

- the Japanese Circulation Society (2002.4.24-26)
7. Vagal activation nearly abolishes in ventricular action potential duration (APD in response to sudden sympathetic activation. Tatewaki T, Inagaki M, Sugimachi M, Kawada T, Aiba T, Sunagawa K. The 66th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2002.4.24-26)
 8. Vagal efferent stimulation markedly lessens acute mortality rate due to myocardial infarction in anesthetized rats. Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. The 66th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2002.4.24-26)
 9. Neuronal uptake blockade decelerates the heart rate response more than the arterial pressure to sympathetic activation. Kawada T, Miyamoto T, Uemura K, Yanagiya Y, Zheng C, Tatewaki T, Shishido T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K. The 66th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2002.4.24-26)
 10. Deviation of an operating point reduces baroreflex dynamic gain in both neural and peripheral arcs. Kawada T, Miyamoto T, Uemura K, Yanagiya Y, Zheng C, Tatewaki T, Shishido T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K. The 66th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2002.4.24-26)
 11. Handy and automated conductance catheter volumetry. Uemura K, Sugimachi M, Kawada T, Sunagawa K. Cardiovascular System Dynamics Society (2002.10.13-16)
 12. Venous return surface integratively characterizes preloading property of systemic and pulmonary circulation. Uemura K, Sugimachi M, Kawada T, Zheng C, Jin Y, Sunagawa K. Cardiovascular System Dynamics Society (2002.10.13-16)
 13. High plasma norepinephrine attenuates dynamic heart rate response to vagal stimulation. Kawada T, Miyamoto T, Uemura K, Inagaki M, Takaki H, Sugimachi M, Sunagawa K. Cardiovascular System Dynamics Society (2002.10.13-16)
 14. Chronic recording of autonomic nerve activity with a sieve electrode. Zheng C, Kawada T, Sato T, Sunagawa K, Tanabe S, Uemura T. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
 15. Reversible local blocking technique of the autonomic nerve in conscious rat. Zheng C, Li M, Kawada T, Sugimachi M, Sunagawa K. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
 16. Venous return surface enables us to predict accurately cardiac output at various hemodynamic conditions. Uemura K, Sugimachi M, Kawada T, Jin Y, Kashihara K, Sunagawa K. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
 17. Low-energy cardiac defibrillation based on the resonant drift of spiral

- waves feedback control of spiral waves in 2-dimensional computer model. Inagaki M, Sugimachi M, Nakazawa K, Hidaka I, Aiba T, Tatewaki T, Kawada T, Sunagawa K. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
18. Bionic baroreflex system with epidural spinal cord stimulation prevents orthostatic hypotension. Yanagiya Y, Sato T, Kawada T, Takaki H, Inagaki M, Tatewaki T, Zheng C, Sugimachi M, Sunagawa K. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
19. Post-exercise ST slope analysis accurately identifies false-positive ST responses even in subjects with resting ST depression. Asada K, Takaki H, Satomi K, Shimizu W, Suyama K, Kurita T, Kawada T, Sugimachi M, Sunagawa K. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
20. The Bezold-Jarisch (B-J reflex attenuates the dynamic gain of the baroreflex neural arc. Kashihara K, Kawada T, Zheng C, Yanagiya Y, Sugimachi M, Sunagawa K. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
21. Short-term vagal nerve stimulation markedly improves long-term survival of rats with chronic heart failure. Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
22. Novel therapeutic strategy against ventricular remodeling after myocardial infarction chronic vagal stimulation prevents ventricular remodeling. Li M, Zheng C, Kawada T, Jin Y, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
23. Marked anti-fibrillatory effects of vagal stimulation in conscious rats with acute myocardial infarction. Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. The 67th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (2003.3.28-30)
24. No laterality in static and dynamic baroreflex regulation of cardiac sympathetic nerve activities. Kawada T, Uemura K, Sunagawa K. Experimental Biology (2003.4.11-15)
25. Novel circulatory equilibrium theory. Uemura K, Kawada T, Sunagawa K. Experimental Biology (2003.4.11-15)

G-3.新聞報道

なし

H.知的所有権の取得状況

なし

ナノテクノロジーによる機能的・構造的生体代替デバイスの開発

I. バイオニックナノメディスンによる循環器調節機能デバイスの開発研究

バイオニック動脈圧反射装置の臨床開発に関する研究

分担研究者 佐藤 隆幸（高知医科大学循環制御学 教授）

研究要旨：

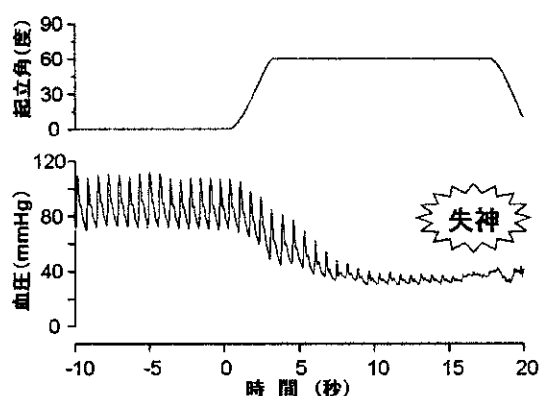
動脈圧反射の機能再建デバイスとして臨床応用可能なバイオニック装置を開発するために、ヒトの血管運動性交感神経を刺激する方法として、硬膜外カテーテル電極を用いた方法を開発した。圧反射失調の臨床的モデルとなる全身麻酔中の患者を対象に、硬膜外腔からの電気刺激に対する動脈圧応答を同定した。刺激から20秒以内に定常応答に達することが明らかとなった。また、模倣すべきヒトの正常な動脈圧反射のダイナミクスを同定するための手法として、自律神経節遮断薬とチルトベッドを用いた方法を開発した。

A.研究目的

A-1.背景

老年医学の進歩とともに、加齢にともなう動脈圧反射障害が起立性低血圧を引き起こし、多くの寝たきり老人の一義的な原因であることが報告されるようになってきた。また、中高年を好発年齢とする進行性の神経変性疾患、例えば、シャイ・ドレーガー症候群・多系統萎縮症、あるいは、外傷による高位脊髄損傷などでは、生命維持に極めて重要な血管運動中枢が侵されたり、交感神経遠心路障害により、圧反射機能が廃絶するため、重度の起立性低血圧や起立性失神をおこすようになる（図A-1）。そして最期には、寝たきり状態となり（全面介助率45%、厚生労働省の平成9年度療養生活実態調査による）、生活の質が著しく障害される。さ

らに、嚥下性肺炎や尿路感染症を繰り返し（入院率60%）、死にいたることが多い。残念なことに、現在のところ治療の手だては全くない。



図A-1.動脈圧反射失調による起立性低血圧

A-2.本研究課題を立案するに至った経緯

起立性低血圧に対する治療法としてこれまで薬物療法と心臓ペースメーカーによる頻拍ペーシングが試されてきたがいずれも無効であった。血管収縮剤やミネラルコルチコイドに

よる薬物療法の場合、仮に、起立時の低血圧を防止することに成功しても、臥位時の重症高血圧をまねき、脳出血を引き起こすことさえあった。また頻拍ペーシングは、動脈圧調節の前負荷（中心静脈圧）依存性を増強し、むしろ起立性低血圧を悪化させた。このようなことから、ヒトの体位変換時の血圧調節に絶対的に重要な圧反射機能を再建することこそが治療の唯一の方法であると認識されるようになった。

そこで、分担研究者らは、制御工学、システム工学の手法を動脈圧反射機能の同定、内部構造の推定に応用し、模倣すべき生体本来の圧反射機能を再建するバイオニック動脈圧反射装置の開発を手がけ、動物実験によりその有効性を実証してきた。そこで、本研究では、これまでの実績や開発した技術を基盤として、ヒトに応用可能なバイオニック動脈圧反射装置の開発を手がけた。

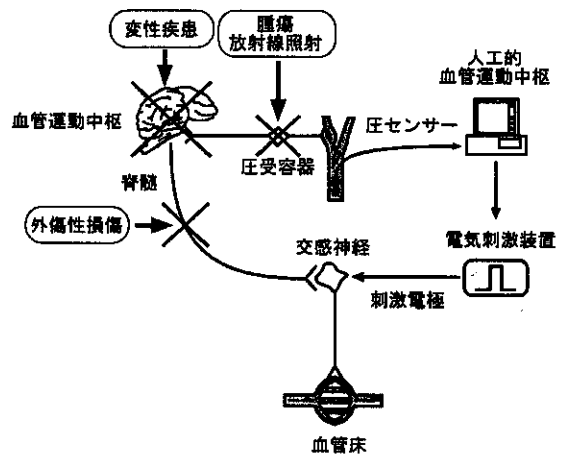
平成14年度は、バイオニック装置が模倣すべきヒトの正常な動脈圧反射の機能ダイナミクスを同定する方法と、ヒトの血管運動性交感神経を電気刺激する方法を開発した。

A-2.開発の原理

動脈圧反射は、さまざまな外乱による脳の灌流圧変化を抑制する機構としてはたらく極めて重要なフィードバック制御システムである。時々刻々と変化する動脈圧は、頸動脈洞や大動脈弓の圧受容器で検知され、圧受容器神経活動として血管運動中枢にフィードバックされる。血管運動中枢はこの圧受容器神経活動に応じて、交感神経活動を変化させる。その結果、血管の収縮・弛緩が生じ、外乱の影響が抑制されることになる。したがって、動脈圧反射は、

重力環境下での臥位から立位への体位変換時の血圧低下すなわち起立性低血圧を防止する血圧制御機構として必須である。動脈圧反射失調では、これら一連の反射性血圧調節が作動しないため、起立性低血圧が必発となる。したがって、このような患者を救うためには、機能廃絶した血管運動中枢の機能代行装置として人工的血管運動中枢を有した血圧制御装置が必要となる。

本研究で開発するバイオニック動脈圧反射装置の動作原理は、図A-2のように、「血圧を常時監視しながら、実時間演算で交感神経の電気刺激頻度を決定する」というものである。すなわち、本装置は、圧センサー→人工的血管運動中枢→電気刺激装置→交感神経→血管床からなるフィードバック血圧制御装置である。



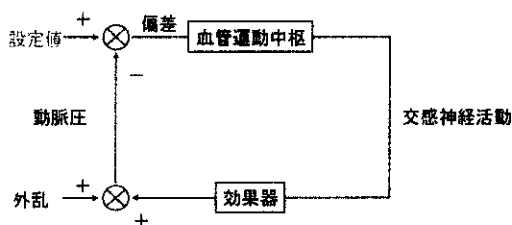
図A-2.バイオニック装置の概要

A-3.これまでの動物実験における実績

A-3-1.動脈圧反射における動作点決定機構の解明（ラット）

バイオニック圧反射装置で動脈圧を制御する場合に、制御の目標になる動脈圧を設定する必要がある。しかしながら、従来の圧反射の生理学には合理的に設定値および解析的に動作点を定める枠組みが無かった。そこで本研究代表者は圧受容器反射を介した交感神経による

動脈圧調節をシステム工学的に解析する枠組みを提案しその有用性を実験的に確認した。圧反射は受容器圧を神経活動に変換する動脈圧→交感神経関係からなるフィードバック制御部（血管運動中枢）と交感神経→動脈圧関係からなる制御対象部（効果器）に分けられる（図A-3）。



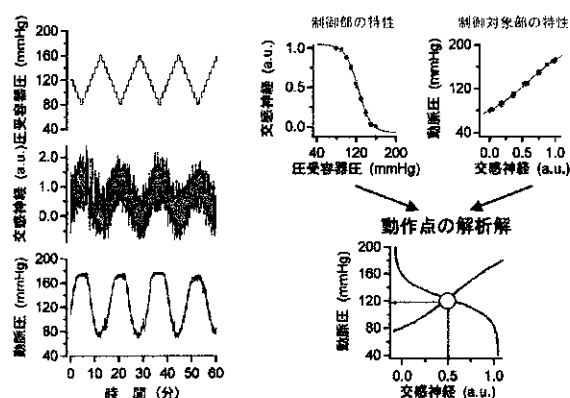
図A-3.動脈圧反射のブロック線図

原理的にはこの二つの特性曲線の平衡点が動作点、また、制御部の特性曲線において、交感神経活動がゼロとなる動脈圧が設定値になることが期待される。この枠組みの合理性を検証するために、ラットの頸動脈洞にサーボポンプで圧を加え頸動脈洞圧、交感神経活動、体循環動脈圧を測定した。頸動脈洞圧→交感神経活動関係および交感神経活動→動脈圧関係から求められた二つの特性曲線を一つの平衡線図として解析し、その平衡点から圧反射閉ループ状態での動作点を推定した（図A-4）。多数例による検討から、本法による動作点の推定値と実測値がよく一致することが証明された。これらの研究成果により、生理的な圧反射の特性からバイオニック圧反射装置の設定値を合理的に推定する枠組みが形成された。

A-3-2.動脈圧反射にみられる動特性の同定（ラット）

動脈圧反射が動的システムであることは、古くから認識はされていたが、そのダイナミクスの定量的な解析は殆どなされていなかった。

研究分担者らは、ラットの圧受容器領域にホワイトノイズ様の圧変化入力を加え、圧受容器圧から交感神経（制御部）、交感神経から体循環動脈圧（制御対象部）、圧受容器圧から体循環動脈圧（圧反射ループ）までの動特性を伝達関数で記述する方法を開発した。これにより、動脈圧反射の動特性を定量的に記述することに成功した（図A-4）。



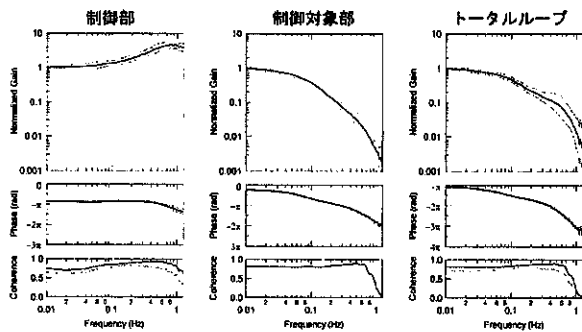
図A-4.動脈圧反射の平衡線図解析

その結果、圧反射の制御部には制御対象部の効果器での応答の遅れを至適に代償する加速機構が組み込まれていることが明らかになった。制御部のダイナミクスは血管運動中枢の圧情報の処理論理を反映していること、またその特徴が比較的単純であることから人工的に同様な性質をマイクロコンピュータで再現できることを確信するに至った。

A-3-3.動脈圧反射にみられる動特性の同定（ラット）

動脈圧反射が動的システムであることは、古くから認識はされていたが、そのダイナミクスの定量的な解析は殆どなされていなかった。本研究代表者は、ラットの圧受容器領域にホワイトノイズ様の圧変化入力を加え、圧受容器圧から交感神経（制御部）、交感神経から体循環動脈圧（制御対象部）、圧受容器圧から体循環

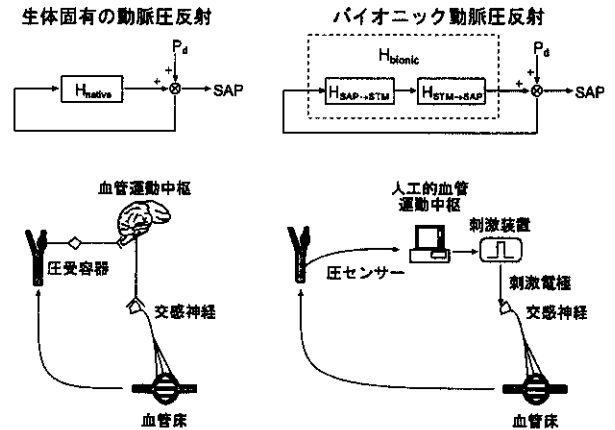
動脈圧（圧反射ループ）までの動特性を伝達関数で記述する方法を開発した。これにより、動脈圧反射の動特性を定量的に記述することに成功した（図A-5）。その結果、圧反射の制御部には制御対象部の効果器での応答の遅れを至適に代償する加速機構が組み込まれていることが明らかになった。制御部のダイナミクスは血管運動中枢の圧情報の処理論理を反映していること、またその特徴が比較的単純であることから人工的に同様な性質をマイクロコンピュータで再現できることを確信するに至った。



図A-5.動脈圧反射のダイナミクス

A-3-4. バイオニック動脈圧反射装置の開発戦略の確立と動物実験による検証（ラット）

バイオニック動脈圧反射装置の臨床応用にあたっては、(1)本装置のソフトウェアともいうべき動作原理の開発、および、(2)本装置のハードウェア（圧センサー、電気刺激装置、交感神経刺激電極）の開発が必要になる（図A-6）。そこで、まず、動作原理推定の枠組みを動物（ラット）実験により開発し、その妥当性を圧反射失調モデルを用いて検証した。



図A-6.生体固有の動脈圧反射とバイオニック動脈圧反射（Pd,外乱）

① native な圧反射の開ループ伝達関数(H_{native})の推定

native な動脈圧反射の開ループ伝達関数を求めるため、動脈圧反射を開ループにし、動脈圧受容器に任意の圧刺激が行えるよう、ラット頸動脈洞を体循環から isolation した。また体循環動脈圧測定用の圧センサーを大動脈弓に留置した。頸動脈洞は圧制御のためのサーボポンプシステムに接続した。サーボポンプシステムにホワイトノイズ様のコマンドを入力し、頸動脈洞圧を入力、体循環動脈圧を出力とした伝達関数を求めた。

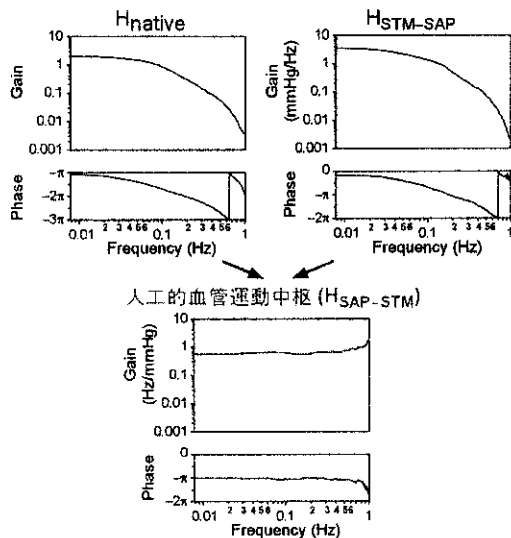
② 交感神経の電気刺激頻度変化から動脈圧変化までの開ループ伝達関数($H_{\text{STM-SAP}}$)の推定

動脈圧反射における血管床として腹部血管床がもっとも重要であることから、バイオニック圧反射装置の血管運動神経として胸髄下部を選び、これが刺激されるよう硬膜外カテーテル電極を埋込み、コンピュータ制御の電気刺激装置とつないだ。ホワイトノイズ様の刺激頻度変化にもとづいた電気刺激を与え、電気刺激を入力、動脈圧を出力とした伝達関数を求めた。

③ 人工的血管運動中枢の開ループ伝達関数($H_{\text{SAP-STM}}$)の決定およびバイオニック動脈圧反

射装置への移植

native な動脈圧反射の開ループ伝達関数 (H_{native}) と交感神経の電気刺激頻度変化から動脈圧変化までの開ループ伝達関数 ($H_{\text{STM-SAP}}$) の比, $H_{\text{native}}/H_{\text{STM-SAP}}$ から人工的血管運動中枢の開ループ伝達関数 ($H_{\text{SAP-STM}}$) を決定し、その逆フーリエ変換によりインパルス応答関数を求めた。このインパルス応答関数を用いて、動脈圧変化に対して血圧を安定化させるための交感神経の刺激頻度を実時間で計算するプログラム (人工的血管運動中枢, 図A-7) を開発した。

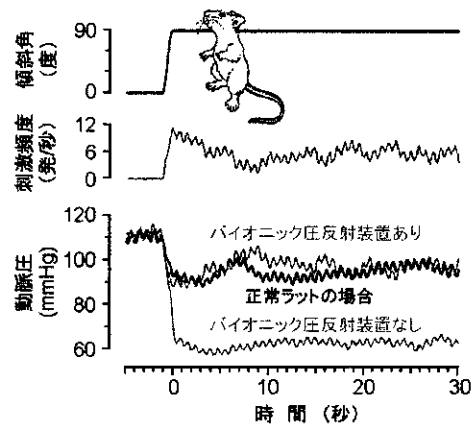


図A-7.人工的血管運動中枢の動作原理を示す伝達関数

④シャイ・ドレーガー症候群モデル動物を用いたバイオニック圧反射装置の有効性の評価

動脈圧をアナログ・デジタル変換器を介して人工的血管運動中枢に入力し、バイオニック動脈圧反射装置を閉ループ実時間動作の状態にした。シャイ・ドレーガー症候群様の動脈圧反射失調を呈するラットでは、head-up tilt により、数秒以内に動脈圧が 60mmHg まで低下したが、本装置を埋め込んだラットでは、

head-up tilt による動脈圧低下を検知した人工的血管運動中枢から、自動的に電気刺激の頻度が増加し、動脈圧の低下が防止された。さらに、その機能的ダイナミクスは、生体固有の動脈圧反射と酷似していた (図A-8)。以上の結果から、研究分担者らが提案している開発戦略は妥当であると結論づけられた (Circulation 106: 730, 2002, Circulation 100: 299, 1999)。



図A-8.動脈圧反射失調ラットを用いた有効性の検証

B.研究方法

B-1.ヒト動脈圧反射の機能ダイナミクスを同定する方法の開発

機能再建にあたっては、まず、正常機能を定量し、ついで、それを手本として機能を模倣する装置を開発しなければならない。研究対象となる動脈圧反射の機能は、起立などの外乱による動脈圧変動を速やかに抑制し、安定化させることである。それゆえ、圧反射の機能評価には動特性すなわちダイナミクスの定量的評価がきわめて重要である。

B-1-1.対象

動脈圧反射機能が廃絶した患者と健常成人を対象とした。

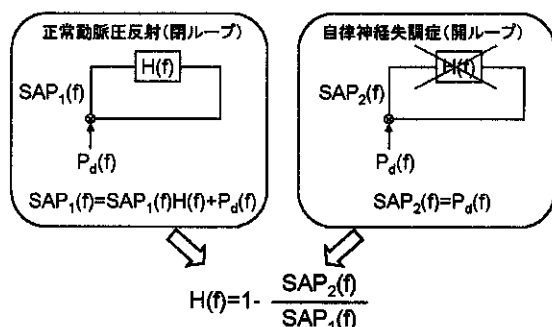
B-1-2.理論的背景

健常者の圧反射系が正常に機能している場合は、圧反射が閉ループであるため、動脈圧変動 $SAP_1(f)$ は、外乱を $P_d(f)$ とすると (図B-1),

$$SAP_1(f) = SAP_1(f) \cdot H_{\text{native}}(f) + P_d(f)$$

$$SAP_1(f) = P_d(f) / \{1 - H_{\text{native}}(f)\}$$

となる。



図B-1.ヒト動脈圧反射の機能ダイナミクスの同定法

ここで、 $H_{\text{native}}(f)$ は圧反射の開ループ伝達関数である。 $P_d(f)$ は直接的には観測不能であるが、自律神経失調症の場合、圧反射が実質的には開ループ状態であると考えられるので、動脈圧変動 $SAP_2(f)$ を観察すれば、外乱 $P_d(f)$ が推定可能である。

したがって、

$$H_{\text{native}}(f) = 1 - SAP_2(f) / SAP_1(f)$$

となる。

B-1-3.プロトコール

起立角度が任意に制御できる電動傾斜ベッドに対象者を臥位で固定した。ついで、非観血的に動脈圧を測定するために、トノメータセンサーを経皮的に橈骨動脈に装着し、固定した。鎖骨レベルを動脈圧測定の基準点にした。

最大傾斜角を 30 度として、15 分間の白色雑音様の不規則な傾斜角変動負荷を加えながら、傾斜角と動脈圧をコンピュータに保存した。

傾斜角変動の最短間隔は 8 秒に設定した。

B-1-4.解析方法

高速フーリエ変換法を用いて、角度から動脈圧変動への伝達関数を患者および健常群で算出した。ついで、両群の平均的な伝達関数を用いて動脈圧反射の開ループ伝達関数 $H_{\text{native}}(f)$ を推定した。 $H_{\text{native}}(f)$ は、動脈圧反射の機能ダイナミクスを定量的に示すものである。

B-2.ヒトの交感神経刺激法の開発

バイオニック装置を臨床応用して、動脈圧反射機能を再建するためには、交感神経の刺激方法を開発しなければならない。

これまでの動物実験から、胸腰髄レベルに留置した硬膜外カテーテル電極により、腹部血管床を支配する大内臓神経の刺激が効率よく動脈圧を制御できることが判明している。これらの知見を参考に、ヒト交感神経刺激法を開発した。

B-2-1.研究体制

ヒトを対象にして、硬膜外カテーテル電極を用いた交感神経刺激法を開発するために、硬膜外カテーテル電極による脊髄刺激を日常診療で行っている高知医科大学附属病院との協力体制を構築した (図B-2)。

高知医科大学附属病院では、変形性頸椎症・頸椎椎間板ヘルニア・後縦靭帯骨化症などの手術時に術中脊髄機能モニタリングとして、脊髄誘発電位記録を行っている。同病院では、年間 50 例以上の症例があり、これまでに 700

例以上の検査実績があるが、検査中に脊髄傷害などの重篤な合併症を引き起こしたことはなく、臨床経験はきわめて豊富である。

これらの症例を対象に、脊髄機能モニタリング時の脊髄電気刺激に対する動脈圧の応答を記録した。



図B-2.研究体制

研究協力者

高知医科大学附属病院	助教授	谷 俊一
同	助手	山崎文靖
同	助手	牛田享宏
同	助手	横山武志
高知医科大学循環制御学	助教授	柿沼由彦
同	助手	安藤元紀
同	助手	齊田光彦

B-2-2.倫理面への配慮

本研究で用いられるすべての薬物および対象となる健常ボランティアや患者に適用されるすべての医療機器はすでに薬事法上承認さ

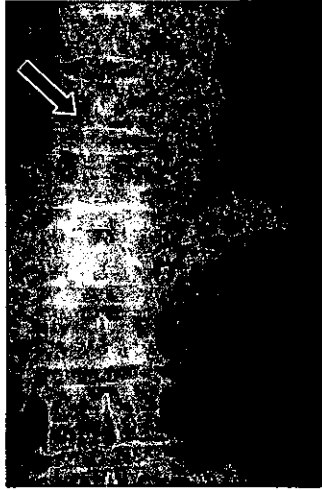
れているものであり、通常の診療行為以上の危険性はない。また、バイオニック動脈圧反射装置の臨床開発に関する臨床研究の実施計画は、平成14年10月23日に高知医科大学倫理委員会に承認されている（添付資料1：倫理審査申請書、審査結果通知書、高知新聞の報道記事を参照）。

B-2-3.対象

高知医科大学倫理委員会に承認された手続きにしたがって、インフォームドコンセントが得られた術中脊髄誘発電位検査を行う患者を対象とした。

B-2-4.プロトコール

吸入ガス（セボフルレン）による全身麻酔の導入後、経皮的に硬膜外カテーテル電極（ユニークメディカル製、医療用具承認番号04B0127）を挿入し、カテーテル電極のリード線を誘発電位検査装置（日本光電製、医療用具承認番号20900BZZ00595000）に接続した。カテーテル電極部を確認するために、1 Hzの微弱な電気刺激を行い、傍脊柱筋の局所的な収縮部位を観察しながらカテーテル先端を頭側にすすめ、第9ないし第12胸椎レベルに電極を留置した。電極位置をエックス線検査により確認した後にカテーテルを固定した（図B-3）。



図B-3.カテーテル先端部位を示すX線写真

ついで、誘発電位検査装置からの刺激パルスのパラメータをパルス幅 0.1 ミリ秒、刺激頻度 20Hz に設定した。刺激強度は、この刺激パルスにより平均動脈圧が 20mmHg 上昇する電流値に調整した。誘発電位検査装置からの刺激パルスが外部トリガー入力で駆動されるように設定した。また、観血的に動脈圧を記録するために、橈骨動脈にテフロン留置針を挿入し固定した。

コンピュータから誘発電位検査装置に、白色雑音様の不規則なトリガー信号を入力しながら、動脈圧の変動を 15 分間記録した。刺激パルスの頻度は、0 か 20Hz かのいずれかになるように 8 秒間隔毎に不規則に切り替えた。

C. 研究結果

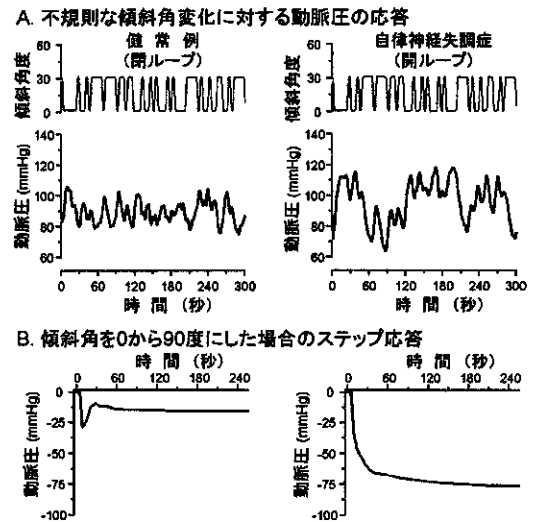
C-1. ヒト動脈圧反射の機能ダイナミクスを同定する方法の開発

図C-1-Aに示されているように、健常成人では、動脈圧の変動は小さく、一方、自律神経失調症患者では大きかった。

また、自律神経失調症患者におけるステッ

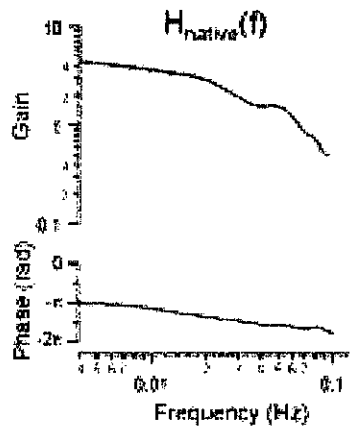
プ応答から、起立という外乱が、動脈圧をいかに速く、どれだけ大きく低下させるのかが明らかとなった(図C-1-B右)。すなわち、動脈圧反射機能が廃絶した場合、起立により、30秒以内に動脈圧が70mmHgも低下することになる。

一方、健常者のステップ応答から、この外乱がいかに速やかに効果的に抑制されるのかを定量的に表している(図C-1-B左)。すなわち、動脈圧低下の最大値は、約30mmHgで、その後速やかに動脈圧は回復し、定常状態での動脈圧の低下は約20mmHgに抑制されている。



図C-1.不規則な傾斜角変動負荷試験

健常者7名と動脈圧反射失調患者5名(シャイ・ドレーガー症候群3名、純粹型自律神経失調症2名)から得られた動脈圧変動のデータから、図B-1の枠組みにしたがって、ヒト動脈圧反射の開ループ伝達関数 $H_{\text{native}}(f)$ が図C-2のごとく推定された。

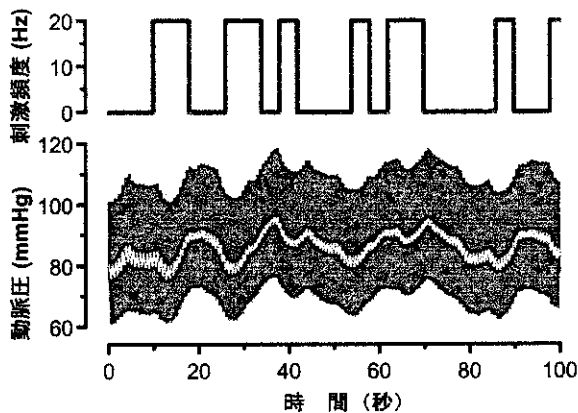


図C-2.ヒト動脈圧反射の開ループ伝達関数

開ループ伝達関数の定常ゲインは約 4 であった。入力周波数の増大とともにゲインが減少し、位相が徐々に遅れることが判明した。遮断周波数は 0.02Hz 付近であった。

C-2.ヒトの交感神経刺激法の開発

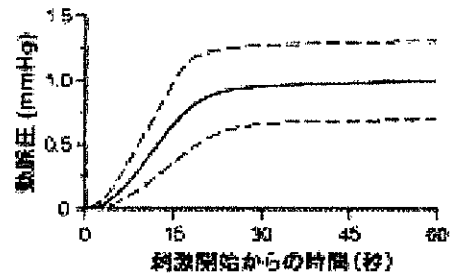
下部胸髄の不規則刺激に対する動脈圧応答の記録を 20 例の患者から得ることができた。図C-3 に示すように、刺激に反応して、動脈圧は上昇した。



図C-3.脊髄交感神経の不規則な刺激に対する動脈圧応答

上記のようなデータから刺激頻度を入力、動脈圧を出力とした伝達関数を求め、逆フーリエ変換し、ステップ応答を推定すると、図C

-4 のような結果が得られた。すなわち、動脈圧は電気刺激に対してきわめて迅速に応答し、刺激開始から 20 秒でほぼ定常応答に達した。また一秒間に 1 回の刺激頻度、すなわち 1 Hz の刺激に対して、動脈圧が 1 mmHg 上昇することがあきらかとなった。



図C-4.脊髄交感神経刺激に対する動脈圧のステップ応答

D.考察

D-1.ヒト動脈圧反射の機能ダイナミクスを同定する方法の開発

動脈圧反射のような生体内のフィードバックシステムの機能ダイナミクスを同定する方法として、開ループ解析法が有用である。研究分担者らは、この手法を用いて、ラットの動脈圧反射の機能ダイナミクスを報告してきたが、フィードバックループを開くために、圧受容器領域を体循環から分離独立させるための外科的処置が必要であった。当然のことながら、この手法をヒトに適用することはできない。

そこで、ヒトに適用可能な方法として、図B-1 に示すような手法を提案し、今回の研究でその手法の妥当性を評価した。図C-2 に示されたヒト開ループ伝達関数は、図A-5 右に示されたラットのものとは定性的には類似していたが、ラットに比べ、ヒトでは、まず定常ゲインが高く、遮断周波数が低かった。定常ゲイ

ンの違いは、おそらく、起立にともなう動脈圧低下、すなわち外乱の影響がヒトではより大きくなるため、その影響を抑制するために発達した機能であろう。

動脈圧反射機能を再建するためのバイオニック装置を開発するためには、まず、正常な機能ダイナミクスを定量的に同定しなければならない。今回の研究により、ヒト動脈圧反射の機能を記述する伝達関数が世界で初めて同定され、バイオニック装置の臨床開発の第一歩につながる事が期待される。

D-2. ヒトの交感神経刺激法の開発

ヒト交感神経の刺激、たとえば、寒冷昇圧試験により動脈圧が上昇することは知られていることである。しかし、動脈圧のコントロールを目的として交感神経を刺激する場合には、交感神経刺激に対する動脈圧の反応にみられる過渡応答がわかっていなければならない。また、図A-7に示された戦略にそって、今後ヒトの血管運動中枢のロジックを同定し、バイオニック装置にその動作原理を移植するためにも不可欠なデータである。

また、交感神経刺激により、十分な昇圧効果を得られることも重要である。今回の研究では、下部胸髄について検討したが、その理由は、動物実験データから、大内臓神経の支配領域を刺激することがもっとも大きな昇圧効果を生むことが期待されたからであるが、今後、刺激部位と昇圧効果についてより詳細な検討を行い、より迅速で効果的な刺激部位の同定を行う予定である。

E. 結論

①ヒトの動脈圧反射の機能ダイナミクスを開ループ伝達関数として表現することに成功した。これにより、バイオニック動脈圧反射が再建すべき機能を定量的に把握することができた。

②ヒトの交感神経の電気刺激法として硬膜外カテーテル電極を用いた手法が有用であることが判明した。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

G-1. 論文

1. Sato T, Kawada T, Sugimachi M, Sunagawa K. Dynamics of sympathetic baroreflex control of arterial pressure in rats. *Am J Physiol* 2003, in press.
2. 山崎文靖, 佐藤隆幸, 奥宮清人, 土居義典. 起立性低血圧の病態生理を識る. *Heart View* 6: 1152-1158, 2002.
3. Sato T, Kawada T, Sugimachi M, Sunagawa K. Bionic technology revitalizes native baroreflex function in rats with baroreflex failure. *Circulation* 106: 730-734, 2002.
4. Uemura K, Sugimachi M, Shishido T, Kawada T, Inagaki M, Zheng C, Sato T, Sunagawa K. Convenient automated conductance volumetric system. *Jpn J Physiol* 52: 497-503, 2002.
5. Ando M, Takeuchi S, Kakigi A, Raicu V, Sato T. Acute ischemia causes 'dark cell' change of strial marginal cell in gerbil cochlea. *Cell Tissue Res* 309: 229-235, 2002.

6. Kakigi A, Takeuchi S, Ando M, Higashiyama K, Azuma H, Sato T, Takeda T. Reduction in the endocochlear potential caused by Cs⁺ in the perilymph can be explained by the five-compartment model of the stria vascularis. *Hear Res* 166: 54-61, 2002.

G-2.学会発表

1. Yanagiya Y, Sato T, Kawada T, Takaki H, Inagaki M, Tatewaki T, Can Zheng, Sugimachi M, Sunagawa K. Bionic baroreflex system with epidural spinal cord stimulation prevents orthostatic hypotension. *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 101, 2003.
2. Yamasaki F, Sato K, Ando M, Doi Y, Sugiura T, Sato T. Integrative and open-loop approach for estimation of human baroreflex dynamics. *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 339, 2003.
3. Yamasaki F, Sato K, Ando M, Doi Y, Sugiura T, Sato T. Analytic and integrative framework for human sympathetic baroreflex control: Equilibrium diagram of arterial pressure (AP) and plasma norepinephrine level (PNE). *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 380, 2003.
4. Sato K, Yamasaki F, Furuno T, Hamada T, Sato T, Sugiura T, Doi Y. Power-law slope in heart rate (HR) fluctuation as a predictor of cardiovascular events in chronic atrial fibrillation (AF). *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 384, 2003.
5. Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. Short-term vagal nerve stimulation markedly improves long-term survival of rats with chronic heart failure. *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 436, 2003.
6. Li M, Zheng C, Kawada T, Jin Y, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. Novel therapeutic strategy against ventricular remodeling after myocardial infarction: Chronic vagal stimulation prevents ventricular remodeling. *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 510, 2003.
7. Yamasaki F, Sato K, Ando M, Sato T. New potential interface for revitalization of baroreflex function: Epidural catheter approach in humans. *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 546, 2003.
8. Ando M, Yamasaki F, Sato T. Dynamic modulation of cardiac booster effect: Transfer function analysis from central venous pressure (CVP) to systemic arterial pressure (SAP). *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 546, 2003.
9. Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. Marked anti-fibrillatory effects of vagal stimulation in conscious rats with acute myocardial infarction. *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 550, 2003.
10. Yamasaki F, Sato K, Ando M, Doi Y, Sugiura T, Sato T. Estimation of human baroreflex dynamics comparing between normal and baroreflex failure. *Jpn Circ J* 67(Suppl I): 573, 2003.
11. 佐藤隆幸, 安藤元紀. ヒト動脈圧反射の平衡線図解析法: 圧反射失調症例における臥位高血圧をともなう起立性低血圧のシス

- テム生理学的理解. 第 80 回日本生理学会大会, 日本生理学会大会予稿集 142, 2003.
12. 安藤元紀, 山崎文靖, 湯藤 潤, 佐藤隆幸. マウス・ラットの動脈圧受容器反射の動特性の推定. 第 80 回日本生理学会大会, 日本生理学会大会予稿集 214, 2003.
 13. 張 冬梅, 安藤元紀, 山崎文靖, 佐藤隆幸. 開ループ条件下でのラット体温の動脈圧反射性調節. 第 80 回日本生理学会大会, 日本生理学会大会予稿集 215, 2003.
 14. 柳谷雄介, 佐藤隆幸, 川田 徹, 杉町 勝, 砂川賢二. 脊髄電気刺激によるバイオニック圧反射システム. 第 80 回日本生理学会大会, 日本生理学会大会予稿集 215, 2003.
 15. Sato T. Bionic manipulation of autonomic nervous system markedly improves long-term prognosis of chronic heart failure. Impact of Bionic Approach in Managing Cardiac Diseases (AHA Satellite Symposium), 2002 (Chicago, USA).
 16. Sato T., Ando M, Yamasaki F. New potential interface of bionic system for revitalization of baroreflex function: Epidural catheter approach in humans. 75th Scientific Sessions, American Heart Association, Circulation 106 (Suppl): II-110, 2002 (Chicago, USA).
 17. 安藤元紀, 湯藤 潤, 佐藤隆幸. マウス動脈圧受容器反射の動特性の推定. 第 54 回日本生理学会中国四国地方会予稿集 27, 2002.
 18. Yamasaki F, Sugiura T, Sato K, Doi Y, Inagaki M, Sunagawa K, Sato T. Quick and effective stabilization of arterial pressure against orthostatic stress: Different roles of vagal and sympathetic systems in dynamic baroreflex. Jpn Circ J 66 (Suppl I): 204, 2002.
 19. Yamasaki F, Sugiura T, Sato K, Doi Y, Inagaki M, Sunagawa K, Sato T. Human baroreflex dynamics: White-noise system identification during random head-up tilting (HUT). Jpn Circ J 66(Suppl I): 204, 2002.
 20. Uemura K, Sugimachi M, Kawada T, Zheng C, Li M, Miyamoto T, Sunagawa K, Sato T. Conductance volumetry without ex-vivo calibrations for blood conductivity and parallel conductance in small experimental animals. Jpn Circ J 66(Suppl I): 190, 2002.
 21. Li M, Zheng C, Kawada T, Inagaki M, Sugimachi M, Sunagawa K, Sato T. Vagal efferent stimulation markedly lessens acute mortality rate due to myocardial infarction in anesthetized rats. Jpn Circ J 66(Suppl I): 746, 2002.
- G-3.新聞報道
1. 高知新聞掲載「手術中血圧を自動管理」平成 14 年 9 月 28 日朝刊記事
- H.知的所有権の取得状況
1. 発明品:「硬膜外麻酔用カテーテルおよび該硬膜外麻酔用カテーテルを用いる電気刺激装置」
発明者: 佐藤隆幸, 山崎文靖, 牛田享宏, 横山武志

権利者：佐藤隆幸，株式会社ユニークメ
ディカル

出願日：平成 14 年 6 月 13 日

出願番号：特願 2002-172695 号

※受付番号
平成 年 月 日

倫 理 審 査 申 請 書

高知医科大学倫理委員会委員長 殿

所 属 整形外科学教室
申 請 者 官 職 文部科学教官 助教授
氏 名 谷 俊 一

所属長の氏名 山本博司

1. 審査対象 実施計画 研究成果の公表

2. 課 題 名 脊髄硬膜外電気刺激法を用いた周術期自動血圧制御システムの開発

3. 研究代表者 所 属 整形外科学教室 官 職 助教授 氏 名 谷 俊一

4. 研究分担者 所 属 第二生理学教室 検査部 麻酔科学教室 整形外科教室 官職(身分) 教授 助手 助手 助手 氏 名 佐藤 陸幸 山崎 文雄 横山 武志 牛田 享宏

5. 研究又は医療行為の目的及び概要

術中及び周術期の血圧管理を正確に行うことは手術の安全な施行に必要不可欠である。我々はこれまでに脊髄モニタリング時に硬膜外腔を電気刺激すると血圧が上昇することに着目し、その詳細の分析に努めてきた。同時に我々は動物実験においてコンピュータ制御による血圧コントロールシステムを開発し発表してきた。以上を踏まえて今回は術中に血圧の変動が予測できる症例を対象にコンピュータ制御下に硬膜外腔を電気刺激することで血圧の安全な自動管理システムの開発を行いたい。

6. 研究又は医療行為の対象及び実施場所

本研究は心不全などの重篤な循環器合併症がみられない整形外科手術患者のうちわれわれの研究プロトコルに同意した者を対象として、心臓機能のモニターが可能な手術室もしくは集中治療室内で行う。

7. 研究又は医療行為における医学倫理的配慮について

(1) 研究又は医療行為の対象とする個人の権利擁護

研究治療対象となった患者に対しては予め安全性とプロトコルについて十分な理解と承諾を得たものうえで実施する。意思疎通のできないあるいは承諾の得られなかったものに対しては実施しない。

(2) 研究又は医療行為の対象とする者に理解を求め、同意を得る方法

口頭及び書面でもって患者に理解が得られるように充分説明を行う。同意書は別紙に示す。

(3) 研究又は医療行為によって生じる個人への不利益及び危険性並びに医学上の貢献の予測

本研究で用いる手法は現在広く行われている硬膜外持続麻酔法や脊髄機能モニタリングの装置と技術を応用するものであることから、今回のプロトコルで定める期間内においては従来から指摘されている危険性の他に新たな問題発生の可能性は極めて少ないと考えている。これまでの基礎実験と脊髄モニタリング時に記録したデータから我々は硬膜外脊髄刺激電極により術中に何らかの原因で発生した低血圧を20秒程度で補正することが可能になると考えており、このことは現在の昇圧剤投与による血圧補正が最低でも分単位を要することを考えると周術期のリスクを格段に減少できるのではないかと考えている。

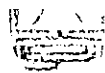
(4) 研究又は医療行為によって生じる社会への影響

従来までの昇圧剤による血圧管理は、不整脈の誘発を生じる危険性があった、また輸液による血圧管理は容量負荷による肺水腫や心不全を引き起こす可能性があった。本法が開発された場合には、これらの副作用のない画期的な術中血圧管理が可能となる。

(5) その他

本研究用いる硬膜外カテーテル電極はユニークメディカル(株)と我々が共同で開発したものでその特性として、1)電極刺入時に刺入部の電気抵抗を測る事が可能でありより確実に硬膜外腔に安全に刺入することを可能としている、2)術中、術後の疼痛コントロールを一本の電極で可能にするために先端部から麻酔剤の投与を可能にしている。この電極を用いることで我々のシステムによって患者が受ける恩恵がより多くなるようにしたい。

- 注意事項 1. 審査対象は、いずれか一方にレ印を付してください。
2. 審査対象となる実施計画書又は公表原稿のコピーを添付してください。
3. ※印は、記入しないこと。



別紙様式第2

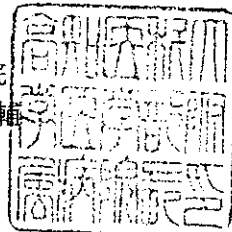
審 査 結 果 通 知 書

平成14年10月23日

整形外科教室

助教授 谷 俊一 殿

高知医科大学倫理委員会
委員長 高知医科大学附属病院
病院長 相良 祐輔



受付番号 14-15

課題名 「脊髄硬膜外電気刺激法を用いた周術期自動血圧制御システムの開発」

研究代表者名 助教授 谷 俊一

さきに申請のありました上記課題に係る実施計画を、平成14年9月27日及び10月23日(持ち回り)の委員会で審査し、下記のとおり判定しましたので通知します。

判 定	<input type="checkbox"/> 非該当 <input checked="" type="checkbox"/> 承認 <input type="checkbox"/> 条件付承認 <input type="checkbox"/> 変更の勧告 <input type="checkbox"/> 不承認
理 由 又 は 勧 告 の 内 容	<p>本申請課題については、平成14年9月27日開催の本委員会審議において、患者さんへの説明文書の修正を求められ、再度、修正分について持ち回りで審議を行った結果、承認を得られたものである。</p> <p>本申請課題の実施に当たっては、患者に対し詳細な説明を行うこと。また、患者からの同意を得るに当たっては、同意するか否かの意思決定を行うための十分な時間的余裕を与えるなどの丁寧な対応を行うこと。</p>



発行所 高知新聞社
高知市本町3丁目2-15
088-822-2111 780-8572
© 高知新聞社 2002

新物 **ミウク鯨**
入荷しました。
総額一人前 四、〇〇〇円
(税込)

土佐理
873-4351

きよしの紙面

ダイエーからカブレラ54号
チエチエン戦闘90人死亡
燃料電池バス公道試走へ
経産省が保安院長ら処分
教員試験開示で県敗訴へ

27 25 6 4 10

読者テレホン088・825・4040
受付付10-17時 日曜、祝日は休みです
高知新聞ホームページ
http://www.kochinews.co.jp/

手術中血圧を自動管理

安全性の高さに期待
四宮謙一・東京医科歯科大学大学院脊椎
脊髄神経外科学教授の話 非常に自新し
い手法だ。少なくとも国内での臨床応用
例はないだろう。薬の副作用の恐れがな
く、物理的に血圧を管理することができ
る点で安全性の高さが期待される。

肢疾患の患者。重篤な循
環器合併症がみられる患
者には適用できない。
倫理委員長の相良祐輔
・同大付属病院院長は「手
術中だけでなく、術後の
血圧管理にも応用できる
可能性があり大いに期待
している」とコメント。
谷助教授は「手術中の
血圧低下はこれまで、薬
剤によるコントロールに
頼っていたが、より速や
かに対応できる方法を確
立することができれば、
患者だけでなく、医師に
とってもメリットが大き
い」と話している。

電気刺激で急低下補正

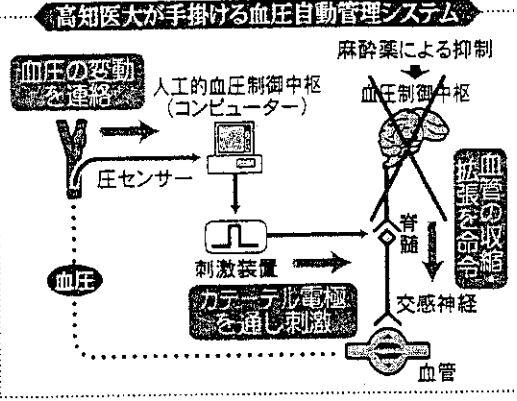
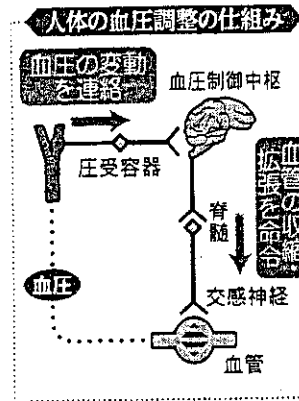
高知医大の谷俊一整形外科助教
授や佐藤隆幸第二生理学教授ら血
圧制御グループが、手術中の急激
な血圧低下に対して、コンピュー
ターが制御する脊髄(せきずい)
への電気刺激で血圧を適正に補正
する自動管理システムを開発、臨
床現場に応用することになった。

同グループは整形外科
のほか、第二生理学教
室、同大付属病院の検
査、麻酔科部で構成。
血圧自動管理システム
は脊椎(つい)・脊髄疾
患の手術の際、脊髄の機
能が正常かどうかを確か
めるために脊髄硬膜外腔
(くわう)に挿入するカテ
ーテル電極を、電気刺激
の電極として転用する仕
組みだ。カテーテル電極
は患者の手首に着けた血
圧確認装置とともにコン
ピューターに接続。あら
じめ設定した血圧を下
回れば、コンピューター
が感知し、直ちに電極が

血圧に戻す電気信号を脊
髄に発信し、血管の収縮
で血圧を上昇させる。
電気刺激の特徴は血圧
を上昇させる反応時間の
速さ。手術中の血圧下
降に対する主な処置だった
昇圧剤や輸液の投与では
適切な血圧に戻るまでの
時間が早くても二三分
だったのに対し、電気刺
激はわずか二一三十分
秒。患者に対する影響の
リスクが飛躍的に減少す
るといふ。

バックアップを行う。
同システムを適用する
のは、最初から手術に硬
膜外カテーテル電極が必
要な脊椎・脊髄疾患や下

小泉純一郎首相は二十
七日午後、朝鮮民主主義
人民共和国(北朝鮮)に
会し、事態を長期化させ



高知医大グループ

国内初システム開発

が得られれば、年内にも第一例を
実施する。(26面に関連記事)

同システムを使用する
手術にはシステムが正し
く働かないケースを想定
し、麻酔科が立ち会い、

同システムを使用する
手術にはシステムが正し
く働かないケースを想定
し、麻酔科が立ち会い、

小泉純一郎首相は二十
七日午後、朝鮮民主主義
人民共和国(北朝鮮)に
会し、事態を長期化させ

首相

拉致対応

家族

高知医大の 血圧制御手法

手術の不安解消に前進

応用の広がりも期待

解説

高知医大の血圧制御グループが臨床応用を準備している。手術中の血圧管理を飛躍的に向上させる可能性を秘めている。

臓器や組織が虚血状態になる恐れもあり、世界中の外科医にとって課題になっていた。

人体には血圧を常時感知するモニターの働きをする「圧受容器」があり、血圧に異常がある場合には、この圧受容器が脳幹の血圧制御中枢に電気信号を送信。同中枢から脊髄(せきずい)を経由した信号が交感神経を刺激し、血管を収縮、拡張させて血圧を調整する。

手術中に起こる血圧の急低下は神経反射や患部などからの大量出血、血流停止を伴う手術後の血流再開時に多く発生。血圧の急低下が患者に与える影響は個人差もあるが、処置が遅れた場合、

(一面参照)

極自体が働かない。このことが「全身麻酔は怖い」という患者の不安にもつながっている。

新システムの基礎になったのは、第二生理学教室の佐藤隆幸教授らの血圧制御研究。ラットを使った基礎研究や整形外科の手術の血圧変動データを基に、人体の血圧制御中枢の働きを数式化し、同中枢とほぼ同じ働きを果たす電気刺激の発信プログラムを開発した。

しかし、全身麻酔を受けた患者は脳幹の機能が低下しているため、同中枢の働きを数式化し、同中枢とほぼ同じ働きを果たす電気刺激の発信プログラムを開発した。

当面、新システムは脊髄の硬膜外カテーテルを使用する整形外科の手術だけに注目したい。

県芸術祭 来月1日-11月末

県民手作りの舞台増加 国体「スポーツ芸術」も

県民が芸術文化に親しめる機会を増やし、文化の息づく郷土づくりを進めようと、毎年この時期に開催している。

開会式典は十月一日午後五時四十分から、高知市の県民文化ホール(オレンジ)で行われ、引き続き開かれる文化講演会では、俳優の児玉清さんが「心に華のある人生」と題して講演する。

ことしはオペラやミュージカルなど県民の手作りの舞台が多いのが特徴。十月十三、十四日には四万十川の環境問題をテーマとした「オペラ四万十」が高岡郡窪川町の窪川四十万会館で開催されるほか、同二十六、二十七日には高知市の市文化プラザ「かもぼーと」で、高知市(ごごも)ミュージカル「鏡川ファンタジ

土佐路の芸術の秋を彩る「第五十二回県芸術祭」の行事日程が二十七日までに決まった。十月一日から十一月三十日まで、芸術に関する七十九件の催しが県内各地で繰り広げられる。(25面に表)

「花咲く鏡とお星さま」も開催される。

ことしはよびよしい高知国体の公開競技として「スポーツ芸術」も実施され、県芸術祭参加行事のうち、こともミュージカルなど九件もスポーツ芸術の主催、協賛行事。このほか、これまで高知市で開催していた公演を同市以外で開く団体も例年以上に多く、県内各地でさまざまなイベントが繰り広げられる。

また県は昨年に引き続き、芸術祭行事を三部門三行事以上で鑑賞し、その感想や意見(アンケート方式)を寄せた県民に、入場料金に応じて図書券が県立美術館の年間観覧券(五千円以内)を贈る。問い合わせは県文化環境政策課芸術文化班(088-826-917)まで。

女子ハンドボール 2選手「本県資格」なし

県協会確認漏れ 登録外す

県体育協会は二十七日(大)と岡崎知佳選手(大)の高校を卒業しているため、高知国体秋季大会の阪リゾット&スポーツ専

空手道は成年男子相手の軽量級の選手変更。けがをした水町秀明選手(司本店)に代わり、谷本俊彦選手(サンプラザ)が入った。

選手に申し訳ない。武田末男県ハンドボール協会理事長の話。本場は昭和六十一年以来の申し訳ない。選手は高知の出身なので、大学、専門学校生は問題ないと思

ことごとく分かった。内訳は小学校が三百八十八棟、中学校が二百三十三棟、高校百六十六棟、高知市立学校一棟。残る六百二十棟は診断を既に受けたが、五十七年以降の建設。

校「すまじく」斤10東
県教委は今後三年間
助対象化



29日(日)	30日(月)	1日(火)
70	40	30

天気	足湯	高知	室戸
6時	一時	一時	一時

厚生労働科学研究費補助金（萌芽的先端医療技術推進事業）

平成14年度分担研究報告書

ナノテクノロジーによる機能的・構造的生体代替デバイスの開発

I バイオニックナノメディスンによる循環器調節機能デバイスの開発研究

バイオニックナノインプラント・ナノペーシングシステムのための情報通信技術の研究開発

分担研究者 河野隆二（横浜国立大学教授）

研究要旨

本報告では、ナノテクノロジーを用いた医療の新しい分野であるナノメディスンにおけるバイオニックナノインプラントシステム、バイオニックナノペーシングシステムのための無線情報通信技術の研究成果をまとめた。主に、要素技術として期待されるソフトウェア無線、アダプティブアレーアンテナ、Ultra Wide Band(UWB)無線の3つのキーテクノロジーを柱として、特に、ナノテクノロジーによって実現される体内の装置間の通信、それから病院の制御装置と体内装置の通信における新たな課題、応用分野に関して研究を続けてきたのでそれに対する成果を報告する。

A. 研究目的

本研究では、ナノテクノロジーを用いた医療の新しい分野であるナノメディスンにおけるバイオニックナノインプラントシステム、バイオニックナノペーシングシステムのための無線情報通信技術の基盤技術を開発することを目的とする。本研究は主に体内通信及び、病院内における無線通信に対して本研究室で進めてきている研究成果をまとめたものである。そのうちの1つである体内通信とし仮定しているのは心臓ペースメーカー等のように体内に装置を複数個置いて、それら装置間の通信を示す。これによって従来に比べて患者の健康を保つ、または監視することが可能となる。また、装置が無線となってそれぞれを線で結ぶ必要が無い。もう1つは体外通信である。これは体内の装置と体外の装置の通信である。

これは病院内において患者の様子を常にチェックする上で必要なことと思われる。すなわち、体外装置が複数の患者の体内装置に対して無線アクセスする事でそれぞれの患者を同時に監視することが出来る。これは特に有線における場合と異なり、適応範囲、適応患者数が大幅に増えることが予測される。

以上、2点の課題に対して従来の無線通信の技術を応用することが比較的簡易なアプローチとして考えられる。本報告書ではこのアプローチを選択する。一方でここでは触れていない必要な課題を簡単にここで示すと、体内における無線通信のチャネルモデル、通信として必要なスペックの明確化、さらに干渉問題が挙げられる。昨今、携帯電話等によるペースメーカーへの影響等を危険視する動きがあるが、この場合は正