バットグリップ位置の変化が野球の打撃タイミングと 床反力および筋活動に与える影響

太田 洋一¹⁾ 中本 浩揮²⁾

Yoichi Ohta¹ and Hiroki Nakamoto²: Effects of changes in bat grip position on baseball bat swing timing, ground reaction force, and muscle activation characteristics. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 60: 527-537, December, 2015

Abstract : This study aimed to clarify the effects of changing to a short bat grip position from the long bat grip position on baseball bat swing timing, peak ground reaction force with the front leg, and activation of the upper and lower limb muscles.

Nine male college baseball players participated in this study. By using a batting simulator, the coincident timing task was to swing the bat coincidentally with the arrival timing of a moving target by using the long or short bat grip position. The batter performed 10 sets of 4 swings for a total of 40 swings for the coincident timing task. During the four swings, the batter swung the bat by using the long grip position in the first, second, and fourth swings. Only in the third swing did the batter use the short grip position. The ground reaction force with the front leg was measured, and electromyograms of the upper and lower limb muscles were obtained during the coincident timing task.

Our results indicated no significant differences in absolute and variable timing errors between the long and short bat grip positions. In contrast, the constant timing error was significantly increased with the short bat grip position. Moreover, the time to peak ground reaction force and time to peak muscle activation of both the upper and lower limb muscles were significantly delayed when the short bat grip position was employed. Significant positive relationships were observed between the constant timing error and time to peak ground reaction force, which showed differences between the second and third swings. No significant difference in swing time was observed between the long and short bat grip positions.

These findings indicate that changing to the short bat grip position from the long bat grip position will not improve the batter's swing timing. Furthermore, changing to the short bat grip position could delay the batter's swing timing, probably because the change causes a delay in swing preparation.

Key words : coincident timing task, accuracy, swing time, choke-up grip, electromyography

キーワード : 一致タイミング課題, 正確性, スイング時間, 短いバット, 筋電図

1. 緒 言

野球の試合では、投球速度の大きい投手に対して打者が振り遅れた場合に「バットを短く持て」

とコーチや監督が指示することがある。「バットを短く持つ」とは、通常よりもバットヘッドに近い位置（グリップエンドから遠い位置）を握ることであり、グリップ位置からバットヘッドまでの距離を短くするバットの把持方法である。このよ

1) 愛知淑徳大学健康医療科学部スポーツ健康医科学科
〒480-1197 愛知県長久手市片平二丁目9

2) 鹿屋体育大学体育学部スポーツ人文・応用社会科学系

〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1番地

連絡先 太田洋一

1. Faculty of Health and Medical Sciences, Department of Sports and Health Sciences, Aichi Shukutoku University

2-9 Katahira, Nagakute, Aichi 480-1197

2. Department of Physical Education, Sports Humanities and Applied Social Science, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-2393

Corresponding author t_uzura76@live.jp

うなコーチや監督からの指示は、バットを短く持つことで、スイング時間の減少やスイング速度の増加、打撃タイミングやバットコントロールの向上、さらに、バットを軽く感じたり、集中力を高めたりする効果があると考えられているためである (DeRenne and Blitzbau, 1990). 先行研究では、バットを短く持つことでスイング動作の前脚が離地した時間から接地するまでの時間 (ストライド時間) が減少し、トータルのスイング時間 (前足離地からインパクトまでの時間) が短くなると報告されている (DeRenne et al., 2010 ; Escamilla et al., 2009). しかし、バットを短く持っても、前脚接地後のスイング時間は有意に変化しないことや (Escamilla et al., 2009 ; 川端・伊藤, 2012 ; 島田ほか, 2008), バットスイング速度は低下 (DeRenne and Blitzbau, 1990 ; DeRenne et al., 2010 ; Escamilla et al., 2009 ; 川端・伊藤, 2012 ; 渡邊ほか, 2006) または変化しない (島田ほか, 2008) ことが報告されている。したがって、バットを短く持つことによるスイング時間への影響は限定的なものであると考えられ、監督や選手が考える効果と実際のデータは必ずしも一致するものとは言えない。スポーツ競技においては、競技現場 (選手やコーチ) の認識と実際のデータとの相違を明らかにする事は重要なことである。

バイオメカニクスの先行研究からバットを短く持つことによるスイング動作への影響は明確にされつつあるが、打撃のタイミングといった知覚-運動制御に与える影響は明らかにされていない。バットでボールを正確に打撃するためには、投げられたボールの到達に合わせて、タイミングよくスイング動作を実行しなければならない。その為、時間的な打撃タイミング能力は、打撃パフォーマンスを決定する1つの要因と考えられる。バットを短く持つことで打撃のタイミングが向上すると示唆されているが (DeRenne and Blitzbau, 1990), 詳細な研究は行われていない。グリップ位置の違いが打撃タイミングへ与える影響を明らかにする事は打撃指導における有用な知見となると考えられる。

先行研究では、通常のグリップ位置と通常よりも短いグリップ位置の打撃をそれぞれ10回ずつ実施するなど別々のブロックで打撃を行わせているが (e.g., DeRenne et al., 2010 ; Escamilla et al., 2009 ; 川端・伊藤, 2012), 野球の現場では、打者が1打席中にバットグリップ位置を変化させることも少なくない。そこで、本研究では、バットを短く持ち替えるまたは長く持ち替える状況を想定した実験条件を採用した。また、本研究では、バットを短く持ち替えた場合、打撃タイミングの時間的な正確性は向上しない、もしくは低下すると仮説を立てた。なぜなら、バットを短く持った場合の打者の認識と実際の打撃動作のデータに違いが認められることや、グリップ位置に関わらずヒットとして認められる打球を打つ確率は一定であると報告されているからである (DeRenne et al., 2010)。

打撃タイミングと床反力との関係を検討した研究からは、打撃タイミングは前脚が地面を踏みしめるタイミングや地面に大きな力を加えたタイミングと密接な関係が認められると報告されている (Katsumata, 2007)。また、野球のスイング動作は様々な筋の活動によって実行され (Kitzman, 1964 ; Shaffer et al., 1993), 筋活動の調節は打撃タイミングに関係する要因であると報告されている (Ohta et al., 2014 ; Ohta et al., 2015)。したがって、打撃のタイミングを検討する場合、単に標的とのインパクトタイミングだけでなく、様々な動作や力発揮のタイミングさらに筋活動のタイミングから検討を行う必要があると考えられる。これらのことから、本研究では、グリップ位置の変化が打撃のタイミングに与える影響を、インパクトタイミングだけでなく、前脚の踏みしめタイミング (床反力) および上下肢の筋活動のタイミングから明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1. 被検者

大学硬式野球部の野手9名 (年齢 20.7 ± 1.3 歳, 身長 171.8 ± 4.8 cm, 体重 70.4 ± 8.1 kg) を対象

とした．右打ち5名，左打ち4名であった．被検者に対し実験目的と方法の説明を行い，内容を理解のうえ実験参加の承諾を得た．本実験は所属研究機関の研究倫理委員会の手承を得たものである．実験準備に先立って，バットを短く持つ事によるスイングへの主観的な印象を質問した．質問は「バットを短く持った場合にスイングに対して感じることはありますか？」とし，自由回答とした．この質問は，被検者のバットを短く持つことに対する印象を確認するためだけに用いられた．

2.2. 実験課題

本研究では，実打ではなく打撃シミュレーターを使用した．その理由は，提示課題の時間的な再現性と多数の試技による定量的な分析を優先したためである．実際にボールを打撃する実験環境では，時間的な条件（投球時間や投球速度）が一致した試技を多数測定することは困難であり，定量的な評価を行うことが難しい．したがって，ターゲットの開始から到達までの時間的な条件を再現することが可能な打撃シミュレーターを用いて実験を行った．

被検者は利き打席で木製バット（アディダス社製：DDN87，長さ84 cm，重さ780 g）を握り，打撃シミュレーターと平行になるよう立位姿勢をとり，開始点から直線移動してくる移動指標が到達点に到達する瞬間に合わせてバットをスイングする一致タイミング課題を行った（図1）．打撃ポイントは移動指標の到達点に設置された光電管

装置上とし，前脚が床に設置されたフォースプレート（KISTLER 社製：Type9287C）上に乗るようにスイングを行わせた（図1）．標的の移動開始から到達までの刺激提示時間は先行研究を参考に500 msとした（Nakamoto et al., 2012；Ohta et al., 2014；Ohta et al., 2015）．この時間は，実際の野球の投球速度では約132.8 km/hに相当するものである．被検者には標的の到達に合わせてスイングが出来る様になるまで練習を行わせ，練習試技中にはスイング毎にタイミング誤差を口頭でフィードバックした．練習試技ではバットの最もグリップエンドに近い位置を握らせて行わせた．バットを短く持ち替えた際の打撃タイミングへの影響についてテスト試技前に学習しないように，バットを短く持った状態で一致タイミング課題の練習試技は行わせなかった．

次に，4スイング1セットのテスト試技を10セット行わせた．バットは被検者全員が同一の木製バットを使用した．各セット1，2，4スイング目は最もグリップエンドに近い位置を握るロンググリップポジションとし，3スイング目のみロンググリップポジションから拳一握り分短い位置を握るショートグリップポジションに持ちかえてスイングを行わせた．グリップ位置は先行研究の条件を参考とした（川端・伊藤，2012）．被検者にはできるだけ強くスイングするように指示した．1セット中のスイング間のインターバルは約10秒とし，セット間のインターバルは約3—5分とした．テスト試技は全て同一の刺激提示条件（500

Figure 1 Representation of experimental set-up.

ms)で行われた。

テスト試技では、被検者に1スイング毎、スイングタイミングの早遅についての主観を5段階評価(5:明らかに早い, 4:どちらかと言えば早い, 3:ちょうどいい, 2:どちらかと言えば遅い, 1:明らかに遅い)で答えさせ、その後口頭でタイミング誤差の実数値のフィードバックをした。また、バットのグリップを持ち替える3, 4スイング目には、スイング終了後に前のスイングと比較したバットの重さに関する主観(5:明らかに軽い, 4:どちらかといえば軽い, 3:変わらない, 2:どちらかといえば重い, 1:明らかに重い)とスイングスピードに関する主観(5:明らかに速い, 4:どちらかといえば速い, 3:変わらない, 2:どちらかといえば遅い, 1:明らかに遅い)も5段階評価で答えさせた。

2.3. 実験装置

2.3.1. 打撃シミュレーター

200個の赤色発光ダイオード(LED)を2cm間隔で配置した長さ4mのレール(アプライドオフィス社製:AO-1M)を使用して作成した打撃シミュレーターを用いた。打撃シミュレーターは、3秒間の予告刺激の点灯後、移動指標となる光が開始点から到達点まで経時点灯し、移動指標が被検者に向かってくように見える装置であり、先行研究で用いられているものである(Nakamoto et al., 2012; Ohta et al., 2014; Ohta et al., 2015)。打撃シミュレーターの到達点に設置された光電管装置(アプライドオフィス社製:AO-2CH)上をバットが通過した時間をインパクト時間として計測した。野球規則に則った打席を作成し、到達点の光電管装置がホームベース上の先端中心に来るように配置した。打撃シミュレーターから標的移動開始時間、標的到達時間およびインパクト時間を2台のA/D変換器(AD Instrument社製:Power-Lab 16sp)を用いてサンプリング周波数1kHzで2台のパソコン上のソフトウェア(AD Instrument社製:Chart 7.3.7)に保存し、筋電図およびフォースプレートのデータとの同期を行った。

2.3.2. 筋電図

打者の投手側(前脚側:右打者は左, 左打者は右)の上腕三頭筋(F-TB)、大腿二頭筋(F-BF)、前脛骨筋(F-TA)、外側広筋(F-VL)、腓腹筋内側頭(F-MG)および捕手側(後ろ脚)の腓腹筋内側頭(B-MG)から筋電図を導出した。上肢筋はスイング動作中に顕著な活動を示す上腕三頭筋を選択した(Ohta et al., 2014)。前脚の動作タイミングおよび前脚の外側広筋の筋活動が打撃タイミングに関連すると報告されていることから(Katsumata, 2007; Ohta et al., 2015)、前脚の膝関節および足関節の屈伸に関わる主要な筋である外側広筋、腓腹筋内側頭、大腿二頭筋および前脛骨筋を測定した。後ろ脚は予備実験でスイング動作中に顕著な活動が認められた腓腹筋内側頭を測定した。筋電図の測定には、多用途テレメーター筋電計システム(バイオログ社製:DL-5000型システム)を使用した。筋電図信号はサンプリング周波数1kHzでA/D変換器(AD Instrument社製:Power-Lab 16sp)を通してパソコン上のソフトウェア(AD Instrument社製:Chart 7.3.7)に保存し、打撃シミュレーターからのデータと同期を行った。筋電図信号はソフトウェア(AD Instrument社製:Chart 7.3.7)を用いて全波整流化しバンドパスフィルター(15–250 Hz)で処理した後、積分(time constant, 50 ms)し分析に用いた。

2.3.3. 床反力

床に設置されたフォースプレート(KISTLER社製:Type9287C)を用いてスイング動作中の前脚の床反力を測定した。床反力データはA/D変換器(AD Instrument社製:Power-Lab 16sp)を用いてサンプリング周波数1kHzでパソコン上のソフトウェア(AD Instrument社製:Chart 7.3.7)に保存し打撃シミュレーターからのデータと同期した。

2.4. 分析項目

標的提示時間(500 ms)と標的移動開始からインパクトまでの時間の差からタイミング誤差を算出した。標的の到達よりも早いタイミングでス

イングを行った場合は－（マイナス）の値とし、標的の到達よりも遅いタイミングでスイングを行った場合は＋（プラス）の値とした。打撃タイミングの偏向・正確性・変動性を検討するために、CE（Constant Error：誤差の偏向とその大きさを表す誤差）、AE（Absolute Error：移動指標到達からの絶対誤差）およびVE（Variable Error：個人内の変動誤差）の3つの指標を算出した。CE, AE, VEは以下の数式から算出した（Schmidt and Lee, 2011）。

$$CE = [\Sigma(X_i - T) / N]$$

$$AE = [\Sigma(|X_i - T|) / N]$$

$$VE = \sqrt{[\Sigma(X_i - M)^2 / N]}$$

ここで、 i ＝試技、 X_i ＝ i 回目の試技の標的開始からインパクトまでの時間、 T ＝標的提示時間、 N ＝試技数、 M ＝ N 試技の標的開始からインパクトまでの時間の平均である。

筋電図は、積分筋電図に変換し標的の移動開始からインパクトまでの各筋の最大値および最大値発揮時間を算出した。最大値発揮時間は標的移動開始からの時間とした。筋電図の最大値は等尺性筋活動時の最大値を用いて標準化した（% maximal voluntary contraction: %MVC）。

床反力データからは垂直成分（Fz）の力が連続的に最大値まで増加を開始する時間（床反力増加開始時間）、床反力最大値発揮時間および床反力最大値を計測した。床反力増加開始時間および床反力最大値発揮時間は標的移動開始からの時間とした。さらに、床反力最大値発揮時間からインパクト時間までをスイング時間として算出した（川端・伊藤, 2012）。

2.5. データ分析

各データはスイング毎（1, 2, 3, 4 スイング）の10セットの平均値を算出した。この際、各被検者内において、CEの平均値に対して $\pm 2SD$ の範囲から外れたデータは被検者内の平均から除外した。スイング間の違いは、対応のある1要因分散分析を行い、主効果が認められた場合は、多重比較（Bonferroni）を用いて分析を行った。3スイング目および4スイング目のバットの重さと

速さに関する主観の傾向は1標本のt検定（検定値＝3）を用いて分析した。CEおよび床反力最大値発揮時間の2スイング目と3スイング目の差を算出し、両者の関係をPearsonの積率相関係数を用いて分析した。効果量として偏イーター二乗（ η_p^2 ）を算出した。統計処理にはSPSSソフトウェア（IBM社製：IBM SPSS Statistics 22）を用いた。

3. 結 果

3.1. 主観

スイングタイミングの早遅についての主観は、1スイング目（ 2.84 ± 0.26 ）、2スイング目（ 2.93 ± 0.36 ）、3スイング目（ 2.84 ± 0.28 ）、4スイング目（ 2.66 ± 0.35 ）であった。スイング条件で1要因分散分析を行った結果、有意な主効果は認められなかった（ $F(3, 24) = 1.813$, $p = 0.172$, $\eta_p^2 = 0.185$ ）。バットのグリップを持ち替えた3, 4スイング目の前スイング（2, 3スイング目）と比較したバットの重さに関する主観は、3スイング目 3.69 ± 0.63 （ $t(8) = 3.246$, $p = 0.012$ ）、4スイング目 2.34 ± 0.46 （ $t(8) = -4.309$, $p = 0.003$ ）であった。これは、バットを短く持ち替えた3スイング目は2スイング目と比較して有意にバットが軽かったと感じており、長く持ち直した4スイング目は3スイング目と比較して、有意にバットが重かったと感じていたことを示している。また、3, 4スイング目のバットの速さに関する主観は、3スイング目 3.26 ± 0.45 （ $t(8) = 1.755$, $p = 0.117$ ）、4スイング目 2.78 ± 0.38 （ $t(8) = -1.743$, $p = 0.120$ ）であり、前のスイングに対して有意な違いは認められなかった。

3.2. タイミング誤差

各スイングのCEについて、1要因分散分析を行った結果、スイング条件に有意な主効果が認められた（ $F(3, 24) = 3.615$, $p = 0.028$, $\eta_p^2 = 0.311$ ）。多重比較の結果、3スイング目は2スイング目よりも有意に高値を示した（ $p = 0.024$, 図2）。この結果は、3スイング目にバットを短く持

Figure 2 Differences in constant error (CE), absolute error (AE), and variable error (VE) between the 4 swings. * $p < 0.05$

Figure 3 Differences in time to onset (left) and time to peak (middle) from target start and peak ground reaction force (right) between the 4 swings. * $p < 0.05$

ち替えることによって、ターゲットの到達よりも遅れてスイングを行う（振り遅れる）傾向が強くなることを示している。一方、AEでは、有意な主効果は認められなかった ($F(3, 24) = 1.485$, $p = 0.244$, $\eta_p^2 = 0.157$, 図2)。また、VEにおいても有意な主効果は認められなかった ($F(3, 24) = 1.544$, $p = 0.229$, $\eta_p^2 = 0.162$, 図2)。

3.3. 床反力

床反力増加開始時間について、スイング条件で有意な主効果は認められなかった ($F(3, 24) = 0.643$, $p = 0.595$, $\eta_p^2 = 0.074$, 図3左)。最大値発揮時間は、スイング条件に有意な主効果が認められ ($F(3, 24) = 5.090$, $p = 0.007$, $\eta_p^2 = 0.389$)、多重比較の結果、3スイング目は2スイング目よりも有意に高値を示した ($p = 0.027$, 図3中)。この結果は、バットを短く持ち替えることによって、スイング中の前脚の床反力最大値発揮時間が遅延したことを示している。床反力最大値は、スイング条件で有意な主効果は認められなかった

Figure 4 Relationship between Δ constant error (CE) and Δ time to peak ground reaction force, which showed differences between the second and third swings.

($F(3, 24) = 1.497$, $p = 0.241$, $\eta_p^2 = 0.158$, 図3右)。2スイング目と3スイング目のCEの差と床反力最大値発揮時間の差の間には有意な被検者間の正の相関関係が認められた ($r = 0.822$, $p = 0.007$, 図4)。

3.4. スイング時間

スイング時間について、スイング条件で有意な主効果は認められなかった ($F(3, 24) = 2.645$, $p = 0.072$, $\eta_p^2 = 0.248$, 図 5)。

3.5. 筋電図

筋電図の最大値発揮時間について、F-TA, F-MG, F-BF, F-TB では、スイング条件に有意な主効果は認められなかった ($F(3, 24) = 1.097$, p

$= 0.369$, $\eta_p^2 = 0.121$), ($F(3, 24) = 0.312$, $p = 0.816$, $\eta_p^2 = 0.038$), ($F(3, 24) = 1.730$, $p = 0.188$, $\eta_p^2 = 0.178$), ($F(3, 24) = 2.876$, $p = 0.057$, $\eta_p^2 = 0.264$, 図 6)．一方、B-MG および F-VL の最大値発揮時間では、スイング条件に有意な主効果が認められた ($F(3, 24) = 3.874$, $p = 0.022$, $\eta_p^2 = 0.326$), ($F(3, 24) = 3.167$, $p = 0.043$, $\eta_p^2 = 0.284$, 図 6)．多重比較の結果、B-MG では、3 スイング目は 1 スイング目との間に有意な違いが認められた ($p = 0.029$)．また、F-VL では、3 スイング目と 2 スイング目との間に有意な違いが認められた ($p = 0.040$, 図 6)．

筋電図の最大値について、F-TA, F-MG, F-BF, F-TB では、スイング条件に有意な主効果は認められなかった ($F(3, 24) = 2.070$, $p = 0.131$, $\eta_p^2 = 0.206$), ($F(3, 24) = 2.667$, $p = 0.071$, $\eta_p^2 = 0.250$), ($F(3, 24) = 2.321$, $p = 0.101$, $\eta_p^2 = 0.225$), ($F(3, 24) = 2.422$, $p = 0.091$, $\eta_p^2 = 0.232$, 図 7)．一方、B-MG および F-VL では、スイング条件に有意な主効果が認められたが ($F(3, 24) = 3.338$, $p = 0.036$, $\eta_p^2 = 0.294$), ($F(3, 24) = 3.921$,

Figure 5 Difference in swing time between the 4 swings.

Figure 6 Differences between the 4 swings in terms of time to peak from the target start in the tibialis anterior muscle of the front leg (F-TA), vastus lateralis muscle of the front leg (F-VL), biceps femoris muscle of the front leg (F-BF), medial gastrocnemius muscle of the front and back legs (F-MG and B-MG, respectively), and triceps brachii of the front arm (F-TB). * $p < 0.05$

Figure 7 Differences between the 4 swings in terms of maximal muscle activation (% MVC) of the tibialis anterior muscle of the front leg (F-TA), vastus lateralis muscle of the front leg (F-VL), biceps femoris muscle of the front leg (F-BF), medial gastrocnemius muscle of the front and back legs (F-MG and B-MG, respectively), and triceps brachii of the front arm (F-TB).

$p=0.021$, $\eta_p^2=0.329$), 3 スイング目との間に有意な違いは認められなかった (B-MG: 1 vs. 3: $p=0.206$, 2 vs. 3: $p=0.381$, 3 vs. 4: $p=0.230$), (F-VL: 1 vs. 3: $p=0.513$, 2 vs. 3: $p=0.208$, 3 vs. 4: $p=0.082$). 全ての筋において, 3 スイング目の平均値が小さいことから, 各スイングで全ての筋の最大値の平均値を算出した結果, スイング順に $73.9 \pm 12.9\%$, $74.5 \pm 13.4\%$, $67.8 \pm 14.2\%$, $72.5 \pm 13.8\%$ MVC となり, スイング条件で有意な主効果が認められた ($F(3, 24)=8.854$, $p<0.001$, $\eta_p^2=0.525$). 多重比較の結果, 3 スイング目と 2 スイング目との間には有意な違いが認められた ($p=0.040$). これらの結果は, バットを短く持つことでスイングに関与する筋活動が全体的に低下することを示している.

4. 考 察

4.1. バットを短く持ち替えることによる打撃タイミングへの影響

打撃の一致タイミング誤差はターゲットの到達

時間と打撃ポイントをバットが通過した時間の差から算出した. ターゲットの到達よりも早くバットが打撃ポイントを通過した場合 (尚早反応) は - (マイナス) の値, 遅い場合 (遅延反応) は + (プラス) の値とした. 本研究では, 4 スイング共に CE の平均値がプラスを示したことから (図 2), 平均的に打者はターゲットの到達よりも遅れてスイングしていた (振り遅れ) と考えられる. 野球の指導者や選手は, バットを短く持つことでスイング時間が短縮されると考えており, 野球の指導書では「速い球に対応して振り遅れないようにするときにも, 短く持てば対応できる.」とされている (ベースボールマガジン社編, 2007). また, バットを短く持つとスイング速度のバラツキが小さくなることから, 打撃のタイミングが向上すると示唆されている (DeRenne and Blitzbau, 1990). しかし, 本研究では, 一致タイミングの正確性の指標である AE および変動性を示す指標である VE は, スイング間で有意な違いは認められず, バットを短く持ち替えても打撃の時間的な正確性の向上や打撃タイミングのバラツ

キの減少は示されなかった (図2). さらに, バットを短く持ち替えた3スイング目で, タイミング誤差の偏向を示すCEが有意に増加する結果となった (図2). これは, バットを短く持ち替えたことでターゲットの到達よりも遅れてスイングする (振り遅れる) 傾向が強くなったことを示すものである. これらのことは, バットを短く持ち替えることは, 打撃の時間的な正確性やバラツキに顕著な影響を与えるものではないが, 標的の到達に対して振り遅れる傾向を強くする可能性を示唆するものである.

本研究では, バットを短く持ち替えることによる打撃タイミングの最終的な遅延 (振り遅れ) の増大だけでなく, スイング動作中の前脚の地面に対する力発揮と筋活動の時間的な遅延が確認された (図3中, 6). 勝又・川合 (1996) は, ステップした前脚が地面を踏みしめることでスイングがなされていると報告している. また, 川端・伊藤 (2012) は前脚の床反力のピーク値発揮時間をスイング開始時点と定義している. したがって, 本研究の床反力最大値発揮時間の有意な遅延はスイング開始局面の遅延を反映するものと示唆される. さらに, 床反力最大値発揮時間よりも前に出現したF-VLおよびB-MGの筋活動の最大値発揮時間も3スイング目で有意に遅延したことは, スイング開始前の両下肢の準備局面がともに遅延したことを示すものと考えられる. また, 2スイング目と3スイング目のCEの差と床反力最大値発揮時間の差との間には有意な被検者間の正の相関関係 (図4) が認められたことから, 3スイング目で振り遅れの程度が大きい被検者は床反力最大値発揮時間の遅延が大きいことが確認された. さらに, 本研究では, 先行研究 (Escamilla et al., 2009; 川端・伊藤, 2012; 島田ほか, 2008) と同様に, バットを短く持った3スイング目において, スイング時間に有意な変化は認められなかった (図5). これらの結果は, 打撃の準備局面の遅延がバットを短く持ち替えることによる振り遅れの増大の主要な原因であると示唆するものである.

野球競技の打者や監督 (コーチ) は, バット

を短く持つことでスイング速度の増加およびスイング時間の減少につながると考えている (DeRenne and Blitzbau, 1990). 本実験においても, 実験前にアンケートを行った結果, 9名中7名がバットを短く持つことでスイングが速くなると回答している. また, 9名中9名はバットが軽く感じると回答していることや, 8名がバットコントロールしやすいと回答している. これらのことから, 打者はバットを短く持つことによって, 長く持っている時よりも打撃の時間的な余裕を得ていると考えているかもしれない. 先行研究では, バットを短く持つことでトータルのスイング時間 (前足離地からインパクトまでの時間) が短くなると報告されている (DeRenne et al., 2010; Escamilla et al., 2009). しかし, バットを短く持つとスイング速度は低下することや (DeRenne and Blitzbau, 1990; DeRenne et al., 2010; Escamilla et al., 2009; 川端・伊藤, 2012; 渡邊ほか, 2006), 前脚接地後のスイング時間は有意に変化しないことが報告されている (Escamilla et al., 2009; 川端・伊藤, 2012; 島田ほか, 2008, 図5). したがって, 打者や監督 (コーチ) が考えるよりも, 実際にはバットを短く持つことによる時間的な余裕はそれほど増加しないと考えられる. つまり, バットを短く持った場合の打撃における時間的な余裕において, 打者の認識と現実との間にズレ (錯覚・過大評価) が生じている可能性が考えられる. このような, バットを短く持つことで得られる打撃の時間的な余裕の過大評価が打撃の準備局面の遅延を引き起こし振り遅れの増大につながったのかもしれない.

本研究では, バットを短く持ち替えた3スイング目にCEが有意に増加したにも関わらず, スイングタイミングの早遅についての被検者の主観にスイング間で有意な違いは認められなかった. これは, バットを短く持ち替えた3スイング目において, 実際は振り遅れているのにもかかわらず, 他のスイングと同様のタイミングでスイングしたと判断した結果であり, 打撃タイミングの遅れに打者が気付いていないことを示すものと推察される. この結果は, バットを短く持ち替えるこ

とによる打者の打撃タイミングの判断能力の低下を示唆するものかもしれない。今後さらなる研究は必要であるが、本研究で示されたバットを短く持ち替えることによる打撃の振り遅れの増大や打撃タイミングの判断能力の低下の結果は、1打席中にグリップ位置を変えることが打撃パフォーマンスの低下につながる可能性を示すものかもしれない。

4.2. グリップ位置が筋活動および床反力の最大値に与える影響について

先行研究では、バットを短く持つことによる慣性モーメントの減少が筋の力発揮の低下につながると示唆されている (Escamilla et al., 2009)。本研究では、3スイング目に測定した全ての筋活動の最大値が低下する傾向が認められ (図7)、B-MG および F-VL においてはスイング条件で有意な主効果が認められた。野球における打撃動作は打者によって様々であり、動員される筋の貢献度は打者によって異なると考えられることから、全ての筋活動を平均してスイング間の違いを分析した結果、バットを短く持ち替えた3スイング目でスイングに関与する筋活動が有意に低下することが示された。これは、バットを短く持つことが筋の力発揮の低下につながるとの示唆 (Escamilla et al., 2009) を支持する結果と言える。また、動作前および動作後のダンベルの重さに関する主観はダンベルの挙上速度や加速度に影響を与える可能性が示されていることから (Buckingham et al. 2014)、3スイング目にバットを軽く感じていることと筋活動量の低下は関連するものかもしれない。さらに、本研究では、3スイング目の床反力最大値の減少は有意ではなかったが、テニスのフォアハンドストロークのインパクト時に働く平均の力は床反力から得られたベクトルと相関すると報告されている (室, 1983)。これらのことから、筋活動量の低下や床反力値の低下は、バットを短く持った際のスイング速度の低下 (DeRenne and Blitzbau, 1990; DeRenne et al., 2010; Escamilla et al., 2009; 川端・伊藤, 2012; 渡邊ほか, 2006) やボール

飛距離の低下 (渡邊ほか, 2006) に関連するものかもしれない。

4.3. 本研究の限界および今後の研究への示唆

本研究は、打撃シミュレーターを使用し、ターゲットの到達時間が全て一定の条件で行われたものであることが、バットを短く持ち替えることによる潜在的な影響を顕著に示したものかもしれない。さらに、本研究ではグリップ位置にかかわらず全て同じインパクト位置を想定したスイングを行わせていることから、実際の打撃動作とは異なるものと考えられ、実際の打撃場面においても短く持ち替えた場合に振り遅れるかどうかは不明である。したがって、今後の研究では、実際の試合のような様々な球速に対して、グリップ位置の変化が打撃タイミングやインパクト位置に与える影響を検討することで、短く持ち替えた場合の打撃タイミングへの影響をさらに明らかにする事ができよう。また、バットを短く持つと上胴や骨盤の回転角度が小さくなると報告されている事や (Escamilla et al., 2009)、バットの回転半径および慣性モーメントが小さくなりバットの回転が容易になると考えられることから、スイングがコンパクトになりバットコントロールがしやすくなると考えられる。しかし、実際に投球されたボールや本研究で用いられた打撃シミュレーターのような動的標的に対して、グリップ位置の変化が空間的なバットコントロールに与える影響はほとんど検討されていない。動的標的に対して空間的なバットコントロールへの影響を明らかにする事は、バットを短く持つことまたは持ち替えることによる打撃パフォーマンスへの影響を明確にすることにつながるだろう。

5. ま と め

本研究では、バットグリップ位置の変化が打撃のタイミングに与える影響を、打撃シミュレーターを用いてターゲット到達に対する一致タイミング誤差およびスイング中の筋活動と前脚の床反力の時間的特性から検討を行った。その結果、バ

ットを短く持ち替えても絶対誤差 (AE) および変動誤差 (VE) に有意な変化は認められなかった。一方、偏向誤差 (CE) はバットを短く持ち替えたスイングにおいて有意に増加した。また、床反力最大値発揮時間および筋活動最大値発揮時間はバットを短く持ち替えたスイングで有意に遅延した。さらに、グリップ位置にかかわらずスイング時間は一定であった。これらの結果から、本実験条件では、バットを短く持ち替えてスイングしても時間的な打撃タイミングの向上は認められないことが示唆された。さらに、短く持ち替えた際にスイングの準備動作が遅延することで、スイングの振り遅れが増大する可能性が示された。

謝辞

本研究の実施において、服部樹典氏および米田壮利氏には多大なご協力をいただきました。また、実験参加にご快諾いただいた皆様にも、この場を借りて感謝の意を記すと共に深くお礼申し上げます。

本研究の一部は愛知淑徳大学研究助成を受け実施したものである。

文 献

ベースボールマガジン社編 (2007) バッティングバイブル [テクニク編]. ベースボールマガジン社, p. 106.

Buckingham, G., Byrne, C.M., Paciocco, J., van Eimeren, L., and Goodale, M.A. (2014) Weightlifting exercise and the size-weight illusion. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(2): 452-459.

DeRenne, C. and Blitzbau, A. (1990) Why your hitters should choke up. *Scholastic Coach, Jan.*, 59(6): 106-107.

DeRenne, C., Morgan, C.F., Escamilla, R.F., and Fleisig, G.S. (2010) A choke-up grip facilitates faster swing and stride times without compromising bat velocity and bat control. *The Sport Journal*, 13(2).

Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., DeRenne, C., Taylor, M.K., Moorman, III, C.T., Imamura, R., Barakatt, E., and Andrews, J.R. (2009) Effects of bat grip on baseball hitting kinematics. *J. App. Biomech.*, 25(3): 203-209.

勝又 宏・川合武司(1996)地面反力からみた異なる打球速度に対する野球の打撃動作の特性. *体育学研究*, 40(6): 381-398.

Katsumata, H. (2007) A functional modulation for timing a movement: A coordinative structure in baseball hitting. *Human Movement Science*, 26(1): 27-47.

川端浩一・伊藤 章 (2012) グリップ位置と投球速度の違いが野球のバットスイングに及ぼす影響. *体育学研究*, 57(2): 557-565.

Kitzman, E.W. (1964) Baseball: Electromyographic study of batting swing. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 35(2): 166-178.

室 増男(1983)ラケットスイング時の床反力と筋電図の解析 *Jpn. J. Sports Sci.* 2(4): 260-268.

Nakamoto, H., Ishii, Y., Ikudome, S., and Ohta, Y. (2012) Kinesthetic aftereffects induced by a weighted tool on movement correction in baseball batting. *Human Movement Science*, 31(6): 1529-1540.

Ohta, Y., Ishii, Y., Ikudome, S., and Nakamoto, H. (2014) Warm-up with weighted bat and adjustment of upper limb muscle activity in bat swinging under movement correction conditions. *Perceptual & Motor Skills*, 118(1): 96-113.

Ohta, Y., Nakamoto, H., Ishii, Y., Ikudome, S., Takahashi, K., and Shima, N. (2015) Muscle activation characteristics of the front leg during baseball swings with timing correction for sudden velocity decrease. *PloS one*, 10(4): e0124113.

Schmidt, R. and Lee, T. (2011). *Motor control and learning-5th edition*. Human Kinetics, pp. 27-28.

Shaffer, B., Jobe, F.W., Pink, M., and Perry, J. (1993) Baseball batting: An electromyographic study. *Clinical orthopaedics and related research*, 292: 285-293.

島田一志・田畑広樹・川村 卓 (2008) 野球のバッティングにおけるバットの握り位置の相違がスイングに与える影響. *金沢星稜大学人間科学研究*, 1(1): 71-74.

渡邊喜満・田中重陽・渡辺 剛・角田直也(2006)バットグリップ位置の違いが打撃能力に及ぼす影響. *東京体育学研究2005年度報告*, 37-40.

(平成27年 3 月30日受付)
(平成27年 7 月 9 日受理)