
実践研究

心拍応答からみたブラインドテニスの生体負担
- 我が国ブラインドテニス一流プレイヤーを対象として -

佐藤 雅幸¹⁾、佐藤 文平²⁾、佐藤 周平³⁾、松居 綾子⁴⁾、渡辺 英次¹⁾

A Study on psycho-physiological load of Blind Tennis examined
through heart rate response -for Japanese elite player-

Masayuki Sato¹⁾, Bumpei Sato²⁾, Shuhei Sato³⁾, Ayako Matsui⁴⁾, Eiji Watanabe¹⁾

Abstract

This study aimed to the heart rate of a complete match from Japanese elite blind tennis players, and the objective is to make it basic material of a scientific study of blind tennis.

- 1) The seven game match (score 4-3) took 27 minutes 00 seconds. Time of ball-in-play was 9 minutes 21 seconds. A total of 38 points were played and the average time to complete 1 point was about 18.1 seconds.
- 2) Compared to the Kei Nishikori vs James Blake match at the 2008 Delray Beach ATP Tour Tennis Tournament, this blind tennis match had the 1point get average time for 7.1seconds longer .
- 3) The average heart rate of subject A in this entire Blind Tennis match was 153.8 BPM (a standard deviation \pm 19.7), and the highest heart rate was for 184 BPM.
- 4) The exercise intensity was measured from 7 minutes after the start of the match to the end of the match. Subject A' s heart rate intensity was observed to vary between 80-90% of maximum intensity for the duration of match, while subject B' s intensity varied between 70-90%.

Given the heart beat response, it is clear that the physical load incurred on the Japanese elite blind tennis players during this match was very high.

Key words : Blind Tennis, Heart Rate, Game Analysis

キーワード : ブラインドテニス, 心拍応答, ゲーム分析

1) 専修大学 2) 日本体育大学大学院 3) 仙台大学 4) 埼玉県立特別支援学校塙保己一学園 (盲学校) 国際ブラインドテニス協会

邦文抄録

本研究は、我が国ブラインドテニストッププレーヤーにおけるゲーム中の心拍応答に着目し、ブラインドテニスの科学研究の基礎資料とすることを目的とした。その結果、以下の事が明らかとなった。

- 1) 7ゲーム（スコア4-3）における総ゲーム時間は27分00秒、内、インプレー時間は9分21秒であった。総ポイントは38ポイントであり、1ポイントに要した平均時間で約14.8秒であった。
- 2) ATP ツアー・デルレイビーチ国際テニストーナメント2008の錦織対J・ブレイクの試合における1ポイントを獲得するための平均ラリー時間は約11秒であったが、本実験では約18秒1であり、7秒1長かった。
- 3) 被験者Aのゲーム中における平均心拍数は153.8拍/分（標準偏差±19.7）、最大心拍数は184拍/分であった。
- 4) 運動強度では、被験者Aにおいてゲーム開始7分から終了まで80～90%で推移し、被験者Bにおいては、70～90%で推移していた。

以上、我が国一流ブラインドテニスプレーヤーのゲーム中の心拍応答から生体負担は非常に高い事が明らかとなった。

I. はじめに

ブラインドテニスは、「視覚ハンディキャップ」という名称で、1990年10月21日所沢市にある国立身体障害者リハビリテーションセンターで生まれた。1984年に当時、高校生だった武井実良（たけい みよし）氏によって発案された。このスポーツの最大の特徴は、従来の視覚障害者スポーツ（球技）が地面やフロアを転がして行う平面的なものであったのに対し、バウンドしているボールをネットの上を通して打ち合うという3次元の球技である。空中に浮いているボールをキャッチおよびヒットすることは、視覚障がい者の夢であり、現在では、国内約10箇所で開催されている。プレーヤーは、全国で300人を超え海外での普及活動も活発に行われるようになってきた。

視覚障がい者のスポーツは、水泳、バレーボール、卓球、サッカーなどがあり、最近では、フロアーバレー（香田・天野1999）、ブラインドサッカーの生理学的研究（松井2015）そしてブラインドテニスのゲーム分析的研究（Shuhei.Sato etc 2009,2010）などが報告されている。しかしながら、ブラインドテニスにおける運動生理学的研究は見

当たらない。そこで本研究では、我が国ブラインドテニストッププレーヤーにおけるゲーム中の心拍応答に着目し、ブラインドテニスの科学的研究の基礎資料とすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、我が国トップレベルのブラインドテニスプレーヤー男性2名（年齢42歳、41歳）視覚障がいレベルはB1（全盲）クラスであった。

2. 実験手順

各被験者には事前に研究の目的、方法などを十分に説明し、参加の同意を得た後、実験手順（図1）にしたがい、被験者に時計型心拍計（Polar社製：図2）を装着し、安静5分、ウォーミングアップ約3分間終了後、テニスコート（ベースライン6.1m、サイドライン13.4m）でゲームを行った。またゲームはテニスコート後方より動画撮影し（SONYハンディカム）、ゲーム終了後にゲーム内容の確認と内省報告の資料とした。

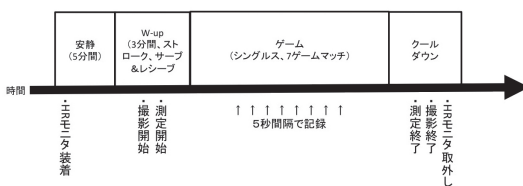


図1 実験手順



図2 心拍数測定 (Polar社製)

試合は、日本ブラインドテニス連盟が定めたルールに従い、7ゲームマッチで実施した。

ブラインドテニスは、ショートテニス用のラケットと音の出るスポンジボールを使って行われるもので、視覚障がい程度に応じて競技クラスを区分し（B1：全盲視力0から明暗弁、B2：視力 手動弁～0.03未満視野 5度未満、B3：視力 0.03以上視野 5度以上、オープン：視覚に障害がある者視機能は不問）、視覚障がい者同士で対戦するシングスを公式競技としている。また、有効バウンド数はB1で3バウンド以内、B2、B3では、2バウンド以内、オープンでは1バウンド以内である。

ラケットは、ショートテニス用又はジュニア用硬式ラケットとし、全長22インチ（約56センチ）以下であり、長さを改造したラケットは認めない。ラケットのフェイス面積については規定しない。ポイントおよびゲームに関しては、4ポイントを1ゲーム、40-40でデュースとなること、サーブは1ゲーム毎に交代し、奇数ゲームでコートチェンジをするなどテニスのルールと同じである。公式戦では、奇数ゲームにおいてコートチェンジを実施し、90秒間のレストをとるが、今回は、時間の関係で立ったままで給水する事で了承して頂いた。参考までに、プレイヤーが失点する場合を以下に挙げる。

有効バウンド数以内に、相手コートに返球できなかったとき。2本ともサービスを失敗したとき。

インプレイ中にコーチングを受けたとき。相手の打ったボールが体に当たったとき。ただし、両足がコート外に位置するプレイヤーに直接ボールが当たったときは、打ったプレイヤーの失点とする。故意にラケットに2度以上ボールが当たったとき。ボールがネットを越える前に打ったとき。インプレイ中にラケット、体がネットに触れたとき。

そして、打球が審判に当たったときである。

ブラインドテニス特有のサービスルールとしては、サービスは、サーバーが『いきます』の声をレシーバーに掛け、レシーバーの『はい』の返答を受けたのち、5秒以内にサービスを行う事。また、掛け声や返答がない場合にはサービスはレットとする。さらに、サーバー及びレシーバーが所定の位置を確認する際には、審判やボールパーソンから位置確認の為の助言を受けてもかまわないなどがある。

手動弁に関する補足説明：視力0.1以下の視力では視標までの距離を近づけて測定し、眼前3mで0.1の視標が識別できるときは0.06、同じく50cmでは0.01となる。これ以下は順に指数弁（黒地前に指を出して数を数える）、手動弁（眼前で手を動かす）、光覚弁（フラッシュライトの光を眼に送って明暗を識別）といい、明暗がわからない状態で視力を0とする（視覚ハンディキャップテニス入門.日本視覚ハンディキャップ協会編：2009）。



図3 ブラインドテニス用コートおよび用具（ボール、ラケット）

Ⅲ. 分析方法

心拍データは、5秒メモリモードに設定し、Excel 2010 を用いてグラフ表示した。また、運動強度の評価は、米国スポーツ医学会推奨計算式（最大心拍数 = $210 - (\text{年齢} \times 0.65)$) を用いた。

Ⅳ. 結果

1. 試合結果

被験者 A 対 B のゲーム結果を表 1 に示した。

表 1 試合結果

スコア	4-3 (総ゲーム数 7) 被験者 A の勝利
試合時間	27 分 00 秒
インプレー時間	9 分 21 秒
総ポイント数	38 ポイント
平均ポイント時間	約 14 秒 8

スコアは、4-3 で被験者 A が勝利した。総ゲーム数は 7 ゲーム、総ゲーム時間は 27 分 00 秒、内、インプレー時間は、9 分 21 秒であった。総ポイントは 38 ポイントであり、1 ポイントに要した平均時間は約 18 秒 1 であった。

2. ゲーム中の心拍応答について

各被験者の運動強度に関しては、米国スポーツ医学会推奨計算式を採用し心拍ゾーンを求めた。(表 2)

表 2 心拍ゾーン (心拍数) とその効果

心拍ゾーン	設定	効果
Zone 1 (有酸素運動ゾーン)	最大心拍数の 60~70%	<ul style="list-style-type: none"> 基本的な全身持久力が向上する 酸素を十分に取り込み、脂肪燃焼効果が高く、ダイエットに有効 全身の毛細血管が発達し、血液循環も向上する 運動強度は、会話をしながら運動できる程度を目安にする 主観的に「きつい」と感じたら、運動強度を下げる
Zone 2 (有酸素+ 無酸素運動ゾーン)	最大心拍数の 70~80%	<ul style="list-style-type: none"> 心肺機能、全身持久力の強化に有効 脂肪の他、糖質のエネルギー比率が高まる 運動強度が高まり無酸素運動になると、筋肉内に乳酸が発生 次第に呼吸が苦しくなり、心拍数が急激に上がり始める きつさを感じる程度には個人差がある
Zone 3 (無酸素運動ゾーン)	最大心拍数の 80~90%	<ul style="list-style-type: none"> 限界的な運動強度であり、体力水準の高い人が対象 競技力の向上効果 筋肉内に乳酸が蓄積し疲労度が増大 トレーニングにより乳酸をエネルギー源に転換する能力が高まり、疲労を感じにくくなる

最大心拍数 = $210 - (\text{年齢} \times 0.65)$ 米国スポーツ医学会推奨計算式 (Suunto t3d ユーザーズガイド 2010 より抜粋)

3. 被験者 A におけるゲーム中の心拍応答について

表3は被験者 A のプロフィールを示した。被験者 A の競技レベルは、全日本ブラインドテニス B1 トッププレイヤーであり、身長 162cm、体重 66kg、年齢は 42 歳、男性であった。

図4は、被験者 A のゲーム中における心拍応答を表したものである。ゲーム中の平均心拍数は 153.8 拍/分 (標準偏差 ± 19.7) で最大心拍数は 184 拍/分であった。

4. 被験者 B におけるゲーム中の心拍応答について

表4は被験者 B のプロフィールを示した。被験者 B の競技レベルは、被験者 A に次ぐ全日本ブラインドテニス B1 上位レーヤであり、身長 162cm、体重 60kg、年齢は 41 歳、男性であった。

図5は、被験者 B におけるゲーム中の心拍応答を表したものである。ゲーム中の平均心拍数は 145.8 拍/分 (標準偏差 ± 12.6) で最大心拍数は 165 拍/分であった。

表3 被験者 A のプロフィール

身長 (cm)	体重 (kg)	性別	年齢 (才)
162	66	男	42

最大心拍数 (MHR)	182.7
90%MHR	164.4
80%MHR	146.2
70%MHR	127.9
60%MHR	109.6
50%MHR	91.4
40%MHR	73.1

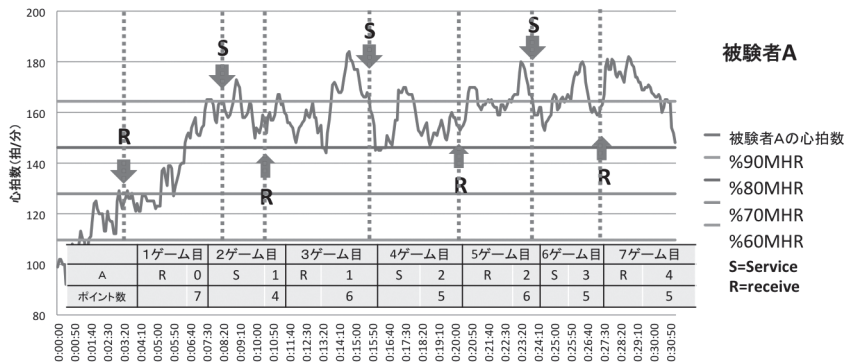


図4 被験者 A におけるゲーム中の心拍数の変化

表4 被験者 B のプロフィール

身長 (cm)	体重 (kg)	性別	年齢 (才)
162	60	男	41

最大心拍数 (MHR)	183.4
90%MHR	165.0
80%MHR	146.7
70%MHR	128.3
60%MHR	110.0
50%MHR	91.7
40%MHR	73.3

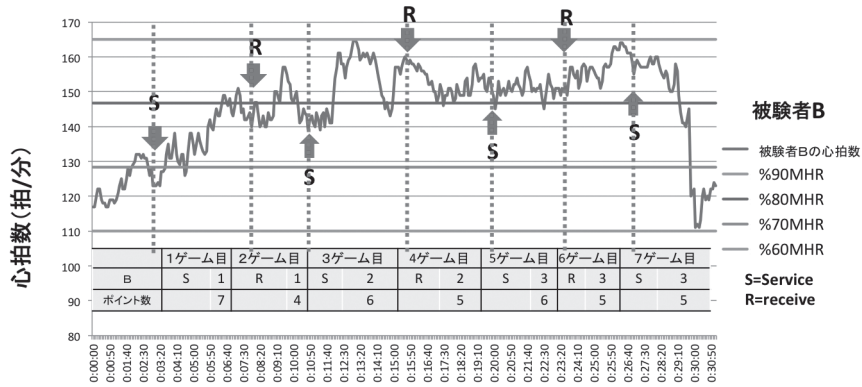


図5 被験者Bにおけるゲーム中の心拍数の変化

5. 被験者A 被験者Bにおけるゲーム中の心拍応答の比較

図6、表5は、被験者Aと被験者Bにおけるゲーム中の心拍応答を比較したものである。ゲーム開始終了までの心拍数の変化を全体的に見ると、被験者Aの方がBよりも高い値で推移していた。特徴的な変化としては、プレー開始から

約7分までは、両被験者とも同じように心拍数の増加傾向が認められたが、7分30秒以降では、被験者Aにおいては、ゲーム開始から終了まで心拍数が規則的に上昇と下降を繰り返しているのに対して、被験者Bは、試合開始19分以降では、約140～150拍/分の範囲で部分的に不規則に推移していることが分かった。

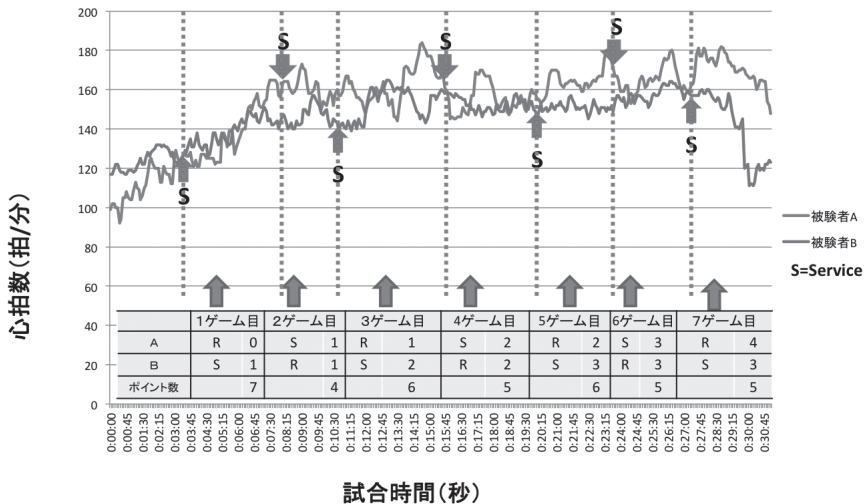


図6 ゲーム中の心拍数の変化 (被験者A対被験者B)

表5 ゲーム中の平均および最高心拍数

被験者	平均心拍数 (拍 / 分)	標準偏差	最高心拍数 (拍 / 分)
被験者A	153.8	± 19.7	184
被験者B	145.8	± 12.6	165

V. 考察

被験者 A 対 B のゲームは、総ゲーム時間は 27 分 00 秒、インプレー時間は、9 分 21 秒、総ポイントは 38 ポイントであり、1 ポイントに要した平均時間は約 18 秒 1 の値であった。この値を、佐藤（2009）らが報告した 2008 年日本ブラインドテニス選手権大会 B1 クラス男子決勝 T 選手対 S 選手のゲームと比較してみると、試合時間で約 6 分、インプレー時間で約 3 分 10 秒、1 ポイントに要した時間は、6.2 秒と全てにおいて大きな値を示していた。これに関しては、本実験のゲーム内容を VTR 映像から精査した結果、両被験者ともアンフォーストエラー（凡ミス）の少ないゲームであり、ラリー数の多いフルゲームの接戦となっ

たためと思われる。また、ATP ツアー・デルレイビーチ国際テニストーナメント 2008 の錦織対 J・ブレークの試合の 1 ポイントを獲得するための平均ラリー時間は約 11 秒であった（Shuhei.Sato etc.2010）のに対して、本実験で得られた値は、約 18 秒 1 であった。これに関しては、ブラインドテニスのルール上の特性である 3 バウンド返球が認められている事、ボールの素材がスポンジボールである事、加えてコートの広さは、ブラインドテニスでは、ベースライン 6.1m、サイドライン 8.23m、テニスでは、ベースライン 12.40 m、サイドライン 23.77m であり、ブラインドテニスコートの方が小さいなどといった事が複合的に影響しているものと思われる。（図 7）

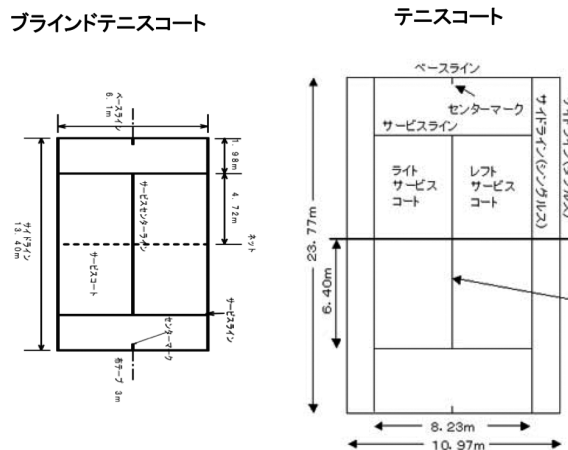


図 7 コートサイズの比較

録画された映像からは、ブラインドテニス是一般のテニスと同様にプレーヤーにとっても観戦している側にとってもエキサイティングスポーツであり晴眼者同士または視覚障がい者と一緒に楽しめるスポーツではないかと思われる。

ゲーム中の心拍応答に関しては、被験者 A では平均心拍数は 153.8 拍/分 (標準偏差 \pm 19.7) で最大心拍数は 184 拍/分であった。ゲーム中の平均心拍も最高心拍も高い値を示しているが、安静時心拍数は 58 拍/分であった。被験者 A は、日頃から練習を十分に積んだ、運動能力の高いプレーヤーであり、ゲーム中の比較的高い心拍数の推移は、被験者 A の運動量の豊富さと心肺機能が高かった可能性がある。同時に録画された VTR 映像からも、打球後のスプリットステップやダイビングしての返球など晴眼者と同じような動きが多々認められた。一方、被験者 B では、平均心拍も最大心拍数も被験者 A の値と比較するとやや低い値を示していたが、安静時心拍数は 68 拍/分であり、運動強度からみるとゲーム中は、ほぼ 80% 以上の値で推移しており、生体への負担の高い試合だったことが推察できる。心拍数測定と同時記録した VTR 映像からもゲームカウント 3-4 で敗れたものの総ゲーム数 7 ということで、運動量の多い試合であった。

図 4, 5 に示した R と S は、各ゲームにおけるサービス権の所有者を示している。その結果、被験者 A がサービス権を有しているゲームでは、ゲーム獲得に至るまでのポイント数が少なく、被験者 B がサービス権を所有しているゲームではポイント数が多かった。この事は、被験者 A のサービス能力の高さを示すものであり、ゲーム分析からもサービスエースなども絡めた攻撃的なプレーであった。一方、被験者 B では最終ゲームまではお互いサービスキープの展開であったが、内容を精査すると被験者 B のサービスゲームではデュースが続くなど相手にサービスブレイクポイントを握られながらのゲームであった。

図 6、表 5 は、被験者 A と被験者 B におけるゲーム中の心拍応答を比較である。ゲーム開始終了までの心拍数の変化を全体的に見ると、被験者 A の方

が B よりも高い値で推移していた。特徴的な変化としては、プレー開始から約 7 分までは、両被験者とも同じように心拍数の増加傾向が認められたが、7 分 30 秒以降では、被験者 A においては、心拍数がリズムカルに上昇と下降を繰り返しているのに対して、被験者 B は、試合開始 19 分以降では、約 140 ~ 150 拍/分の範囲でなだらかに推移していることが分かった。これに関しては、ゲームの映像から分析した結果、被験者 A は試合開始から終了まで、しっかりと構えて、スプリットステップを実施してコートカバーリングしていることが分かった。一方、被験者 B においては、前半ではスプリットステップが認められていたが、中盤から後半にかけては、認められなくなった。原因としては、被験者 A と比較して基礎体力が低かった事や、被験者 A の前後左右へ揺さぶりをかけるラリーに堪えられなくなり、身体的な疲労により、正しいフィットワークが出来なくなったものと思われる。

ゲーム中の心拍応答に関する先行研究では、一般成人を被験者としてテニスのゲーム中の心拍数を測定した結果、120 ~ 160 拍/分 (中谷 1982)、ブラインドテニスのゲーム中の心拍数は (90 ~ 184 拍/分) で推移していた。これに関しては、被験者の競技レベルと視覚障がい者の特性が影響したものと思われる。競技は異なるが、フロアバレーボールの運動強度において、ゲーム中の平均心拍数は、全盲群で 144.1 ~ 168.6 拍/分、平均 157.7 ± 102 拍/分であり。これは $79.3 \pm 39\%$ HRmax、 $68 \pm 63\%$ HRreserve に相当する強度であった。また、弱視群の平均心拍数は 110 ~ 145.3 拍/分、平均 130.6 ± 15.6 拍/分であった。これは $65.6 \pm 7.9\%$ HRmax、 $47.0 \pm 12.2\%$ HRreserve に相当する強度であった。全盲群と弱視群の平均心拍数、% HRmax、% HRreserve は、いずれも 5% 水準で全盲群のほうが有意に高運動中の心拍数が弱視よりも全盲者の方が優位に高いと述べている (香田泰子・天野和彦 1999)。

このことは、視覚障がい者、特に全盲の選手は、試合中においては特別な注意の集中および時空間的認知をしなければならないことから生体の負担が大きくなったものと推察される。

VI. まとめ

本研究は、我が国ブラインドテニストッププレーヤーにおけるゲーム中の心拍応答に着目し、ブラインドテニスの科学的研究の基礎資料とすることを目的とした。その結果、以下の事が明らかとなった。

- 1) 7ゲーム（スコア4-3）における総ゲーム時間は27分00秒、インプレー時間は、9分21秒であった。総ポイントは38ポイントであり、1ポイントに要した平均時間で約18秒1であった。
- 2) ATP ツアー・デルレイビーチ国際テニストーナメント2008の錦織対J・ブレイクの試合の1ポイントを獲得するための平均ラリー時間は約11秒であり、本実験では約18秒1であり、7秒1長かった。
- 3) 被験者Aのゲーム中における平均心拍数は153.8拍/分（標準偏差±19.7）で最大心拍数は184拍/分であった。また、ゲーム中の平均心拍数は153.8拍/分（標準偏差±19.7）で最大心拍数は184拍/分であった。
- 4) 運動強度では、被験者Aにおいてゲーム開始7分から終了まで80～90%で推移しており、被験者Bでは、70～90%で推移していた。

以上、我が国一流ブラインドテニスプレーヤーのゲーム中の心拍応答から生体負担は非常に高い事 (Zone1-Zone3) が明らかとなった。

VII. 参考文献

1. 平井タカネ・田口敦子・林麗子・畑野裕子（2003）. 視覚障害児におけるリズム表現活動の心理生理学的検討 - 心拍数・皮膚温を指標として - 日本体育学会大会号（54）.286
2. 久保田敏夫・神田英治・大木一郎(1981)心身障害児の心拍数を指標とした運動強度の基礎的研究（Ⅲ）- 視覚障害児の学校生活時間における心拍数変動 -. 日本体育学会大会号（32）.815
3. 香田泰子・天野和彦（1999）フローバレーボールの運動強度. 筑波技術短期大学テクノレポート .6:23- 24.
4. 松井康（2015）ブラインドサッカー選手の心肺持久力に関する研究 - 晴眼者との比較 -. 筑波技術大学テクノレポート .23(1):187- 188.
5. 松井康（2015）ブラインドサッカー選手の筋力に関する研究. 筑波技術大学テクノレポート .23(1):189-190.
6. 日本視覚ハンディキャップ協会編（2009）視覚ハンディキャップテニス入門. 日本視覚ハンディキャップ協会
7. 18 秒 1 :The Analysis of the Game of Blind Tennis . Proceedings: The 21st JAPAN SOCIETY ON TENNIS SCIENCE .p29
8. Shuhei.Sato etc.(2010) An analysis of the game of blind tennis. ITF Coaching and Sport Science Review 2010 ;52(18)15-16
9. 山崎昌廣・負荷鞍弘美（2001）脊髄損傷者の車椅子テニス実施時における体温調節反応に関する研究. デサントスポーツ科学 .22:59-66.