

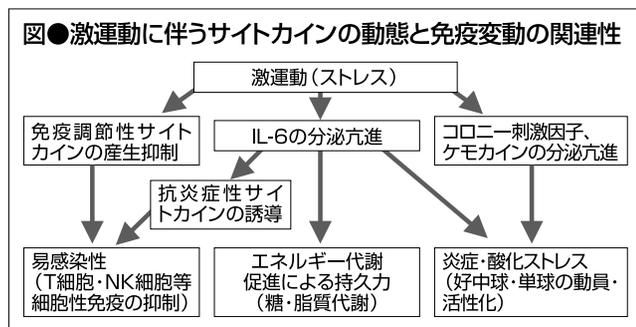
〈運動と免疫編Ⅳ (最終回)〉

運動による免疫変動のメカニズムと対応策

早稲田大学スポーツ科学学術院 准教授 鈴木克彦

運動とサイトカイン

免疫応答や炎症反応の調節物質であるサイトカインは、本来は末梢組織で機能しますが、感染症や外傷、循環不全などの極端なストレスが生体に加わると血中にも放出されます。サイトカインの血中濃度が上昇すると、その強力な活性が全身に波及しますが、激運動で生じる各種サイトカインの動態は免疫変動ともよく対応しています(図)。



細胞性免疫を活性化するインターフェロン(IFN)- γ やインターロイキン(IL)-2、IL-12は免疫調節性サイトカインとよばれ、激運動により血中濃度やリンパ球産生能は不変ないし低下するという報告が多くあります。さらにカテコールアミン、コルチゾール等の炎症性サイトカイン産生抑制物質、免疫調節性サイトカインの産生やその受容体を阻害するIL-1ra、IL-4、IL-10、IL-12p40などの抗炎症性サイトカインも激運動によって血中濃度が上昇するため、細胞性免疫が抑制されて易感染性になります。

IL-6は、炎症性サイトカインの産生抑制作用、抗炎症性サイトカインや急性期蛋白の誘導に加え、好中球の動員・活性化作用など機能が多彩であるため、多機能性サイトカインとよべます。IL-6はマラソンでは血中濃度が100倍も上昇しますが、運動中に収縮筋細胞においてグリコーゲンが枯渇すると血中に分泌され、糖・脂質のエネルギー代謝の促進に関与することが証明されています。

好中球・単球を産生・動員するコロニー刺激因子(G-CSF等)や、炎症局所に白血球を遊走させるケモカイン(IL-8等)は、特に1時間を越す持久性運動で血中濃度が上昇し、好中球の動員・活性化ともよく関連するため、炎症や酸化ストレスを助長すると考えられます。

オーバートレーニングと休養

激しいトレーニングに伴う全身倦怠感、抑鬱、疼痛、食欲不振、睡眠障害等の体調不良で競技力が低下する病態をオーバートレーニング症候群といいます。病因はまだ解明されていませんが、激しいトレーニングを行うと筋・関節等の組織損傷によりサイトカインが産生され、サイトカインには中枢神経系に作用し上記の全身症状を誘導する作用があるため、オーバートレーニングに関するサイトカイン仮説も提唱されています。この体調不良は、休養をとり早期回復を図るための生体の適応反応とも考えられています。

疲労時には休養が必要ですが、休養法に関する研究成果はまだ十分蓄積されていません。1日2回練習する場合を想定した休憩時間に関する検討では、6時間に比べ3時間と休養時間が短い場合、運動時のコルチゾールや抗炎症性サイトカインの応答や血中白血球の変動も大きく、易感染性や炎症が生じやすい状態となります。

一方、トレーニング期に着目した研究では、持久力の鍛錬期における最大運動負荷では好中球の活性酸素産生能が亢進しますが、休養期には亢進しにくくなり、被験者特性からも持久性トレーニングを重点的に行う選手で活性酸素産生能が亢進するため、逆に十分に休養をとれば激運動による炎症や酸化ストレスを予防できると考えられます。

栄養・水分補給とコンディショニング

激運動によるコルチゾールやIL-6、IL-10、IL-1raの分泌、血中リンパ球数とIFN- γ 産生リンパ球の減少、好中球・単球の動員や活性酸素産生亢進などは運動前に炭水化物を十分摂取すれば予防できると報告されています。一方、減量を要する競技では、食事・水分制限下でトレーニングを行い消耗が大きいため感染症も起こしやすく、T細胞機能や抗体・補体活性の低下も報告されています。特に暑熱環境下で激運動を行うとサイトカインの分泌が亢進するため、トレーニングは朝夕の涼しい時間帯に行うようにし、水分や栄養の補給を適宜行う必要があります。



運動指導者に役立つ「カだめし」問題

マラソンのような、激しい持久性運動の数時間後に上昇する免疫学的指標はナチュラルキラー(NK)細胞である。

○か×か答えは28頁