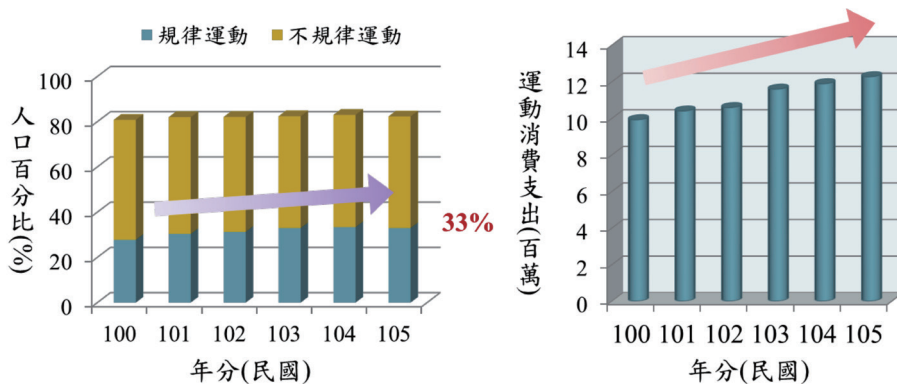


「運動增補：奈米總動員」 於 2017 未來科技展

許美智*

一、前言

近年來，在政府推動各項全民運動的政策下，加上自我健康意識抬頭，運動健身和運動相關營養保健食品市場的規模正蓬勃的成長。根據教育部體育署的統計，近年來國人具有規律運動的人口比例逐年提升，目前已達 33%。另外，在民眾運動消費支出的調查當中也發現，國人的運動相關消費支出正逐年的上升，表示民眾對於增強體能與運動塑身的新知與產品需求提升。



圖一：各年國人規律運動人口比例及運動消費支出

其中，運動增補劑不僅受到專業運動員青睞，藉以增進運動表現，也受到運動愛好者喜愛；但是多數運動增補劑的產品須長時間補充使用才能逐漸產生效果。因此我們想運用奈米化劑型科技，將產品主成分微細化以助於提升人體對營養成分的吸收，能更快速達到增補的功效。

* 高雄醫學大學運動醫學系教授

二、運動增補劑用於減緩疲勞

但丁《神曲》中說：「走過了幽暗森林的迷途，經歷了煉獄的幽谷，才能登上天堂的榮耀與光輝。」夏日的毛蟲，也須經歷冬日的寒風冷冽，才能在春日破蛹而出，成為展翅高飛的蝶。經常，人是需經過失利挫敗，再從失敗的深淵中奮而爬起，最終攀上成功的巔峰。而正因如此的歷程，才能凸顯意志的堅定，與成功的不易。在這歷程中運動增補劑在競技運動裡扮演著要角，無論是國際或國內的賽事，許多運動員和教練一直尋找能夠提升運動能力的方式，除了平日積極與適宜的運動訓練，營養素的攝取也會影響運動員的體組成、肌力、耐力、技術、速度及敏捷度。

運動增補劑就是用來影響某一身體系統之生理能力而改善表現，或縮短訓練與競技賽後之恢復期的營養補充劑，通常是指在正常飲食外的補充。美國《膳食補充健康與教育法案》(Dietary Supplement Health and Education Act of 1994)中，列出的營養補充劑包括維生素、礦物質、胺基酸、中草藥(植物)、中草藥萃取物、濃縮製劑等，經由醫師與營養師診斷缺乏某種營養物質時，除了建議攝取富含此營養物質之食物，攝取營養補充劑亦能快速地增加體內不足的營養素含量。

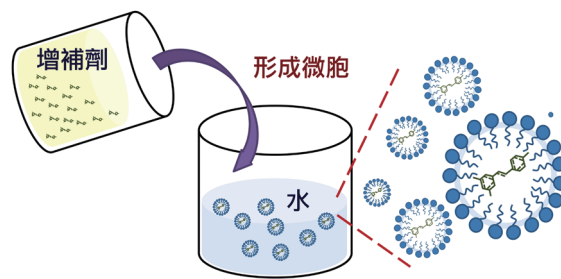
疲勞的定義為身體性疲勞或心理性疲勞，導致無法維持相同運動強度，使運動能力下降。氧化壓力為造成身體性疲勞主要原因之一，一般人體內具有抗氧化防禦系統，能夠維持體內自由基生成和清除之間的動態平衡。當運動強度及運動時間增加超出體內清除自由基負荷能力時，體內累積的活性氧化物質將誘導氧化壓力上升，造成體內細胞組織損傷導致疲勞產生。許多研究指出補充抗氧化劑可以藉由清除自由基及來防止運動引起的活性氧化物質產生並減少身體疲勞，如 β -胡蘿蔔素(β -carotene)、淫羊藿苷(Icariin)、綠茶茶多酚(-)-Epigallocatechin-3-gallate、及本研究之白藜蘆醇(Resveratrol)等都是很好的抗氧化劑。因此，正確的運動及適當地食用含抗氧化作用之營養素，可以增強體內抗氧化能力，減少在高強度運動訓練中所產生的氧化壓力。

三、奈米化劑型科技改善成分吸收及延緩疲勞效果

目前雖已有科學文獻證實許多天然成分極具減緩運動疲勞之潛力，但多數成分因吸收效率不佳，阻礙其發展為大眾可接受之市售運動增補劑。以白藜蘆醇為例，白藜蘆醇本身為具有抗氧化活性之多酚類化合物，亦為植物抗毒素，存在於紅酒、葡萄、堅果等食物當中，白藜蘆醇除了具有抗發炎、心臟保護及

癌症預防等活性外，研究也證實白藜蘆醇可以應用於增進運動表現，並已被證實具有提升骨骼肌的粒線體效能及延緩疲勞作用。然而，受限於白藜蘆醇本身低水溶性及低的溶離率的影響，因而生體可用率也極低，必須要長期補充才能達到效果。

為了克服白藜蘆醇低水溶性及生體可用率不佳的限制，我們的創新研究是提出運用自奈米乳化傳輸系統 (Self-nanoemulsifying drug delivery system) 的技術，針對白藜蘆醇低水溶性及低的溶離速率之特性進行改善，進而提升白藜蘆醇的水溶解度並增加其口服吸收效率。



圖二：增補劑形成微胞之過程

何謂自奈米乳化傳輸系統呢？自奈米乳化傳輸系統是由油和界面活性劑組成的膠態分散體。當自奈米乳化傳輸系統遇到水或在胃腸道的攪動下藉由配方內的乳化劑分子，可將活性成分包裹在微小的油滴裡，自行乳化形成奈米等級的水包油乳液，如圖二所示。另一方面，自奈米乳化傳輸系統可以保護活性化合物免於腸胃道當中的酵素降解，以提高活性成分在體內的穩定性。許多研究指出降低劑型之粒徑大小可以增進活性化合物被動運輸通過腸壁以增加其在體內的吸收。而自奈米化技術可以在不施加壓力的製備過程下，使乳劑之微胞達到奈米的等級以提升有效成分之吸收，優點除了可以節省製備過程的時間和成本，且劑型本身無添加水分，因此在儲存上亦較傳統乳劑安定。

本研究開發一種新穎形式的運動增補劑——白藜蘆醇之自奈米乳化傳輸系統，能夠顯著提升白藜蘆醇的水溶解度並進而增加其口服生體可用率。此奈米化傳輸系統可以將白藜蘆醇包覆於直徑小於 200 奈米的微胞，除了減少白藜蘆醇在消化道被代謝分解之外，藉由增加其總表面積，更能夠有效提升在消化道的吸收效果。此外，本研究亦使用大鼠動物實驗，評估給予白藜蘆醇之自奈米乳化傳輸系統後，對於抗疲勞效果以及運動表現的提升。實驗結果顯示，新穎形式的運動增補劑功效如下：

(一)改善口服生體可用率

藥物動力學試驗結果顯示，服用白藜蘆醇自奈米乳化傳輸系統相較於服用白藜蘆醇傳統溶液，此奈米系統可以提升白藜蘆醇之吸收達 3.2 倍。

(二)提升乳酸排除比率

在高強度運動之下，肌肉將大量產生乳酸，高濃度的乳酸會使體內 pH 值下降，使體內產生生化和生理之副作用。本研究證實，在運動前給服用此奈米白藜蘆醇運動營養增補劑，可以加速運動後血乳酸值恢復，乳酸排除比率與未服用此營養增補劑相比，明顯提升了 40.4%。

(三)降低運動後血氨值

在運動過程當中，肌肉會快速產生氨，血氨濃度一旦上升，將會造成疲勞之效果。本研究證實，在運動前給服用此奈米白藜蘆醇運動營養增補劑，與未服用此營養增補劑相比，血氨可以明顯降低 65.4%。

(四)提升血中葡萄糖濃度

血中葡萄糖 (Glucose) 濃度為運動能量來源，故為了解運動表現之主要檢測指標。在運動前給服用此奈米白藜蘆醇運動營養增補劑，血中葡萄糖濃度與未服用此營養增補劑相比，提升了 1.8 倍。

(五)增加運動力竭時間

在運動前連續三天服用此奈米白藜蘆醇運動營養增補劑，游泳力竭時間與未服用此營養增補劑的組別及服用白藜蘆醇傳統溶液組別相比，實驗大鼠的游泳力竭時間分別可以提升 2.1 倍及 1.8 倍，顯示此奈米白藜蘆醇運動營養增補劑可以提升實驗大鼠之游泳運動耐力。

本研究成功利用自奈米乳化傳輸系統改善運動增補劑白藜蘆醇的水溶解性及生體可用率，經大鼠動物實驗證實，此奈米劑型動員了更多的有效成分，短期補充即可提升大鼠運動能力之表現，達到調節疲勞相關指數，具有延緩運動後疲勞之效果。

四、2017 未來科技展

「2017 未來科技展」由科技部主辦，於 106 年 12 月 28 日至 30 日在臺北世貿三館展出，匯集 72 家學研單位參與，共有 109 項創新技術，集結國內尖端科

技與前瞻技術，包含生技與新藥、醫材、電子與光電、金屬化工與新穎材料、智慧應用與能源環境等 5 大應用領域。展覽之前，科技部致力於平面媒體與電子媒體之行銷宣傳，期能促成廠商簽約，以利學研成果商品化，更特別針對各技術內容製作手冊與影片。

我們的研究團隊所研發之「運動增補：奈米總動員」技術，榮獲 2017 年未來科技展之「未來科技突破獎」，並受邀代表人文及社會科學研究發展司展出產業應用的前瞻技術，現場除了展覽本項技術，也對於技術之內容、應用及未來發展性進行說明，更於展會期間由民眾進行票選獲得「最佳人氣技術獎」，表示民眾對於此項技術的高度興趣及對本技術團隊的高度肯定。



圖三：科技部陳良基部長頒授「未來科技突破獎」予本研究團隊



圖四：國家發展委員會陳美伶主委頒授「最佳人氣技術獎」予本研究團隊

五、結語

奈米總動員的這項技術，未來可以應用的範圍是很廣的，包括不同的功效成分，都能夠運用這項技術，作為嶄新運動營養增補產品的開發，用來提升活性成分的吸收率和功效。未來我們計畫進一步將此技術設計為液劑、粉劑、膠囊等不同型態的產品，方便專業運動員、休閒運動愛好者及一般民眾來使用。最後，我們團隊要感謝科技部籌劃此展覽，使民眾與廠商能藉由面對面的說明，深入了解技術之內容、應用及未來發展。相信藉由奈米總動員的這項技術，未來更能達到運動增補產品創新化、產品差異化、產業加值及提升產業的國際競爭力。