



棒球捕手不同蹲捕動作之膝關節生物力學特性比較

¹楊雯雯 ²謝凱賀 ³林國華 ²劉 強*

¹國立陽明大學物理治療暨輔助科技研究所 ²臺北市立大學運動器材科技研究所 ³東華大學體育中心

投稿日期：2014 年 10 月；通過日期：2015 年 2 月

摘要

目的：比較捕手低蹲姿(壘上無人)和高蹲姿(壘上有人)膝關節角度、力矩、肌肉活性與牽制表現之差異。**方法：**六名甲組棒球捕手，隨機分別在壘上無人(低蹲姿)和壘上有人(高蹲姿)的條件下，盡全力進行蹲捕-起身-傳球動作，以三維動作分析系統收集蹲捕膝關節運動學參數以及牽制動作時間，以測力板收集動力學參數，以表面肌電儀擷取股四頭肌與股二頭肌的肌肉活性，並將動作分成蹲姿期、起身期與投擲期。**結果：**低蹲姿於蹲姿期的膝關節屈曲角度顯著大於高蹲姿，而膝關節力矩與高蹲姿相比後並沒有顯著差異；高蹲姿於蹲姿期的股直肌與股二頭肌活化皆顯著大於低蹲姿，而起身動作時間顯著快於低蹲姿。**結論：**不同的蹲姿動作型態下，確實有不同的膝關節生物力學特性與可能發生的傷害機轉。捕手採用低蹲姿時，於蹲姿期有較大的膝屈曲，然而，採用高蹲姿時，雖有較快的起身動作表現，但於蹲姿期卻有較高的膝肌群活化程度。因此，捕手長時間蹲捕恐會增加膝關節負荷與過度使用情形，提高捕手膝關節傷害發生的風險。

關鍵字：蹲姿、起身、壘球

壹、緒論

捕手是棒球比賽中，是全場唯一面對場內八位隊友的選手，在守備時掌控全局，傳達教練指示指揮全場，是比賽中帶領全隊的靈魂人物，所以捕手有所謂球場上的教練；由於捕手每次接捕投球的時間非常長，最能了解投手的優缺點，因而有所謂的「有好的捕手，就有好的投手」，此說明捕手對一個球隊的重要性(中華民國棒球協會，2006)。

無論在棒球比賽與練習場上，捕手主要任務為蹲捕與牽制跑壘者，比賽時，棒球捕手除指揮全場攻防之外，更需在長約 3 小時的比賽中，接捕約 130 顆左右的投球，並需起身回傳球給投手或快速牽制傳球至各個壘包由於球隊中；在練習時，負荷量更是驚人，一個球隊通常有約 8 名左右的投手，但僅有約 2~3 名捕手，必須分擔所有投手的投球訓練，以及 12~18 名野手打擊練習或守備練習時的接捕傳球與牽制傳球。因此，捕手在球隊中，除了扮演不可缺少的角色外，其也相對於其他守備選手，有較多的下肢蹲姿與起身

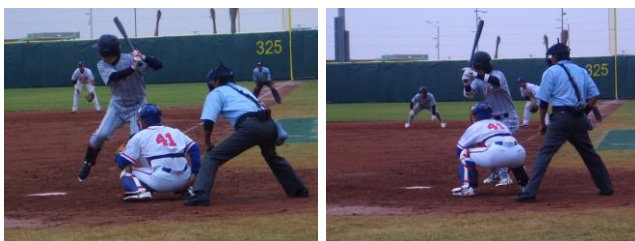
動作且使用頻率相當高。

在大量且反覆的下肢動作執行下，捕手的運動傷害往往集中於下肢，尤其好發於膝關節處，進而影響球隊比賽與練習。陳志祥(2008)提到，由於捕手需要長期維持蹲姿與快速起身傳球動作，膝關節使用率高，所以膝傷成為捕手主要掛病號的原因。確實，在過去研究與調查中顯示，捕手常見的運動傷害發生於蹲捕時(McFarland & Wasik, 1998)，其中包含 4 成非接觸性傷害，僅次於投手，而過度使用為主要受傷原因之一(Collins & Comstock, 2008)，此外，相較於其他守備位置，捕手常因此而列入傷兵名單(Li, et al. 2013)。其次，膝關節傷害與蹲姿生物力學之間的關係是一直以來廣被探討的議題，過去研究指出膝關節屈曲角度增加伴隨提高膝關節受力與力矩(Nagura et al., 2006; Nagura et al., 2002; Thambyah et al., 2005)，增加了膝關節負荷，提高關節軟骨、半月板等組織傷害風險(Escamilla, 2001; Thambyah et al., 2005)，如深蹲姿勢

*通訊作者：劉 強 Email:chiangliu1974@yahoo.com.tw
地址：台北市士林區忠誠路二段101號運動器材科技研究所

下，會提升膝關節壓力，易造成關節軟骨負荷過高而破裂 (Thambyah et al., 2005)，長期下來，會導致膝關節退化(Farquhar et al., 1996)；此外，固定蹲姿下，膝伸肌群為維持穩定蹲姿持續肌肉活化，長時間與反覆執行後，會造成疲勞而提高膝關節傷害風險(Wojtys et al., 1996; Schoenfeld, 2010)，因此，如何降低捕手膝關節傷害風險實為一大重要課題。

然而，雖已有許多蹲姿傷害的相關研究，但卻鮮少直接針對捕手蹲捕等動作特性進行有關膝關節傷害的探討。因此，為深入瞭解捕手傷害發生的可能原因，用以降低捕手下肢運動傷害的風險，本研究將透過生物力學的角度來窺探捕手執行蹲捕-起身-傳球動作時的下肢運動生物力學特性，探討捕手傷害發生的可能機制。由於，捕手隨著球場上的情境不同，蹲捕動作型態會因應調整，或許會造成捕手下肢不同程度的影響，有必要分別探討捕手在不同蹲捕動作型態時下肢生物力學的特性，主要也藉由不同蹲捕型態的比較，來瞭解差異性，深入探討不同蹲捕型態傷害發生之機制不同之處，以求能給予選手、教練訓練建議與提供補手用的護具，協助捕手降低下肢傷害的發生機率。而蹲捕型態大致可分為兩種，其一，當壘上無人時，捕手蹲捕動作型態是採用重心較低的低蹲姿(如圖一)，將大腿靠在小腿上支撐，姿勢較為輕鬆；其二，當壘上有人時，捕手蹲捕動作會提高重心，採用瞬間快速反應的高蹲姿(如圖二)，將大腿抬離小腿，為隨時準備迅速的牽制刺殺離壘與盜壘的跑壘員(葉志仙，1997)。因此，本研究主要目的為比較捕手在壘上無人之低蹲姿以及壘上有人之高蹲姿蹲捕時，膝關節運動學、力矩、肌肉活化與牽制表現之差異。



圖一、低蹲姿動作(壘上無人) 圖二、高蹲姿動作(壘上有人)

貳、方法

一、研究對象：

本研究以業餘大專甲組捕手六名為研究對象，平均年齡為 21.7 ± 3.8 歲、身高為 173.2 ± 6.3 公分、體重為 82.0 ± 10.0 公斤、擔任捕手約為 7.2 ± 5.0 年。所

有受試者皆為以右手與右腳為慣用側，且於近六個月內無下肢神經、肌肉、骨骼、肌腱和韌帶等疾病，經研究說明後同意參與本研究，簽寫受測者同意書。本研究經由臺北體育學院人體試驗委員會審核通過(編號 200800010)。

二、實驗流程：

實驗前，請受試者進行平時訓練前的熱身，包含慢跑、伸展及傳接球等熱身運動程序後，在受試者身上黏貼反光標記點和肌電貼片，並進行各肌群最大自主收縮後，請受試捕手戴上棒球手套，以模擬比賽情境，依照中華民國棒球協會 (2006) 所制定棒球教練指南-少棒訓練一書中的捕手動作規範，隨機執行高蹲姿或低蹲姿進行蹲捕，於穩定維持 5 秒後，研究人員會在距離捕手斜前方 2 公尺處以餵球方式投擲棒球給捕手接捕，請捕手於接到球後，瞄準預設於約 3 公尺處安全擋網上的目標物，以最快速度起身傳球，完成蹲捕-起身-傳球之連貫動作，而後請棒球教練判斷此次動作是否為有效分析樣本，每次投擲間給予 5 分鐘休息，以避免疲勞因素影響實驗數據，共收取三筆有效樣本，進行分析。

三、資料收集：

捕手執行蹲捕-起身-傳球動作過程中，以 Motion Analysis System 搭配十台 Eagle 紅外線攝影機與 EVaRT4.6 即時分析軟體，以取樣頻率設定為 100Hz 進行運動學資料收集；使用 AMTI 測力板，以取樣頻率 1000Hz 收集動作過程中的動力學資料；利用 Biovision 表面肌電儀(Gain:1000; CMRR:120dB; Band width:10-1000Hz; Input impedance: 10E +12 Ohm)，搭配 Biopac MP-150 多功能擷取系統，以及 Acknowledge 3.8.1 版軟體，並參考 Delagi, Perotto, Iazzetti, 與 Morrison (1981) 學者的肌腹位置，於受試皮膚清潔後，在股直肌(rectus femoris)與股二頭肌(biceps femoris)之肌腹上黏貼電極片，以取樣頻率 1000Hz 進行肌電訊號收集。除此之外，為了明確區分蹲捕-起身-傳動作之分期，特別以 2 顆反光點與三軸加速規 (3-axis accelerometer, 型號: CXL50LP3, 加速度為 $\pm 50g$) 分別黏貼於手套上，同步捕捉棒球手套的位置，並搭配 Biopac MP150 系統與 Acknowledge 3.8.1 軟體，以取樣頻率 1000Hz 同步收集棒球撞擊到手套的加速規訊號；以特製具反光功能的棒球球體(如圖三)，透過動作分析系統的捕捉，用以判斷傳球出手瞬間。

四、動作分期

將蹲捕-起身-傳球動作分成三個週期，分別是蹲姿期、起身期與投擲期(如圖四)。蹲姿期為捕手執行於第一塊力板上時，穩定蹲姿 5 秒中的 3 秒；起身期為當球體與手套接觸的瞬間，至捕手起身至左腳踩踏第二塊力板；投擲期為左腳著地接續至球體離開右手手指瞬間的動作過程。



圖三、特製反光棒球

五、資料處理與分析

(一) 膝關節角度

以 Ortho Trak 6.3.3 三維動作分析軟體，參考 Kadaba 等人(1990)研究的數學模型進行關節角度計算，使用 Helen Hayes Marker Set 於各肢段黏貼的反光點，定義出各肢段局部座標系統，再透過各肢段座標系統的相對運動，主要分析蹲姿期，捕手右腳膝關節穩定蹲姿期的平均膝關節屈曲角度。受試捕手身上的 Helen Hayes Marker Set 黏貼 29 顆反光標記點，分別為：(1) Top. Head、(2) Rear. Head、(3) Front. Head、(4) R. Shoulder、(5) L. Shoulder、(6) R. Elbow、(7) L. Elbow、(8) R. Wrist、(9) L. Wrist、(10) Offset、(11) R.ASIS、(12) L.ASIS、(13) V. Sacral、(14) R. Thigh、(15) L. Thigh、(16) R. Lateral Knee、(17) L. Lateral Knee、(18) R.

Medial Knee、(19) L. Medial Knee、(20) R. Shank、(21) L. Shank、(22) R. Lateral Ankle、(23) L. Lateral Ankle、(24) R. Medial Ankle、(25) L. Medial Ankle、(26) R. Toe、(27) L. Toe、(28) R. Heel、(29) L. Heel。

(二) 膝關節力矩

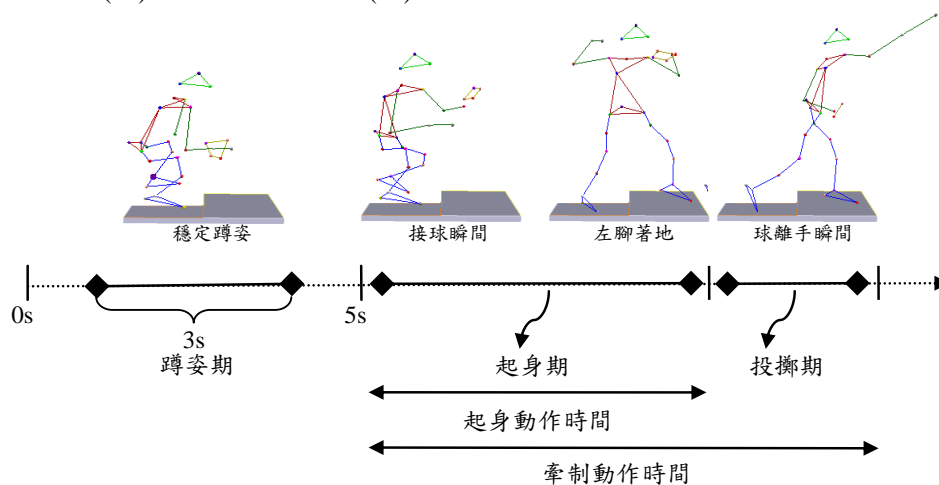
以 Ortho Trak 6.3.3 三維動作分析軟體，輸入所收取的運動學、動力學資料，以及受試者身高、體重與各下肢肢段長度資料，此外，考量本研究受試者為東方人，有別於西方人體型，因此，為更符合亞洲人體型，以減少實驗誤差，因而使用 Ho, et al. (2013) 研究利用核磁共振造影方式 (magnetic resonance imaging, MRI) 所分析的亞洲男性人體量測參數結果，包括質量百分比、質心位置百分比等人體量測資料，再以逆動力學 (inverse dynamic) 推導受試捕手右腳在蹲姿期與起身期膝關節平均力矩，並將所有力矩值與受試者體重乘以身高進行標準化，單位為 % BW×HT。

(三) 膝肌群活化程度

肌電訊號處理是利用 AcqKnowledge 3.8.1 軟體將原始資料 (raw data)，經全波整流後 (full rectification)，進行 10-500Hz 的帶通濾波 (band pass)；再分析受試捕手在各種實驗條件中，穩定蹲姿期和起身期之均方根肌電值 (EMGrms)；並以各肌群最大自主等長收縮 (maximum voluntary isometric contraction, MVC) 進行標準化。

(四) 牽制表現

依據以上分期資料分析起身與牽制動作時間，作為捕手運動表現指標，之中起身動作時間為起身期的總時間，而牽制動作時間為起身期至投擲期兩時期動作過程的總時間，如圖四所示。



圖四、蹲捕-起身-投擲動作分期示意圖

六、統計分析：

本研究利用 SPSS 17.0 中文視窗版進行下列統計分析：(一) 以描述性統計的平均數與標準差表示各項變數；(二) 以無母數相關樣本之 Wilcoxon signed rank test 檢定，比較不同蹲姿條件之運動學參數、力矩、肌肉活性與動作時間等的差異情形；所有統計顯著水準定為 $\alpha = .05$ 。

參、結果

一、膝關節角度：

低蹲姿和高蹲姿過程中，預備接球的穩定蹲姿期膝關節屈曲角度結果，如表一所示。結果發現低蹲姿時，於蹲姿期，膝關節屈曲角度顯著大於低蹲姿時約 20 度，顯示不同蹲姿的膝關節角度會有顯著差異。

表一、不同蹲姿動作於蹲姿期的膝關節屈曲角度

	低蹲姿	高蹲姿	p值
膝關節 (°)	122.82 ± 17.00	103.85 ± 14.54	0.028*

註：*低、高蹲姿達顯著差異 ($p < 0.05$)

二、膝關節力矩

低蹲姿和高蹲姿之膝關節力矩結果，如表二所示。結果發現，不論在蹲姿期和起身期，低蹲姿和高蹲姿之間的膝關節屈曲力矩均無顯著差異。

表二、不同蹲姿動作於各時期之膝關節屈曲力矩

分期	低蹲姿	高蹲姿	p值
膝關節力矩 (%BW*HT)			
蹲姿期	2.16 ± 0.82	2.05 ± 0.68	0.173
起身期	3.23 ± 1.09	3.15 ± 0.92	0.345

註：*低、高蹲姿達顯著差異 ($p < 0.05$)；BW 表體重；HT 表身高。

三、肌肉活性

經分析蹲姿期與起身期的均方根肌電值，低蹲姿和高蹲姿之下肢肌肉活性結果，如表四所示。結果發現於蹲姿期，高蹲姿下的股直肌與股二頭肌皆顯著大於低蹲姿 ($p < 0.05$)。

表三、不同蹲姿動作於各時期之肌肉活性 (單位：%)

分期	肌群	低蹲姿	高蹲姿	p值
蹲姿期	股直肌	13.26 ± 8.94	22.52 ± 11.99	0.028*
	股二頭肌	3.98 ± 5.01	8.95 ± 9.50	0.046*
起身期	股直肌	62.74 ± 30.25	55.08 ± 23.11	0.173
	股二頭肌	43.50 ± 29.21	41.18 ± 18.86	0.753

註：*低、高蹲姿達顯著差異 ($p < 0.05$)

四、動作時間：

低蹲姿和高蹲姿之起身動作時間與牽制動作時間，如表四所示。結果顯示高蹲姿的起身動作時間顯著快於低蹲姿，而高蹲姿之牽制動作時間有快於高蹲姿趨勢，但未達顯著差異。

表四、不同蹲姿動作之運動表現比較

	低蹲姿	高蹲姿	p值
起身動作時間 (sec)	0.59 ± 0.09	0.51 ± 0.11	0.028*
牽制動作時間 (sec)	0.91 ± 0.09	0.86 ± 0.14	0.249

註：*低、高蹲姿達顯著差異 ($p < 0.05$)

肆、討論

本研究以生物力學角度窺探與比較不同蹲捕型態(壘上無人之低蹲姿 vs. 壘上有人之高蹲姿)的情境下，於執行蹲捕-起身-傳球動作時的膝關節力學特性，用以深入探討不同蹲捕型態傷害可能的發生機轉與牽制表現之差異。研究結果顯示低蹲姿與高蹲姿確實有不同的膝關節力學特性與動作表現，主要結果發現，當捕手採取低蹲姿時，蹲姿期的膝肌群活化程度明顯較低，且在膝關節力矩上相較於高蹲姿沒有差異，但蹲姿期的膝關節屈曲角度卻顯著大於高蹲姿；而採取高蹲姿時，膝肌群活化程度明顯高於低蹲姿，且起身動作時間顯著快於低蹲姿，整體牽制動作時間也有較快趨勢。

壘上無人時，捕手蹲捕會採取深蹲姿勢(約 122 度)，一方面，易提升對膝關節內部組織的壓力，過去研究隨著膝屈曲角度增加，膝關節的負荷也隨著提高(Nagura et al., 2006; Nagura et al., 2002)，尤其是深蹲姿勢下，會對股骨與軟骨間與半月板造成過大壓迫(Escamilla, 2001; Thambyah et al., 2005)，如此一來，加上長期的過度使用，恐引起退化性關節炎與軟骨的損傷(Farquhar et al., 1996)；另一方面，過去研究顯示膝肌群活化與膝關節力矩雖會隨著膝屈曲角度增加而遞增(Escamilla, 2001; Nagura et al., 2006)，也就是說低蹲姿下的肌肉活化程度與力矩理因大於高蹲姿，但當深蹲姿勢下，若大腿與小腿接觸時，會產生接觸力與支撐力，進而減少肌肉活化，同時會分散與減少膝關節力矩(Pollard et al., 2011)；本研究捕手在執行低蹲姿時，會將大腿放於小腿上，以支撐身體重量，確實發現了低蹲姿的肌肉活化較小，以較為輕鬆方式來維持蹲捕，可減少肌肉疲勞的程度，以應付長時間的蹲捕，且膝關節力矩雖有較高的趨勢，但與高蹲姿無顯著性差異，可能因接觸力量，讓低蹲姿時的力矩變小所致。

當壘上有人時，捕手蹲捕會改以高蹲姿形態，本研究結果也顯示此時的膝關節屈曲角度明顯較小(約 103 度)，對於膝關節的受力與壓力相對較小，但相反的，卻也因提高身體重心，使大腿抬離小腿，減少支撐力量，使膝肌群徵召較多的運動單位來穩定蹲姿，於彭怡千(2009)研究中曾比較捕手採取不同蹲姿寬度下，對膝關節運動學與膝肌群活化之差異，也發現捕手使用寬蹲寬(約 193 % 肩寬)維持蹲姿時，相較於一般蹲寬(約 128 % 肩寬)，其膝屈曲角度較小(相差 13 度)，於此時下肢肌群活化也相對較大，因此，捕手在長時間維持高蹲姿蹲捕易造成肌肉疲勞，增添了膝關節傷害發生的風險(Wojtys et al., 1996)。然而，除了蹲捕任務外，牽制盜壘者也是捕手重要任務之一，捕手為了預防跑壘者盜壘，採以高蹲姿，以利於起身牽制跑者，本研究結果確實發現採用高蹲姿時的起身動作時間明顯快於低蹲姿(約快 0.08 秒)，而整體牽制動作時間雖未達顯著差異，但也有較快的趨勢(約快 0.05 秒)，也就是說高蹲姿下，捕手能有較短的牽制時間，代表捕手於接球後，可以更快速的將球傳至二壘或三壘，提高了牽制盜壘者的成功率。高蹲姿有較快的起身與牽制傳球的表現，除了有較小的膝屈曲角度，離起身距離較短外，也歸因於膝關節角度較接近膝伸肌理想的用力角度，肌肉易產生力量；過去研究指出膝屈曲約 90 度時，為膝伸肌理想的肌肉長度或關節角度(曹昭懿、賴金鑫，1990；Ruiter, Kooistra, Paalman, & Haan, 2004)，且依據肌肉力量與收縮長度關係(Force-length relationship)得知，當角度越遠離理想角度時，肌肉力量則隨之遞減(Houtz, Lebow & Beyer, 1957; Brughelli & Cronin, 2007)，因此，高蹲姿時的膝屈曲角度為 103 度，相較於低蹲姿的 122 度，更為接近理想的膝伸肌用力角度，較易產生力量，而有較快的起身牽制表現。

由以上探討發現兩種蹲捕動作型態都有其傷害發生的可能機轉，皆會因長期蹲捕下，提高捕手膝關節傷害發生的風險。於壘上無人時，捕手通常雖會採用重心較低的蹲姿，讓大腿輕靠在小腿上支撐身體重量，但因膝屈曲角度過大，提升了膝軟骨與半月板的傷害風險；而於壘上有人時，捕手會將重心拉高，採用高蹲姿，使膝關節角度處在較易於收縮的角度，確實方便快速進行牽制動作，但相對因大腿抬離小腿，減少支撐力量，使膝肌群活化較多，易產生疲勞，以致影響運動表現，並提高傷害發生機率。因此，根據本研究結果建議，減少低蹲姿時的膝屈曲角度、增加大腿

與小腿的接觸力量，以及減少高蹲姿時膝肌群的活化程度，預期可以降低捕手膝關節傷害風險，可從運動輔具與訓練方面著手。輔具方面，建議可使用捕手支撐墊，以減少蹲姿時的膝關節傷害，於謝凱賀(2007)研究中，發現捕手採取低蹲姿蹲捕時，穿戴支撐墊可減少膝屈曲角度、膝關節力矩與股直肌活化程度，也縮短牽制投球的時間，然而，在高蹲姿下，捕手穿戴支撐墊並沒有任何差幫助。目前的膝關節支撐墊設計，因低蹲姿時的膝屈曲較大，可使大腿碰觸到支撐墊，而有實質幫助，反之，因高蹲姿時，膝屈曲角度較小，大腿會抬離支撐墊，未能與支撐墊接觸，而無法發揮效用，建議未來可參考本研究結果，進行支撐墊形狀與厚度等參數的改良或研發新的護具，以期能發揮最大功效。訓練方面，為了能在長時間成功接捕投球與牽制盜壘，宜加強股四頭肌的肌力與肌耐力與增加膝關節本體感覺訓練，以降低肌肉疲勞程度與提高膝關節穩定度，減少膝運動傷害風險。

伍、結論

本研究結論發現壘上無人之低蹲姿和壘上有人之高蹲姿有膝關節生物力學特性之差異，因而有不同傷害發生的可能機轉。捕手採用低蹲姿時，於蹲姿期有較大的膝屈曲，然而，捕手採用高蹲姿時，雖有較快的起身動作表現，但於蹲姿期卻有較高的膝肌群活化程度。因此，無論比賽或練習，捕手在長時間採取低或高蹲姿蹲捕，都會增加膝關節負荷與過度使用情形，提高捕手膝關節傷害發生的風險，未來建議可從運動輔具與訓練等方面著手，以降低膝關節傷害的發生機率。

陸、參考文獻

- 中華民國棒球協會 (2006)。《棒球教練指南-少棒訓練》。台北市：中華民國棒球協會。
- 中華民國棒球協會 (2007)。《棒球規則》。台北市：中華民國棒球協會。
- 曹昭懿、賴金鑫 (1990)。髖關節及膝關節角度對膝部肌力的影響。《中華民國物理治療學會雜誌》，15，1-6。
- 陳志祥 (2008，12 月 8 日)。膝傷大增青棒第 3 波受傷高峰-學生棒球聯盟主動追查防護。《中時電子報》，3。
- 彭怡千 (2009)。《棒球捕手不同蹲姿起身傳球動作之下肢生物力學分析(未出版碩士論文)》。國立成功大

- 學，台南市。
- 葉志仙 (1997)。棒球運動防守與技術與戰術未出版碩士論文。國立體育學院，桃園縣。
- 謝凱賀(2007)。棒球捕手膝關節輔助墊對動作時間、肌肉活性與關節力矩之影響(未出版碩士論文)。台北市立體育學院，台北市。
- Collins, C. L. & Comstock, R. D. (2008). Epidemiological features of high school baseball injuries in the united states. *Pediatrics*, 121, 1181-1187.
- Corrigan, D., & Bohannon, R. W. (2001). Relationship between knee extension force and stand-up performance in community dwelling elderly women. *Archives Physical Medicine Rehabilitation*, 82, 1666-1672.
- Escamilla, R. F. (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 127-141.
- Farquhar T., Xia Y., Mann K., Bertram J., Burton-Wurster N., Jelinski L., et al. (1996). Swelling and fibronectin accumulation in articular cartilage explants after cyclical impact. *Journal Orthopaedic Research*, 14(3), 417-23.
- Ho, W. H., Shiang, T. Y., Lee, C. C., & Cheng, S. Y. (2013). Body segment parameters of young Chinese men determined with magnetic resonance imaging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(9), 1759-66.
- Kadaba, M. P., Ramakrishnan, H. K., & Wootten, M. E. (1990). Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *Journal of Orthopaedic Research*, 8(3), 383-92.
- Li X., Zhou H., Williams, P., Steele, J. J., Nguyen, J., Jager, M. & Coleman, S. (2013). The epidemiology of single season musculoskeletal injuries in professional baseball. *Orthopedic reviews*, 5(e3), 11-15.
- Loughin, T. M., & Bargen, J. L. (2007). Assessing pitcher and catcher influences on base stealing in Major League Baseball. *Journal of Sports Science*, 1-6.
- McFarland, E. G., & Wasik, M. (1998). Epidemiology of collegiate baseball injuries. *Clinical journal of sport medicine*, 8, 10-11.
- Munton, J. S., Ellis, M. I., & Wright, V. (1984). Use of electromyography to study leg muscle activity in patients with arthritis and in normal subjects during rising from a chair. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 43, 63-65.
- Nagura, T., Dyrby, C. O., Alexander, E. J., & Andriacchi, T. P. (2002). Mechanical loads at the knee joint during deep flexion. *Journal of Orthopaedic Research*, 20, 881-886.
- Nagura, T., Matsumoto, H., Kiriyama, Y., Chaudhari, A., & Andriacchi, T. P. (2006). Tibiofemoral joint contact force in deep knee flexion and its consideration in knee osteoarthritis and joint replacement. *Journal of applied biomechanics*, 22, 305-313.
- Pollard, J. P., Porter, W. L., & Redfern, M. S. (2011). Forces and moments on the knee during kneeling and squatting. *Journal of applied biomechanics*, 27, 233-241.
- Ruiter, C. J., Kooistra, R. D., Paalman, M. I., & Haan, A. (2004). Initial phase of maximal voluntary and electrically stimulated knee extension torque development at different knee angles. *Journal of Applied Physiology*, 97, 1693-1701.
- Suter, E., & Herzog, W. (1997). Extent of Muscle Inhibition as a Function of Knee Angle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 8, 123-130.
- Thambyah, A., Goh, J. C., & De, S. D. (2005). Contact stresses in the knee joint in deep flexion. *Medical engineering & physics*, 27, 329-335.
- Wojtys, E. M., Wylie, B. B. & Huston, L. J. (1996). The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. *American journal of sports medicine*, 24(5), 615-621..



A Comparison of Knee Biomechanics between Squat Movement with and without Base Loads in Baseball Catcher

¹Wen-Wen Yang ²Kai-Ho Hsieh ³Kuo-hwa Lin ²Chiang Liu*

¹Department of Physical Therapy and Assistive Technology, National Yang-Ming University

²Graduate Institute of Sports Equipment Technology, University of Taipei*

³Physical Education Center, National Dong Hwa University

Accepted : 2015/02

ABSTRACT

Purpose : The purpose of the study was to compare kinematics, joint moments and muscle activities of knee, and movement time between low-squat (without base loads) and high-squat (with base loads) conditions. **Methods:** Six elite catchers were recruited from Division I baseball team, and performed squatting-standing-throwing movement with their maximal efforts. Motion analysis system with ten high-speed cameras, force plates, and surface electromyography were used to measure kinematic and kinetic parameters, muscle activity, and movement time. The squatting-standing-throwing motion was divided into three phases, including squatting, standing, and throwing. **Results:** The results showed that the low-squat condition had significantly greater angles of knee flexion than the high-squat condition during squatting phase; however, there was no significant difference in the results of knee joint moments between two conditions. The high-squat condition were significantly higher muscle activations of knee than the high-squat condition during squatting phase, but had faster standing movement time. **Conclusion:** These two squatting patterns caused different knee biomechanics and may have different mechanisms of knee-related injuries. Catchers using low-squat position had greater knee flexion during squatting, whereas they using high-squat position had higher muscle activations of knee, but faster standing movement. Thus, the findings indicate that catchers with squatting positions for long periods of time may overuse and increase loading of knee joint to increase the risk of knee injury.

Key words: squat, standing, softball