

アメリカンフットボールのクォーターバックにおける投球動作の運動学的分析

—静止立位からの投球とランニングスローの比較—

コーチング科学研究領域

5012A053-4 又 あゆみ

研究指導教員：岡田 純一 准教授

I. 緒言

アメリカンフットボールにおいて、パスプレイを成功させるためクォーターバック(以下 QB)は速い球を投げることが要求される。アメリカの大学や NFL の QB と日本人 QB とでは球速に約 10km/時の差があり、日本人 QB は球速を向上させることが競技におけるパフォーマンスの向上につながると考えられる。投球をはじめとするオーバーヘッドスポーツによるオーバーユース症候群の発症が頻繁に報告されているが、運動連鎖による適切な動作を適用することによってその危険性を減少させることができ、選手のパフォーマンスを向上させることが可能となる。近年、運動連鎖が床反力を利用して起こることから、投球における下肢の運動および体幹の回旋の重要性が提唱されている。しかし、QB の投球に関する研究は少なく、特に競技的に頻繁に起こるランニング動作を伴う投球を研究したものは一つもない。そこで本研究は、QB における静止状態からの投球とランニング状態からの投球における下肢および体幹の運動学的差異を明らかにし、それぞれにおいて球速に影響を与える因子を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

対象：アメリカンフットボールチームに所属するクォーターバックポジションを 2 年以上経験した健康な男性 16 名を被験者とした。動作課題：被験者に動作課題として静止状態からの投球(S 試行)とランニングによる助走をつけての投球(R 試行)を実施させた。測定項目：被験者が投げたボールの球速を全てスピードガン(SPEEDSTER V, Bushnell 社製)を用いて測定した。また、被験者の動作課題を、高速度ビデオカメラ 4 台(EX-F1, カシオ計算機株式会社製)を用いて撮影した。分析：撮影した映像は、動作解析ソフトウェア(3D Calculator, キッセイコムテック株式会社製)上で、デジタイズを施し DLT 法によって各分

析点の三次元座標を算出し、関節角度および角速度を算出した。統計処理：球速および投球に要した時間(投球時間)、各局面における関節角度を対応のある t 検定によって施行間で平均値を比較した。局面による関節角度の変化および角速度の変化は二元配置分散分析(群間×局面)を用いて分析し、Bonferroni の多重比較検定を実施した。また、各試行において、球速を予測する回帰式をステップワイズ法を用いて求めた。すべての統計処理には、統計解析ソフト(SPSS statistics version20, IBM 社製)を使用した。なお、危険率 5%未満($p<0.05$)をもって有意とした。

III. 結果

S 試行における球速($78.1\pm2.3\text{km/h}$)は R 試行における球速($69.6\pm2.2\text{km/h}$)よりも有意に高値を示した($p<0.05$)。また、S 試行における投球時間(0.42 ± 0.07 秒)は R 試行における投球時間(0.35 ± 0.05 秒)よりも有意に長かった($p<0.05$)。肩関節最大外転位において S 試行における体幹回旋角度($11.47\pm42.71^\circ$)は R 試行における体幹回旋角度($51.3\pm12.47^\circ$)よりも有意に低値を示した($p<0.05$)。S 試行における骨盤の向き($-9.46\pm31.9^\circ$)は R 試行における骨盤の向き($-48.92\pm17.8^\circ$)よりも有意に高値を示し、S 試行の方がクロウズの状態にあった($p<0.05$)。S 試行における支持脚・体幹×大腿角度($50.66\pm16.5^\circ$)は R 試行における支持脚・体幹×大腿角度($29.04\pm11.8^\circ$)よりも有意に高値を示し、S 試行の支持脚・股関節は R 試行より屈曲位にあった($p<0.05$)。S 試行における踏込脚・体幹×大腿角度($45.3\pm19.8^\circ$)は R 試行における踏込脚・体幹×大腿角度($18.0\pm10.0^\circ$)よりも有意に高値を示し、S 試行の支持脚・股関節は R 試行より屈曲位にあった($p<0.05$)。S 試行における踏込脚・骨盤×大腿角度($13.67\pm16.9^\circ$)は R 試行における踏込脚・骨盤×大腿角度($-3.96\pm11.0^\circ$)よりも有意に高値を示し、R 試行において股関節は内転位にあった($p<0.05$)。頭頂～

ボール最短垂直距離において S 試行における支持脚・骨盤×大腿角度($11.23 \pm 10.3^\circ$)は R 試行における支持脚・骨盤×大腿角度($-3.88 \pm 16.1^\circ$)よりも有意に高値を示し、R 試行において股関節は内転位にあった($p < 0.05$)。ボールリリース時において S 試行における支持脚・体幹×大腿角度($21.64 \pm 6.6^\circ$)は R 試行における支持脚・体幹×大腿角度($32.79 \pm 12.8^\circ$)よりも有意に低値を示し、R 試行の方がより屈曲位にあった($p < 0.05$)。Late Cocking において S 試行における骨盤の平均角速度($-224.0 \pm 100.4^\circ/\text{s}$)は R 試行における骨盤の平均角速度($-91.9 \pm 72.5^\circ/\text{s}$)に比べて有意に低い値を示した。S 試行における支持脚・体幹×大腿の平均角速度($-100.2 \pm 62.5^\circ/\text{s}$)は R 試行における支持脚・体幹×大腿の平均角速度($-22.1 \pm 88.3^\circ/\text{s}$)に比べて有意に低い値を示した。S 試行における踏込脚・体幹×大腿の平均角速度($-18.7 \pm 45.0^\circ/\text{s}$)は R 試行における踏込脚・体幹×大腿の平均角速度($63.1 \pm 92.9^\circ/\text{s}$)に比べて有意に低い値を示した。S 試行における踏込脚・骨盤×大腿の平均角速度($-71.0 \pm 63.5^\circ/\text{s}$)は R 試行における踏込脚・骨盤×大腿の平均角速度($45.2 \pm 58.3^\circ/\text{s}$)に比べて有意に低い値を示した。

S 施行において有意な回帰式が得られた。

$$Y = 77.719 - 0.041x_1 + 0.149x_2 + 0.026x_3,$$

(x_1 = Late Cocking における支持脚・体幹×大腿の平均角速度, x_2 = 頭頂部～ボール最短垂直距離における踏込脚・骨盤×大腿角度, x_3 = Acceleration における支持脚・骨盤×大腿の平均角速度)

R 施行において有意な回帰式が得られた。

$$Y = 68.204 - 0.025x_1 + 0.026x_2 - 0.018x_3 - 0.059x_4$$

(x_1 = Acceleration における支持脚・骨盤×大腿の平均角速度, x_2 = Late Cocking における骨盤の平均角速度, x_3 = Acceleration における支持脚・体幹×大腿の平均角速度, x_4 = ボールリリース時の骨盤の向き)

IV. 考察

S 試行における球速は R 試行における球速よりも有意に大きいことがわかった。運動連鎖によって、Late Cocking において体幹上部は骨盤よりも大きな角度変化を起こすが、R 試行は S 試行に比べてオープンの状態になっていた。S 試行では Late Coking において支持脚が地面に力を加えるために重心が前方に移動

し股関節が伸展するが、R 試行では踏込脚が接地しないため、地面からの反動(ニュートンの第 3 法則)が垂直方向にはたらくため股関節の伸展はみられなかった。S 施行では Late Cocking から Acceleration にかけて常に内転し続けていたが、R 施行では Late Cocking においてのみ内転し、Acceleration において角度変化はみられなかった。両試行において、踏込脚はブレーキの役割として股関節を内転させたと推察された。

V. 結論

S 試行における球速は R 試行における球速よりも有意に高値を示した。その要因として、R 試行が投球の初めから体幹がオープンの状態であり、大きな角速度を生み出せないこと、踏込脚が接地しないために体重移動が十分にできず、床反力を生み出す支持脚の伸展が制限されることが挙げられた。

S 施行において球速に影響を与えるのは踏込脚股関節の外転角、支持脚股関節の伸展および内転角速度であり、R 施行において球速に影響を与えるのは骨盤の角度と角速度、支持脚股関節の伸展および内転角速度であった。

表1. 関節角度一覧

時点	変数	S試行			R試行			p値
		AVE	±	SD	AVE	±	SD	
肩関節 最大外転 位	体幹回旋角度	11.47	±	42.71	51.30	±	12.47	*
	体幹上部	11.04	±	46.55	2.38	±	14.43	
	骨盤	-9.46	±	31.86	-48.92	±	17.75	**
	支持脚・体幹×大腿	50.66	±	16.48	29.04	±	11.75	**
	支持脚骨盤×大腿	17.40	±	15.76	6.54	±	7.14	
	踏込脚・体幹×大腿	45.30	±	19.78	18.00	±	10.03	**
頭頂～ ボール 最短垂直 距離	踏込脚・体幹×大腿	13.67	±	16.91	-3.96	±	10.99	*
	体幹回旋角度	-11.98	±	19.15	-9.27	±	19.09	
	体幹上部	-86.42	±	24.96	-79.42	±	16.75	
	骨盤	-71.67	±	13.45	-70.15	±	18.83	
	支持脚・体幹×大腿	20.27	±	8.20	26.21	±	11.18	
	支持脚骨盤×大腿	11.23	±	10.33	-3.88	±	16.13	*
ボール リリース 時	踏込脚・体幹×大腿	38.71	±	17.78	38.05	±	13.63	
	踏込脚・体幹×大腿	-7.80	±	13.85	5.78	±	16.22	
	体幹回旋角度	-26.85	±	13.78	-25.24	±	12.85	
	体幹上部	-114.12	±	25.95	-102.73	±	13.68	
	骨盤	-87.27	±	14.94	-75.59	±	19.14	
	支持脚・体幹×大腿	21.64	±	6.59	32.79	±	12.82	*
	支持脚骨盤×大腿	1.14	±	14.29	-7.55	±	21.02	
	踏込脚・体幹×大腿	38.86	±	22.09	36.54	±	15.28	
	踏込脚・体幹×大腿	-11.52	±	11.37	-5.55	±	13.84	

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表2. Late CockingおよびAccelerationにおける各関節の平均角速度

局面	変数	S試行			R試行			p値
		AVE	±	SD	AVE	±	SD	
Late Cocking	体幹回旋	-76.4	±	123.3	-220.2	±	55.3	*
	体幹上部	-300.43	±	124.03	-320.98	±	95.14	
	骨盤	-224.0	±	100.4	-91.9	±	72.5	*
	支持脚・体幹×大腿	-100.2	±	62.5	-22.1	±	88.3	*
	支持脚骨盤×大腿	-23.68	±	48.43	-95.72	±	48.74	
	踏込脚・体幹×大腿	-18.7	±	45.0	63.1	±	92.9	*
Acce- ration	踏込脚・体幹×大腿	-71.0	±	63.5	45.2	±	58.3	**
	体幹回旋	-220.16	±	55.30	-186.15	±	147.61	
	体幹上部	-312.03	±	41.98	-272.23	±	89.76	
	骨盤	-91.87	±	72.50	-86.31	±	115.27	
	支持脚・体幹×大腿	-220.6	±	88.31	77.06	±	65.43	
	支持脚骨盤×大腿	-36.10	±	77.89	-29.35	±	117.07	
	踏込脚・体幹×大腿	63.05	±	92.91	-31.83	±	156.88	
	踏込脚・体幹×大腿	45.21	±	58.30	-162.21	±	103.63	

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$