

視覚追跡速度は NBA 選手のバスケットボール競技特有のパフォーマンス尺度と相関

GERALD T. MANGINE¹, JAY R. HOFFMAN¹, ADAM J. WELLS¹, ADAM M. GONZALEZ¹, JOSEPH P. ROGOWSKI², JEREMY R. TOWNSEND¹, ADAM R. JAJTNER¹, KYLE S. BEYER¹, JONATHAN D. BOHNER¹, GABRIEL J. PRUNA¹, MAREN S. FRAGALA¹, 及び JEFFREY R. STOUT¹

¹フロリダ州オーランド、中央フロリダ大学、エクササイズ生理学研究所、スポーツ及びエクササイズ科学

²フロリダ州オーランド、オーランドマジックバスケットクラブ、強化と調整

要旨

Mangine, GT, Hoffman, JR, Wells, AJ, Gonzalez, AM, Rogowski, JP, Townsend, JR, Jajtner, AR, Beyer, KS, Bohner, JD, Pruna, GJ, Fragala, MS, Stout, JR. 視覚追跡速度は NBA 選手のバスケットボール競技特有のパフォーマンス尺度と相関。 *J Strength Cond Res* 28 (9) : 2406 - 2414, 2014—本研究の目的は、バスケットボール競技特有のパフォーマンス尺度における視覚追跡速度 (VTS) と反応時間 (RT) の相関を測定することである。2012~13 年のシーズン前に、12 名のバスケットボール選手を試験した。視覚追跡速度は複数対象追跡試験の 1 回のコアセッション (20 回の試験) から得た一方、RT は照明ベースの試験装置を用いた一定領域および可変領域の選択反応試験により測定した。VTS および RT のパフォーマンスは、バスケットボールのレギュラーシーズンにおけるバスケットボール競技特有のパフォーマンス尺度 (アシスト [AST]; ターンオーバー [TO]; アシストターンオーバー比 [AST/TO]; スティール [STL]) と比較した。すべてのパフォーマンス尺度を 100 分のプレー毎に報告した。バックコート (ガード; $n=5$) とフロントコート (フォワード/センター; $n=7$) のポジションにおけるパフォーマンスの相違も検証した。VTS と AST ($r=0.78$; $p<0.003$)、STL ($r=0.77$; $p<0.003$)、AST/TO ($r=0.78$; $p<0.003$) の間に相関が存在する可能性が非常に高く、一方で TO ($r=0.49$; $p<0.109$) との相関も観測された。反応時間はバスケットボール特有のパフォーマンス尺度のいずれにも相関が認められなかった。バックコートの選手は、AST においてフロントコートの選手を上回る可能性が非常に高く、VTS、TO、AST/TO においてその可能性が高かった。最後に、VTS はバスケットボールコート上の様々な刺激を見て反応し、AST および STL の増加、および

ターンオーバーの減少等の良いプレーをもたらすバスケットボール選手の能力と、相関があると思われる。

キーワード

視覚追跡速度、視覚、反応時間法、意思決定、スポーツ科学、健康度評価

序文

プロバスケットボールでは、各ポジションに所定の戦略的役割があり、適性は試合の生産性統計値により測定される (31, 36)。特定の選手がその役割を果たす能力は、生理学的、視覚・運動反応速度、および知覚・認知能力の尺度の関数であると考えられる (7, 15, 21, 28, 32)。しかし、これまでプロバスケットボール選手の試合でのパフォーマンス尺度と相関した選手固有の特徴を示した研究は 1 点のみである (25)。McGill ら (25) は、安定性、敏捷性、および柔軟性が、ゲーム毎のプレー時間、アシスト (AST)、リバウンド、ブロックショット、スティール (STL) に関連すると報告している。しかし、プロバスケットボール選手の試合でのパフォーマンス尺度に対する視覚・運動反応速度および知覚・認知能力の特定の役割は明らかにされていない。

概念的に独特であるが、視覚・運動反応速度および知覚・認知能力がどのように運動能力に影響を及ぼすかという明確な区別は存在しない。視覚・運動反応速度は、刺激の発現を含む時間の長さ、個人の刺激の認識、および刺激に対する反応を完了させるために必要な時間の長さの尺度である (15, 26, 33)。推測されるように、短時間で (刺激を) 認識し、反応できるスポーツ選手は競争優位性を有していると予想される。しかし、これまで運動能力との正の相関を立証している研究は意見が分かれている (7, 15, 21, 26, 29, 34)。しかし、知覚・認知能力は、動的環境における主要な要素の移動パターンに応じて効率よく注意を向けるスポーツ選手の能力と相関している可能性がある (10)。この場合、動的環境で評価を迅速に行うことができれば、反応時間に余裕が生じ、

Dr. Jay R. Hoffman 連絡先 :
jay.hoffman@ucf.edu. 28 (9)/2406-2414
Journal of Strength and Conditioning Research

©2014 National Strength and Conditioning Association

優れた知覚・認知能力を持つスポーツ選手ならば、タイミングよく肯定的な決断を下すことが可能になると考えられる。それでも、プロスポーツ選手に対してこの考えを立証する証拠は非常に限定されている。

Pylyshyn と Storm (30) は、すべての要素が相互作用する動的環境において、同一対象のサブグループに対する集中を維持する個人の能力を測定することにより、知覚・認知能力の尺度として複数対象追跡 (MOT) タスクを最初に取り入れた。結果は、この能力が対象の速度および近接度の関数であることを示唆している。対象が近くにある時、対象の速度が増加するにつれ追跡可能な対象は減少する。反対に、動きの速い対象を追跡する能力は、対象間距離が大きい場合に改善される。

(2) それ故に、複数の対象を追跡する能力は、対象が対象間に空間形成する能力が限定される一定領域にとどまる場合、それらの対象の移動速度に依存する。したがって、知覚・認知能力は、対象の速度または数量のいずれかを制御して他方を測定することにより評価できると考えられる。しかし、これら 2 変数は異なる連続体に存在する。対象数は正の整数のみに限定されるが、複数の対象を視覚的に追跡することが可能な速度 (視覚追跡速度 [VTS]) は、無限に存在すると思われる。したがって、VTS は一定数の対象追跡において同様の能力をもつ観測者の間で有意に異なる可能性があるため、正確な運動能力の区別に用いられる推奨従属変数として示唆されている (10)。

これまで、プロのサッカー、ホッケー、ラグビー選手は、アマチュア選手およびスポーツ選手でない者の対象コントロールと比べて、高速で複数の対象を追跡する能力を有していることが立証されている (8)。優秀なバスケットボール選手の VTS スキルは研究されていないが、スポーツの類似点を考えると、VTS が同様の役割を担うと仮定できる。一般的にチームスポーツでは、基本的には選手が動的な 3 次元 (3D) 環境において複数の情報源を統合および処理し、適時に反応できる速度依存的で、効果的なボールコントロールを行うことが評価される (9、26、34、39、41)。バスケットボール競技では、選手はこの能力を利用して、他の選手 (チームメイトおよび対戦相手) の動きおよび位置、バスケットボール、そしてすべてが相互関連するが、バスケットゴールを同時に監視することができる。この能力に秀でている者は、良いプレーをすること、および犠牲の大きなミス回避することに、多くの時間を費やす。パフォーマンスの観点から、この能力は選手が蓄積した AST、TO、および STL の数により数量化することができる。なぜならこれらは勝利を予測することを示すからである (5、13、14、17、19)。肯定的な統計値 (AST および STL)

は、適時に、コートで同時に起こる様々な刺激を観察し、正確に反応する選手の能力を示すと予想される。一方で、否定的な統計値 (ターンオーバー) は、ボールコントロールの喪失につながる環境の誤認識、または誤った (またはタイミングの悪い) 反応を示すと思われる。さらに、アシストターンオーバー比 (AST/TO) は、選手がどれだけ効率よくチームメイトにボールを回しているか、およびボールをターンオーバーすることなく AST を得ているかについて追加的な手掛かりを与える。その結果、追跡能力とボールコントロール尺度の相関を立証することは、採用とニーズ分析の観点から有益である。本研究の主な目的は、プロバスケットボール選手の試合でのボールコントロール尺度における VTS と反応時間 (RT) の相関を測定することである。多くの AST および STL を行い、高い AST/TO 率を有している選手は、高速な VTS、および高速な視覚・運動 RT も有しているという仮説が考えられる。しかし、優れたボールハンドリング (5、14、19) は、バスケットボール競技において良いパフォーマンスを行うために重要であると考えられているが、すべてのポジションに最重要であるとは限らない可能性がある。パスのスキルに加え、ボールコントロールの獲得および維持は、フロントコートの選手 (フォワードおよびセンター) よりも、バックコートの選手 (ガード) にとって重要であると予想される (36)。このように、本研究の二次的な目的は、バックコートとフロントコートの選手の VTS および視覚・運動反応速度を比較することである。

方法

問題への実験的アプローチ

視覚追跡速度および RT を、全米バスケットボール協会 (NBA) のプロバスケットボール選手を対象に、2012~13 年のレギュラーシーズン開幕前に検証した。選手はレギュラーシーズン開幕直前の週にヒューマンパフォーマンスラボラトリーの監督下に置かれた。すべての試験セッションは、チームのトレーニング施設において、朝のシュート練習および朝食の約 60~90 分後に実施した。これらの尺度と蓄積したバスケットボール特有の尺度 (例えば、AST、ターンオーバー、STL、および AST/TO 率) の相関を、プレー時間による個人差を説明するために正規化し、レギュラーシーズン (82 試合) を通して検証した。

対象者

NBA チームのオーランドマジックと契約を結んでいるバックコート ($n=5$ 名; 26.8 ± 2.9 歳) およびフロントコート ($n=7$ 名; 23.2 ± 2.6 歳; 範囲: 19.4~30.7 歳) の選手の便宜的標本から



得られる匿名データの試験を、シーズン初めに完了した。選手は、スポーツ要件の一部として同意した。本研究は、研究における参加者の使用について、当大学の治験審査委員会の方針に従って免除されるとみなされた。

視覚追跡速度

視覚追跡速度は、各選手が Neurotracker (NT ; Cognisens Athletic 社、カナダケベック州モントリオール) 3D MOT 装置でコアセッション 1 回を完了することにより評価した。先に推奨した通り、コアセッションは、20 の個々の試験で構成されており、選手が効果的に知覚することができる閾値速度を測定し、視覚情報源を処理することで空間認識を定量化した (9)。各試験で、選手は映写スクリーン (96×96 インチ) の約 2 メートル前に置かれた台の上に背筋を伸ばして座るように指示された。映写スクリーンの高さには、視角 46 度の 3D サイズの体積空間が

表示される。すべての選手が、シミュレーターで対象が 3D に見えるよう、特殊メガネを装着した (図 1)。各試験前には、直径約 14 cm の同一の形をした黄色のボール 8 個が入った 3D の透明な立方体をスクリーン上に表示した (図 2A)。そのうち 4 個のボールが無作為に 2 秒間点灯した後、元の黄色に戻った (図 2B)。選手は、個々の試験の間、この 4 個のボールを追跡するよう指示された。試験中、全 8 個の黄色のボールが、立方体のあらゆる場所を 8 秒間、それぞれ同時に移動した (図 2C)。各ボールの無作為で連続的な移動パターンは、立方体の壁および他のボールとの衝突 (激突およびバウンド) による影響を受けた。8 秒後、ボールは停止し、コンピュータにより 1 から 8 までの表示番号を付された (図 2D)。選手は試験開始時に点灯していた 4 個のボールを数字で識別するよう指示された (図 2E)。次の試験でのボールの移動速度は、点灯したボールを正確に識別できるかどうかによって変わる。さらに、各試験の間に、次の試験でのボールの移動速度を階段状パターン (1 増 1 減) で調節した。このパターンは、以前に実施した小実験 (1 回の試験回数が 30 回以下) で効果的かつ信頼できる (最大確認以上の) 心理測定量であると立証されている。選手が 4 個すべてのボールを正確に識別できた場合、ボールの速度は増加した。正確に識別できなかった場合、次の試験でボールの速度は減少した。20 回の試験の最後に、選手が 100% の精度で点灯した 4 個すべてのボールを特定できる最高速度 (cm/秒) となる VTS を決定した。初めて試験を行う場合、ボールが移動する標準速度を $68\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ とした。トレーニング効果の交絡 (8) を避けるため、すべての選手が、NeuroTracker に完全に不慣れた状態でコアセッションを開始した。

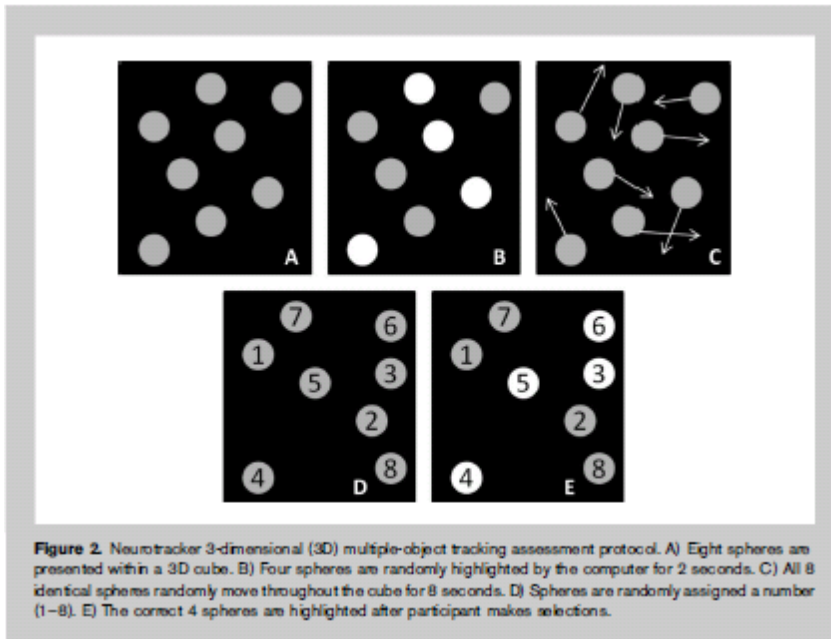


図 2. Neurotracker 3 次元 (3D) 複数対象追跡評価プロトコル。A) 8 個の球体が 3D 立方体の中に現れる。B) 4 個の球体が、2 秒間、コンピュータにより無作為に点灯する。C) 8 個すべての同一の球体が、8 秒間、無作為に立方体の中を移動する。D) 球体が無作為に番号 (1~8) を付けられる。E) 被験者が選択した後、正解の 4 個の球体が点灯する。

視覚・運動反応時間

視覚刺激に対する視覚・運動反応 RT は、照明トレーニング反応装置 Dynavision D2 (Dynavision International 社、アメリカ合衆国オハイオ州ウェストチェスター) により、前述の方法で評価した (16, 37)。簡潔に説明すると、D2 は 64 個のターゲットとなるボタンが 5 重の同心円状に配列された、垂直方向に調節可能な板 (約 1.2×1.2 メートル) であり、それが点灯することにより選手に対する刺激としての機能を果たす。本研究

では、板の中心よりわずかに高い位置にあるデジタルスクリーンが選手の目の高さに来るよう D2 を調節した。約 61 cm (目とスクリーンの距離) の立ち位置からデジタルスクリーンに焦点を合わせた時、周辺視角は最上部のボタンに対して 34 度、横方向に最も遠いボタンに対して 43 度、最下部のボタンに対して 45 度となった。各試験で、選手はバスケットボール競技の基本の構えをして、板の前で最外部のボタンに手が届く範囲に立った。照明条件はすべての D2 の尺度に標準化した。2 種類の選択反応評価を実施した。

第一の選択反応評価は、コントロール領域に利き手がある状態から、4 択の刺激に対する数秒間における選手の視覚、運動、および身体的反応を測定した。選手は点灯している「ホーム」ボタンに手を置き、試験を開始した。続いて、D2 は同一水平面上にある「ホーム」ボタンと隣り合った 4 箇所のうち、1 箇所のボタンを 1 個点灯させることにより視覚刺激を開始した。視覚反応時間 (VIS-RT) は、選手が刺激を認識し、「ホーム」ボタンから手を離す速さにより測定した。運動反応時間 (MTR-RT) は、選手が点灯したボタンに触れる速さを記録し、身体反応時間 (PHY-RT) は、刺激を開始してから選手が「ホーム」ボタンに戻るまでの時間の長

さを測定した。これを評価毎に 9 回繰り返した。

第二の選択反応評価は、64 個すべてのボタンを用いて、選手の注視の中心および周辺視野の中に無作為に刺激を発生させた。この可変領域選択反応試験 (VR-CRT) の間、選手は (おおよそ肩の高さまで) 手を上げて基本の構えをし、D2 装置のどのボタンでも叩ける状態にして開始した。最初の刺激は D2 上の無作為の箇所に現れる。刺激である点灯は選手がボタンを叩くまで続く。続いて他の刺激が無作為の箇所に現れる。選手は 60 秒以内に、できるだけ多くの刺激を正確に識別し叩くよう指示された。各選手の 1 分毎に叩いた数を記録した。

試合でのパフォーマンス統計値

ボールコントロールのパフォーマンスは、蓄積された AST、ターンオーバー (TO)、および STL と、レギュラーシーズンを通してバスケットボールをプレーした時間により測定した。アシストは、チームメイトにボールをパスし得点につながった場合、パスした選手に与えた (得点できなかった場合を除く)。ターンオーバーは、選手がボールを取られたり、誤ってパスをしたり、オフENSスパイオレーション (トラベリングまたはオフサイド/アウトオブバウンズを踏む) を犯したりなどの失敗により、ボールの保持を失った場合に数えた。スティールは、守備側の選手が、攻撃側の選手の手に触れることなく、パスまたは対戦相手のドリブルをインターセプトすることによりボールを所持できた場合に計上した。これらの統計値は、発行されたプロバスケットボール選手の統計情報 (27) から得た。プレー時間における個人差のデータを正規化するため、これらのボールコントロール尺度を 100 分間のプレー毎に分析した。さらに、AST の総数をターンオーバーの総数で除することにより求められる、AST/TO 率を分析に含めた。

TABLE 1. Qualitative inferences on the magnitude of the relationship between game-related measures of performance, perceptual-cognitive function, and visual-motor reaction time ($n = 12$).*

	r	Positive	Trivial	Negative	Qualitative inference†
Visual tracking speed					
AST	0.78	99.7	0.2	0.0	Most likely positive
TO	0.49	90.1	6.9	2.9	Likely positive
STL	0.77	99.7	0.3	0.0	Most likely positive
AST/TO	0.78	99.8	0.2	0.0	Most likely positive
Visual reaction time					
AST	-0.22	16.5	19.0	64.5	Unclear
TO	-0.18	19.8	20.5	59.7	Unclear
STL	0.02	40.9	23.6	35.5	Unclear
AST/TO	-0.16	21.3	21.0	57.7	Unclear
Motor reaction time					
AST	0.04	42.5	23.5	33.9	Unclear
TO	0.29	72.2	16.1	11.7	Unclear
STL	0.19	61.4	20.0	18.6	Unclear
AST/TO	-0.07	30.5	23.2	46.4	Unclear
Physical reaction time					
AST	-0.13	24.6	22.0	53.3	Unclear
TO	0.01	39.0	23.7	37.3	Unclear
STL	0.10	50.0	22.6	27.4	Unclear
AST/TO	-0.14	23.7	21.8	54.5	Unclear
Variable region choice reaction					
AST	0.07	46.1	23.2	30.7	Unclear
TO	0.15	55.7	21.5	22.8	Unclear
STL	0.27	69.9	17.1	13.1	Unclear
AST/TO	-0.05	32.8	23.4	43.8	Unclear

*AST = assists; TO = turnovers; STL = steals; AST/TO = assists-to-turnovers ratio.
†Threshold set to 0.1 for all relationships.

表 1. 試合でのパフォーマンス尺度、知覚・認知機能および視覚・運動反応時間の相関の大きさについての質的推定 ($n=12$). *

*AST=アシスト、TO=ターンオーバー、STL=スティール、AST/TO=アシストターンオーバー比。†すべての相関において閾値を0.1に設定。

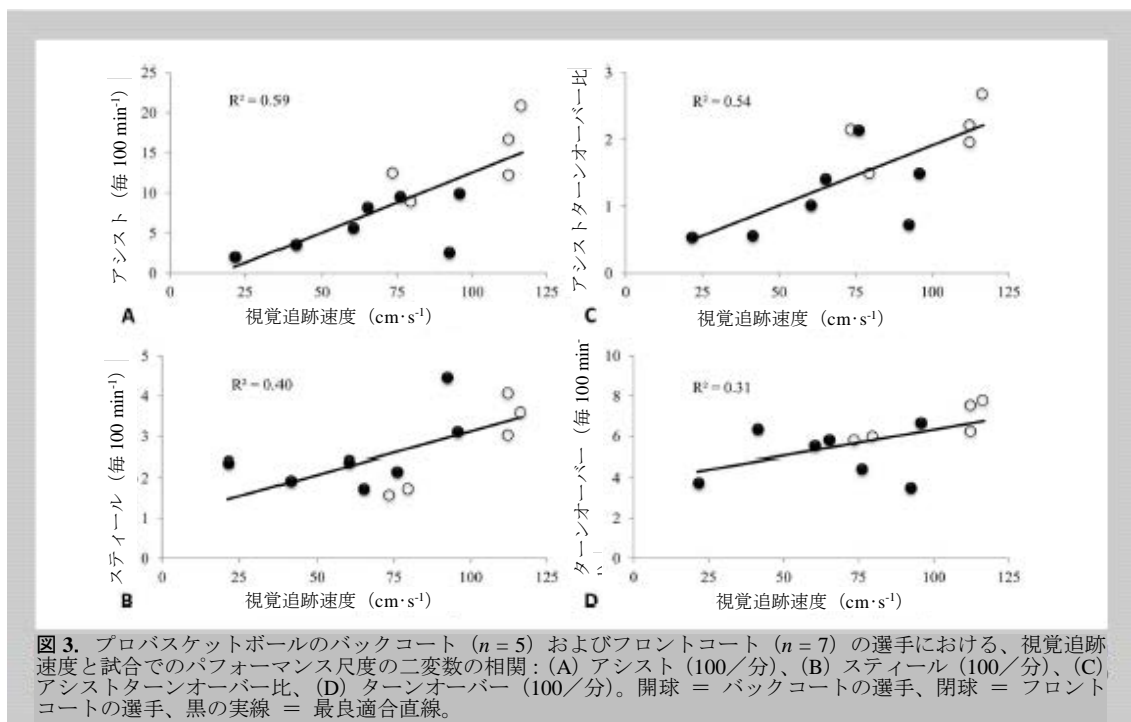


図3. プロバスケットボールのバックコート ($n = 5$) およびフロントコート ($n = 7$) の選手における、視覚追跡速度と試合でのパフォーマンス尺度の二変数の相関: (A) アシスト (100/分)、(B) スティール (100/分)、(C) アシストターンオーバー比、(D) ターンオーバー (100/分)。開球 = バックコートの選手、閉球 = フロントコートの選手、黒の実線 = 最良適合直線。

統計分析

小規模サンプル ($n = 12$) を評価するために、VTS、視覚・運動 RT、および試合でのボールコントロール尺度を、相関の大きさの分析によって解釈した (3, 6)。Pearson の積率相関係数を求めるために統計ソフト (SPSS; バージョン 20.0; SPSS 社、アメリカ合衆国イリノイ州シカゴ) を使用し、相関の p 値をサンプルサイズとともに、作成されたスプレッドシート (3) の相関係数統計に入力して効果の大きさを測定した。正または負の相関の閾値は、先に臨床的に重要な最小の相関であると報告された (6)、0.1 に設定した。

同様に、試合でのパフォーマンス尺度、VTS、および視覚・運動 RT におけるバックコート (ガード) とフロントコート (フォワード/センター) の差の大きさについて推定を行った。マイクロソフトエクセル (Excel; 2007; Microsoft 社、アメリカ合衆国ワシントン州レッドモンド) を使用して、独立した t 検定により p 値を求めた。この値は、最小の弁別閾値 (総平均の 20%) および自由度とともに、作成された解釈用スプレッドシート (3) の、平均値と他の t 分布効果の統計値計算の間の未加工の差異に入れた。すべてのデータが平均値 \pm SD と表示されている。

相関および集団差の質的推定は、前述した方法に沿って正、自明、または負として決定し (3)、臨床的に意味がある最小の効果に応じた信頼区間の範囲に基づき正、自明、または負となる。正または負の結果の確率は次の尺度によって評価した: <1%、全く可能性がない; 1~5%、可能性が極めて低い; 5~25%、可能

性が低い; 25~75%、起こり得る; 75~95%、可能性がある; 95~99% 可能性が高い; >99% ほぼ確実。可能性の範囲が実質正および負の値に重なる場合、結果は不明確であると推定した (18)。正または負の結果の場合、相関が 0.3 および 0.5 の閾値において、低い相関が実際にはそれぞれ中程度または高い相関でないか決定するため、再検証した (6)。

結果

レギュラーシーズン開始前に、選手の VTS は平均 $78.9 \pm 29.1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ であり、VIS-RT は平均 0.41 ± 0.08 秒、MTR-RT は平均 0.27 ± 0.06 秒、PHY-RT は平均 0.69 ± 0.10 秒、CRT パフォーマンスは 1 分につき平均 82.5 ± 8.5 回であった。レギュラーシーズンを通して選手は平均 $1,518.2 \pm 732.5$ 分プレーし、AST は 143.0 ± 118.8 回、TO は 86.6 ± 46.1 回、STL は 39.7 ± 23.7 回であった。これは、100 分につき 9.37 ± 5.69 回の AST、100 分につき 5.77 ± 1.34 回の TO、100 分につき 2.68 ± 0.97 回の STL、および AST/TO 比 1.53 ± 0.71 に等しい。

プレー時間、VTS、または RT 尺度では明確な相関は観測されなかった。RT 尺度の中では、HY-RT が VIS-RT ($r = 0.83; p = 0.002$) と非常に高い相関を示し (99.8% 正)、MTR-RT ($r = 0.54; p = 0.084$) と相関を示した (92.5% 正)。VIS-RT と MTR-RT に相関は認められなかった。VTS、視覚・運動 RT、および試合での

表 2. 知覚・認知機能、視覚・運動反応時間、および NBA 選手のボールコントロールの統計的パフォーマンス尺度に見られるポジション差*

	バックコート	フロントコート	平均差† ±90% CI‡	割合			質的推定
				正	自明	負	
視覚追跡速度 (cm·s ⁻¹)	98.7 ± 20.5	64.8 ± 26.7	34.0 ± 26.0	96.1	2.9	1.0	正である可能性が高い
反応時間							
視覚 (s)	0.41 ± 0.13	0.42 ± 0.05	-0.01 ± 0.08	28.5	27.2	44.4	不明
運動 (s)	0.27 ± 0.04	0.28 ± 0.07	-0.01 ± 0.06	25.0	26.4	48.6	不明
身体 (s)	0.67 ± 0.14	0.69 ± 0.08	-0.02 ± 0.10	23.7	26.1	50.2	不明
CRT (hits·min ⁻¹)	86.8 ± 8.2	80.1 ± 8.3	6.6 ± 9.5	81.6	11.3	7.1	不明
ボールコントロールの統計値							
アシスト (100·min ⁻¹)	14.25 ± 4.62	5.88 ± 3.32	8.40 ± 4.10	99.5	0.4	0.1	正である可能性が高い
ターンオーバー (100·min ⁻¹)	6.67 ± 0.92	5.13 ± 1.25	1.50 ± 1.20	95.8	3.1	1.1	正である可能性が非常に高い
スティール (100·min ⁻¹)	2.80 ± 1.11	2.59 ± 0.93	0.21 ± 1.00	51.1	23.8	25.1	不明
AST/TO (100·min ⁻¹)	2.10 ± 0.43	1.12 ± 0.59	0.98 ± 0.56	98.9	0.9	0.2	正である可能性が非常に高い

*CI=信頼区間；CRT=選択反応時間；AST/TO=アシストターンオーバー比。

†平均差とは、最初の指名集団から 2 番目の指名集団の差を意味する。

‡真の差の 90%信頼区間を得るため、この数字を平均効果に加減する。

質的推定は、真値が観測された大きさを有する尤度を表している。

ボールコントロール尺度の相関の大きさに基づいた推定を表 1 に示す。ボールコントロール尺度に関しては、分析によると、VTS と AST ($r = 0.78$; $p = 0.003$)、VTS と STL ($r = 0.77$; $p = 0.003$)、および VTS と AST/TO ($r = 0.78$; $p = 0.003$) の間で観測された相関は正である可能性が非常に高く、VTS と TO ($r = 0.486$; $p = 0.109$) の間に観測された相関においても正である可能性が明らかになった。これらの相関を図 3 にグラフで示す。RT 尺度およびバスケットボール関連のパフォーマンス尺度においては重要な相関は観測されなかった。

バックコートとフロントコートの選手の比較を行った結果、バックコートの選手 ($98.7 \pm 20.5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$) はフロントコートの選手 ($64.8 \pm 26.7 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$) に比べ、有意に ($p = 0.032$) 高速の VTS を有していることが明らかになった。AST ($p = 0.004$)、TO ($p = 0.043$)、および AST/TO ($p = 0.010$) においても、バックコートとフロントコートの選手の間有意差が観測された。STL ($p = 0.724$) または RT 尺度: VIS-RT ($p = 0.829$)、MTR-RT ($p = 0.747$)、PHY-RT ($p = 0.716$)、CRT ($p = 0.234$) において、差は観測されなかった (表 2)。

考察

本研究の結果から、スポーツ選手がバスケットボールコート上の様々な刺激を見て反応する能力と VTS は相関している可能性が非常に高いことがわかった。その結果、高速な VTS を

有している場合、全レギュラーシーズンを通して多くの AST および STL の蓄積、およびターンオーバーに対する AST の比率の上昇などの良いプレーが増加する可能性がある。さらに、バックコートの選手 (ポイントガードおよびシューティングガードの両方) は、広い 3D 空間で複数の対象を追跡することにおいて高速の速度閾値を有しており、試合でのボールコントロール尺度において生産性が高いと思われる。これらの研究結果は、NBA 選手の VTS 評価を初めて立証し、それを試合での生産性尺度に関連付けるものと思われる。これまで、プロのサッカー、ホッケー、ラグビー選手は、アマチュア選手およびスポーツ選手でない者の対象コントロールと比べて、高速の速度閾値を有していることが示されていた (8)。これらの結果は、強化された追跡能力が、運動能力の予測または評価を見分ける尺度であることを初めて示唆するものである。本研究のデータは Faubert (8) の研究を立証するものである。また、本研究結果によって、ボールコントロールおよびパスに最も責任のあるバスケットボール選手 (例えば、バックコートの選手) は、他の選手よりも有意に高速の速度閾値スコアおよび優れた AST/TO を有していることが判明した。そのため、VTS がスポーツ選手の位置を区別できる可能性があることも示唆している。本研究のデータは VTS と TO の相関が正である可能性も示したが、VTS と AST、および VTS と AST/TO の相関ほど強くなかった。潜在的に、TO 率の増加は、良いプレーをするための

努力の結果である。その代わり、相手側の VTS の能力も貢献性のある役割を果たす可能性がある。したがって、これらの仮説に対して今後の研究が待たれる。

本研究データは、プロバスケットボール選手が有する、攻撃を先導する能力における VTS の潜在的役割を示す可能性があるが、視覚・運動 RT のそのような役割を示すものではない。これらの研究結果は、アマチュア選手に比べて有意に優れた予測的および選択的注意力を有しているが、視覚・運動 RT 能力は同等である優秀なギリシャ人バスケットボール選手に関する以前の報告を立証する (21)。恐らく視覚刺激に対する高速な眼球運動反応があることで (34)、優秀な選手はより正確に動的環境を評価し、それに反応する能力を有していると思われる (8, 26)。この能力は、動的環境の中で、将来起こることを推測する主要指標を正確に識別できるようになった結果である可能性がある (1, 23)。このタスクを実行するために、通常は局所領域に注視方向を集中させることで、周辺領域から最大量の重要情報を蓄積することが可能になると予測される (24, 40)。この場面から適切な情報を効率的に評価することにより、特定のシナリオにおける要求に対して、個人が適切に反応しなければならぬ時間および機会を決定する (20, 42)。同様に、NeuroTracker の使用により、視野の数点から役立つ情報 (ボールの位置、ボールの軌道、およびボールの衝突/非衝突) を取得できることから、使用者が次のボールの位置を推測し、対象物への注意を維持できるようになる可能性がある。例えば、バスケットボール競技では、ボールコントロールに優れた選手がチームメイトの動きを観察しつつ (意図的か否かにかかわらず)、動きを止めることなくディフェンダーの位置を分析できる可能性がある。この情報から、ボールコントロールに優れた選手は、1 名またはそれ以上のチームメイトが (その選手について) ディフェンダーおよびバスケットゴールに対して) 有利な位置に達するか否かを判断できる可能性がある。このように、当研究では、より速くこの判断ができる選手は、AST を行う可能性が非常に高いことを示している。反対に、素早くこの判断ができる守備側の選手は、インターセプトまでにボールの次の位置を認識できる可能性が非常に高い。しかし、パフォーマンスにおけるすべての分散が、現在の VTS の決定方法によって説明できる訳ではない。選手が動的な場面を評価する間に起こる個人の動きの影響、および瞬時の焦点移動を伴った関連対象の追跡を維持する能力を説明することが重要である。そのような動きと焦点移動は、追跡能力を損なうことを立証したが (11, 35)、現在の VTS 評価は、選手が固定位置から焦点を維持し続けることを必要とした。その結果として、

NeuroTracker の MOT タスクがバスケットボール競技において優秀なプレーを完全に区別できることはないが、優秀なスポーツ選手が使う優れた認知処理は区別できると思われる (12, 24)。

その一方で、2 つの簡単な CRT により測定した RT は、ボールコントロール尺度と相関がなく、ポジションの種類間に有意差は観測されなかった。これまでは類似の CRT を使用しており、標準サンプルと比較し、優秀なラグビー、ネットボール、ホッケー選手の間に差は観測されなかった (29)。方法論的設計 (例えば無作為に点灯する照明) は、効果的に優れたスポーツ選手の素早い反射神経と予測能力を区別できない可能性があり得る。輝度に基づいた簡単な RT 試験により、スポーツ選手でない者と比べたプロのスポーツ選手の素早い反射神経を識別できる可能性があるが (15)、単に無作為な複雑性によりパフォーマンスが阻止される場合、予測能力は識別されない (4)。同様に、バスケットボール競技においては、特定のシナリオにおける最適な反応を、単にコート上の無作為な刺激に対し反応することによって決定することはできない。つまり、刺激には意味がなければならない。この考えに従って、RT は、タスクが複雑な構成要素を含む場合に運動能力を予測し、それによりスポーツ選手が適切に刺激および反応を予測または見越すことが可能になることを立証している (26)。しかし、本研究の RT タスクはそのような指標を提供しなかった。第二の試験 (VR-CRT) では、すべての可能性が尤度において常に等しいため、スポーツ選手は継続的に、板のあらゆる領域をカバーするよう焦点を変化させなくてはならないと予測される。競争的なプレー中は、この戦略は適切な一連の行動を推測するのに効率的ではない。多くの焦点を働かせている中、そのような探索により知覚のぼやけ率が非常に高くなり (40)、最終的にスポーツ選手は大いに情報不足になると報告されている。第一の試験のように領域が固定され、選択肢が限定されている場合でも、スポーツ選手はどの照明が次に点灯するのかを推測することはできなかった。つまり、単純に反応するしかなかったのである。視覚刺激に対して素早く反応する能力はチームスポーツにおいて重要であると証拠は示唆しているが (7, 34)、本研究の結果は D2 装置が測定した RT とバスケットボール競技におけるボールコントロール尺度の相関を示していない。しかし、本研究のサンプルが小規模のため、我々の能力で効果を調べることができなかったのに対し、最近 Wells ら (37) が推奨した通り、D2 装置に慣れていることで統計分析のためにより正確な RT を生み出していた可能性があり得る。それゆえに、試合でのパフォーマンス尺度の (NeuroTracker および D2 装置を用いた)

トレーニング効果を検証する将来の研究設計は、これらの可能性を考慮すべきである。

ボールコントロールを測定する、ターンオーバーを除いた肯定的な統計値 (AST および STL) の蓄積は、すべてのバスケットボールのポジションにとって価値のある特質である (5, 14, 19)。一般的に、特定の選手およびポジションは、チームの戦略または個人のスキルのために、そのような (良いおよび悪い) プレーをする場合が多い。本研究では、バックコート選手 (ポイントガードおよびシューティングガード) はフロントコートの選手よりも高速で AST を蓄積する可能性が非常に高かった。これはバックコート選手が高速の VTS も有している可能性が高い結果であり、また高速の VTS も、成功のためにこの能力が必要なポジションで蓄積された経験の結果である可能性があった。皮肉にも、このような選手は高いターンオーバー率も有している可能性が高い。しかし、依然としてこの比率は AST の比率 (AST/TO) より遅い可能性が高く、ボールコントロールに優れた選手としての役割の結果であると思われる。このような選手が、戦略的に有利なポジションを確保しようとするチームメイトにパスを試みる一方で、ボールを保持し続け、同水準の選手から守備されるのは典型的である (36)。このように、STL における明確な差がなかったのは予期しないものであったが、ボールを保持する機会を多くもつことは、多くの良いまたは悪いプレーにつながる可能性がある。しかし、この研究結果は、パスする側およびパスを受ける側の両方に生じる、スティールの均等な機会と相関している可能性がある。サンプルサイズが小規模であること、及びポジションが検証される一般的な性質を考慮すると、これらの結果は NBA 全体を反映していない可能性がある。将来の研究では、数チームおよび個々のポジションにおけるこれらの現象を分析することにより、本研究を基礎として展開できる可能性がある。

我々の知る限りでは、他に 1 つの研究が、試合でのボールコントロールの統計値と身体能力尺度の相関について報告している。McGill ら (25) は、大学スポーツ選手について、体幹の安定性と、AST ($r = 0.60$)、敏捷性 ($r = -0.74$) および STL ($r = 0.54$) との相関を立証した。その研究者らは、敏捷性と STL ($r = -0.69$) の有意な相関についても報告した。筆者らはこれらの相関について説明しなかったが、体幹の安定性および敏捷性は体のコントロール尺度であるため、AST および STL にいくらか関連していると予想される。しかし、多少とも本研究は VTS と AST ($r = 0.78$) および STL ($r = 0.77$) の間に、強いとは言わないまでも、類似した相関を発見した。これらの相関は対象人数に依存するが、

STL および AST における分散は単一変数 (例えば、VTS、敏捷性、体幹の安定性) によって完全に説明できないことがあり得る。むしろ、バスケットボール選手が犠牲の大きなターンオーバーを避けながらさらに多くの良いプレーを生み出す能力に、これらの尺度がどのように貢献しているかを理解するためには、多変量法が必要となる可能性がある。

実践的応用

VTS と試合でのボールコントロール尺度の間に観測された相関を考慮すると、本研究の結果はバスケットボール選手の評価において潜在的に重要な役割を示している。視覚追跡速度は、ペースの速い動的環境の中で、選手が複数対象 (例えば、コート上のチームメイトおよび対戦相手の動き) を追跡する能力の尺度であり、特定の状況における要求に対し、適切に反応する時間を選手に与えると予測される。予備段階ではあるが、本研究から得られたデータは高速の VTS が試合でのボールコントロール尺度 (AST、TO、AST/TO、STL) と相関することを示唆している。このように、チームの成功に関連する尺度における選手の能力を評価することが、選手の採用およびニーズ分析にとって有益であることが判明すると予想される。

参考文献

1. Aglioti, SM, Cesari, P, Romani, M, and Urgesi, C. Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nat Neurosci* 11: 1109–1116, 2008.
2. Alvarez, GA and Franconeri, SL. How many objects can you track?: Evidence for a resource-limited attentive tracking mechanism. *J Vis* 7: 14, 1–10, 2007.
3. Batterham, AM and Hopkins, WG. Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform* 1: 50–57, 2006.
4. Blaser, E and Sperling, G. When is motion “motion”? *Perception* 37: 624, 2008.
5. Calvo, L, Ruano, M, Toro, E, Godoy, S, and Sampaio, J. Game related statistics which discriminate between winning and losing under-16 male basketball games. *J Sports Sci Med* 9: 664–668, 2010.
6. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Routledge Academic, 1988. pp. 75–105.
7. Doğan, B. Multiple-choice reaction and visual perception in female and male elite athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 49: 91–96, 2009.
8. Faubert, J. Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific Reports* 3, 2013.
9. Faubert, J and Sidebottom, L. The NeuroTracker System: Its role for perceptual-cognitive training of athletes and its potential impact on injury reductions and concussion management in sports. *J Clin Sports Psychol* 2012.

10. Faubert, J and Sidebottom, L. Perceptual-cognitive training of athletes. *J Clin Sport Psychol* 6: 85, 2012.
11. Fencsik, DE, Klieger, SB, and Horowitz, TS. The role of location and motion information in the tracking and recovery of moving objects. *Percept Psychophys* 69: 567–577, 2007.
12. Garland, DJ and Barry, JR. Sport expertise: The cognitive advantage. *Percept Mot Skills* 70: 1299–1314, 1990.
13. Gómez, M, Lorenzo, A, Ortega, E, Sampaio, J, and Ibáñez, S. Game related statistics discriminating between starters and nonstarters players in Women's National Basketball Association League (WNBA). *J Sports Sci Med* 8: 278–283, 2009.
14. Gómez, M, Lorenzo, A, Sampaio, J, Ibáñez, S, and Ortega, E. Gamerelevant statistics that discriminated winning and losing teams from the Spanish men's professional basketball teams. *Coll Antropol* 32: 451–456, 2008.
15. Harbin, G, Durst, L, and Harbin, D. Evaluation of oculomotor response in relationship to sports performance. *Med Sci Sports Exerc* 21: 258–262, 1989.
16. Hoffman, JR, Williams, DR, Emerson, NS, Hoffman, MW, Wells, AJ, McVeigh, DM, McCormack, WP, Mangine, GT, Gonzalez, AM, and Fragala, MS. L-alanyl-L-glutamine ingestion maintains performance during a competitive basketball game. *J Int Soc Sports Nutr* 9: 1–8, 2012.
17. Hofler, RA and Payne, JE. Efficiency in the National Basketball Association: A stochastic frontier approach with panel data. *Manage Decis Econ* 27: 279–285, 2006.
18. Hopkins, WG, Batterham, AM, Marshall, SW, and Hanin, J. Progressive statistics. *Sportscience* 13: 55–70, 2009.
19. Ibáñez, S, Sampaio, J, Feu, S, Lorenzo, A, Gómez, M, and Ortega, E. Basketball game-related statistics that discriminate between teams' season-long success. *Eur J Sport Sci* 8: 369–372, 2008.
20. Iordanescu, L, Grabowecy, M, and Suzuki, S. Demand-based dynamic distribution of attention and monitoring of velocities during multiple-object tracking. *J Vis* 9.4:1, 2009.
21. Kioumourtzoglou, E, Kourtessis, T, Michalopoulou, M, and Derri, V. Differences in several perceptual abilities between experts and novices in basketball, volleyball and water-polo. *Percept Mot Skills* 86: 899–912, 1998.
22. Levitt, H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *J Acoust Soc Am* 49(Suppl. 2): 467–477, 1970.
23. Mann, DL, Abernethy, B, and Farrow, D. Visual information underpinning skilled anticipation: The effect of blur on a coupled and uncoupled in situ anticipatory response. *Atten Percept Psychophys* 72: 1317–1326, 2010.
24. Mann, DT, Williams, AM, Ward, P, and Janelle, CM. Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *J Sport Exerc Psychol* 29: 457, 2007.
25. McGill, SM, Andersen, JT, and Horne, AD. Predicting performance and injury resilience from movement quality and fitness scores in a basketball team over 2 years. *J Strength Cond Res* 26: 1731–1739, 2012.
26. Mori, S, Ohtani, Y, and Imanaka, K. Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Hum Mov Sci* 21: 213–230, 2002.
27. Players. National Basketball Association. Available at: <http://stats.nba.com/players.html>. Accessed September 2013.
28. Ostojic, SM, Mazic, S, and Dikic, N. Profiling in basketball: Physical and physiological characteristics of elite players. *J Strength Cond Res* 20: 740–744, 2006.
29. Paterson, G. Visual-Motor Response Times in Athletes and Non-athletes. Stellenbosch, South Africa: University of Stellenbosch, 2010.
30. Pylyshyn, ZW and Storm, RW. Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spat Vis* 3: 179–197, 1988.
31. Sampaio, J, Janeira, M, Ibáñez, S, and Lorenzo, A. Discriminant analysis of game-related statistics between basketball guards, forwards and centres in three professional leagues. *Eur J Sport Sci* 6: 173–178, 2006.
32. Simenz, CJ, Dugan, CA, and Ebben, WP. Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 19: 495–504, 2005.
33. Smith, LE. Reaction time and movement time in four large muscle movements. *Res Quarterly* 32: 88–92, 1961.
34. Ando, S, Kida, N, and Oda, S. Central and peripheral visual reaction time of soccer players and nonathletes. *Percept Mot Skills* 92: 786–794, 2001.
35. Thomas, LE and Seiffert, AE. Self-motion impairs multiple-object tracking. *Cognition* 117: 80–86, 2010.
36. Trninič, S and Dizdar, D. System of the performance evaluation criteria weighted per positions in the basketball game. *Coll Antropol* 24: 217–234, 2000.
37. Wells, AJ, Hoffman, JR, Beyer, KS, Jajtner, AR, Gonzalez, AM, Townsend, JR, Mangine, GT, Robinson, EH IV, McCormack, WP, and Fragala, MS. Reliability of the Dynavision_ D2 for assessing reaction time performance. *J Sports Sci Med* 13: 145–150, 2014.
38. Wetherill, G. Sequential estimation of quantal response curves. *J R Stat Soc Ser B* 25: 1–48, 1963.
39. Williams, AM. Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *J Sports Sci* 18: 737–750, 2000.
40. Williams, AM, Davids, K, Burwitz, L, and Williams, JG. Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Res Q Exerc Sport* 65: 127–135, 1994.
41. Williams, AM and Hodges, NJ. Practice, instruction and skill acquisition in soccer: Challenging tradition. *J Sports Sci* 23: 637–650, 2005.
42. Zhang, H, Xuan, Y, Fu, X, and Pylyshyn, ZW. Do objects in working memory compete with objects in perception? *Vis Cogn* 18: 617–640, 2010.