

## 四週輕艇訓練期間增補牛初乳對單次高強度間歇運動後氧化壓力指標的影響

李婷婷<sup>1</sup> 李綿綿<sup>2</sup> 簡鸞慧<sup>2</sup> 李再立<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> 臺北市立大學水上運動學系

<sup>2</sup> 國立體育大學競技與教練科學研究所

<sup>3</sup> 臺北市政府體育局

\*通訊作者：李再立

通訊地址：105 臺北市松山區南京東路四段 10 號

E-mail: leej@ntsu.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202206\_31(1).0001

投稿日期：2019 年 10 月 接受日期：2020 年 1 月

### 摘 要

本研究的目的旨在探討高強度間歇訓練與訓練期間增補牛初乳是否對輕艇選手的氧化壓力指標有所影響。本研究以 22 名男性輕艇選手為研究對象 (年齡  $15.9 \pm 2.3$  歲；身高  $172.2 \pm 5.5$  公分；體重  $63.3 \pm 6.9$  公斤；體脂肪百分比  $13.7 \pm 3.7\%$ )。實驗參與者以平衡次序法分配至牛初乳增補組 (BC) 及安慰劑組 (PL)，連續增補 28 天。並於增補前 (Pre-S)、後之運動前 (Pre-T)、運動後 (Post-T) 及運動後三小時 (Post-3h) 採集血液樣本。以重複量數單因子變異數分析考驗運動後輕艇選手之血液氧化壓力之生物參數變化；混合設計二因子變異數分析考驗增補牛初乳前後之血液樣本生物參數，顯著水準訂為  $\alpha = .05$ 。結果發現在高強度間歇運動過後，輕艇選手血漿中超氧岐化酶之濃度於運動後三小時顯著高於運動前，以及運動後立即的時間點 ( $p < .05$ )。過氧化氫酶的濃度在運動後立即 ( $p < .05$ ) 有顯著的增加，硫代巴比妥酸反應物質則是於運動後顯著高於運動前 ( $p < .05$ )，但於三小時後回到基準值。增補牛初乳後，兩組於血漿中之超氧岐化酶、過氧化氫酶及硫代巴比妥反應物質於兩組之間均未有顯著差異。本研究探討各篇研究結果不一致的原因可能是由於運動的類型、受試者健康水平或血液樣本的採集時間點不同，未來的研究或許可以針對增補的劑量，或是再拉長增補的時間等方法再做進一步的探討，或許會得到不同的結果。

關鍵詞：穀胱甘肽過氧化物酶、自由基、丙二醛

## 壹、緒論

在高強度或是長時間的運動下所產生的活性氧分子 (reactive oxygen species, ROS) 又稱為自由基 (free radical)，其來源是為運動中的有氧代謝期間粒腺體內的電子流失、前列腺素的代謝、兒茶酚胺 (catecholamines)、黃嘌呤氧化酶 (xanthine oxidase, XO) 及 NADPH 氧化酶 (NADPH oxidase) 的增加因而產生，這些活性氧分子如超氧化物 (superoxide,  $O_2^-$ )、過氧化氫 (hydrogen peroxide,  $H_2O_2$ )、一氧化氮 (nitric oxide,  $NO$ ) 及羥基 ( $HO$ ) 等，常對骨骼肌肉細胞造成氧化壓力 (Jackson, Edwards, & Symons, 1985; Ji et al., 1998)。雖然適量的一氧化氮可以調節呼吸功能，但它也可能與自由基如超氧化物反應，成為過氧亞硝酸根 ( $ONOO$ )，是另一種強氧化物 (Navarro, López-Cepero, & Sánchez del Pino, 2001)。然而，激烈的運動不僅會造成自由基的增加，同時也會影響調節細胞抗氧化及防禦系統 (Ji, 2002)。在氧化傷害的生物指標上，丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 是脂質過氧化及氧化壓力的生化指標 (Vecchiet et al., 2003)，蛋白質碳基化合物 (protein carbonyls, PC) 主要分為白蛋白 (albumin) 或其他血清蛋白的氧化物，因此被認為是蛋白質損傷的生物標誌物，然而，8-羥基-脫氧鳥苷 (8-hydroxy-deoxyguanosine, 8-OHdG) 是最常用來測量 DNA 氧化損傷的生物標誌物。

抗氧化劑防止氧化壓力所引起的細胞損傷的分子，其中包含了酶抗氧化劑，如超氧歧化酶 (superoxide dismutase, SOD)、乳過氧化酶 (lactoperoxidase, LP)、過氧化氫酶

(catalase)、穀胱甘肽過氧化物酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px) 等，以及非酶促的抗氧化劑如維生素 E (vitamin E)、維生素 C (vitamin C) 及維生素 A (vitamin A)、乳鐵蛋白 (lactoferrin) 和硒 (selenium)。先前的研究都一致的發現，適度的運動訓練提高了肌肉中抗氧化酶和某些非酶促的抗氧化劑的水平 (Ji, 1995)。

牛初乳 (bovine colostrum) 是指乳牛於分娩之後的 48 小時內所分泌的乳汁，其中所富含的生物性成分除了許多免疫因子如免疫球蛋白 (immunoglobulins)、乳鐵蛋白、抗菌蛋白 (antimicrobial proteins) 及一些細胞激素 (cytokines) 之外，也含有許多抗氧化物的成分，例如乳過氧化酶、過氧化氫酶、超氧歧化酶、穀胱甘肽過氧化物酶、維生素 E 及維生素 A 等 (Van Hooijdonk, Kussendrager, & Steijns, 2000)，而這些抗氧化物在對抗運動中產生的氧化壓力扮演了重要的角色 (Przybylska, Albera, & Kankofer, 2007)。近年來有許多研究試著將牛初乳應用於運動競技選手的增補，試著藉由牛初乳中所含的免疫因子及抗氧化物成分來提升運動員的運動表現、免疫系統的功能 (Carrillo, Koutedakis, & Flouris, 2013) 或是運動後的肌肉組織恢復及預防老化 (Struff & Sprotte, 2007)。然而，目前增補牛初乳對運動期間抗氧化壓力的相關研究卻僅有少數的動物實驗。Appukutty et al. (2012) 的研究發現，老鼠於每天增補每公斤體重 50 mg 的牛初乳，有效的降低了運動後骨骼肌中的黃嘌呤氧化酶及脂質過氧化物濃度，並且整體的抗氧化物濃度有提升。另一篇研究發現有缺血／再灌注損傷 (ischemia-reperfusion injury) 的老鼠，增補

牛初乳的組別與增補低脂牛乳與控制組的老鼠相較之下，增補牛初乳的老鼠血漿中的抗氧化酵素如超氧歧化酶、穀胱甘肽過氧化物酶以及穀胱甘肽過氧化物酶的活性都呈現比較高的水準，並且脂質過氧化傷害指標丙二醛的濃度也較低 (Kwon et al., 2010)。

儘管上述研究中都表明了口服牛初乳能夠藉由提升抗氧化酵素的濃度或活性以及減少脂質的過氧化傷害來降低老鼠的氧化壓力，然而牛初乳抗氧化的效果在人類為受試對象的研究發表仍有限。牛初乳含有豐富的免疫、生長、抗菌及抗氧化的因子。先前的研究認為以牛初乳為增補劑可以提高人體免疫力和運動能力，於免疫方面，有研究指出連續 12 週，每天增補 26 克的牛初乳可以增加長跑者休息時唾液中的免疫球蛋白 A (immunoglobulin A, IgA) 濃度，於細胞免疫方面，也有研究發現連續四週早晚各 10 克的牛初乳增補過後，在運動一小時後的時間點，受到 N- 甲酰甲硫氨酰 - 亮氨酰 - 苯丙氨酸 (N-formyl-methionyl-leucyl-phenylalanine, fMLP) 刺激的嗜中性白血球有較高的反應。於運動表現方面，Hofman, Smeets, Verlaan, Lugt, and Verstappen (2002) 的研究中指出，優秀的曲棍球選手在為期八週，每天 60 克牛初乳增補後，重複衝刺的運動表現有顯著的進步；Coombes, Conacher, Austen, and Marshall (2002) 的研究中也發現，無論是每天補充 60 克或是 80 克的牛初乳，對自行車計時測驗的運動表現皆有提升。也有其他研究指出增補牛初乳可以增加淨體重 (Duff et al., 2014)，改善運動中的緩衝能力 (Brinkworth, Buckley, Bourdon, Gulbin,

& David, 2002) 和運動後的恢復 (Buckley, Abbott, Brinkworth, & Whyte, 2002)，但其背後的機制尚不清楚。此外，目前將增補牛初乳應用於增進運動員於運動訓練期間的免疫功能、發炎反應及氧化壓力的研究也尚不多。

輕艇運動不僅需要專項運動技術，並且也有大量的體能需求，輕艇的比賽時間依據不同的賽事與距離，比賽中運動持續時間從 40 秒至 4 分鐘不等，因此，輕艇運動員在訓練期間經常接受高強度的間歇訓練，因而在運動中可能產生大量的氧化傷害。因此，本研究的目的為探討：一、高強度間歇訓練對輕艇選手氧化壓力之影響；二、於輕艇專項訓練期間增補牛初乳是否對運動員的氧化壓力指標有所影響。

## 貳、方法

### 一、研究對象

本研究以 22 名具有三年以上輕艇訓練經驗之男性輕艇選手自願擔任研究對象 (年齡  $15.9 \pm 2.3$  歲；身高  $172.2 \pm 5.5$  公分；體重  $63.3 \pm 6.9$  公斤；體脂肪百分比  $13.7 \pm 3.7\%$ )，所有受試者均維持每週三次以上的訓練，並且接受相同的訓練計畫，每週訓練量約為 12 ~ 28 小時。本研究排除過去六個月內對牛奶過敏、乳糖不耐症或是具有慢性疾病及肌肉損傷的運動員。在實驗開始前，研究人員先解釋研究目的及實驗流程後，所有受試者均填具受試者知情同意書，未成年的受試者則均有監護人簽署同意。實驗期間受試者被要求保持正常

生活習慣。本研究經輔仁大學人體研究倫理委員會核可 (FJU-IRB NO 102088)。

## 二、實驗設計

實驗參與者依據其運動表現以平衡次序法分配至牛初乳增補組 (BC) 及安慰劑組 (PL)，每組各 11 人。所有受試者被要求在增補開始的前一天以及增補結束後一天進行高強度間歇運動測試，並於增補前 (Pre-S)、後之運動前 (Pre-T)、運動後 (Post-T) 及運動後三小時 (Post-3h) 採集血液樣本。本研究依據牛初乳製造商所建議的每日食用量，BC 組的受試者每天增補 20 公克以 2 公克可可粉調味 ( 黛菲小鷹可可粉，昇翔食品，臺灣 ) 的牛初乳 (Neovite colostrums, United Kingdom)，共 22 公克。BC 組所增補之牛初乳總熱量為 82.3 大卡，碳水化合物為 2.9 克，蛋白質含 32.8% IgG 共 16.1 克，脂肪 0.7 克以及含約 1 克的水分。PL 組的受試者則是增補 22 公克的可可風味酪蛋白 (Gold standard 100% casein, Optimum Nutrition, USA)，其熱量以及營養成分比例皆與本研究所使用之牛初乳相似。以雙盲方式於每日培訓後一小時內飲用完畢，連續增補 28 天。本研究要求選手於前後測之運動測試當天均做完全相同的飲食。

## 三、高強度間歇運動測試

本研究之高強度間歇運動測試於輕艇測功儀 (Kayak Ergometer Dansprint, Danmark) 上進行，測驗流程為受試者先於測功儀上以 25 瓦特的速度划 4 分鐘作為熱身，接著

進行六次 1 分鐘的最大努力划槳運動，間歇休息時間為 4 分鐘，並於每組划槳後以運動自覺量表 (rating of perceived exertion, RPE) 請選手指出疲勞程度，整個運動測試流程大約 40 分鐘。

## 四、血液樣本收集與分析

本研究由持有執照之護理師以靜脈穿刺法抽由手臂之橈靜脈約 10 mL 之血液，裝入含有 K<sub>3</sub>EDTA 之真空採血管。再以 1,500 rpm 離心 10 分鐘後採集血漿上清液，分裝後冰存於 -20°C 以進行事後分析。

超氧歧化酶的活性測量使用高水溶性四唑鹽 (water-soluble tetrazolium salt, WST)、WST-1-2-(4- 碘 苯 基 )-3-(4- 硝 基 苯 基 )-5-(2,4- 二 磺 基 苯 基 )-2H- 四 氮 唑 鹽 及 麩 胺 酸 鹽 溶 於 去 離 水 中 產 生 水 溶 性 染 劑 (SOD Assay Kit-WST, Switzerland)。首先，用 19 mL 的 WST 溶液製備緩衝的工作溶液，將酶的溶液管離心 5 秒後，以 2.5 mL 混合緩衝液稀釋 15  $\mu$ L 酶溶液以製成標準液。接著於將樣本及標準液 20  $\mu$ L 加入檢測用 96 孔盤中，再於每孔中加入 WST 溶液 200  $\mu$ L 後小心混合，將孔盤置於 37°C 搖晃 30 分鐘後使用免疫測定儀 (Infinite 200 PRO NanoQuant Microplate Readers, Tecan, Switzerland) 波長設定 450 nm 讀取數值。過氧化氫酶的檢測使用過氧化氫酶檢測套組 (Catalase-520, OxisResearch™ Kit)。過氧化氫及過氧化氫酶標準品的試劑製備過程中，將 30  $\mu$ L 稀釋的標準品或樣品加入管中，然後向每個管中加入 500  $\mu$ L 反應液 (10mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 培育 1 分鐘後，每個離心管中加入 500  $\mu$ L

終止試劑，最後加入 2 mL HRP/Chromogen 試劑在室溫下置放 10 分鐘後，以免疫測定儀波長設定 520 nm 讀取數值。本研究以透過測量血漿中的硫代巴比妥酸反應物質 (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) 來評估受試者之血液中脂質過氧化的狀況。分析流程為先以 5 mL 濃度為 6 N 的氫氧化鈉 (NaOH) 與 18 公克的三氯乙酸 (trichloroacetic acid, TCA) 及 456 毫克的硫代巴比妥酸 (thiobarbituric acid, TBA) 混合到 115 mL 的去離子水中以製備 TBARS 試劑。再將 100  $\mu$ L 血漿與 1 mL TBARS 試劑混合，並於 100°C 下培育 30 分鐘後，將樣本置於碎冰上冷卻 10 分鐘後再以 3,900 rpm 離心 10 分鐘，吸收上清液後以免疫測定儀波長設定 535 nm 讀取數值。

## 五、統計分析

所有數值以 SPSS for Windows 18.0 軟體進行資料處理，統計數值以平均數  $\pm$  標準差呈現。本研究以重複量數單因子變異數分析考驗高強度間歇訓練後輕艇選手之血液氧化壓力之生物參數變化；使用混合設計二因子變異數分析考驗 (組別  $\times$  時間) 考驗增補牛初乳前後之血液樣

本生物參數，及運動自覺量表之分數。若主要效果或交互作用達顯著，則以 least significant difference (LSD) 法進行事後比較，顯著水準訂為  $\alpha = .05$ 。

## 參、結果

### 一、高強度間歇訓練對輕艇選手氧化壓力之影響

以重複量數單因子變異數分析結果 ( $n = 22$ ) 如表 1，在高強度間歇運動過後，輕艇選手血漿中超氧岐化酶之濃度於運動後三小時的時間點上顯著高於運動前以及運動後立即的時間點 ( $p < .05$ )。過氧化氫酶的濃度則是在運動後立即的時間點顯著的增加，但在運動後三小時下降至比運動前的濃度還低的水準 ( $p < .05$ )。選手血漿中的硫代巴比妥酸反應物質則是於運動後顯著高於運動前，但於三小時後回到基準值 ( $p < .05$ )。

### 二、增補牛初乳對輕艇選手高強度訓練期間氧化壓力之影響

以混合設計二因子變異數分析考驗增補前與增補後選手於高強度間歇測試之運

表 1 高強度間歇運動對輕艇選手血漿中氧化壓力指標之影響

項目	Pre-T	Post-T	Post-3h
SOD (U/mL <sup>-1</sup> )	3.61 $\pm$ 2.48	4.03 $\pm$ 3.22	4.84 $\pm$ 3.42 <sup>a,b</sup>
Catalase (U/mL <sup>-1</sup> )	506.16 $\pm$ 191.11	693.09 $\pm$ 202.62 <sup>a</sup>	337.54 $\pm$ 121.82 <sup>a,b</sup>
TBARS (U/mL <sup>-1</sup> )	2.51 $\pm$ 0.72	3.08 $\pm$ 1.17 <sup>a</sup>	2.40 $\pm$ 0.55

資料來源：本研究整理。

註：Pre-T：運動前；Post-T：運動後；Post-3h：運動後三小時；SOD：superoxide dismutase (超氧岐化酶)；Catalase：過氧化氫酶；TBARS：thiobarbituric acid reactive substances (硫代巴比妥酸反應物質)。

<sup>a</sup> 與 Pre-T 達顯著差異 ( $p < .05$ )；<sup>b</sup> 與 Post-T 達顯著差異 ( $p < .05$ )。

動自覺量表分數 ( 組別 × 時間 )，發現在增補牛初乳前後兩組之運動自覺量表分數沒有顯著差異 ( 表 2)。並也發現在增補牛初乳後，BC 組 ( $n = 11$ ) 與 PL 組 ( $n = 11$ ) 於血漿中之超氧岐化酶、過氧化氫酶及硫代巴比妥反應物質等氧化壓力生化指標於兩組之間均未有顯著差異 ( 表 3)。

## 肆、討論

本研究的主要發現為：一、在單次的輕艇高強度間歇訓練後，輕艇選手血漿中

的超氧岐化酶、過氧化氫酶及硫代巴比妥酸反應物質均會受到運動的影響而產生變化，證明輕艇選手於高強度訓練下會產生氧化壓力反應。二、四週的牛初乳增補，對於輕艇選手運動過後血液中氧化壓力生化指標沒有顯著的影響。

硫代巴比妥酸反應物質是不飽和脂肪酸的氧化產物醛類，如丙二醛與硫代巴比妥酸作用後所產生的反應物，可用於間接測量脂質氧化傷害的程度。於本研究實驗結果中發現在單次輕艇高強度間歇運動

表 2 輕艇選手於增補牛初乳前後之高強度間歇運動中運動自覺量表分數

項目	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組
增補前						
BC	14.32 ± 1.69	14.91 ± 1.58	15.55 ± 1.92	16.27 ± 1.73	17.18 ± 1.60	18.00 ± 1.41
PL	15.36 ± 1.69	15.73 ± 1.56	15.91 ± 2.21	16.82 ± 1.83	17.27 ± 2.00	18.09 ± 1.87
增補後						
BC	13.64 ± 1.50	15.00 ± 1.34	15.73 ± 0.90	16.18 ± 1.08	17.09 ± 1.70	17.64 ± 1.36
PL	15.00 ± 2.14	16.09 ± 2.34	16.45 ± 2.58	17.18 ± 2.40	17.72 ± 2.00	17.91 ± 2.21

資料來源：本研究整理。

註：BC：牛初乳組；PL：安慰劑組。

表 3 增補牛初乳前後對輕艇選手高強度間歇運動後血漿中氧化壓力指標之影響

項目	Pre-S	Pre-T	Post-T	Post-3h
SOD (U/mL <sup>-1</sup> )				
BC	4.37 ± 3.22	4.44 ± 2.82	4.70 ± 3.27	5.35 ± 3.15
PL	2.86 ± 1.12	2.57 ± 1.13	2.85 ± 1.34	4.23 ± 3.16
Catalase (U/mL <sup>-1</sup> )				
BC	539.36 ± 142.79	589.84 ± 271.74	700.52 ± 272.16	370.14 ± 83.69
PL	472.96 ± 232.14	563.43 ± 160.97	663.31 ± 131.02	442.04 ± 140.56
TBARS (U/mL <sup>-1</sup> )				
BC	2.74 ± 0.89	2.40 ± 0.66	2.75 ± 0.72	2.59 ± 0.58
PL	2.28 ± 0.40	2.35 ± 0.45	2.71 ± 0.47	2.25 ± 0.27

資料來源：本研究整理。

註：Pre-S：增補前；Pre-T：運動前；Post-T：運動後；Post-3h：運動後三小時；SOD：superoxide dismutase (超氧岐化酶)；BC：牛初乳組；PL：安慰劑組；Catalase：過氧化氫酶；TBARS：thiobarbituric acid reactive substances (硫代巴比妥酸反應物質)。

過後，輕艇選手血漿中的硫代巴比妥酸反應物質濃度在運動過後有顯著的升高，但在運動過後三小時之後即回到休息時的水準。此結果和先前的研究中所觀察到運動後硫代巴比妥酸反應物質的變化非常類似，先前在各種單次運動的實驗中，其中包含了有氧的跑步運動 (Jackson et al., 1985) 或是腳踏車的衝刺運動 (Gohil, Rothfuss, Lang, & Packer, 1987)、有氧運動 (Lew, Pyke, & Quintanilha, 1985) 或是有氧結合無氧的綜合性運動 (Anzueto et al., 1993)，在運動後都會產生脂質過氧化的反應。

在先前的研究中得到的結果都發現，劇烈運動會影響骨骼肌、心臟與肝臟中抗氧化酶的活性，其中的抗氧化酶包括超氧歧化酶、過氧化氫酶和穀胱甘肽過氧化物酶等 (Ji, 1995)。在本研究的結果中發現，單次間歇運動過後血漿中的超氧歧化酶及過氧化氫酶濃度都有增加的趨勢，但過氧化氫酶的濃度在運動過後三小時卻又下降至運動前的水準。然而，在先前已發表的研究報告中，抗氧化酶對急性運動的反應數據有許多不一致的結果，例如有的研究發現急性運動後抗氧化酶濃度會增加 (Chang, Tseng, Hsuuw, Chan, & Shieh, 2002)，但也有研究顯示有抗氧化酶濃度下降的情形 (Knez, Jenkins, & Coombes, 2007)，或是沒有變化 (Vider et al., 2001)。本研究探討各篇研究結果不一致的原因可能是由於運動的類型不同，或是實驗參與者的健康水平或血液樣本的採集時間點不同，都會對結果的數據有不同的影響 (Elosua et al., 2003; Knez et al., 2007)。然而，於本研究中的結

果發現抗氧化劑和脂質氧化的生物指標在運動過後都有顯著的改變，表示在輕艇選手在常規訓練期間的高強度的間歇訓練中都會誘發選手的氧化壓力。

Chen, Chang, and Chiang (2016) 的研究報告中指出，牛初乳中的酪蛋白和乳清蛋白具有抗氧化的特性，並且初乳中也含有大量的抗氧化劑，這對於保護嬰兒免受到氧化壓力及維持嬰兒的健康至關重要。眾所周知，新生兒在出生時便要經歷許多挑戰，例如如何適應富含氧氣的環境 (Albera & Kankofer, 2009; Przybylska et al., 2007)。在動物研究中，Appukutty et al. (2012) 的研究指出增補牛初乳對小鼠的脂質過氧化反應 (lipid peroxidation, LPO)、超氧化物歧化酶、黃嘌呤氧化酶和總抗氧化劑有正面的影響。Kwon et al. (2010) 的研究中也表明，在給予缺血／再灌注損傷的大鼠補充牛初乳後，於大鼠的肺臟組織中抗氧化酶活性有顯著的增加，脂質過氧化的反應減少，並且肺臟組織中超氧化物歧化酶也有升高的趨勢。然而，在本研究中，在輕艇選手的訓練期間補充牛初乳四週後，並未觀察到超氧化物歧化酶、過氧化氫酶的濃度和脂質氧化傷害指標上有顯著的變化。本研究推測此次實驗中增補牛初乳未看到對氧化壓力減緩效果的原因可能是增補的期間不夠長，或是增補的劑量不夠，雖然過去也有少數的研究表明，牛初乳補充劑可以減輕運動員的氧化壓力，但其背後的機制仍不清楚。

本研究的結論為，輕艇選手於單次高強度間歇訓練會造成選手的氧化壓力。然

而，在訓練期間補充牛初乳是否能有效的改善運動中產生的氧化壓力，於本研究四週的牛初乳增補下未看到顯著的效果，未來的研究或許可以針對增補的劑量，或是再拉長增補的時間或使用不同的運動模式再做進一步的探討，或許會得到不同的結果。

## 參考文獻

1. Albera, E., & Kankofer, M. (2009). Antioxidants in colostrum and milk of sows and cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 44(4), 606-611. doi:10.1111/j.1439-0531.2007.01027.x
2. Anzueto, A., Andrade, F. H., Maxwell, L. C., Levine, S. M., Lawrence, R. A., & Jenkinson, S. G. (1993). Diaphragmatic function after resistive breathing in vitamin E-deficient rats. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 267-271. doi:10.1152/jap.1993.74.1.267
3. Appukutty, M., Radhakrishnan, A. K., Ramasamy, K., Ramasamy, R., Abdul Majeed, A. B., Noor, M. I., ... Haleagrahara, N. (2012). Colostrum supplementation protects against exercise-induced oxidative stress in skeletal muscle in mice. *BMC Research Notes*, 5, 649. doi:10.1186/1756-0500-5-649
4. Brinkworth, G. D., Buckley, J. D., Bourdon, P. C., Gulbin, J. P., & David, A. (2002). Oral bovine colostrum supplementation enhances buffer capacity but not rowing performance in elite female rowers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12(3), 349-365. doi:10.1123/ijsnem.12.3.349
5. Buckley, J. D., Abbott, M. J., Brinkworth, G. D., & Whyte, P. B. (2002). Bovine colostrum supplementation during endurance running training improves recovery, but not performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5(2), 65-79. doi:10.1016/S1440-2440(02)80028-7
6. Carrillo, A. E., Koutedakis, Y., & Flouris, A. D. (2013). Exercise and exposure to heat following bovine colostrum supplementation: A review of gastrointestinal and immune function. *Cellular and Molecular Biology*, 59(1), 84-88.
7. Chang, C.-K., Tseng, H.-F., Hsuuw, Y.-D., Chan, W.-H., & Shieh, L.-C. (2002). Higher LDL oxidation at rest and after a rugby game in weekend warriors. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 46(3/4), 103-107.
8. Chen, C.-W., Chang, C.-Y., & Chiang, S.-H. (2016). The inhibition effect of cell DNA oxidative damage and LDL oxidation by Bovine Colostrums. *Molecules*, 21(10). doi:10.3390/molecules21101378
9. Coombes, J. S., Conacher, M., Austen, S. K., & Marshall, P. A. (2002). Dose effects of oral bovine colostrum on physical work capacity in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1184-1188. doi:10.1097/00005768-200207000-00020
10. Duff, W. R. D., Chilibeck, P. D., Rooke, J. J., Kaviani, M., Krentz, J. R., & Haines, D. M. (2014). The effect of bovine colostrum supplementation in older adults during resistance training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(3), 276-285. doi:10.1123/ijsnem.2013-0182
11. Elosua, R., Molina, L., Fito, M., Arquer, A., Sanchez-Quesada, J. L., Covas, M. I., ...

- Marrugat, J. (2003). Response of oxidative stress biomarkers to a 16-week aerobic physical activity program, and to acute physical activity, in healthy young men and women. *Atherosclerosis*, *167*(2), 327-334. doi:10.1016/s0021-9150(03)00018-2
12. Gohil, K., Rothfuss, L., Lang, J., & Packer, L. (1987). Effect of exercise training on tissue vitamin E and ubiquinone content. *Journal of Applied Physiology*, *63*(4), 1638-1641. doi:10.1152/jappl.1987.63.4.1638
  13. Hofman, Z., Smeets, R., Verlaan, G., Lugt, R., & Verstappen, P. A. (2002). The effect of bovine colostrum supplementation on exercise performance in elite field hockey players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *12*(4), 461-469. doi:10.1123/ijsnem.12.4.461
  14. Jackson, M. J., Edwards, R. H., & Symons, M. C. (1985). Electron spin resonance studies of intact mammalian skeletal muscle. *Biochimica et Biophysica Acta*, *847*(2), 185-190. doi:10.1016/0167-4889(85)90019-9
  15. Ji, L. L. (1995). Oxidative stress during exercise: Implication of antioxidant nutrients. *Free Radical Biology & Medicine*, *18*(6), 1079-1086. doi:10.1016/0891-5849(94)00212-3
  16. Ji, L. L. (2002). Exercise-induced modulation of antioxidant defense. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *959*(1), 82-92. doi:10.1111/j.1749-6632.2002.tb02085.x
  17. Ji, L. L., Leeuwenburgh, C., Leichtweis, S., Gore, M., Fiebig, R., Hollander, J., & Bejma, J. (1998). Oxidative stress and aging. Role of exercise and its influences on antioxidant systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *854*, 102-117. doi:10.1111/j.1749-6632.1998.tb09896.x
  18. Knez, W. L., Jenkins, D. G., & Coombes, J. S. (2007). Oxidative stress in half and full Ironman triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(2), 283-288. doi:10.1249/01.mss.0000246999.09718.0c
  19. Kwon, O. Y., Lee, J. S., Choi, H. S., Hong, H. P., Jang, K. H., Paek, J. H., ... Ko, Y. G. (2010). Antioxidant and anticytokine effects of bovine colostrum in intestinal ischemia/reperfusion injured rat model. *Food Science and Biotechnology*, *19*(5), 1295-1301. doi:10.1007/s10068-010-0185-9
  20. Lew, H., Pyke, S., & Quintanilha, A. (1985). Changes in the glutathione status of plasma, liver and muscle following exhaustive exercise in rats. *FEBS Letters*, *185*(2), 262-266. doi:10.1016/0014-5793(85)80919-4
  21. Navarro, A., López-Cepero, J. M., & Sánchez del Pino, M. J. (2001). Skeletal muscle and aging. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, *6*(3), 26-44. doi:10.2741/navarro
  22. Przybylska, J., Albera, E., & Kankofer, M. (2007). Antioxidants in bovine colostrum. *Reproduction in Domestic Animals*, *42*(4), 402-409. doi:10.1111/j.1439-0531.2006.00799.x
  23. Struff, W. G., & Sprotte, G. (2007). Bovine colostrum as a biologic in clinical medicine: A review. Part I: Biotechnological standards, pharmacodynamic and pharmacokinetic characteristics and principles of treatment. *International Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics*, *45*(4), 193-202. doi:10.5414/cpp45193
  24. Van Hooijdonk, A. C. M., Kussendrager, K. D., & Steijns, J. M. (2000). In vivo antimicrobial and antiviral activity of

components in bovine milk and colostrum involved in non-specific defence. *British Journal of Nutrition*, 84(S1), 127-134. doi:10.1017/S000711450000235X

25. Vecchiet, J., Cipollone, F., Falasca, K., Mezzetti, A., Pizzigallo, E., Bucciarelli, T., ... Giamberardino, M. A. (2003). Relationship between musculoskeletal symptoms and blood markers of oxidative stress in patients with chronic fatigue syndrome. *Neuroscience Letters*, 335(3), 151-154. doi:10.1016/S0304-3940(02)01058-3
26. Vider, J., Lehtmaa, J., Kullisaar, T., Vihalemm, T., Zilmer, K., Kairane, C., ... Zilmer, M. (2001). Acute immune response in respect to exercise-induced oxidative stress. *Pathophysiology*, 7(4), 263-270. doi:10.1016/S0928-4680(00)00057-2

# Effects of Bovine Colostrums Supplementation on Oxidative Stress Induced by High Intensity Interval Training During a 4-Week Canoe/Kayak Training Period

Ting-Ting Lee<sup>1</sup>, Mien-Mien Lee<sup>2</sup>, Li-Hui Chien<sup>2</sup>, Tzai-Li Li<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Aquatic Sports, University of Taipei

<sup>2</sup> Graduate Institute of Athletics and Coaching Science, National Taiwan Sport University

<sup>3</sup> Department of Sports, Taipei City Government

\*Corresponding author: Tzai-Li Li

Address: No. 10, Sec. 4, Nanjing E. Rd., Songshan Dist., Taipei City 105, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: leej@ntsu.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202206\_31(1).0001

Received: October, 2019 Accepted: January, 2020

## Abstract

This study aimed to examine the effects of bovine colostrums (BC) supplementation during a 4-week canoe/kayak training program on oxidative stress. Twenty-two well-trained male kayak athletes (age  $15.9 \pm 2.3$  years, height  $172.2 \pm 5.5$  cm, body mass  $63.3 \pm 6.9$  kg, body fat  $13.7 \pm 3.7\%$ ) were voluntarily participated in this study. Participants were paired by performance then assigned into BC supplementation group or placebo group. Before and after supplement, participants were asked to perform a high intensity interval training on kayak ergometry. Blood samples were collected at pre supplementation (Pre-S), pre-test (Pre-T), post-test (Post-T), and 3 hours post-test (Post-3h). To analysis effect of an acutely spring interval training on superoxide dismutase, catalase, and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), a repeated measure one-way analysis of variance (ANOVA) was used. To examine the effect of bovine colostrums supplementation on biomarkers in blood, a mixed-design two-way (groups  $\times$  time points) ANOVA was adopted. Statistical significance was set at  $\alpha = .05$ . There was a significant increase in superoxide dismutase at Post-3h ( $p < .05$ ). Catalase level was significantly elevated at Post-T and then dropped under baseline ( $p < .05$ ). There was a significant increase in TBARS at Post-T ( $p < .05$ ). There was no significant interaction of time and group and main effects of time and group for the superoxide dismutase, catalase, and TBARS concentration. The inconsistencies was found in the results

李婷婷 李綿綿 簡鵬慧 李再立

of previous studies may be due to the type of exercise, the health of the subjects, or the time of collection of the blood sample. Future research may be can adjust the doses or for extent the duration of supplementation which might lead to different results.

**Keywords:** glutathione peroxidase, free radical, malondialdehyde