

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）
概要書

Effects of menstrual cycle phase on thermoregulation
and inflammatory response during prolonged exercise
under hot conditions

異なる月経周期における暑熱環境下長時間運動中の
体温調節および炎症反応に飲料摂取が及ぼす影響

2015年1月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科

橋本 秀紀

HASHIMOTO, Hideki

研究指導教員： 樋口 満 教授

近年、運動に参加する女性の数が増加している。運動に参加する目的はレクリエーション、健康増進や体重管理と色々あるが、個人的目標を達成するためにマラソン大会に参加する者も多い。マラソン等の長時間運動時には体内に多量の熱が発生するため、深部体温をある一定の範囲内に維持するために体温調節の働きが重要となる。体温調節は主に神経系によって行われているが、ホルモンを介した内分泌系による体温調節も重要な役割を果たしている。一般的に思春期後の女性は女性ホルモンが変動する月経周期を有するようになり、月経周期も体温調節を修飾することが示されている。安静時の深部体温はプロゲステロンとエストラジオール濃度が増加する黄体期において卵胞期と比較して $0.3\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 高くなり、さらに運動時の発汗および皮膚血管拡張閾値も黄体期において卵胞期と比較して上昇することが報告されている。また黄体期は卵胞期と比較して血漿量が少なく、黄体期は卵胞期と比較して運動時の熱放散反応感受性が低下する場合があることも報告されている。すなわち女性の運動時の体温調節には女性ホルモンの濃度および血漿量が体温調節の重要な因子であると考えられる。月経周期が体温調節に及ぼす影響を調査した研究は数多く報告されているが、月経周期および運動中の水分摂取が体温調節に及ぼす影響を同時に調査した研究は無いように思われる。世界および日本の年平均気温は上昇傾向にあり、気温の上昇と共に熱中症患者が増加することが報告されている。特に若年層では男女共に運動時の熱中症発生率が高い。運動時の熱中症予防対策として、適切な水分摂取が重要で、運動が長時間に及ぶ場合には糖質およびミネラル含有飲料の摂取が熱中症予防に有効であることは周知の事実である。そこで研究課題 1 では、異なる月経周期における暑熱環境下長時間運動中の体温調節に水分摂取が及ぼす影響を調査した。更に女性ホルモンは体温調節のみならず、基質代謝や内分泌応答などの生理的応答にも影響を及ぼす事が知られていることから、研究課題 2 では異なる月経周期における暑熱環境下長時間運動中の生理的応答に糖質飲料摂取が及ぼす影響を調査した。

研究課題 1：異なる月経周期における暑熱環境下長時間運動中の体温調節に水分摂取が及ぼす影響調査。
正常な月経周期を有する一般的な女子大学生 8 人を被験者とし、安静時体温および安静時血中プロゲステロン濃度に基づいて月経周期を高体温期と低体温期に分け、それぞれの期にて運動中に水分摂取をしない脱水試行と水分摂取をする飲水試行の合計 4 試行を行った。実験は先に脱水試行を行い、運動中の体重減少量（発汗量）を測定し、飲水試行では脱水試行での発汗量と同重量の水を運動中に摂取させた。順序による影響が無いように被験者の半数は低体温期から行い、半数は高体温期から行った。実験は室温 $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\pm 5\%$ の環境下にて $50\% \dot{V}\text{O}_2\text{peak}$ 運動強度の自転車運動を 90 分間行い、運動前後と運動中の直腸温、心肺応答および主観的運動強度を測定した。実験の結果は、運動中の水分摂取の有無に関わらず高体温期の直腸温は低体温期の直腸温に比べて高値を維持した。また低体温期では水分摂取による運動中の直腸温への影響はみられなかったが、高体温期では水分摂取によって運動後半の直腸温の上昇が抑制されていた。更に高体温期では水分摂取によって心拍数の上昇も抑制されていた。高体温期も低体温期も脱水試行と飲水試行と間で発汗量 $\{(\text{運動前体重} + \text{飲水量}) - \text{運動後体重}\}$ に差が見られないことから、高体温

期における水分摂取による体温上昇抑制効果は発汗による熱放散反応の亢進ではなく、非蒸散性熱放散が亢進したのではないかと考えられた。本実験の結果から一般的な女性が暑熱環境下にて中等度の持久性運動を行なう場合、運動中に水分を摂取することによって高体温期の体温上昇抑制につながる事が示された。また同時に低体温期では水分摂取による体温上昇抑制効果が小さく、水分摂取をしなくても非蒸散性熱放散が優れている可能性も示唆された。

研究課題 2：異なる月経周期における暑熱環境下長時間運動中の生理的応答（炎症反応）に糖質飲料摂取が及ぼす影響調査。正常な月経周期を有する一般的な女子大学生 6 人を被験者とし、各被験者の卵胞期と黄体期において運動中に糖質飲料を摂取する糖質試行と糖質非含有飲料を摂取するプラセボ試行の合計 4 試行を行った。実験に用いた糖質飲料には糖質 3.8%（ブドウ糖 2.1%、果糖 1.7%）を配合し浸透圧が 195mOsm/kg となるよう調製した。一方の糖質非含有飲料には人工甘味料を使用し糖質飲料と同程度の甘味となるように調製した。実験は室温 30±2℃、相対湿度 50±5%の環境下にて 50% $\dot{V}O_2$ peak 運動強度の自転車運動を 90 分間行った後、同環境下にて約 10 分間のタイムトライアルパフォーマンステスト(POST)を行った。被験者は運動開始前および 90 分間の運動中 15 分毎に合計 1050ml の飲料を摂取した。90 分間の運動前後および運動中 15 分毎に直腸温、心肺応答、主観的運動強度を測定し、運動開始前、運動中 30 分毎および POST 後に採血を行った。実験の結果、飲料の種類は直腸温および心肺応答に影響を及ぼさなかった。しかしプラセボ試行では黄体期および卵胞期共に POST 後の白血球数の増加が観察され、特に黄体期では著しい白血球数の増加が観察された。糖質飲料摂取によって POST 後の白血球数の増加が抑制され黄体期と卵胞期の差も無くなった。サイトカインの血中濃度に月経周期や糖質飲料摂取の影響が無いこと、血糖値や遊離脂肪酸の値は月経周期や糖質飲料摂取の影響がみられたことから、白血球数の増加は女性ホルモンが基質利用におよぼした影響によって引き起こされた可能性があることが示唆された。月経周期や糖質飲料摂取は POST の結果には影響を及ぼさなかったが、過剰な白血球数の増加は自己細胞損傷や運動後の免疫力低下にもつながる可能性があることから、女性が長時間運動をする場合には糖質飲料の摂取が推奨される。

(Hashimoto H et al., *J Int Soc Sports Nutr* 2014; 11: 39.)

研究課題 1 および研究課題 2 の結果から、水分摂取によって高体温期（黄体期）における運動中の体温上昇を抑制できること、糖質飲料摂取によって白血球数の増加（特に黄体期）を抑制できることが明らかになった。したがって一般的な女性が暑熱環境下にて長時間運動を行う際には糖質含有飲料の摂取が推奨される。

以上