運動治療部份，有許多不同的運動訓練及物理治療手法，但目前並沒有一致的作法，Dundar, Toktas, Cakir, Evcik, Kavuncu(2009)將 56 位原發性五十肩的病患分成兩組，一組接受傳統運動治療(conventional physiotherapy treatment, CPT, 包含主動牽拉、鐘擺運動)，一組接受持續被動關節運動治療(continuous passive motion, CPM)，每天 1 小時，每週五次共四週；持續被動關節運動治療組在第 4 週及第 12 週的疼痛降低程度及 Constant 肩功能評估量表都比傳統運動治療組進步。Gaspar (2009)建議，讓病患在傳統物理治療外接受每天 1 小時的低負荷持續最大關節角度伸展，可以有效幫助關節角度的進步(Gaspar & Willis, 2009)。

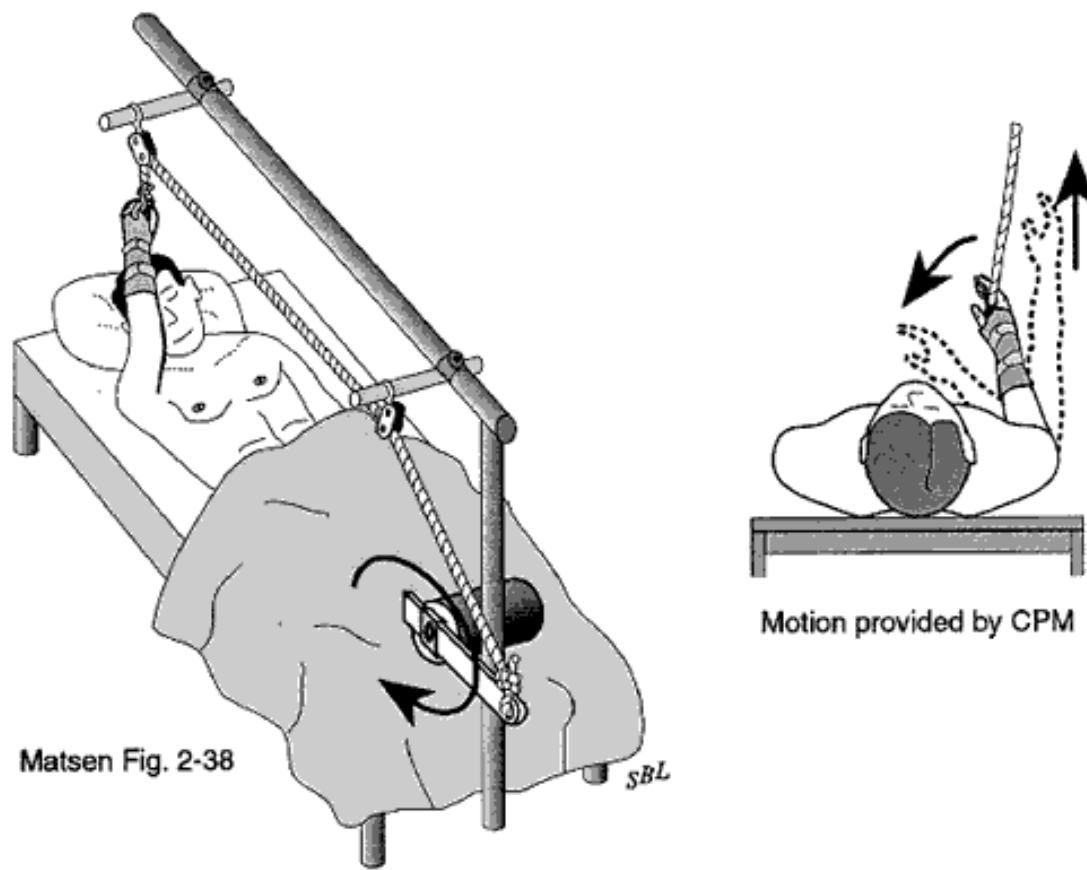


圖 5. continuous passive motion, CPM

以上圖片參考資料來源：Department of Orthopaedics and Sports Medicine
University of Washington (2005)

2.3 粘黏性肩關節囊炎物理復健治療

粘黏性肩關節囊炎的物理復健治療，主要為減緩患者肩關節之疼痛以及肩關節活動功能之恢復，增加肩關節的活動範圍，肩關節的運動治療方法，原則上是按肩關節的結構與生理活動，盡量作到最大的活動範圍，另外加以輔助和加強的運動動作，包括鐘擺運動、旋轉運動、手指爬梯運動、拉棒或拉毛巾運動等，主動運動加上被動式關節運動，一天四到五次，每次運動五到十分鐘即可，運動的要領是持之以恆，慢慢增加肩關節的活動量與活動範圍，五十肩的運動治療一定要有復健科醫師或物理治療師指導，較輕度的病患不一定都要到醫院來作，只要按照專人的指導原則在家勤練運動即可，較為明顯症狀的病患，應當選擇有良好設備且有專業人員的復健科醫院作治療。

對於粘黏性肩關節囊炎的復健動作會針對肩部關節來調整運動範圍，肩關節(shoulder joint)為杵臼關節，由肩胛骨與肱骨之淺窩所形成的，因此肩關節擁有不同面向之運動活動姿勢，而肩關節的活動範圍相當廣，肩關節之復健動作可分為以下五種(侯曉婷, 2013)。

- (1)前屈(forward flexion)：肱骨沿著身體正前方向舉高。
- (2)外展與內收(abduction and adduction)：肱骨沿身體側向上舉高再側向下壓。
- (3)外旋(external rotation)：係指由肱骨軸旋轉的動作，此動作與上臂的位置有關，內外轉各約 90 度，共旋轉 180 度的活動範圍。
- (4)後伸(backward extension)：肱骨沿著身體正後方舉高。
- (5)水平前屈(horizontal flexion)：手臂由身體側向水平面向前移動至身體正向。

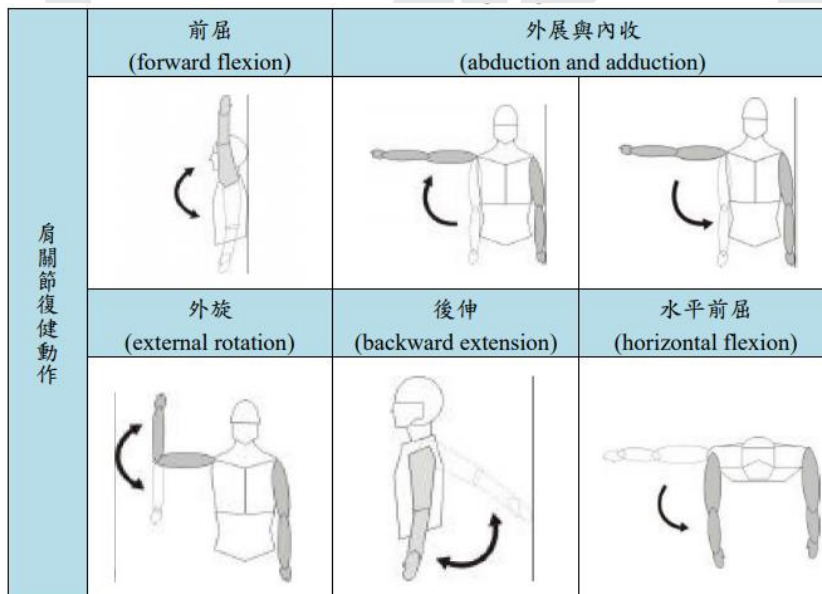


圖 6. 粘黏性肩關節囊炎肩關節復健動作
以上圖片參考資料來源：侯曉婷 (2013)

2.4 Kinect Azure

在 2010 年正式推出的 Kinect 為第一款消費級的深度感測器；而當時透過深度感測器，可以快速地進行人體去背、追蹤人體骨架及進行空間的 3D 掃描。Kinect 是由微軟開發，應用於 Xbox 360 和 Xbox One 主機的周邊設備。它讓玩家不需要手持或踩踏控制器，而是使用語音指令或手勢來操作 Xbox 360 和 Xbox One 的系統介面。它也能捕捉玩家全身上下的動作，用身體來進行遊戲，帶給玩家「免控制器的遊戲與娛樂體驗」。

新一代 Kinect Azure 是具有進階 AI 感應器的開發人員套件，可提供精密的電腦視覺和語音模型。Kinect Azure 包含深度感測器、具有攝影機的空間麥克風陣列，以及具有多個模式、選項和軟體開發套件 (SDK) 的全方位小型裝置的方向感應器。

Kinect Azure 開發環境是由下列多個 SDK 所組成的：

感應器 SDK，適用於低階感應器和裝置存取。

全身追蹤 SDK，用於進行 3D 全身追蹤。

語音認知服務 SDK，用於啟用麥克風存取和 Azure 雲端式語音服務。



圖 7. Kinect Azure

以上圖片參考資料來源：Microsoft

Kinect Azure 之硬體其中包含了 100 萬像素 ToF 深度攝影機、1200 萬像素攝影機，7 麥克風圓形陣列以及方向傳感器 (IMU)，囊括了深度、視覺、聲音和方向四大傳感器類別。Kinect Azure 的核心正是微軟 HoloLens 2 所使用的傳感器套件。ToF 深度攝影機能夠近乎實時捕捉周圍環境信息，並基於掃描到的深度數據，將捕捉到的人、物以深度影像畫面以及三維點雲效果來進行 3D 數據表現。同時，使用者可以選擇寬、窄兩種 FOV 視角，可以更好的根據不同場

景需求優化應用。此外 1200 萬像素攝影機可以支持輸出最高 4K 畫質，在攝影機的後方排佈著緊密的 7 麥克風圓形陣列以及方向傳感器，透過這些可以捕捉 360 度環繞音效並識別聲源方位。而 Kinect Azure 的尺寸長度不到 13 公分，厚度僅為 4 公分，僅有手掌大小。體積為上一代 Kinect for Windows v2 的 1/2，但是它的識別準確度卻是 v2 的 2 倍。

Table 3. Azure Kinect DK vs. Kinect for Windows V2 hardware

FEATURE		AZURE KINECT DK	KINECT FOR WINDOWS V2
Audio	Details	7-mic circular array	4-mic linear phased array
Motion sensor	Details	3-axis accelerometer + 3-axis gyro	3-axis accelerometer
RGB Camera	Details	3840 x 2160 px @30 fps	1920 x 1080 px @30 fps
Depth Camera	Method	Time-of-Flight	Time-of-Flight
	Resolution/FOV	640 x 576 px @30 fps	512 x 424 px @ 30 fps
		512 x 512 px @30 fps	
		1024x1024 px @15 fps	
Connectivity	Data	USB3.1 gen 1 with Type-C connector	USB 3.1 gen 1
	Power	External PSU or USB-C	External PSU
	Synchronization	RGB & Depth and IMU internal, external device-to-device	RGB & Depth internal only
Mechanical	Dimensions	103 x 39 x 126 mm	249 x 66 x 67 mm
	Mass	440 g	970 g
	Mounting	One ¼-20 UNC Four internal screw points	One ¼-20 UNC

圖 8. Kinect Azure 與 Kinect v2 之硬體規格比較
以上圖片參考資料來源：Microsoft

Kinect Azure 深度感測器使用 ToF (Time of Flight) 技術，利用雷射二極體 LD(Laser Diode)發射出紅外光，照射到物體表面反射回來，由於光速 (v) 已知，可以利用一個紅外光影像感測器量測物體不同深度的位置反射回來的時間 (t)，利用簡單的數學公式計算出物體不同位置的距離深度。

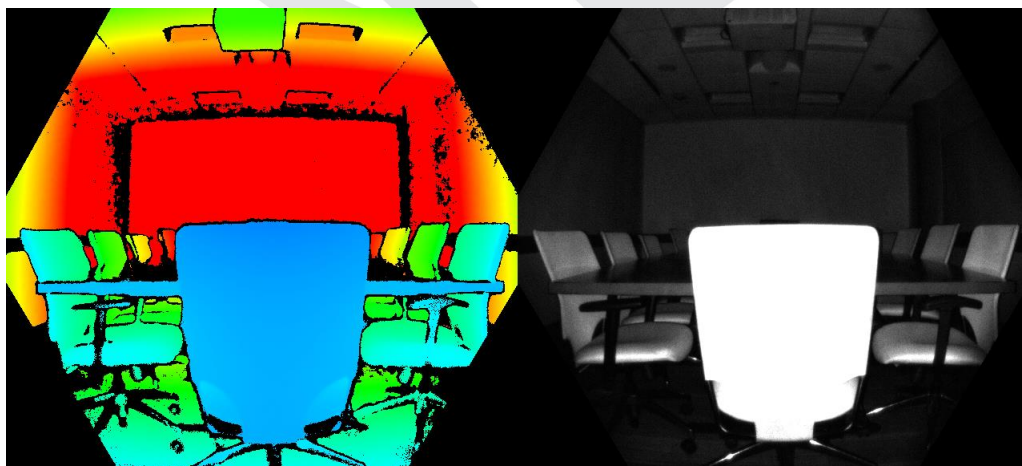


圖 9. Kinect Azure 深度感測器 深度對應 (左) 及清晰 IR 影像 (右)
以上圖片參考資料來源：Microsoft

2.5 身體骨架追蹤技術

Kinect Azure 身體骨架追蹤技術的來源從深度圖像中演算人體動態，人體不同部位的辨別為景深圖像進行像素級評估。同時，分割化玩家圖像的每一個像素都被傳送進一個辨別人體部位的機器學習系統中。隨後該系統將給出了某個特定像素屬於哪個身體部位的可能性。處理流程的最後一步是根據追蹤到的 32 個關節點來生成一幅骨架系統。

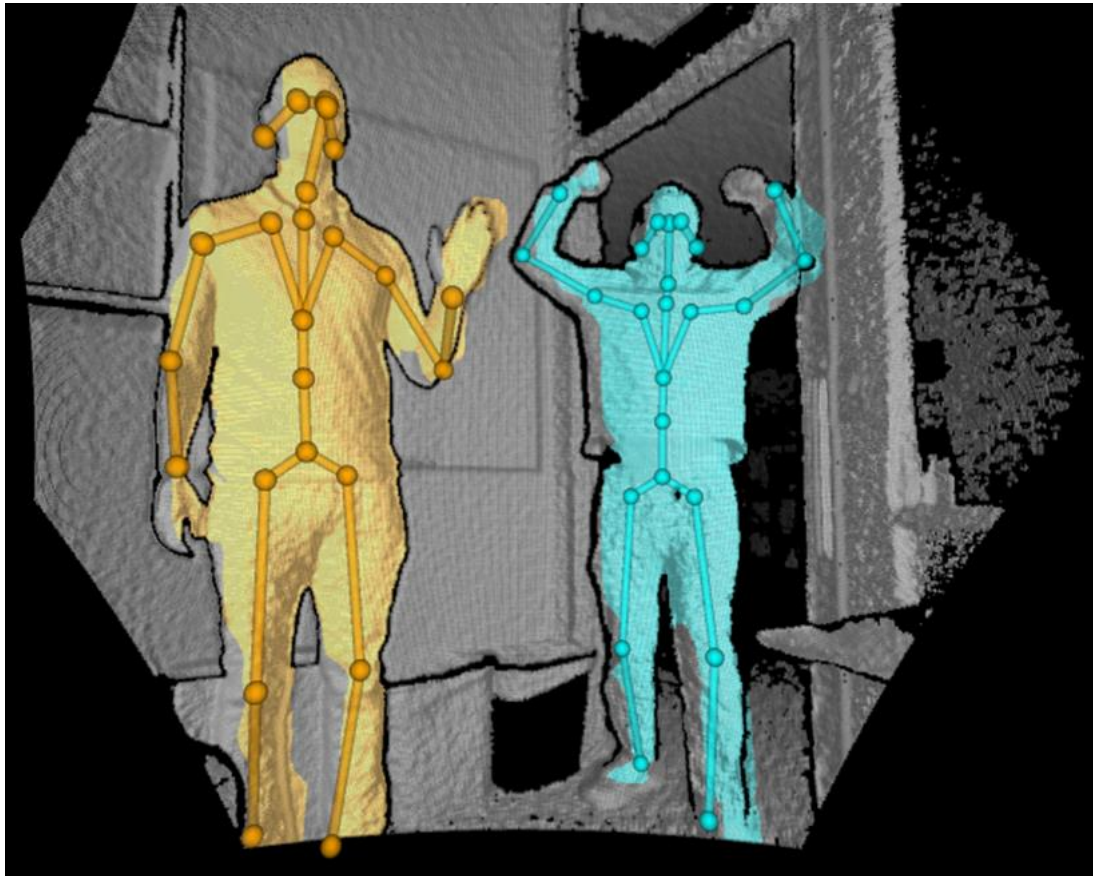


圖 10. Kinect Azure body tracking
以上圖片參考資料來源：Microsoft

Kinect Azure 身體骨架追蹤可同時追蹤多個人為主體。每個主體都包含框架和運動學基本架構之間的時態性相互關聯識別碼。

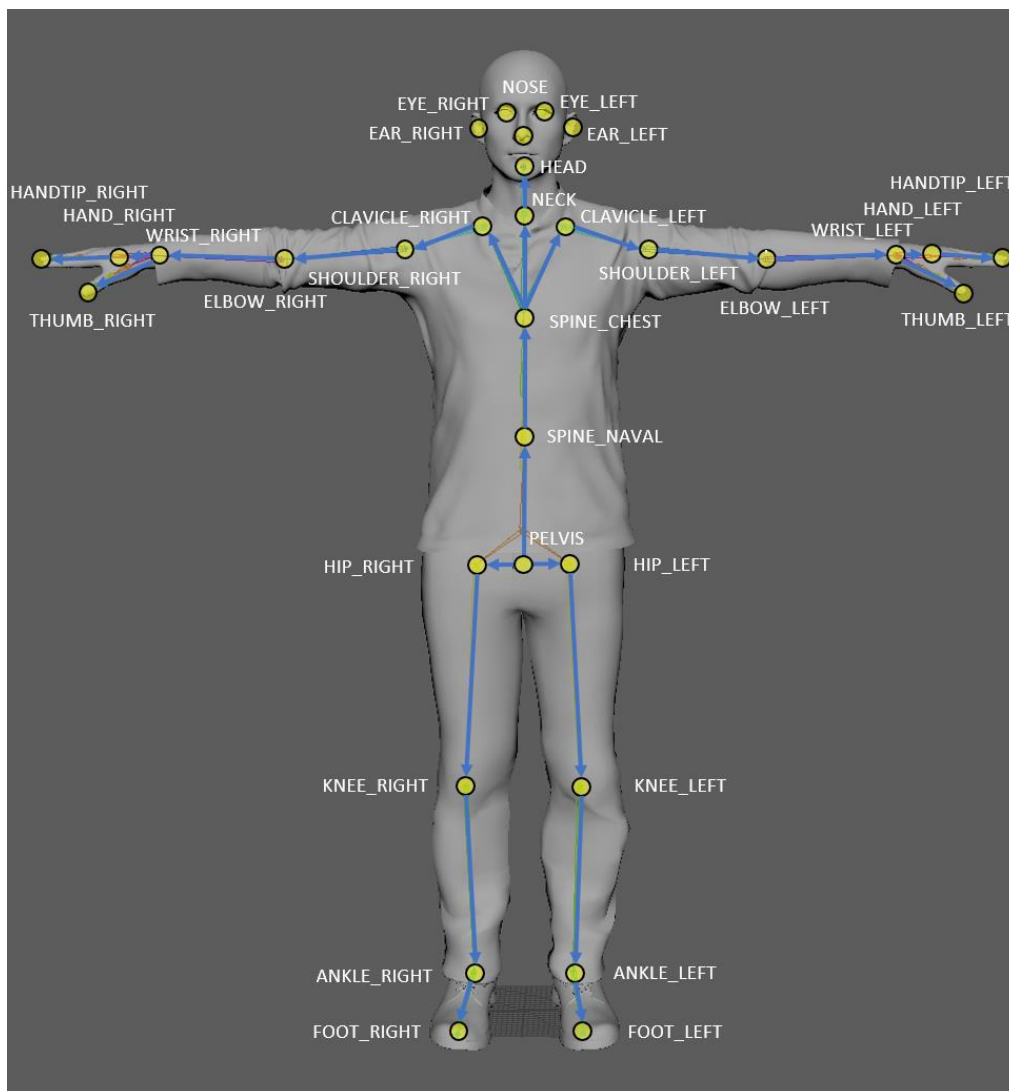


圖 11. Kinect Azure 抓取人體 32 個關節點之代號
以上圖片參考資料來源：Microsoft

文獻探討總結

本次研究基於 Kinect Azure 深度感測器以及 Unity 設計一套針對沾黏性肩關節囊炎之體感式復健遊戲。透過以上文獻之總和，理解沾黏性肩關節囊炎 (Adhesive Capsulitis) 之之成因、治療、復健方法等相關背景知識，以及新一代 Kinect Azure 硬體軟體設置，雖為新技術而導致文獻不足，但在微軟 (Microsoft) 官網以及許多論壇中能搜尋到關於 Kinect Azure 之背景知識，其中的 Body Tracking 技術將為本次研究設計遊戲之關鍵。結合以上文獻探討之背景知識，下章將講述如何將其技術結合一起，並從中開發 Kinect Azure 應用於體感式復健遊戲。

參、研究實施與設計

3.1 研究方法

本章節將介紹此研究之體感式復健遊戲的具體研究規劃，在開始遊戲設計前，為與現實粘黏性關節囊炎病患狀況貼切，我們與專家訪談諮詢有關粘黏性關節囊炎相關知識、復健知識、設計遊戲式復健該具備之功能及內容之探討，接著訪談病患關於病症狀況。

設計出遊戲之流程架構，及會使用之身體骨架追蹤技術以及難度設置，就病患復健的需求進行規劃上的內容分析討論。將研究方法分成五個階段：

- 一、專家訪談與病患訪談
- 二、病患(實驗組與對照組)前測
- 三、遊戲設計與開發
- 四、病患(實驗組與對照組)後測與訪談
- 五、收集回饋並改善遊戲

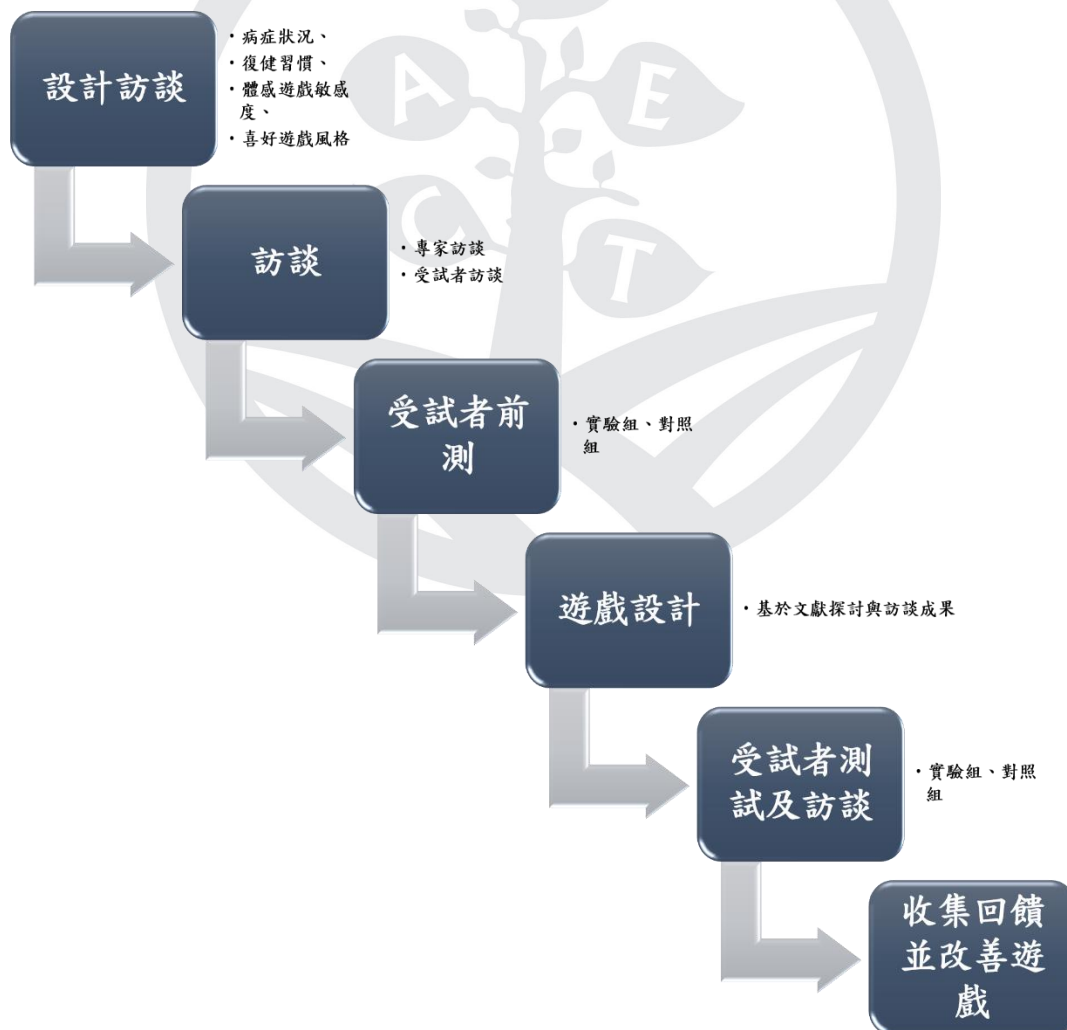


圖 12. 研究流程

3.2 遊戲設計與開發

本論文研究探討如何使用了 Kinect Azure 深度感測器及 Unity 開發一套體感式復健遊戲。主要將此遊戲運用於沾黏性肩關節囊炎(Adhesive Capsulitis)病患之復健，因此此體感式復健遊戲如何透過 Kinect Azure 身體骨架追蹤技術精測其肩關節開合角度為重點關鍵。遊戲設計將架構為主題式遊戲，其中分為三關以及三個級距之難度，透過互動式的遊戲設計，提升沾黏性肩關節囊炎病患對於復建的主動性及熱忱，讓復健不再枯燥且乏味，使病患「在遊戲中復健」。

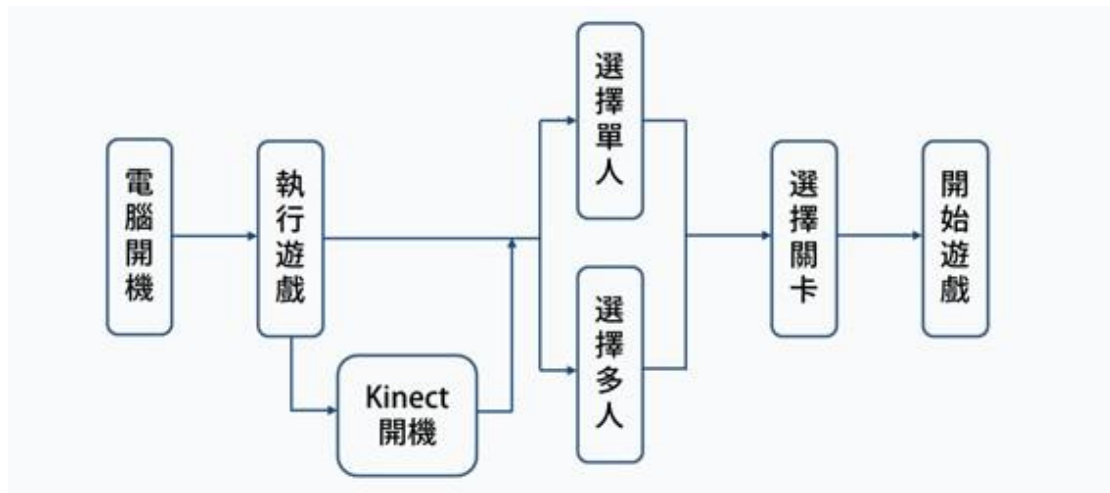


圖 13. 遊戲設計流程(暫定)

研究工具

Kinect Azure 深度感測器用於關節骨架支點測量、Unity 用於遊戲設計與開發。

肆、結果與討論

本論文研究目標在於透過 Kinect Azure 深度感測器及 Unity 開發一套體感式復健遊戲。主要將此遊戲運用於沾黏性肩關節囊炎(Adhesive Capsulitis)病患之復健，因此首要為透過骨架追蹤技術測量出病患肩關節之開合角度，測量方式為計算 Spine Chest, Clavicle (Right/Left), Elbow (Right/Left)三者 X,Y,Z 軸之開合角度用於遊戲中使病患紀錄，如圖 14 所示。



圖 14. 計算使用者肩關節骨架角度

並透過 Unity 設計開發具有三個不同關卡之體感式復健遊戲，經過不同關卡及不同互動方式使遊戲過程充滿樂趣並富有挑戰性，第一個關卡為摘蘋果，樹上將隨機生成不同顏色之蘋果，使用者需將不同顏色的蘋果伸手摘下並放置到相對應之籃子即可得分，在摘取過程中將出現如果蠅之干擾物，若不慎碰觸非蘋果之物件將扣分；第二個關卡為急流勇進，使用者將透過如復健室常見之肩膀復健輔具：肩輪所對應之船舵控制不斷前進之小船，穿梭於河谷中，並在過程中需躲避地形之山壁，若在過程中吃到金幣將得分，最終計算抵達終點之時間作為分數之依據；第三個關卡為射箭，病患將透過拉弓箭方式射出弓箭攻擊場景中之怪物，弓箭的長遠距離將透過病患拉弓之展開角度計算，若成功攻擊每隻不同之怪物將獲得相對應之分數，並於計時五分鐘後結束計算。

本研究將經過 30 位病患測試後進行訪談，透過訪談方式瞭解遊戲中缺失及需改進之地方，並不斷的修改測試得出最為吸引病患復健的方式，結束三個月測試後將蒐集病患肩關節開合角度之前後測數據作為分析，並從中獲取計算角度之合理範圍及誤差值。



圖 15. 摘蘋果關卡之遊戲畫面

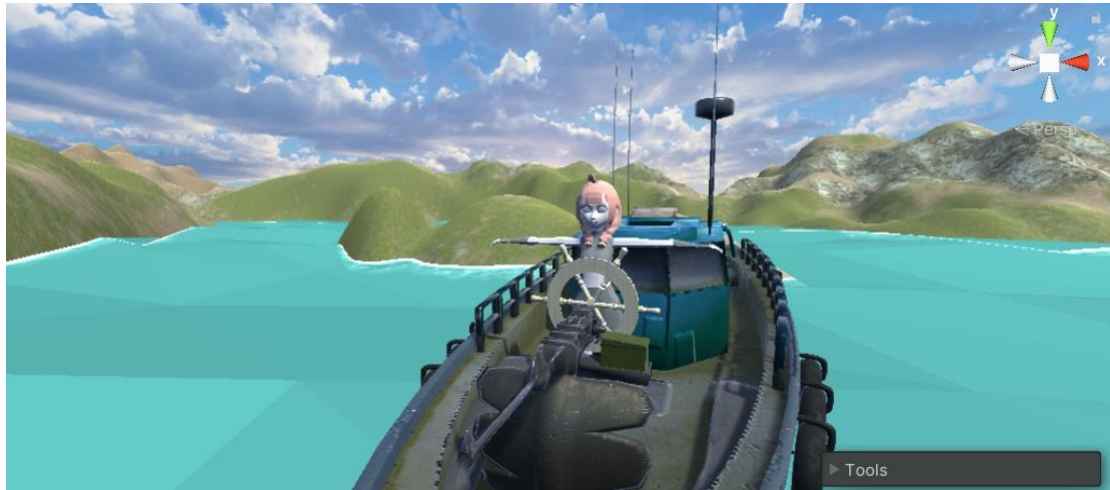


圖 16. 急流勇進關卡之遊戲畫面

未來展望

本研究為探討透過體感式復健遊戲的方式進行復健之效度，並與童綜合醫院合作，在遊戲中復健是我的未來展望，盼望能實現使患者復健之餘還能娛樂，若能成功並有效的實行的話，將與童綜合醫院討論應用在復健室，並希望能將此復健模式應用到所有醫院及復健室。

參考文獻

一、中文部分

- (1) 林芸代(2013)。局部震動伸展訓練對五十肩患者的立即療效，國立臺灣師範大學運動競技學系碩士學位論文。
- (2) 侯曉婷(2014)。運用 Kinect 技術輔助冰凍肩患者復健之研究，國立臺北護理健康大學資訊管理研究所碩士論文。
- (3) 謝怡君(2014)。五十肩遠距復健系統之復健成效探討，國立中央大學資訊工程學系碩士論文。
- (4) 李君碩(2007)。物理治療對於冰凍肩的療效，北市醫學雜誌，第 4 卷，787~799 頁。
- (5) 陳潮宗(2005)。淺論五十肩之辨證論治，傳統醫學雜誌，第 16 卷，187~193 頁。
- (6) 張若菡，2002，應用肩部動作形態分析於電腦使用者肩部保健產品設計，國立成功大學工業設計學系碩博士班碩士論文。
- (7) 胡明一、陳懿慧、謝慧瑛、孫穆乾，2010，人體解剖學，臺北市：藝軒圖書。
- (8) 吳俊龍，2008，一個計算動態空間扭曲演算法之 VLSI 架構，國立臺灣海洋大學資訊工程學系碩士論文。
- (9) 劉星宏，2012，利用 kinect 做室內跌倒事件之偵測，國立中央大學資訊工程學系碩士在職專班碩士論文。
- (10) 張恆誌，2011，使用動態時間校正演算法於國語數字語者辨識系統之研究，義守大學電子工程學系碩士班碩士論文。
- (11) 黃秀珊，2013，多模態體感動作辨識系統之人機介面研究，國立中央大學資訊工程學系碩士論文。
- (12) 黃建銘、黃巧雯、王昱菱、宋姿穎(2008)。冰凍肩的診斷及治療，基層醫學，第 23 卷，132~136 頁。

二、英文部分

- (1) E. A. Codman, The shoulder; rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa. Boston, Mass: [T. Todd company, printers], 1934.
- (2) J. Lundberg, (1969).The frozen shoulder. Clinical and radiographical observations. The effect of manipulation under general anesthesia. Structure and glycosaminoglycan content of the joint capsule. Local bone metabolism," Acta Orthop Scand, pp. Suppl 119:1-59, 1969.
- (3) R. J. Neviaser and T. J. Neviaser, "The frozen shoulder. Diagnosis and management," Clin Orthop Relat Res, pp. 59-64, Oct 1987.

- (4) Dundar, U., Toktas, H., Cakir, T., Evcik, D., & Kavuncu, V. (2009). Continuous passive motion provides good pain control in patients with adhesive capsulitis. *International Journal of Rehabilitation Research*, 32(3), 193-198.
- (5) Alentorn-Geli, E., Padilla, J., Moras, G., Lazaro Haro, C., & Fernandez-Sola, J. (2008). Six weeks of whole-body vibration exercise improves pain and fatigue in women with fibromyalgia. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 14(8), 975-981.
- (6) C. Chun-Ming, C. Yen-Ching, and H. Bing-Yu, "The design of a shoulder rehabilitation game system," in *Frontier Computing. Theory, Technologies and Applications*, 2010 IET International Conference on, 2010, pp. 151-156.
- (7) S. Carette, H. Moffet, J. Tardif, L. Bessette, F. Morin, P. Frémont, et al., "Intraarticular corticosteroids, supervised physiotherapy, or a combination of the two in the treatment of adhesive capsulitis of the shoulder: A placebo-controlled trial," *Arthritis & Rheumatism*, 2003, vol. 48, pp. 829-838.
- (8) Balci, N., Balci, M. K., & Tuzuner, S. (1999). Shoulder adhesive capsulitis and shoulder range of motion in type II diabetes mellitus: association with diabetic complications. *Journal of Diabetes and its Complications*, 13(3), 135-140.
- (9) Halder, A. M., Zhao, K. D., Odriscoll, S. W., Morrey, B. F., & An, K. N. (2001). Dynamic contributions to superior shoulder stability. *Journal of Orthopaedic Research*, 19(2), 206-212.
- (10) J. Wies, "Treatment of eight patients with frozen shoulder: a case study series," *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2005, vol. 9, pp. 58-64.
- (11) V. H. Frankel and M. Nordin, *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Philadelphia, Penn.: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- (12) Kitay, G. S., Koren, M. J., Helfet, D. L., Parides, M. K., & Markenson, J. A. (2009). Efficacy of combined local mechanical vibrations, continuous passive motion and thermotherapy in the management of osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis and Cartilage*, 17(10), 1269-1274.
- (13) T.-L. Le, M.-Q. Nguyen, and T.-T.-M. Nguyen, "Human posture recognition using human skeleton provided by Kinect," in *Computing, Management and Telecommunications (ComManTel)*, 2013 International Conference on, 2013, pp. 340-345.
- (14) Y.-J. Chang, S.-F. Chen, and J.-D. Huang, "A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities," *Research in Developmental Disabilities*, 2011, vol. 32, pp. 2566-2570.
- (15) J. A. Lozano-Quilis, H. Gil-Gomez, J. A. Gil-Gomez, S. Albiol-Perez, G. Palacios, H. M. Fardoum, et al., "Virtual reality system for multiple sclerosis rehabilitation using KINECT," in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare*

- (PervasiveHealth), 2013 7th International Conference on, 2013, pp. 366-369.
- (16) A. Da Gama, T. Chaves, L. Figueiredo, and V. Teichrieb, "Guidance and Movement Correction Based on Therapeutics Movements for Motor Rehabilitation Support Systems," in Virtual and Augmented Reality (SVR), 2012 14th Symposium on, 2012, pp. 191-200.

