©NSCA JAPAN
Volume 26, Number 4, pages 35-43

Key Words【グローバル・ポジショニング・システム(GPS):global positioning system、地理情報システム(GIS):geographic information systems、サッカー:soccer、フィールドホッケー:field hockey、ラグビー:rugby、女子スポーツ:female sport、パフォーマンス分析:performance analysis】

グローバル・ポジショニング・システム(GPS)を用いた女子フィールドスポーツのランニングパフォーマンスの分析:文献レビュー

Global Positioning System Analysis of Running Performance in Female Field Sports: A Review of the Literature

Megan Hodun, M.Sc., ATC　**Richard Clarke,** M.Sc., ASCC, CSCS
Mark B.A. De Ste Croix, Ph.D., C.Sci,　**Jonathan D. Hughes,** Ph.D., ASCC
Exercise and Sport Research Centre, School of Sport and Exercise, University of Gloucestershire, United Kingdom

要約

グローバル・ポジショニング・システム(GPS)を利用したフィールドスポーツのパフォーマンス分析は近年に発達した手法であり、特にサッカー、ラグビー、およびフィールドホッケーの分析に利用されている。GPSを用いた女子フィールドスポーツの研究は、主に試合のパフォーマンス、疲労、およびトレーニング強度を調査している。GPS分析において特に注意しなければならないのは、高強度ランニングおよびスプリントが実行されたか判断するための標準的手法が求められる点である。女子フィールドスポーツ選手のGPS分析は、フィールドスポーツのトレーニング計画を作成し、モニタリング手法を確立する上で役立つ。そこで本稿では、先行研究をレビューし、ストレングス&コンディショニング(S&C)プログラムの作成に有用な情報をコーチに提供する。

序論

グローバル・ポジショニング・システム(GPS)は、一人のアスリートの様々な身体活動を追跡するのに初めて用いられて以降(17)、スポーツの分野で利用が拡大している。複数の選手の動作を同時に追跡できるGPS技術は、サッカーやフィールドホッケー、ラグビーなど、間欠的なランニングを特徴とする競技において特に有用である。これらの競技では、タックルや方向転換といった動作が頻繁に実施され、また最も多くみられる身体活動はランニングであるため、ほとんどの研究は試合の分析において移動距離、最大スピード、および高強度ランニングの量といったランニングに関する特性の分析に焦点を当てている。しかし、男子フィールドスポーツにはしばらく前からGPSが利用されているのに対し、女子フィールドスポーツに関するデータはまだ限られている。女性を対象としたデータを利用することで、女性に特化したトレーニングの作成に役立つ情報を獲得し、また、ランニング関連の傷害が発生しやすい集団における潜在的な受傷リスクのモニタリングを強化することが可能となる。

移動距離

総移動距離は、試合中に身体が受ける外的負荷の包括的指標のひとつである。試合時間が規定されている場合、その試合中の移動距離はランニングパフォーマンスに関する目標値の基準となる。しかし、試合の規定時間は競技によって異なり、また交代によって個々の選手の出場時間も異なるため、総移動距離の報告値は常に比較できる

ものではない。したがって代わりに仕事率、すなわち相対距離(距離を時間で除した値:m/min)が、試合における総合的負荷を異なる競技間および選手間で比較するのに用いられている。試合時間と総移動距離を報告している先行研究から、試合中の総移動距離および仕事率を**表1**にまとめた。

Vescovi(23)は若年サッカー選手について、アンダー15の選手の仕事率(86±3m/min)はアンダー16およびアンダー17の選手(前者は100±1m/min、後者は100±3m/min)に比べて有意な差があると報告しており($p<0.001$)、この年齢範囲において走能力が向上する可能性を示唆している。またGPSを用いた近年の研究は、エリート成人選手の仕事率を100m/min以上と報告している。それ以前のビデオを用いた動作分析は、プロ女子サッカー選手の仕事率を110～116m/minと評価している(1,15)。高い平均仕事率は、GPSを用いた分析でも依然として報告されているが(118m/min)、100～120m/minと範囲を広くとるほうが、エリート女子サッカーが目標とすべき仕事率をより効果的に表している可能

表1　各競技の試合における仕事率と総移動距離の報告値

文献	年	*n*	競技レベル	総移動距離(m)	仕事率(m/min)
サッカー					
Tanら(21)	2012	7	エリート	8,533±2,449	105.6±9.2
Vescovi(23)	2012	79	エリート	9,997±928	111[a]
Hewittら(10)	2014	15	エリート	9,631±175	107[a]
McCormackら(14)	2014	10	エリート	8,953.9±1,035.4	100[a]
Vescovi & Frayne(26)	2014	113	エリート	4,413～5,540[b]	102[a]
McCormackら(13)	2015	10	エリート	N/A	118[a]
Vescovi(23)	2014	11	エリートユース、アンダー15	6,961±238	86±3
		63	エリートユース、アンダー16	8,024±101	100±1
		15	エリートユース、アンダー17	8,558±223	100±3
Barbero-Álvarezら(2)	2008	12	ユース、アンダー13	3,977.8±324.7[c]	79.3±7.5
フィールドホッケー					
Gabbett(8)	2010	14	エリート	6,154～6,931(ポジション別平均値)	94[a]
Macutkiewicz & Sunderland(11)	2011	25	エリート	5,541±1,144	115[a]
Vescovi & Frayne(26)	2015	68	エリート	6,062～6,765(ポジション別平均値)	106[a]
Vescovi(23)	2014	44	ハイレベル、アンダー17およびアンダー21	5,541(標準偏差の報告なし)	79[a]
7人制ラグビー					
Suarez-Arronesら(19)	2012	12	エリート	1,556.2±189.3	111[a]
Clarkeら(6)	2014	22	エリート	1,204[a]	86±7
Portilloら(16)	2014	21	エリート、全国レベル	1,363.4±221.8	97[a]
		29	エリート、国際レベル	1,642.2±171.2	117[a]
Clarkeら(5)	2015	12	エリート	916(14分)～1,660(決勝戦、20分)	105±4.9[d]
Vescovi & Frayne(26)	2015	13	エリート、育成レベル	1,252±135	91±11
		16	エリート、国際レベル	1,468±88	95±5
ラグビーユニオン					
Suarez-Arronesら(20)	2014	8	エリート	5,820±512	68[a]

[a]仕事率は報告されたデータからの概算値　[b]試合の45分ハーフにおける移動距離　[c]50分の試合における移動距離
[d]試合時間の長いカップ決勝戦のデータは除外　N/A:データなし

性がある。

また、フィールドホッケーの研究で報告されている仕事率は98～110 m/minと(26)、同じ年齢層のNCAA(全米大学体育協会)サッカー選手の仕事率(96～107 m/min)と同等である(25)。さらに、エリート女子7人制ラグビーに関するいくつかの研究も、エリートレベルのフィールドホッケーおよびサッカーと同等の仕事率を報告しており(91～117 m/min)(5,16,19,24)、このことは、これらのフィールドスポーツにおいて年齢や競技レベルの近い選手は共通した体力特性を有する可能性を示している。エリート女子フィールドスポーツにおける体力レベルが似通っている事実は、間欠的なフィールドスポーツの間で有酸素性ランニングプログラムを一般化し、スキルやポジション別の要素についてはそれぞれの競技に特異的な強化を施す手法が成り立つ可能性を示唆している。

試合中の疲労の指標としての移動距離

総移動距離と仕事率は、試合中の各時間帯における疲労をモニタリングする上で有用なパフォーマンス指標である。移動距離や仕事率の低下は、試合結果、対戦相手のランク、および選手のフォーメーションなど、状況的な変数によって生じる場合も考えられるが(10,27)、サッカーの交代選手をGPSを用いて分析したところ、試合途中から参加した交代選手は、試合全体に参加した選手に比べて試合の最後の12分間における仕事率が高かったことから(25)、疲労はやはり仕事率低下の交絡変数である可能性が考えられる。

サッカーにおいて、試合後半、特に最後の15分間の疲労は、その期間における傷害発生の潜在的危険因子として挙げられている(9)。Barbero-Álvarezら(2)は、13歳以下の選手の親善試合において、試合後半の移動距離が8%低下したと報告している。またVescovi(23)は、ユースレベルの公式試合において、試合前半と比較した試合後半の総移動距離が全ポジション(ディフェンダー、ミッドフィールダー、およびフォワード)を通じて約100～150 m(約3%)低下したことを明らかにしている。さらにHewittら(10)は、エリート女子サッカーにおける試合後半の移動距離が4.8%低下し、特に最後とその前の15分間の移動距離は、試合最初の15分間と有意な差があったと報告している。Vescovi＆Frayne(26)もまた女子フィールドホッケーにおいて、試合中の選手交代は無制限であるにもかかわらず、全ポジションを通じて同様に7～9%の仕事率低下がみられたと報告している。

試合後半における仕事率の低下は、7人制ラグビーの国際および全国レベルのチームにおいても報告されている。全国レベルチームの平均仕事率は、試合前半の103 m/minから後半は88 m/minに低下した一方、国際レベルチームの平均仕事率は126 m/minから104 m/minに低下した(16)。これに対し、女子ラグビーユニオンに関して1件のみ発表されている研究は、試合後半における移動距離の低下を認めておらず、これは男子ラグビーユニオンにおける結果と一致する(20)。上記のデータは低下率の値に一貫性がないものの、ラグビーユニオンを除くこれらの先行研究はいずれも、競技や競技レベルの違いにかかわらず仕事率が低下することを示している。試合中の疲労のモニタリングは、選手の交代方法に影響を及ぼし、疲労に関連する傷害の予防に役立つ可能性がある。

高強度ランニングおよびスプリントの分析

仕事率は外的負荷の有用な指標ではあるが、試合中に実行される高速度運動の量を示すものではない。高強度ランニング(HIR)の実行は、試合結果に決定的な影響を及ぼしうるものであり(18)、HIRの実行量およびHIRを繰り返す能力は、エリート選手を下位レベルと分けるパフォーマンス特性である(1)。また、スプリントもフィールドスポーツの重要なパフォーマンス要素である。より速く、より長い距離をスプリントする能力は、上位と下位レベルの選手を分ける特性であり(15,16)、また、HIRの一要素として同じく試合結果に決定的な影響を及ぼす(1)。**表2**に、試合中に発揮される最大スピードを示した。

HIRとスプリントは、女子フィールドスポーツにおいてある程度研究がなされている。Dwyer＆Gabbett(7)は、女子サッカーおよびフィールドホッケーの匿名化されたエリートレベルの試合データを用いて、スピードの平均分布における最良適合正規曲線を基に、HIRの速度範囲とスプリント速度の閾値を提案した(サッカーのHIR:12.2～19.1 km/h、フィールドホッケーのHIR:13.3～19.1 km/h、両競技のスプリント:≧19.44 km/h)。それでも、HIRとスプリントの定義には、研究間で依然として大きなばらつきがある。**表3**に、女子フィールドスポーツのGPS分析に使用されたHIRとスプリントの閾値と範囲をまとめた。

男性のデータに基づく速度閾値を用いることは、女子選手の高強度運動を過小評価することに繋がるとの議論がある(4,5)。例えば、NCAAサッカーを対象とした研究において、HIRの閾値を＞13.0 km/h(上記で提案されている

表2　試合における最大スピードの平均値と最高値

文献	年	競技レベル	*n*	平均最大スピード（km/h）	報告された最大スピード（km/h）
サッカー					
Vescovi（23）	2012	プロ	79	21.8±2.3	26.5
McCormackら（14）	2014	エリート	10	27.5[a]	N/A
Vescovi（23）	2014	エリートユース、アンダー15	11	24.3±0.5	25.3
		エリートユース、アンダー16	63	25.6±0.2	26.1
		エリートユース、アンダー17	15	25.6±0.5	26.6
Barbero-Álvarezら（2）	2008	エリートユース、アンダー13	12	19.5[b]	
フィールドホッケー					
Vescovi＆Frayne（26）	2015	エリート	68	22.4[c]	25.6
Vescovi（23）	2014	ハイレベル、アンダー17	24	24.2[c]	24.6[d]
		ハイレベル、アンダー21	20	24.6[c]	25.0[d]
7人制ラグビー					
Suarez-Arronesら（19）	2012	エリート	12	23.1[c]	28.3
Portilloら（16）	2014	エリート、全国レベル	21	21.5[c]	N/A
		エリート、国際レベル	29	24.6[c]	N/A
Vescovi＆Frayne（26）	2015	エリート、育成レベル	13	26.0±1.5	26.8
		エリート、国際レベル	16	27.3±0.7	27.7
ラグビーユニオン					
Suarez-Arronesら（20）	2014	エリート	8	22.9±2.8	27.9

[a]報告値は7.64±0.49 m/sec　[b]標準偏差の報告なし　[c]平均最大スピードは報告されたデータからの概算値
[d]スプリントの速度範囲：＞20.0 km/hにおける平均最大スピード　N/A：データなし

女子サッカー選手のHIRに近い値）、またスプリント閾値を＞22.0 km/h（上記で提案されている女子のスプリント閾値より高い値）と設定したところ、1試合当たりのHIRの実行回数は138.41±36.43回を記録したが、スプリントはわずか4.31±3.51回（平均値±標準偏差）であったと報告されている。これは実行された仕事を過小評価しているだけでなく、有酸素性および無酸素性エネルギー供給機構による仕事の生理学的コストをも過小評価している。

HIRおよびその閾値を超えてパフォーマンスする能力は、間欠的なフィールドスポーツにおいて重要な生理学的要素である。そのため研究では、生理学的テストに基づくHIR閾値が用いられている。Clarkeら（5）は、国際レベルの7人制ラグビー選手12名を対象に、最大有酸素性ランニング能力のテスト（$\dot{V}O_2$maxテスト）を実施した。その上で、第二の換気性作業閾値におけるスピード（VT_2speed）を用いて高強度ランニングを定義した。VT_2speedに基づく個々の選手の閾値を試合のランニングデータに適用したところ、高強度スピードでの移動距離はHIR能力と強く相関していた。この相関は、群の平均閾値である12.6 km/h（3.5 m/sec）を用いると低下した。しかし、実験室環境での$\dot{V}O_2$maxテストは常に実施可能ではないため、Bradley＆Vescovi（4）は、個別のHIR閾値を求めるための第二の換気性作業閾値を推定する手段として、80％最大有酸素性速度を用いることを提案している。最大有酸素性速度は、5分間のタイムトライアルやモントリオール大学トラックテストなど、様々なフィールドベースの体力テストを用いて求めることが可能である（3）。しかし一方で、報告されている群の平均閾値は、上述した提案における女子サッカーおよびフィールドホッケーのHIR閾値に近いことから（7）、群の平均閾値を用いると、選手間の比較や年齢を適合させた競技間の比較を行なうことが可能である。

表3　スプリントとHIRの定義					
文献	年	レベル	HIR閾値または範囲(km/h)	スプリント閾値または範囲(km/h)	HIRとスプリントに関する参照元
サッカー					
Barbero-Álvarezら(2)	2008	アマチュアユース	13.1～18	＞18.1	男子ユースサッカー(Castagna、2003年)
Vescovi(23)	2014	ハイレベル	15.6～20.0	＞20.0	成人女子サッカー(Dwyer & Gabbett、2012年およびVescovi、2012年)
Vescovi & Frayne(26)	2014	エリート、NCAA	15.6～20.0	＞20.0	成人女子サッカー(Dwyer & Gabbett、2012年およびVescovi、2012年)
McCormackら(13)	2015	エリート、NCAA	＞13.0[a]	＞22.0[a]	参照元の記述なし
Hewittら(10)	2014	エリート	12～19	＞19	成人女子サッカー(Dwyer & Gabbett、2012年)
McCormackら(14)	2014	エリート、NCAA	＞13.0	＞22.0	参照元の記述なし
Tanら(21)	2012	エリート	＞16.0	N/A	独自:2つの速度範囲、20m走の群平均タイムの＞75%最大スピード
Maraら(12)	2015	エリート	＞12.2[a]	≧19.4[a]	成人女子サッカー(Dwyer & Gabbett、2012年)
Dwyer & Gabbett(7)	2012	エリート	12.2～19.1[a]	≧19.4[a]	独自:試合データの速度に基づく最良適合曲線
フィールドホッケー					
Macutkiewicz & Sunderland(11)	2011	エリート	15.1～19.0	＞19.0	成人男子サッカー(Bangsbo、1992年)、成人女子ホッケー(Lothian & Farrally、1992年)
Vescovi & Frayne(26)	2015	エリート、NCAA	16.1～20.0	20.1～32.0	成人女子ホッケー(Dwyer & Gabbett、2012年)、成人女子サッカー(Vescovi、2012年)
Vescovi(23)	2014	ハイレベル	N/A	＞20.0	成人女子ホッケー(Dwyer & Gabbett、2012年)、成人女子サッカー(Vescovi、2012年)
White & MacFarlane(27)	2015	ハイレベル	＞18.0	N/A	参照元の記述なし
Gabbett(8)	2010	エリート	18～25.2[a]	＞25.2[a]	参照元の記述なし
Dwyer & Gabbett(7)	2012	エリート	13.3～19.1[a]	≧19.4[a]	独自:試合データの速度に基づく最良適合曲線
7人制ラグビー					
Suarez-Arronesら(19)	2012	エリート	18.1～20.0	＞20.0	成人男子ラグビーユニオン(Cunniffeら、2009年)
Clarkeら(6)	2014	エリート	＞18[a]	＞21.6[a]	参照元の記述なし
Portilloら(16)	2014	エリート、国際および全国レベル	18.1～20.0	＞20.0	成人男子ラグビーユニオン(Cunniffeら、2009年)
Clarkeら(5)	2015	エリート、国際レベル	＞12.6[a]	＞18.0[a]	独自:生理学的閾値である第二の換気性作業閾値を使用
Vescovi & Frayne(26)	2015	エリート、国際および育成レベル	16.1～20.0	20.1～32.0	成人女子フィールドホッケー(Dwyer & Gabbett、2012年)、成人女子サッカー(Vescovi、2012年およびBradley & Vescovi、2015年)
ラグビーユニオン					
Suarez-Arronesら(20)	2014	エリート	18.1～20.0	＞20.0	成人男子ラグビーユニオン(Cunniffeら、2009年)、成人女子7人制ラグビー(Suarez-Arronesら、2012年)

[a]m/secより換算　　N/A:データなし

また、選手が試合で実行するランニングの大部分は、定義されたHIR閾値以下の速度であることが明らかになっている(5,25,26)。低速および中速で長時間走る選手の能力は全体の仕事率を上昇させる場合があり、このことはHIR閾値を定義することの重要性を示すと同時に、低強度運動を長時間実行する能力のモニタリングが、パフォーマンス分析のさらなる構成要素となりうることを示唆している。

スプリント、およびスプリントを繰り返し実行する能力は、選手に無酸素的な負荷を与える。しかし、無酸素性能力は年齢や競技レベルによって大きく異なる。Vescovi(22)は、女子プロサッカーを対象に複数のスプリント閾値を用いた研究において、スプリントの11%が25.0 km/hを上回っていたことを明らかにしたが、別のサッカーおよびラグビーの研究は、下位レベルの選手が実行する高強度運動の量は国際レベルまたはトップクラスのプロ選手を有意に下回ることを明らかにしている(15,16)。したがって、このような閾値をプロ以下のレベルの女子選手に適用した場合、試合中に実行されるスプリントの量が過小評価される可能性がある。

ポジション間の差

GPS分析のもうひとつの重要な用途は、同一競技におけるポジション間の差を評価することである。フィールドホッケーとサッカーの場合、ポジションは一般的にフォワード、ミッドフィールダー、およびディフェンダーに分けられる。またラグビーのポジションは、フォワードとバックスに大別される。

国際レベルのサッカー選手を対象とした研究では(10)、ミッドフィールダーの総移動距離はディフェンダーを有意に上回り、またミッドフィールダーの高速度での移動距離はディフェンダーとフォワードを有意に上回ったと報告されている。さらにミッドフィールダーとフォワードは、いずれもスプリント速度(>19 km/h)での移動距離がディフェンダーを有意に上回った。女子プロサッカーの試合におけるスプリントを評価した研究では(22)、フォワードの1試合当たりのスプリント回数(43±10)がディフェンダーとミッドフィールダー(前者は36±12、後者は31±11)を上回ったことが明らかになっている。NCAAサッカーでは(25)、ディフェンダーの総移動距離がフォワードとミッドフィールダーを下回っていた。また、フォワードとディフェンダーのスプリント速度での移動距離はミッドフィールダーを上回っていた。ユースサッカーでは(23)、ミッドフィールダーの総移動距離がディフェンダーを上回っており、その主な理由はHIR閾値を下回る速度でのランニング量が多かったためであることが明らかになっている。また、フォワードのスプリント速度での移動距離と最大スピードはミッドフィールダーを上回っていた。

フィールドホッケーの場合、女子の試合におけるポジション間の差はそれほど明確ではない。エリートフィールドホッケーを対象にした研究では(26)、フォワードはディフェンダーに比べて出場時間が有意に短いにもかかわらず、総移動距離には全ポジション間で差がなかった。また、ディフェンダーはフォワードとミッドフィールダーに比べて低強度ランニングの量が多く、仕事率が低かった。試合中の平均移動距離はミッドフィールダーが最も長かったのに対し、スプリント速度での移動距離はフォワードが最も長く、またポジション平均で最も高い最大スピードを発揮した。またGabbett(8)は、ミッドフィールダーの1試合当たりの平均総移動距離、および高強度速度(HIR:>18 km/h)での移動距離が最も長かったことを明らかにしている。また別の研究は(11)、総移動距離はディフェンダーが最長、フォワードが最短であり、スプリントまたは高速度での平均移動距離はポジション間で差がなかったと報告している。フィールドホッケーの試合でのスプリントパフォーマンスに関する研究では、最大スピードに選手間で差はなかったものの、一部の試合ではフォワードが最も高い最大スピードを記録した。

女子7人制ラグビーに関して、ポジション間の差を評価した研究は行なわれていない。しかし、ラグビーユニオン(15人制)においては、バックスが総移動距離でフォワードを有意に上回り、さらに高速度でのランニング頻度でも上回っていた(前者は試合時間の5.4%、後者は1.4%)(18)。

同一競技のポジション間でランニングパフォーマンスの指標に差があることは、競技レベルによってその内容は異なる可能性があるものの、ポジション別のトレーニングに示唆を与える。サッカーとフィールドホッケーの場合、一般的にミッドフィールダーは攻守を切り替えながらピッチ全体を走るため、ミッドフィールダーの総移動距離が最も長いことは理に適っていると思われる。またサッカーとフィールドホッケーのフォワードは、他のポジションよりも高速かつ高頻度でスプリントする傾向がみられる。ディフェンダーは相手選手の動作に左右されるため、総移動距離もスプリントでの移動距離も長くない。またラグビーのバッ

クスは、走ってボールをパスし、得点を挙げるポジションであり、ピッチ上を頻繁に走るために総移動距離が長くなる。フォワードはバックスに比べて走行距離が短い傾向にあるが、代わりにスクラムやセットピース(ラインアウトなど)における筋力発揮要素がより大きい。GPS分析のデータは、競技特異的な距離、HIR、および反復スプリントを用いたスプリントトレーニングの作成だけでなく、各ポジションの試合における要求に合わせた有酸素性トレーニングの作成にも役立つ可能性がある。

トレーニング

GPSは、トレーニングにおける動作パターンの追跡と分析を可能にする。トレーニングは多くの場合スタジアム以外の場所で行なわれ、また実施回数が多いため、ビデオ分析には時間を要する。なお査読審査を受けた研究で、女子フィールドスポーツのトレーニングセッションをGPS分析を用いて評価したものは、これまでのところ4件のみ実施されている(サッカー2件、フィールドホッケー2件)。

Gabbett(8)は、エリート女子フィールドホッケーのチームを対象に、少人数ゲームによるトレーニングセッションと試合のパフォーマンスを分析した。少人数ゲームは試合に比べて低強度運動の量が多く(トレーニング時間の約60%、試合時間の約35%)、中強度運動(10.8 ～ 18km/h)および高強度運動(>18km/h)の量が少なかった。また別の研究は、フィールドホッケーの少人数ゲームによるトレーニングを分析し、チームランキングがトレーニング状況に及ぼす影響を評価した(27)。その結果、仕事率とチームランキングは強い相関関係にあり(ピアソンの相関係数[r]=0.95、調整済み決定係数[R^2]=0.87)、ランキングトップのチームがトレーニングにおいて最も高い仕事率(約84m/min)を達成していた。一方で、高強度ランニングとチームランキングの間に同様の関係は認められなかった。今後の研究では、トレーニングにおける仕事率がチームランキングに及ぼす影響について調査する必要があると考えられる。

またMaraら(12)は、GPSを用いて、エリート女子サッカーチームのトレーニングを1シーズン全体にわたって分析した。分析したトレーニングセッションの実施時間は報告されていないが、シーズンを通して同程度の時間であったと仮定すると、プレシーズンからシーズン終盤にかけて総移動距離が低下していることから(6,646±111mから4,604±110mへ)、仕事率は低下したと推測される。これは試合のスケジュールに伴いトレーニング要求が低下するとの予測に合致するが、実際には、加速とスプリントパフォーマンスも同じくシーズンを通じて低下したことが、定期的なパフォーマンステストによるモニタリングを通じて明らかになっている。トレーニング要求と身体パフォーマンスの諸指標、および競技シーズンを通じたそれら変数の相互作用について理解を深めることが、女子競技に効果的なピリオダイゼーション計画を作成する上で役立つと考えられる。

Tanら(21)は、女子プロサッカーのフィールド選手(n=7)とゴールキーパー(n=3)を対象に、トレーニング要求と潜在性の貯蔵鉄欠乏に関連する溶血との関係性について調査した。GPS分析の結果、フィールド選手はゴールキーパーに比べて移動距離が有意に長く(p<0.05)、高速での移動時間が長かったにもかかわらず、トレーニングがフィールド選手とゴールキーパーに引き起こした溶血反応に差はなかった。この結果は、ゴールキーパーに特異的なトレーニング要求、すなわちプライオメトリックスやペナルティエリア内での加速、タックル、およびゴールをセーブする際の頻繁な着地などが溶血を引き起こしていることを示唆するものであり、今後の研究では、加速度計を用いてこのような要素を定量化する必要性が考えられる。またこの研究では、トレーニングにおけるフィールド選手の仕事率が試合における仕事率を有意に下回っていることが明らかになっており(前者は74.5±8.8m/min、後者は105.6±9.2m/min)、これはフィールドホッケーにおけるトレーニングと試合の仕事率の違いと一致する(27)。

少人数ゲームは実際の試合を再現する目的で実施されるが、上記の研究結果は、少人数ゲームのトレーニング負荷が試合の生理学的要求を再現しておらず、そのため試合への準備を適切に整えるためのトレーニング適応が十分に生じていない可能性を示している。GPS分析は、モニタリングやトレーニングに役立つ他、トレーニング目標が達成されていないことをコーチやトレーニングスタッフが知る手がかりとなる可能性がある。

結論と現場への提言

フィールドスポーツの試合に求められる要素を理解することは、効果的なトレーニングプログラムを作成する上で不可欠であり、それが特定のトレーニング適応を最適な形でパフォーマンスに転移させ、疲労とそれに伴う受傷を低減することに繋がる。パフォーマンス中の平均的な仕事率を理解するこ

とで**(表1)**、コーチは試合に求められる要素に関連して選手の現在の体力レベルを評価することが可能となる。例えば女子サッカーは、フィールドホッケーやラグビーといった他の女子フィールドスポーツと比べて、平均的にランニングにおける要求が高い可能性が考えられる。ただし、全体を平均化したパフォーマンス測定値を用いた場合、試合の要求に基づいたトレーニング計画の効果は限定的なものとなる可能性がある。算出された平均仕事率に占める積極的休養(歩行)の時間が長いと、その影響によって試合におけるランニング要求は過小評価される。試合の要求をより正確に反映させるためには、積極的休養の時間をパフォーマンス時間から除外し、生理学的要求の大きい活動の実行時間のみを用いて仕事率を決定するとよい。また、そのようにして新たに算出した仕事率を1秒当たりのメートル数に換算すると、疲労の急激な発生を抑えながらパフォーマンスを維持するのに必要な最大有酸素性速度のレベルを推定できると考えられる。この推定値にGPSを用いたトレーニングのモニタリングデータを組み合わせると、試合に近い強度を再現したドリルを作成することが可能となる。

加えて、パフォーマンスのプロフィール(HIRとスプリントの特性)を理解することは、平均化されたデータの影響を低減し、トレーニングプログラムの特異性を高めることに繋がる。とはいえ、女子フィールドスポーツにおけるHIRの閾値やスプリントの定義方法については一致した見解が存在せず、また女子フィールドスポーツのデータが限られているために、一部の定義方法では対応する男子フィールドスポーツを参照したり、若年選手に対して成人のデータを参照したりしている(**表3**に先行研究のHIRとスプリントに関する参照元を示した)。分析に用いられる特定速度は競技によって異なり、また選手ごとに個別化されるであろうが、研究間での比較を可能にするには標準となる定義を用いる必要がある。しかし、たとえ上記のような制限を有するとしても、特にサッカーやラグビーユニオンにおいてポジションや年齢別の違いが明らかになっている事実を考慮すると、やはりHIRやスプリントのデータ、および仕事率は、トレーニング計画を作成する際に用いるべき情報である。

女性のパフォーマンス特性が男性と大きく異なることは明らかであり、このことは女性に的を絞ったデータを増やす必要性を示している。より多くのデータ収集に加えて、より女性に特化した定義方法を確立することで、コーチやトレーニングスタッフは女子フィールドスポーツのための適切な練習計画を作成し、試合への準備を強化することが可能となる。◆

References

1. Andersson HA, Randers MB, Heiner-Møller A, Krustrup P, Mohr M. Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *J Strength Cond Res* 24: 912–919, 2010.
2. Barbero-Álvarez JC, López MG, Barbero-Álvarez V, Granda J, Castagna C. Heart rate and activity profile for young female soccer players. *J Hum Sport Exerc* 3: 1–11, 2008.
3. Berthon P, Fellmann N, Bedu M, Beaune B, Dabonneville M, Coudert J, Chamoux A. A 5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 75: 233–238, 1997.
4. Bradley PS, Vescovi JD. Velocity thresholds for Women's soccer matches: Sex specificity dictates high-speed-running and sprinting thresholds—Female athletes in motion (FAiM). *Int J Sport Physiol Perform* 10: 112–116, 2015.
5. Clarke AC, Anson J, Pyne D. Physiologically based GPS speed zones for evaluating running demands in Women's Rugby Sevens. *J Sports Sci* 33: 1101–1108, 2015.
6. Clarke AC, Presland J, Rattray B, Pyne DB. Critical velocity as a measure of aerobic fitness in women's rugby sevens. *J Sci Med Sport*. 17: 144–148, 2014.
7. Dwyer DB, Gabbett TJ. Global positioning system data analysis: Velocity ranges and a new definition of sprinting for field sport athletes. *J Strength Cond Res* 26: 818–824, 2012.
8. Gabbett TJ. GPS analysis of elite women's field hockey training and competition. *J Strength Cond Res* 24: 1321–1324, 2010.
9. Hawkins RD, Fuller CW. A prospective epidemiological study of injuries in four english professional football clubs. *Br J Sports Med* 33: 196–203, 1999.
10. Hewitt A, Norton K, Lyons K. Movement profiles of elite women soccer players during international matches and the effect of opposition's team ranking. *J Sports Sci* 32: 1874–1880, 2014.
11. Macutkiewicz D, Sunderland C. The use of GPS to evaluate activity profiles of elite women hockey players during match-play. *J Sport Sci* 29: 967–973, 2011.
12. Mara JK, Thompson KG, Pumpa KL, Ball NB. Periodization and physical performance in elite female soccer players. *Int J Sport Physiol Perform* 10: 664–669, 2015.
13. McCormack WP, Hoffman JR, Pruna GJ, Scanlon TC, Bohner JD, Townsend JR. Reduced High-Intensity-Running Rate in College Women's Soccer When Games Are Separated by 42 Hours. *Int J Sport Physiol Performance*2 10: 436, 2015.
14. McCormack WP, Stout JR, Wells AJ, Gonzalez AM, Mangine GT, Fragala MS, et al.. Predictors of high-intensity running capacity in collegiate women during a soccer game. *J Strength Cond Res* 28: 964–970, 2014.
15. Mohr MA, Krustrup P, Andersson H, Kirkendal D, Bangsbo J. Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res* 22: 341–349, 2008.

16. Portillo J, González-Ravé JM, Juárez D, García JM, Suárez-Arrones L, Newton RU. Comparison of running characteristics and heart rate response of international and national female rugby sevens players during competitive matches. *J Strength Cond Res* 28: 2281–2289, 2014.
17. Schutz Y, Chambaz A. Could a satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth? *Eur J Clin Nutr* 51: 338–339, 1997.
18. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med* 35: 1025–1044, 2005.
19. Suarez-Arrones L, Nuñez FJ, Portillo J, Mendez-Villanueva A. Match running performance and exercise intensity in elite female Rugby sevens. *J Strength Cond Res* 26: 1858–1862, 2012.
20. Suarez-Arrones L, Portillo J, Pareja-Blanco F, De Villareal ES, Sánchez-Medina L, Munguía-Izquierdo D. Match-play activity profile in elite women's rugby union players. *J Strength Cond Res* 48: 452–458, 2014.
21. Tan D, Dawson B, Peeling P. Hemolytic effects of a football-specific training session in elite female players. *Int J Sport Physiol Perform* 7: 271–276, 2012.
22. Vescovi JD. Sprint profile of professional female soccer players during competitive matches: Female Athletes in Motion (FAiM) study. *J Sports Sci* 30: 1259–1265, 2012.
23. Vescovi JD. Motion characteristics of youth women soccer matches: Female athletes in motion (FAiM) study. *Int J Sports Med* 35: 110–117, 2014.
24. Vescovi J, Goodale T. Physical demands of Women's rugby sevens matches: Female athletes in motion (FAiM) study. *Int J Sports Med* 36: 887–892, 2015.
25. Vescovi JD, Favero TG. Motion characteristics of women's college soccer matches: Female Athletes in Motion (FAiM) study. *Int J Sports Physiol Perform* 9: 405–414, 2014.
26. Vescovi JD, Frayne DH. Motion characteristics of division I college field hockey: Female athletes in motion (FAiM) study. *Int J Sport Physiol Perform* 10: 476–481, 2015.
27. White AD, MacFarlane NG. Contextual effects on activity profiles of domestic field hockey during competition and training. *Hum Mov Sci* 40: 422–431, 2015.

From *Strength and Conditioning Journal*
Volume 38, Number 2, pages 49-56.

著者紹介

Megan Hodun：
University of Gloucestershire でスポーツ運動科学の博士課程に在籍。

Richard Clarke：
University of Gloucestershire のストレングス＆コンディショニングコーチでストレングス＆コンディショニング学の講師。

Mark B.A. De Ste Croix：
University of Gloucestershire の小児運動生理学教授。

Jonathan D. Hughes：
University of Gloucestershire のストレングス＆コンディショニングコーチでストレングス＆コンディショニング学の上級講師。