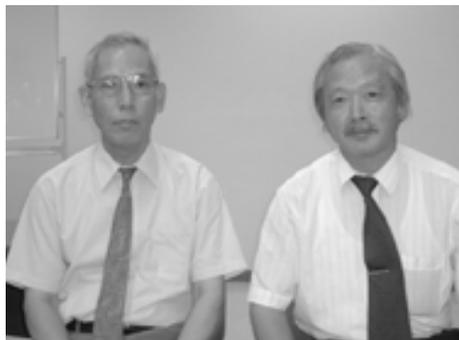


スポーツ医学分野における治癒促進への挑戦
—酸素を用いて—

コロンビア大学整形外科基礎研究室 石井 良昌

私が筑波大学体育科学系スポーツ医学研究室において宮永豊教授と高気圧酸素の研究を始めたのは1994年でした。当時は、筑波大学の他研究室にて低気圧酸素の研究が活発に行われており、特に持久選手に対する高地トレーニングの研究は世界的に注目されていました。ある日、偶然スコットランドで制作された高気圧酸素のタンクが筑波大学に紹介され、ケガの治癒に何らかの関係があるのではないかとということで整形外科医の宮永豊教授と私が携わることになりました。高気圧酸素といえば学生時代、主に救急医療やダイビングの減圧症に使われていることを習った記憶がある程度で、当初はこの機械をどのように研究に使ったらいいのかかわからず、まずはいろいろな資料を集めてみることにしました。参考文献や学会資料を集めてみると、日本の整形外科分野でもすでに研究が行われており、大分県の川島整形外科病院の川島真人先生が主に感染症に対して、琉球大学の井上治先生が骨折治癒促進や抗腫瘍効果に対して臨床応用も含め報告されていました。



右:ティッシュエンジニアリング研究センター長の立石 哲也教授
左:筑波大学スポーツ医学研究室 宮永 豊教授



川島整形外科病院を訪れ 高気圧酸素の知識を
教えて頂いた 右:高尾技師,左:筆者



ストックホルムにおける学会での野外パーティ(2000年UHSM)
左端:川島先生,中央(両端ともに6人目):井上先生



NEWS
LETTER

日本創傷治癒学会

2002.10
No.11

日本創傷治癒学会事務局

〒160-8582

東京都新宿区信濃町35

慶應義塾大学医学部外科学教室内

tel. 03-3353-1211

(内線62269)

fax.03-3353-2681

e-mail: info@jswh.com

URL: http://www.jswh.com

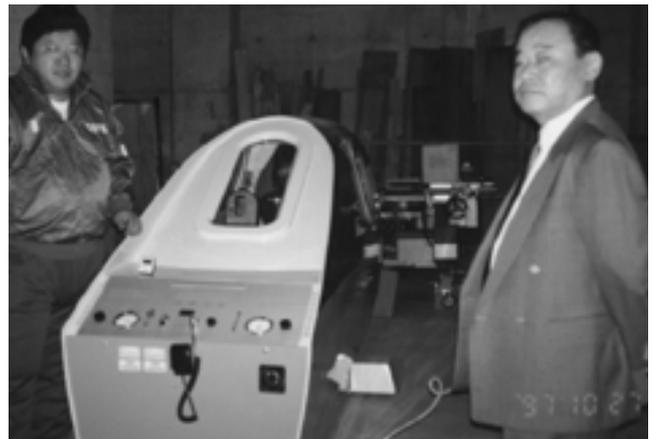
加志助教授(現在は東京大学)に指導を頂きながら靭帯損傷のモデルを作成し分子生物学的な側面から膝蓋靭帯部分断裂への高気圧酸素の治癒効果を観察しました。その結果、タイプIプロコラーゲン mRNA の合成が受傷後7-14日の高気圧酸素療法(2気圧1日1回)の群では正常の治癒過程に比べて約1.4から1.5倍を高める結果が得られました(Tissue Eng, 5, 279-286, 1999)。また、同じ実験モデルを使い設定条件を大気、1.5気圧30分、2気圧30分、2気圧60分の4つにて比較したところ、2週間後には大気中で治癒過程に比べ3群とも組織所見がコラーゲン組織で覆われており、その後さらに高気圧酸素療法を試みると3群間で2気圧60分、2気圧30分、1.5気圧30分の順に組織回復が早い傾向が認められました(J Orthop Res, 20, 70-73, 2002)。

また、基礎研究と並行して臨床的な研究を進めました。足関節捻挫や筋部分断裂などのスポーツ傷害を来した一般運動選手22名の治療として高気圧酸素療法を行いました。この結果、2-3日で自覚症状と他覚症状がともに顕著に軽快した症例は6例で、肉離れ受傷後顕著に疼痛や腫脹が軽快した症例や、受傷後数日経過した靭帯損傷の腫脹や浮腫の改善に著効した症例を認めました。さらに、1-2週にかけて改善した症例は11例、不変な症例は5例で、悪化した症例はありませんでした。臨床的な結果からは77%の症例で満足度があり、スポーツ傷害選手に対する有用性を確認しました。

1998年に開催された長野オリンピックでは、当時佐田建設スケート部の故佐藤博義監督と選手のトレーナーをされていた筑波大学白木仁助教授との協議の上、佐田建設の楠瀬志保選手に高気圧酸素を試みることにしました。実際は、その1年半以上前より十数回にわたる高気圧酸素を当選手に試みていたのですがその印象がよく、1997年12月のオリンピック代表選

考会時に長野へ持ち込むことが決定しました。(株)アムコ、長野県の一般の方のご協力により、民家の敷地の一部を借りて立派な仮小屋をたてることができました。楠瀬選手は無事に代表選考会を通過して、オリンピック期間中も高気圧酸素を当選手のみ行う予定でしたが、興味をもった選手が数名訪れ、最終的には代表選手7名が利用しました。設定条件は1回につき気圧を1.3ATA、暴露時間を30-40分(平均2.0回、最大6回)にて、オリンピック期間中のコンディショニング調整と試合後の筋肉疲労の回復を目的として使用しました。その結果、斜筋の軽度の筋肉の張りや疼痛を

長野オリンピックでの機材持ち込み風景
右: 1998年当時に(株)アムコで協力頂いた渡辺氏
左: 佐田建設スピードスケート部故佐藤監督



プレハブ小屋を仮建設して高気圧酸素部屋を完成

Centre d'Alt Rendiment Esporttiuの全景



リハビリ施設を併設



認めた選手では、高気圧酸素の使用後1-2日後に急速に軽快した症例や、試合前に原因不明の anterior knee painを認めた選手においても、高気圧酸素の使用後ほとんど疼痛のない状態で試合に臨むことが可能となりました。いずれの選手においても競技中での筋肉痛、運動障害や神経麻痺などを認めることなく高い競技能力を発揮できることができました。

最近では日本の国立スポーツ科学センターにも高気圧酸素が導入され、また今回のワールドカップサッカーにおいても各国の選手たちが使用した情報が報道されたことで、多くのスポーツ医科学関係者に興味をもってもらうきっかけになりました。2000年の日本で行われた国際学会にて私の研究に興味を持たれたスペインのある研究者と出会いました。その後、彼からバルセロナにあるスポーツセンター(Centre d'Alt Rendiment Esporttiu)のDirector of PhysiologyであるFrancek Drobic博士を紹介したいというメールを受け、2001年夏にパリで行われた学会の際にバルセロナにも立ち寄ることにしました。このスポーツセンターはバルセロナオリンピックの際にエリートスポーツ選手の医科学的なサポートをする目的で建設され、診療所(医師は常駐なし)、トレーニング施設、各スポーツ競技の体育館やグラウンド、宿泊所を完備しています。そこで私はス

ポーツ選手に対する高気圧酸素について短い講演を行いました。その施設には高気圧酸素のタンクはありませんでしたが、皆さんがこの療法に興味を持たれたようで活発な討論会となりました。

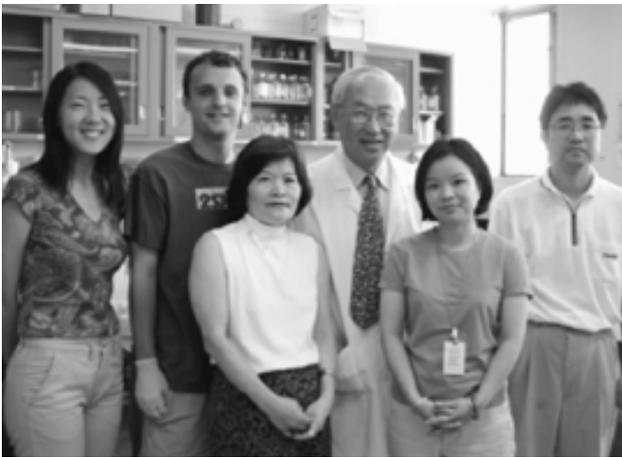
私自身、高気圧酸素のタンクのマクロの部分からWound Healingのミクロの研究の世界に入りましたが、最近ではWound Healingの細胞レベルのメカニズムに興味をもちはじめ、局所投与の治癒過程に対する効果をみています。ほんの少しの酸素供給でも損傷組織中の細胞1つ1つにとっては大きな刺激であるという印象をあらためて受けています。



スポーツ選手に対する高気圧酸素の応用についての講演

今年の4月より、ニューヨークにあるコロンビア大学に移りました。コロンビア大学は、ハーレムの近くにある医学部と、モーニングサイトにあるメインキャンパスとに分かれておりますが、私は医学部の整形外科基礎研究室Biology Groupに所属しています。この整形外科教室には臨床教授と基礎教授の2人の教授がいましたが、今年の7月より基礎教授のVan C Mow教授はメインキャンパスに所属を移して本格的にDepartment of Biomedical Engineeringを立ち上げられました。この新しいDepartmentは5,500m²の

敷地内に医学系と工学系の教官20名、スタッフ20名と学生約200名(大学院100名、学群100名)が在籍し、Tissue and Cell Engineering、Biomechanics、Biomedical Imagingの3つの分野から構成されています。そのすべてをChairmanであるVan C Mow教授が総括されています。私も新たな環境の中で研究を始めたばかりですが、近い将来には創傷治癒および再生医学の知識と手法はスポーツ選手のケガの治療方法としてさらに取り入れられるであろうと思っております。



コロンビア大学整形外科基礎研究室Biology Group
上段右より: 筆者、Mow教授
下段右: Assistant ProfessorのHui Chen先生

石井良昌(いしいよしまさ)先生の紹介

1962年6月6日生まれ。広島県出身。1989年広島大学医学部卒業。1989年広島大学医学部整形外科学教室に入局。1994年 - 1999年筑波大学大学院体育科学研究科博士課程にてスポーツ医学を学ぶ。2002年4月米国コロンビア大学医学部整形外科研究室所属。現在に至る。これまで、スポーツ損傷に対する高気圧酸素治療に精力的に取り組み、多くの業績を出され、現在では創傷治癒に対する酸素・高気圧酸素の効果について研究を展開している。

今年9月12 - 15日、米国オハイオ州コロンバス市で開催されるWound Healing: Oxygen and Emerging Therapeutics (www.oxygenwoundhealing.org) において軟部組織損傷修復に対する酸素の効果について講演される予定です。

日本医科大学第一外科
徳永 昭

過去の海外研究や文献を総合してみると、スポーツ選手に対して使用した場合、次のような効果が期待できることがわかってきました。

- 1) 軟部組織の腫脹を軽減させる。
- 2) 靭帯損傷や骨折の治療を促進させる。
- 3) 阻血に伴う疼痛を軽減させる。
- 4) 感染症に対する殺菌効果がある(酸素毒性による)
- 5) 筋肉や疲労を早期に回復させて、
コンディショニングを向上させる。

しかし、スポーツ分野の基礎研究は皆無といっているほど行われておらず、果たして本当に効果はあるのか、また実験を行うにあたりどこから着手すればよいのかわからないのが当時の状況でした。

そこで、まず初めに行ったのが身近にあった乳酸計測器を利用して運動後の血液中の乳酸値の変化をみる実験でした。これはすでに、Fischerらが連続して行われるテニスの試合の間に高気圧酸素を用い、出来るだけ多くの血中アンモニアを除去し、疲労を回復させて次の試合に備えるという症例を報告していました。彼らの報告によれば、この方法での高気圧酸素の設定条件は医療救急用の条件よりも低く、「気圧は1.5ATAを超える必要はなく、また酸素の暴露時間も30分以上必要ない」としていました。さらに、Haapaniemiらもラットの大腿部にターニケットを巻き付け下肢の疎血モデルを作成し、2.2気圧45分間の高気圧酸素の投与を行ったところ、4時間後には筋肉内のATPやphosphocreatineもコントロールに比べて有意に上昇し、乳酸は有意に減少したと報告していました。我々は6名の大学院生に対して最大運動後に高気圧酸素の吸入を行い、血中乳酸値の回復を経時的に測定しました。その結果、設定条件を大気、純酸素、1.3気圧、2気圧にて比較したところ、1.3気圧で行った場合には血中乳酸値の減少が高いという結果を得ました。しかし、すべての症例に対してこうした大きな変化が

つくばにある産業技術総合研究所。旧工業技術院(融合研)の建物



ティッシュエンジニアリング研究センター牛田グループ
前列(右3人目): 牛田先生

認められたわけではなく、ヒトを使った研究では実験方法や測定方法にも限界があるために、分子細胞レベルでその現象を正確に捉える必要があると感じました。

その後、1996年につくばの産業技術総合研究所(旧工業技術院融合研)を紹介して頂き、新たな方向から研究を行うことになりました。旧融合研は立石哲也教授(現在は東京大学、ティッシュエンジニアリング研究センター長)の下、BiologyやBiomechanicsの研究者、整形外科医師、企業の研究者の人たちが集まり、産官学のシステムを取り入れた当時としては画期的で柔軟な組織でした。(時を同じくしてTissue Engineeringが世界的に注目しはじめ、この旧融合研の組織はその後にティッシュエンジニアリング研究センターへと変遷されました。)この研究所にて、私は牛田多