



UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA

RESUMO

O planejamento experimental é um procedimento bastante utilizado para se planejar processos ou projetos, definindo quantidades e condições de coleta de dados experimentais, visando obter a maior precisão estatística possível na resposta e o menor custo. O objetivo deste artigo de atualização é identificar e apresentar estudos nacionais e internacionais de maior relevância na área da saúde em que foi empregado o método de Taguchi. O levantamento bibliográfico foi realizado em bases de dados nacionais e internacionais (SCIELO - Scientific Electronic Library Online; LILACS- Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde e MEDLINE - Literatura Internacional em Ciências da Saúde), bem como em banco de teses disponíveis on-line, considerando-se os últimos 10 anos. Os descritores de saúde utilizados foram: “health”, “method” e Taguchi. De acordo com a pesquisa, foram identificados 44 trabalhos da literatura mundial que utilizaram o planejamento estratégico. As áreas de concentração contempladas no presente estudo foram: biomateriais, biomecânica, biomedicina, biotecnologia, cardiologia, ergonomia, farmacologia, genética, geriatria, medicina complementar, microbiologia, nanobiotecnologia, ortopedia, patologia, radiologia, saúde ambiental, saúde mental e oncologia. A revisão bibliográfica realizada e apresentada demonstrou a potencialidade, importância e aplicabilidade de metodologias de planejamento de experimentos para a melhora da qualidade de saúde. Todavia, há ainda um promissor vasto campo a ser explorado.

Palavras-chave: saúde, método de Taguchi, planejamento de experimentos e qualidade

SUMMARY

Experimental design is a procedure sufficiently used to plan processes or projects, defining amounts and conditions of a collection of experimental data, aiming at to get the highest statistical precision possible concerning process responses and a lesser cost. The objective of this updated article is to identify and to present national and international studies of important relevancies in the health area where the method of Taguchi was used. The bibliographical survey was carried through in national and international Databases (SCIELO - Scientific Electronic Library Online; LILACS- Latin American Literature and of the Caribbean in Sciences of Health and MEDLINE - International Literature in Sciences of the Health), as well as in a bank of available theses on-line, considering the last the 10 years. The used “health describers” were: “health”, “method” and “Taguchi”. In accordance with the research, there had been identified 44 works of worldwide literature that had used strategical planning. The contemplated areas of concentration in the present study had been: biomaterials, biomechanics, biomedicine, biotechnology, cardiology, ergonomics, pharmacology, genetics, geriatric, complementary medicine, microbiology, nanobiotecnologia, orthopedic, pathology, radiology, ambient health, mental health and oncology. The carried through and presented bibliographical revision demonstrated the potentiality, importancy and applicability of methodologies of experimental planning for improving the quality health. However, a promising vast field is still to be explored.

Keywords: health, method of Taguchi, experimental planning and quality

Diego T. dos Santos^{1*},
Maria O. P. H. Araújo²,
Cristiane K. Malvezzi²,
Márcia A. F. Oliveira³,
Messias Borges da Silva¹
e Silvio S. Silva²

¹Faculdade de Engenharia de Lorena (EEL) / Universidade de São Paulo (USP)

²Faculdade de Enfermagem das Faculdades Integradas Teresa D'Ávila

³Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo

*Autor para correspondência:
Estrada Municipal do
Campinho, s/nº
Caixa Postal 116
CEP: 12602-810. Lorena. SP
Fone: (12) 3159-5146
Fax: (12) 3153-3165
E-mail:
diego_tresinari@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A pesquisa científica é um processo de aprendizagem contínua, em que os métodos estatísticos podem torná-la tão eficiente quanto possível. O seu emprego permite a identificação das principais causas do processo sobre as quais se deve atuar, no sentido de otimizar o alcance de uma meta proposta. As causas mais prováveis (hipóteses) podem ser identificadas e testadas num tempo e custo mínimos e, ao mesmo tempo, com a manutenção de um nível de confiança pré-estabelecido para as conclusões, por meio da realização de experimentos estatisticamente planejados. A metodologia de planejamento de experimentos é fundamental no projeto de um novo processo, no estudo e determinação de condições operacionais e no melhoramento contínuo da qualidade de um produto ou de um processo (1).

O método estatístico de Taguchi é bastante utilizado em algumas áreas do conhecimento, sendo empregado para identificar a significância de cada modelo fatorial num determinado experimento (2). Este método é considerado como uma das abordagens que assegura a qualidade do projeto, através da identificação e controle de variáveis críticas (ou ruídos) que fazem ocorrer desvio na qualidade do produto e/ou processo (3).

Criado pelo engenheiro Genichi Taguchi, o método de Taguchi começou a ser divulgado principalmente pela indústria automobilística, no início dos anos 80. Ele baseia-se em duas ferramentas que se sobressaem: a função perda e o uso do delineamento de experimentos. A primeira determina as perdas monetárias pagas pela sociedade, devido ao desvio da característica de desempenho do produto, do seu valor médio, e a segunda é a utilização do delineamento de experimentos de uma maneira diferenciada, procurando os níveis dos parâmetros que tornam o produto melhor às fontes de variabilidade e ao projeto de tolerâncias de menor custo (3).

Os objetivos almejados pelo método de Taguchi ao projetar produtos ou processos são: que esses sejam poucos sensíveis às variações ambientais e dos componentes; e que esses tenham variação mínima em torno do valor médio. Ao se popularizar no ocidente, o método trouxe duas novidades: qualquer desvio em relação ao valor médio passou a ser considerado indesejável, mesmo quando o produto encontrava-se dentro dos limites de especificação; durante o planejamento do produto, passou-se a recomendar que sejam levados em conta os fatores que possam ser controlados (parâmetros), bem como aqueles difíceis ou impossíveis de serem controlados (ruídos), mas que interferem na resposta, tais como pequenas flutuações nos componentes, degradação dos equipamentos ou

mudança no modo que o consumidor utiliza o produto. Neste método, a resposta deve estar tão próxima ao valor médio quanto possível, mas também deve ser pouco robusta (pouco sensível) à influência do ruído (4).

No Brasil, a aplicação de método de planejamentos de experimentos é ainda incipiente na área de saúde, existindo poucas publicações utilizando o método de Taguchi.

O objetivo deste artigo de atualização é identificar e apresentar estudos nacionais e internacionais mais relevantes na área da saúde em que se empregou o método de Taguchi.

O levantamento bibliográfico foi realizado em bases de dados nacionais e internacionais (SCIELO - *Scientific Electronic Library On-line*; LILACS - *Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde* e MEDLINE - *Literatura Internacional em Ciências da Saúde*), bem como em banco de teses disponíveis on-line, considerando-se os últimos 10 anos.

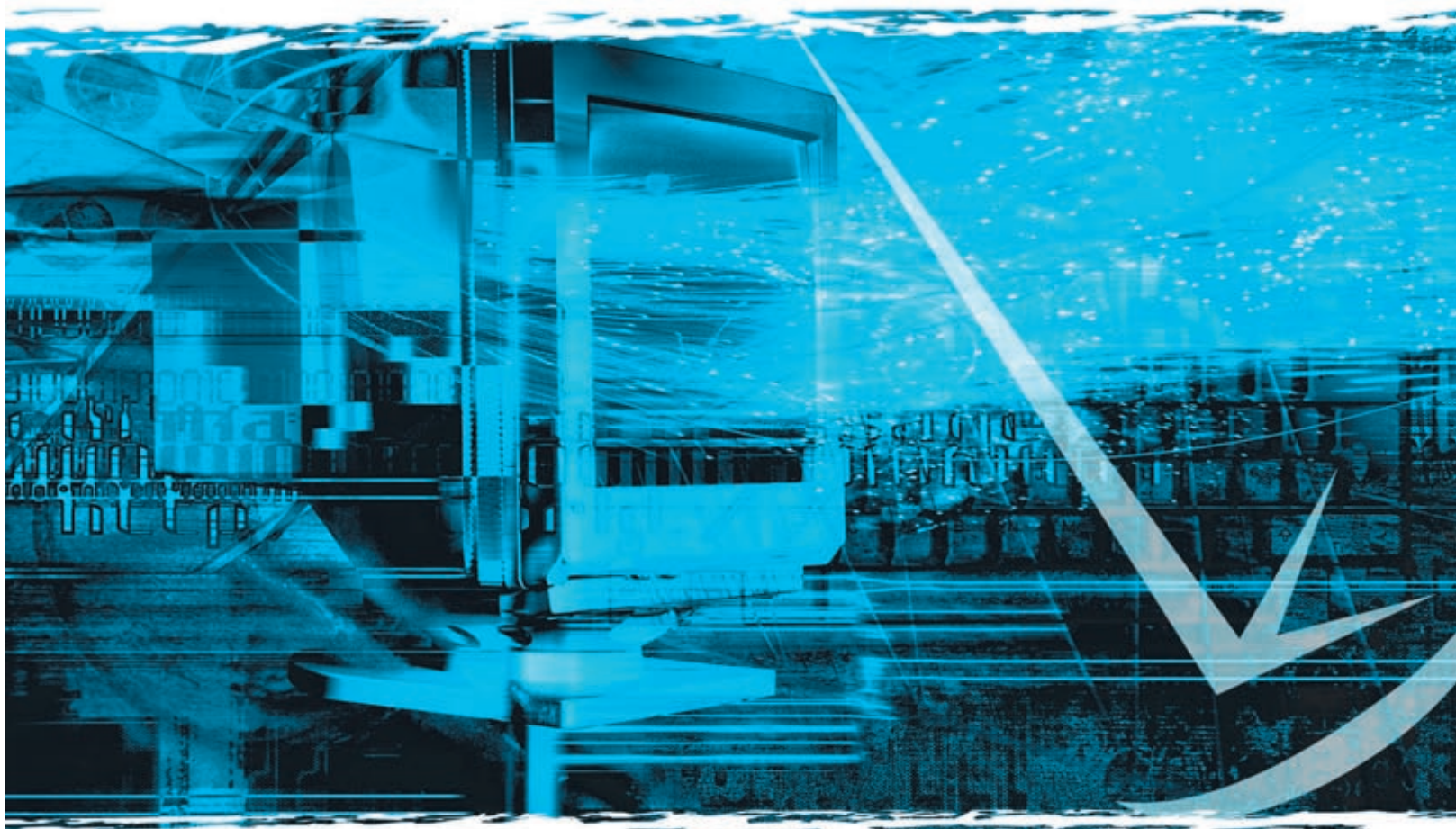
Foram identificados 44 trabalhos na referida literatura mundial nos últimos 10 anos que utilizaram o planejamento estratégico, mais especificamente o método de Taguchi. E as áreas de concentração contempladas no estudo foram: biomateriais biomecânica, biomedicina, biotecnologia, cardiologia, ergonomia, farmacologia, genética, geriatria, medicina complementar, microbiologia, nanobiotecnologia, ortopedia, patologia, radiologia, saúde ambiental, saúde mental e oncologia.

Os resultados mais relevantes serão parcialmente apresentados a seguir:

Em oncologia, Sudharsan & Ng desenvolveram uma ferramenta diagnóstica inteligente, barata e não-invasiva que ajuda a detectar o câncer de mama, uma vez que esta patologia é a que ocasiona maior mortalidade no sexo feminino. Sabe-se que a detecção precoce de um tumor assegura um melhor prognóstico e uma maior probabilidade de sobrevivência. A ferramenta se baseia na exploração termográfica da superfície da mama conjuntamente com uma simulação numérica usando a equação de Bioheat. As aplicações médicas que utilizam a exploração termográfica usam a temperatura da pele como um indicador de um processo patológico subjacente. No trabalho, sete parâmetros importantes foram identificados e a análise de variação (ANOVA) foi executada usando um planejamento fatorial completo ²⁷. O método de Taguchi foi usado a fim de otimizar os parâmetros e assegurar o melhor sinal da ferramenta diagnóstica. O modelo prediz que o ajuste ideal para capturar o sinal do tumor é quando a paciente está em atividade metabólica basal em uma temperatura ambiente mais baixa (5).

Para um maior conhecimento do comportamento da espinha lombar, Dupont, Lavaste & Skalli investigaram a

A evolução do seu laboratório.



A Katálysis evoluiu muito além dos serviços de manutenção corretiva, preventiva, qualificações de instalação, verificações de performance e qualificações operacionais em equipamentos HP®/Agilent® com a qualidade que você já conhece. E agora, além de treinamentos "In Company" na área de cromatografia, apresenta soluções integradas em softwares e hardwares tais como: LIMS, Estudos de Estabilidade além de interfaces para aquisição de dados diretamente acopladas ao sistema.



Rio de Janeiro
Rua do Ouvidor, 50, Conj. 602/603 - Centro - Rio de Janeiro -RJ
CEP: 20040-030+55(21) 2507-3026 - Fax:+55(21) 3852-3871
e-mail: alphacentersp@alphacentersp.com
www.alphacenterequipamentos.com.br



São Paulo
Calçada Antares, 232, 1º andar - Alphaville
Santana de Parnaíba - São Paulo
CEP: 06541-065 +55(11) 2122-0206 - Fax:+55(11) 4152-2593
e-mail: sac@katalysiscientifica.com.br / www.katalysiscientifica.com.br

influência dos parâmetros (altura do disco, coeficiente de Poisson do núcleo, fibras posterior do disco, orientação das facetas, assimetria e abertura) na flexão, extensão, dobra lateral e torção pela análise das variáveis-resposta. As combinações foram selecionadas usando-se o método de planejamento de Taguchi. Os resultados mostraram que alguns parâmetros (altura do disco, abertura e orientação das facetas) exercem grande influência no movimento e no “stress” enquanto os outros apresentam pequena influência. Supõe-se também que algumas interações entre os parâmetros exercem um papel significativo (6).

Na área de biomateriais, Sung, Shih & Chen utilizaram o método de Taguchi como ferramenta estatística que, segundo eles, é mais confiável do que os outros métodos geralmente empregados para avaliar a qualidade das propriedades mecânicas e controlar o processo de um fabricante de ferro e aço. As propriedades mecânicas e o baixo ciclo de fadiga são dois fatores que devem ser considerados ao se desenvolver um tipo novo de aço para a absorção de choques. Os métodos de avaliação usados frequentemente medem o rendimento do processo e centram-se nele. O estabelecimento deste método pode servir a pesquisa e desenvolvimento na indústria de manufaturas por permitir o controle dos processos (7).

Um novo método de rompimento da célula bacteriana, gram-negativa *Ralstonia eutropha* utilizando Beta-polihiroxibutirato (PHB) como agente recuperador, foi proposto por Hejazi, Vasheghani-farahani & Yamini. Os diferentes efeitos dos parâmetros, tais como: o tempo de exposição, pressão, temperatura, volume de metanol como um modificador e o tipo de cultura para crescimento celular foram investigados, usando a abordagem estatística de Taguchi, a fim de se determinar as melhores condições. Na condição ótima, a eficiência máxima de recuperação de PHB encontrada foi de 89%, o que demonstra a potencialidade do método proposto (8).

Na área de saúde ambiental, Yuan e seu grupo estudaram a remoção do poluente arsênio da água potável consumida nos domicílios, uma vez que o tema tem recebido considerável atenção no âmbito global. Para desenvolver o protocolo ideal e eficaz de coagulação, diversas opções de operação foram apresentadas, tais como: coagulantes, DAE (dispositivos automáticos de entrada) do coagulante e aditivos. Também, sistemas de separação de flocos foram investigados neste estudo com o uso do planejamento ortogonal baseado no método de Taguchi. Os resultados mostraram que a mistura de sulfato férrico e sulfato de alumínio, tão bem quanto o de polímero de sulfato férrico de silicato foi igualmente incapaz de melhorar a eficácia da remoção total do arsênio da água. E também que a adição de kaolim e carbono ativado em pó não foram eficientes

na remoção do poluente impregnado no sulfato férrico e no sulfato de alumínio. Um sistema eficiente de separação de flocos subsequente à coagulação é essencial para conseguir a remoção total e eficaz do arsênio. Os resultados obtidos da experiência demonstraram que o método de filtração por coagulação de sulfato férrico e areia para a remoção do arsênio da água foi aceitável (9).

Para melhorar o desempenho das telas radiográficas médicas sob uma fonte de ruído, a técnica de Taguchi foi usada por Vlachogiannis, se demonstrando uma ferramenta útil para conseguir a otimização experimental de um grande número de variáveis, com um número pequeno de experiências. Atualmente há muitos métodos disponíveis para melhorar a eficiência destas telas, refinando-as e otimizando-as a partir da seleção correta dos fatores controláveis os quais mais influenciam a tela. Os resultados obtidos confirmam que a técnica de Taguchi é uma adequada e promissora opção para o melhoramento destas telas de raio X (10).

Na área de biomecânica, Hou e sua equipe investigaram o poder de fixação dos parafusos à tíbia. A propriedade de fixação do parafuso à tíbia foi avaliada pelo teste mecânico e pela análise do método de Elementos Finitos. O afrouxamento do parafuso pode ameaçar a propagação da fratura e a saúde do osso. Em testes mecânicos, seis tipos de parafusos foram introduzidos em tubos de espuma de poliuretano de baixa densidade, que simulavam o osso tibial. Os parafusos foram eliminados da espuma por uma carga axial, sendo registrada a carga máxima. A contribuição dos fatores de projeto foi analisada pelo método de Taguchi e pelo método de elementos finitos. A análise de Taguchi mostrou que a ordem descendente da contribuição dos fatores de projeto era: diâmetro externo, passo, meio ângulo e diâmetro interno. Os resultados testados foram semelhantes àqueles da análise do método de elementos finitos (11).

Também na área de biomecânica, Lee & Zhang analisaram a flexibilidade e a integridade estrutural de um material termoplástico de uma prótese transtibial, utilizando como métodos estatísticos o de Elementos Finitos e o de Taguchi. O método de Taguchi foi empregado para identificar o significado de cada fator do projeto para controlar a deformação e o “stress” do material. Os fatores do projeto considerados foram: a espessura do termoplástico; uma das dimensões anteroposterior e medialateral da prótese elíptica moldada; e a profundidade da linha posterior da emenda. A configuração otimizada da prótese é a que dá a flexibilidade apropriada e não falha estruturalmente em usos normais. O teste estrutural experimental foi usado para validar o modelo de elementos finitos e a análise de ambos os métodos estatísticos se mostraram eficazes quanto à otimização do projeto estrutural da prótese (2).

Estudos sobre alcoolismo foram realizados por Taner & Antony com o objetivo de estabelecer a pontuação crítica e a avaliação exata do questionário CAGE em três modalidades de tratamento de alcoolismo: atendimento em consultório, atendimento ambulatorial e sala de emergência. O método de Taguchi foi a ferramenta selecionada para auxiliar esta avaliação. Foram realizadas a avaliação da sensibilidade e especificidade do questionário nas três modalidades de tratamento através de três variáveis. Como resultado obteve-se mais de 95% de confiabilidade do instrumento utilizado, demonstrando-se assim, que questionário CAGE é confiável e o método de Taguchi um eficiente método de análise estatística (12).

Na área médica, Miyaji e colaboradores selecionaram drogas combinadas, que podem ser eficazes para o tratamento de úlceras por pressão, um problema particular na medicina geriátrica, utilizando como método de planejamento de experimentos o de Taguchi. Foram selecionados 16 pacientes, sendo as úlceras classificadas segundo a sua profundidade. Os autores observaram que o único fator significativo, que apresentou valor de significância maior que o erro experimental, é o tipo de substância que cobre a erupção patológica (13).

A revisão bibliográfica realizada e apresentada demonstrou a potencialidade, importância e aplicabilidade de metodologias de planejamento de experimentos, mais especificamente a de Taguchi, para a melhora da qualidade de vida. Todavia, ainda há um promissor vasto campo de aplicabilidade a ser explorado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de planejamento de experimentos é de extrema importância para a indústria, pois seu emprego permite resultados mais confiáveis reduzindo custos e tempo, parâmetros fundamentais em tempos de concorrência acirrada. A sua aplicação nas mais diferentes áreas do conhecimento é de grande valia, onde uma maior qualidade dos resultados dos testes pode levar a um projeto com desempenho superior, seja em termos de suas características funcionais como também sua robustez (menor sensibilidade aos fatores que podem ocasionar desvios nos resultados).

Embora o método de Taguchi seja valorizado por considerar a influência dos fatores tidos como constantes, nos demais métodos de planejamento é bastante criticado sob a alegação de necessitar de maiores quantidades de experimentações para se chegar à mesma conclusão na execução de um processo. Apesar dessa crítica, é o método mais utilizado para o planejamento estratégico, nas mais diferentes áreas, incluindo à da saúde.

Referências

1. BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, I.S. *Statistics for Experimenters*. United States of America; Wiley Interscience; p. 1-17; 1978.
2. LEE, W.C.; ZHANG, M. *Design of monolimb using finite element Modeling and statistics-based Taguchi method (England)*, 2005. **Rev. Clin Biomech** (Bristol, Avon); 20(7):759-766.
3. PRATES, G.A. *Ecodesign utilizando qfd, métodos Taguchi e dfe*. [tese de doutorado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 1998.
4. BRUNS, R.E.; NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S. **Como Fazer Experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas; Editora da Unicamp; 04:180-184, 2001.
5. SUDHARSAN, N.M.; NG, E.Y. *Parametric optimization for tumour identification: bioheat equation using ANOVA and the Taguchi method* (England), 2000. **Rev. Proc Inst Mech Eng [H]**; 214(5):505-512.
6. DUPONT, P.; LAVASTE, F.; SKALLI, W. *The role of disc, facets and fibres in degenerative process: a sensitivity study* (Netherlands), 2002. **Rev. Stud Health Technol Inform**; 88:356-359.
7. SUNG, W.P.; SHIH, M.H.; CHEN, K.S. *Analytical method for promoting process capability of shock absorption steel* (China), 2003. **Rev. J Zhejiang Univ**; 4(4):388-392.
8. HEJAZI, P.; VASHEGHANI-FARAHANI, E.; YAMINI, Y. *Supercritical fluid disruption of *Ralstonia eutropha* for poly (beta-hydroxybutyrate) recovery* (United States), 2003. **Rev. Biotechnol Prog**; 19(5):1519-23.
9. YUAN, T.; LUO, Q.F.; HU, J.Y.; ONG, S.L.; NG, W.J. *A study on arsenic removal from household drinking water* (United States), 2003. **Rev. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ**; 38(9):1731-1744.
10. VLACHOGIANNIS, J.G. *Taguchi's technique: an effective method for improving X-ray medical radiographic screen performance* (England), 2003. **Rev. Proc Inst Mech Eng [H]**; 217(5):375-84.
11. HOU, S.M.; HSU, C.C.; WANG, J.L.; CHAO, C.K.; LIN, J. *Mechanical tests and finite element models for bone holding power of tibial locking screws* (England), 2004. **Rev. Biomech (Bristol, Avon)**; 19(7):738-745.
12. TANER, T.; ANTONY, J. *Determining positivity of alcohol abuse by Taguchi methods* (England), 2005. **Rev. Int J Health Care Qual Assur Inc Leadersh Health Serv**; 18(2-3):83-91.
13. MIYAJI, H.; SAKURAI, H.; KIKAWADA, M.; YAMAGUCHI, K.; KIMURA, A.; FUJIWARA, T. *et al. Treatment of bedsores-combination of therapies depended the experimental design method* (Japan), 2005. **Rev. Nippon Ronen Igakkai Zasshi**; 42(1):90-98.